



ESTADO DE SALUD DEL PÁRAMO EN LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA DE LOS PROYECTOS DE RIEGO DEL PACT II, TUNGURAHUA



2025

ESTUDIO ESTADO DE SALUD DEL PÁRAMO EN LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA DE LOS PROYECTOS DE RIEGO DEL PACT II, TUNGURAHUA

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT)

Manuel Caizabanda Jerez

Prefecto

Equipo Técnico HGPT:

Hipatia Hinojosa

Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua, fase dos (PACT II)

Gerben Gerbrandij

Gabriela Villamagua Vergara

Firma Consultora INVESTIGACIONES FORESTALES INFORESTSUR CIA.LTDA

Equipo Técnico

Deicy Lozano

Celso Yaguana

Tito Ramirez

Wilson Zuñiga

Marlon Orellana

Wilson Puglla

Gabriela Pinta

Diana Garcés

Jessenia Montaña

Colaboradores

Carlos Luzón

Wilson Yanza

Edin Valladolid

Martin Betancourth

Jorge Patiño

María Macas

José Angamarca

Coordinadora del Proyecto:

Deicy Lozano, INVESTIGACIONES FORESTALES INFORESTSUR CIA.LTDA

Revisión Documento:

Dirección de Recursos Hídricos y Gestión Ambiental del HGPT

Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua, fase dos (PACT II)

Susana Pérez De Mora / Programa Montañas – GIZ

Fondo de Manejo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza (FMPLPT)

Editora:

Deicy Lozano, INVESTIGACIONES FORESTALES INFORESTSUR CIA.LTDA

La presente publicación se recomienda citarse de la siguiente manera:

Investigaciones forestales INFORESTSUR CIA.LTDA. (2025). Estudio estado de salud del páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II, Tungurahua. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT), Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua, fase dos (PACT II).

INDICE

INTRODUCCIÓN	23
RESUMEN EJECUTIVO	26
I. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIOS.....	49
1.1 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi – Pelileo (AHP)	49
1.2 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)	49
1.3 Unidad Hidrográfica Toallo – Alobamba (TA).....	50
1.4 Unidad hidrográfica de Leito	50
1.5 Morfometría de las unidades hidrográficas	53
1.5.1 Forma y relieve	53
1.5.2 Drenaje	54
II. COMPONENTE BIÓTICO	55
2.1 FLORA.....	55
2.1.1 INTRODUCCIÓN	55
2.1.2 RESULTADOS	55
2.1.2.1 Muestreo Cuantitativo	57
2.1.2.2 Unidad Hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)	57
2.1.2.3 Unidad Hidrográfica Mocha – Huachi (MH)	64
2.1.2.4 Unidad Hidrográfica Toallo - Allobamba (TA)	66
2.1.2.5 Unidad Hidrográfica Leito	70
2.1.2.6 Muestreo cualitativo	76
2.1.2.7 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)	76
2.1.2.8 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH).....	77
2.1.2.9 Unidad Hidrográfica Leito	78
2.1.2.10 Unidad Hidrográfica Toallo - Allobamba (TA)	78
2.2 FAUNA.....	80
2.2.1 MAMÍFEROS	80
2.2.1.1 INTRODUCCIÓN	80
2.2.1.3 RESULTADOS	81
2.2.1.4 Riqueza total	81
2.2.1.5 Abundancia total	81
2.2.1.6 Curva rango-abundancia	83
2.2.1.7 Curva de acumulación de especies e índice de Chao	83
2.2.1.8 Diversidad Beta Índice de Jaccard	84
2.2.1.9 Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP).....	85

2.2.1.10	Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)	89
2.2.1.11	Unidad hidrográfica Leito	92
2.2.2	AVIFAUNA	96
2.2.2.1	INTRODUCCIÓN	96
2.2.2.2	RESULTADOS	97
2.2.2.3	Riqueza total en las tres unidades hidrográficas	97
2.2.2.4	Abundancia total	97
2.2.2.5	Curva de rango abundancia o Whitaker	100
2.2.2.6	Índice de diversidad	100
2.2.2.7	Índice de similitud de Jaccard	101
2.2.2.8	Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)	102
2.2.2.9	Unidad hidrográfica Mocha – Huachi (MH)	111
2.2.2.10	Unidad hidrográfica Leito	119
2.2.3	HERPETOFAUNA	129
2.2.3.1	INTRODUCCIÓN	129
2.2.3.2	RESULTADOS	129
2.2.3.3	Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)	129
2.2.3.4	Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)	132
2.2.3.5	Unidad hidrográfica Leito	134
III.	COMPONENTE SOCIOECONÓMICO	138
3.1	INTRODUCCIÓN	138
3.2	RESULTADOS	138
3.2.1	Dimensión socioeconómica	139
3.2.2	Dimensión institucional	155
3.2.3	Capacidades organizacionales	163
3.2.4	Trabajo interinstitucional	167
3.2.5	Dimensión socioecológica	170
3.2.6	Disponibilidad de recursos naturales	173
IV.	INSTITUCIONALIDAD Y GOBERNANZA	181
4.1	INTRODUCCIÓN	181
4.2	RESULTADOS	182
4.2.1	Mapeo de actores	182
4.2.2	Descripción de los actores	182
4.2.3	Mapa de influencia de los actores institucionales	183
4.2.4	Percepción de los actores institucionales	185

4.2.5	Capacidades Institucionales	186
4.2.5.1	Participación colaborativa	194
4.2.5.2	Coordinación y cooperación intra e interinstitucional	202
4.2.5.3	Monitoreo y Evaluación	207
4.2.5.4	Acuerdos de conservación	210
4.2.5.5	Comunicación	217
4.2.5.6	Otros hallazgos	220
V.	SUELO	221
5.1	INTRODUCCIÓN	221
5.2	RESULTADOS	222
5.2.1	Caracterización del suelo	224
5.2.2	Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)	224
5.2.3	Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)	227
5.2.4	Unidad hidrográfica Leito	229
5.2.5	Unidad Hidrográfica Toallo – Alobamba (TA)	232
VI.	COMPONENTE HÍDRICO	246
6.1	INTRODUCCIÓN	246
6.2	RESULTADOS	247
6.2.1	Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)	249
6.2.2	Unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH)	259
6.2.3	Unidad hidrográfica Leito	266
6.2.4	Unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA)	274
VII.	COMPONENTE GEOGRÁFICO	278
7.1	INTRODUCCION	278
7.2	RESULTADOS	278
7.2.1	Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)	278
7.2.2	Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)	282
7.2.3	Unidad hidrográfica Toallo-Alobamba (TA)	285
7.2.4	Unidad hidrográfica Leito	288
VIII.	EVALUACIÓN	291
8.1	INTRODUCCIÓN	291
8.2	RESULTADOS	292
8.2.1	Evaluación de la salud del páramo de las unidades hidrográficas	292
8.2.2	Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)	294
8.2.3	Unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH)	296

8.2.4	Unidad hidrográfica Leito	297
8.2.5	Unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA)	299
IX.	ESTRATEGIAS Y MONITOREO – PERMANENTE.....	301
9.1	ESTRATEGIAS	301
9.1.1	INTRODUCCIÓN	301
9.1.2	RESULTADOS	302
9.2	MONITOREO - PERMANENTE	359
9.2.1	INDICADORES	359
X.	CONCLUSIONES.....	362
10.1	BIÓTICO	362
10.1.1	FLORA.....	362
10.1.2	FAUNA.....	363
10.2	SOCIOECONÓMICO	365
10.3	INSTITUCIONALIDAD Y GOBERNANZA	366
10.4	SUELOS	368
10.5	HÍDRICO	370
10.6	GEOGRÁFICO.....	371
10.7	EVALUACIÓN.....	372
10.8	ESTRATEGIAS	372
10.9	MONITOREO - PERMANENTE	374
XI.	CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMEDACIONES	376
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	381

Lista de Tablas

Tabla 1. Comparación de los resultados de los componentes flora, fauna y agua entre el Estudio 2015: "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua" y el Estudio 2024: "Estado de Salud del Ecosistema Páramo en las zonas de recarga hídrica del PACT II, Tungurahua".	40
Tabla 2. Superficie, rango altitudinal, caudal medio y localización de las unidades hidrográficas.	51
Tabla 3. Características morfométricas de las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo Alobamba (TA), provincia de Tungurahua, 2024	53
Tabla 4. Principales especies del páramo con su estado de conservación endemismo de la unidad hidrográfica Ambato- Huachi-Pelileo.	60
Tabla 5. Parámetros ecológicos de las especies registradas en el ecosistema herbazal de páramo de la Unidad Hidrográfica de Ambato Huachi Pelileo.	62
Tabla 6. Parámetros ecológicos de la cobertura herbazal de páramo, de la Unidad Hidrográfica de Mocha-Huachi.	65
Tabla 7. Parámetros ecológicos de la cobertura de páramo herbáceo y arbustivo de la unidad hidrográfica Toallo Allobamba (TA).	67
Tabla 8. Estado de conservación de las especies del páramo herbáceo y arbustivo en las unidades hidrográficas de Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba.	69
Tabla 9. Estado de conservación de las especies registradas en el bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes, de la Unidad Hidrográfica de Leito.	74
Tabla 10. Diversidad de Shannon e inverso de Simpson de mamíferos en las unidades hidrográficas monitoreadas en los meses de julio-agosto del 2024.	85
Tabla 11. Especies de mamíferos registradas en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP), en los meses de julio-agosto del 2024.	85
Tabla 12. Distribución porcentual del gremio trófico de la mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	86
Tabla 13. Distribución porcentual del patrón de actividad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP). Tungurahua.	87
Tabla 14. Distribución porcentual del uso de hábitat de mamíferos en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo	87
Tabla 15. Distribución porcentual de la sensibilidad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	88
Tabla 16. Estado de conservación de las especies de mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	88
Tabla 17. Especies registradas en el monitoreo cuantitativo y cualitativo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	89
Tabla 18. Distribución porcentual del gremio trófico de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	89
Tabla 19. Distribución porcentual del patrón de actividad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	90
Tabla 20. Distribución porcentual del uso de hábitat de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MMH), Tungurahua.	90

Tabla 21. Distribución porcentual de la sensibilidad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha Huachi (MMH), Tungurahua.....	91
Tabla 22. Estado de conservación de las especies de mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	91
Tabla 23. Especies registradas en la unidad hidrográfica Leito, en el lado oriental de la Cordillera de los Andes.....	92
Tabla 24. Distribución porcentual del gremio trófico de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito (LP).	92
Tabla 25. Distribución porcentual del patrón de actividad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito.	93
Tabla 26. Distribución porcentual del uso de hábitat de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito....	93
Tabla 27. Distribución porcentual de la sensibilidad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito. ...	94
Tabla 28. Estado de conservación de las especies de mastofauna en la unidad hidrográfica Leito (LP), Tungurahua.....	94
Tabla 29. Lista de especies de aves registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas en el proyecto “Estado de Salud del Ecosistema Paramo en Tungurahua”.	100
Tabla 30. Índice de diversidad de aves, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas.	101
Tabla 31. Análisis del Índice de Chao en las unidades hidrográficas monitoreadas.	101
Tabla 32. Índice de similitud de Jaccard entre las UH Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito.....	101
Tabla 33. Composición de la avifauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluye Toallo-Allobamba.	103
Tabla 34. Índice de diversidad de aves de la heterogeneidad unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.	104
Tabla 35. Índice de Chao en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluye Toallo-Allobamba..	105
Tabla 36. Lista de especies según el nicho trófico de las aves registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye las especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.	106
Tabla 37. Hábito de las especies registradas de aves en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.	107
Tabla 38. Lista de especies de aves según la estatificación vertical de las aves registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye las especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.	108
Tabla 39. Estado de conservación de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.	109
Tabla 40. Listado de especies sensibles de aves en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.	110
Tabla 41. Composición de la avifauna registrada en el punto de muestreo cuantitativo de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	112
Tabla 42. Índice de diversidad de aves, registradas en la unidad hidrográfica Mocha -Huachi	113
Tabla 43. Índice de diversidad de Chao, registrada para la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	114
Tabla 44. Nicho trófico de las especies de aves registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi...	114
Tabla 45. Habito de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.....	115

Tabla 46. Estatificación vertical de las aves registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	116
Tabla 47. Estado de conservación de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi	116
Tabla 48. Listado de especies sensibles que se registraron en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi. ...	118
Tabla 49. Composición de la avifauna registrada en el punto de muestreo cuantitativo en la unidad hidrográfica de Leito.	120
Tabla 50. Índice de diversidad de la avifauna, registrada en la unidad hidrográfica de Leito.	121
Tabla 51. Índice de diversidad de Chao, registrada en la unidad hidrográfica de Leito.	122
Tabla 52. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica de Leito.	123
Tabla 53. Habito de las especies registradas de aves en la unidad hidrográfica Leito.	123
Tabla 54. Estatificación vertical de las aves registradas en el monitoreo de la unidad hidrológica de Leito.	124
Tabla 55. Estado de conservación de las especies registradas en la unidad hidrológica de Leito.	125
Tabla 56. Listado de especies sensibles de aves, registradas en la unidad hidrológica de Leito.	125
Tabla 57. Riqueza de especies registradas de manera cualitativa en las unidades hidrográficas Ambato- Huachi-Pelileo/Toallo-Allobamba (AHP-TA), Mocha-Huachi (MH), Leito.	127
Tabla 58. Composición taxonómica total de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	130
Tabla 59. Nicho trófico herpetológico de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi- Pelileo.	130
Tabla 60. Estado de conservación de herpetofauna de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo..	130
Tabla 61. Patrón de actividad de la herpetofauna de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo	131
Tabla 62. Sensibilidad de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo	131
Tabla 63. Distribución vertical de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi- Pelileo	131
Tabla 64. Uso del recurso de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	132
Tabla 65. Composición taxonómica total de la herpetofauna de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi..	132
Tabla 66. Nicho trófico herpetológico de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	132
Tabla 67. Estado de conservación de herpetofauna de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	133
Tabla 68. Patrón de actividad de la herpetofauna de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	133
Tabla 69. Sensibilidad de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi	133
Tabla 70. Distribución vertical de herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	134
Tabla 71. Uso del recurso de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.....	134
Tabla 72. Composición taxonómica total de las especies de herpetofauna en la unidad hidrográfica de Leito.	134
Tabla 73. Nichos tróficos herpetológicos de la unidad hidrográfica de Leito.	135
Tabla 74. Estado de conservación de herpetofauna del monitoreo a la unidad hidrográfica de Leito. Tungurahua.	135
Tabla 75. Patrón de actividad de herpetofauna perteneciente a la unidad hidrográfica de Leito. Tungurahua.	136
Tabla 76. Sensibilidad de herpetofauna de la unidad hidrográfica de Leito, Tungurahua.	136
Tabla 77. Distribución vertical de herpetofauna de la unidad hidrográfica de Leito.....	137

Tabla 78. Uso del recurso de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua..	137
Tabla 79. Sectores, comunidades y asociaciones muestreadas en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	139
Tabla 80. Rangos de edad por género de la población encuestada en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	140
Tabla 81. Matriz de uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales por género en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	145
Tabla 82. Ingresos mensuales por hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito en Tungurahua.	149
Tabla 83. Tipo de tenencia de los/las jefes/as de hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	151
Tabla 84. Tamaño de terrenos en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	152
Tabla 85. Acciones de cuidado del páramo con la participación de la población beneficiaria en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMP).....	159
Tabla 86. Motivos de la no sostenibilidad de las medidas de conservación del páramo en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).	162
Tabla 87. Razones de disminución de la cantidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	176
Tabla 88. Gastos en insumos para mejorar la proucción del suelo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	180
Tabla 89. Importancia en influencia de los actores identificados en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.	183
Tabla 90. Clasificación de los actores identificados en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.	184
Tabla 91. Ventajas de los Planes de Manejo del Páramo PMP en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov)....	192
Tabla 92. Desventajas de los Planes de Manejo del Páramo PMP en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	193
Tabla 93. Mecanismos de resolución de conflictos relacionados con el uso y manejo del páramo en cada unidad hidrográfica.	202
Tabla 94. Instituciones de participan de la gestión del páramo en cada unidad hidrográfica.	202
Tabla 95. Ejes temáticos que se consideran más importantes para el fortalecimiento de las organizaciones sociales vinculadas al páramo.	219
Tabla 96. Análisis físico-químico en los horizontes de los doce suelos de estudio en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA).	233
Tabla 97. Profundidades de muestreo en los horizontes de los doce suelos de estudio en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA).	235

Tabla 98. Resultados del almacenamiento de carbono orgánico en el suelo en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA). P: profundidad, Da: densidade, MO: matéria organica, C.O.: contenido de carbono organico.	239
Tabla 99. Resultado de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA).	245
Tabla 100. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	249
Tabla 101. Estimación de caudal instantáneo en UH_AP01	251
Tabla 102. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Cubillín de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	252
Tabla 103. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Pimbaló de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	252
Tabla 104. Estimación de caudal instantáneo en Río Blanco de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	253
Tabla 105. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Pujihuaycu de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	254
Tabla 106. Caudales instantáneos estimados en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.....	254
Tabla 107. Índice de calidad de agua de los sitios de muestreo, aplicando el modelo (NSF)	255
Tabla 108. Comparación de puntos re-muestreados en el estudio del 2015 y el 2024.	257
Tabla 109. Tipos de usos y caudal de agua requerido en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	259
Tabla 110. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.	260
Tabla 111. Estimación de caudal instantáneo del Río Mocha, de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.	261
Tabla 112. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada La Carbonería, de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.	262
Tabla 113. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada Pilco, de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.	263
Tabla 114. Caudales estimados en unidad hidrográfica Mocha Huachi	263
Tabla 115. Índice de calidad de agua de la UH Mocha Huachi.	264
Tabla 116. Tipos de usos y caudal de agua requerido de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.	265
Tabla 117. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la Unidad hidrográfica Leito	267
Tabla 118. Estimación de caudal instantáneo de la Guarimayacu de la unidad hidrográfica Leito.	268
Tabla 119. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada Pilco unidad hidrográfica Leito.	268
Tabla 120. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada Guarimayacu, unidad hidrográfica Leito.	269
Tabla 121. Caudales estimados en la unidad hidrográfica Leito.	270
Tabla 122. Índice de calidad de agua de la UH Leito	270
Tabla 123. Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).	272
Tabla 124. Tipos de usos y caudal de agua requerido en la unidad hidrográfica Leito.	273
Tabla 125. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la Unidad hidrográfica Toalla Alobamba	274

Tabla 126. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Quichibi, unidad hidrográfica Toallo Alobamba.	275
Tabla 127. Caudal estimado en la unidad hidrográfica Toallo, unidad hidrográfica Toallo Alobamba.	275
Tabla 128. Índice de calidad de agua de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba.	276
Tabla 129. Tipos de usos y caudal de agua requerido de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba.	277
Tabla 130. Matriz de transición de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, periodo 2015-2022.	279
Tabla 131. Tasa de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, periodo 2015-2022.	280
Tabla 132. Matriz de transición de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Mocha-Huachi, periodo 2015-2022.	282
Tabla 133. Tasa de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Mocha-Huachi, periodo 2015-2022.	283
Tabla 134. Matriz de transición uso del suelo unidad hidrográfica Toallo-Alobamba, periodo 2015-2022.	285
Tabla 135. Tasa de cambio del periodo t1 (2015) y t2 (2022) en la unidad hidrográfica Toallo-Alobamba.	286
Tabla 136. Matriz de transición uso del suelo unidad hidrográfica Leito, periodo 2015-2022.	288
Tabla 137. Tasa de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Leito, periodo 2015-2022.	288
Tabla 138. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en las unidades hidrográficas, Tungurahua. Ambato-Huachi-Pelileo: AHP; Mocha-Huachi: MH; Leito; Toallo Almobamba: TA.	293
Tabla 139. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.	294
Tabla 140. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, Tungurahua.	296
Tabla 141. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	298
Tabla 142. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Toallo Alobamba, Tungurahua.	299
Tabla 143. Estrategias existentes de conservación y/o restauración en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	307
Tabla 144. Calificación de estrategias complementarias en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	310
Tabla 145. Descripción de estrategias complementarias para la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	315
Tabla 146. Plan de estrategias para la conservación y restauración en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	318
Tabla 147. Estrategias existentes de conservación y/o restauración en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	328
Tabla 148. Calificación de estrategias complementarias en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	329

Tabla 149. Descripción de estrategias complementarias de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	334
Tabla 150. Plan de estrategias para la conservación y restauración de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	337
Tabla 151. Estrategias existentes de conservación y/o restauración en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	346
Tabla 152. Calificación de estrategias complementarias en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua. .	347
Tabla 153. Descripción de estrategias complementarias para la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	352
Tabla 154. Plan de estrategias para la conservación y restauración de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	355
Tabla 155. Matriz de indicadores para el monitoreo de la salud del páramo de las unidades hidrográficas, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II, Tungurahua.	359

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Toallo Allobamba (TA) y Leito, Tungurahua.....	52
Figura 2. Cobertura vegetal y unidades de muestreo para el componente de flora en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP - seis conglomerados), Mocha Huachi (MH - tres conglomerados), Leito (tres conglomerados) y Toallo – Allobamba (TA - un conglomerado), Tungurahua.....	56
Figura 3. Diversidad de especies arbóreas por familia en la cobertura boscosa de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.....	57
Figura 4. Curva de distribución diamétrica de los individuos mayores e iguales a 5 cm de DAP de la unidad hidrográfica Ambato-HuachiPelileo.....	58
Figura 5. Diversidad de especies por familia del estrato arbustivo de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.....	58
Figura 6. Diversidad de especies por familia del estrato herbáceo de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.....	59
Figura 7. Análisis comparativo de la diversidad de especies del Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera occidental de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.....	61
Figura 8. Diversidad florística por familia botánica del herbazal de páramo de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.....	62
Figura 9. Diversidad por familia de la cobertura herbazal de páramo de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi (MH).....	65
Figura 10. Diversidad florística por familia de la cobertura vegetal páramo herbáceo y arbustivo de la unidad hidrográfica Toallo - Allobamba (TA).....	67
Figura 11. Especies registrada bajo alguna categoría de amenaza en el páramo de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba.....	70
Figura 12. Diversidad florística por familia botánica del estrato arbóreo de la unidad hidrográfica de Leito.....	71
Figura 13. Curva de distribución diamétrica del estrato arbóreo de la unidad hidrográfica de Leito.....	72
Figura 14. Diversidad de especies por familia del estrato arbustivo de la unidad hidrográfica de Leito....	73
Figura 15. Diversidad de especies por familia del estrato herbáceo de la unidad hidrográfica de Leito. ..	73
Figura 16. Cluster de Similitud florística para los ecosistemas analizados (bosque y páramo) utilizando el índice de Jaccard entre las unidades hidrográficas, Tungurahua.....	75
Figura 17. Paisaje de la “Reserva Ecológica del páramo de Llangahua” en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP).....	76
Figura 18. Amenazas antrópicas en el paisaje natural de páramo y bosque montano en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP).....	77
Figura 19. Amenazas antrópicas en el área natural de páramo de la unidad hidrográfica de Ambato-Mocha-Huachi (MH).....	77
Figura 20. Actividades agropecuarias próximas al Bosque siempreverde montano de la cordillera oriental de los Andes, en el cantón Patate en la unidad hidrográfica Leito.....	78
Figura 21. Actividades agrícolas y ganaderas en áreas de influencia directa a la Unidad Hidrográfica de Toallo-Allobamba (TA).....	79

Figura 22. Paisaje del sendero de “Unión de Comunidades Indígenas Toallo de Santa Rosa – MAMA RUMI” en la unidad hidrográfica de Toallo-Allobamba (TA).	79
Figura 23. Riqueza de órdenes, familias y especies de mamíferos, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito.	81
Figura 24. Abundancia absoluta de las familias de mamíferos, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito.	82
Figura 25. a) Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato- Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito y b) <i>Akodon mollis</i> (ratón campestre de pelaje delicado).	82
Figura 26. Curva rango abundancia de las especies de mamíferos registradas en las unidades hidrográficas muestreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito.	83
Figura 27. Curva de acumulación de especies de mamíferos en las unidades hidrográficas muestreadas: Ambato- Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito, durante los meses de julio-agosto del 2024. ..	84
Figura 28. Dendograma del análisis de similitud según el índice de Jaccard de las especies de mamíferos entre las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato- Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito, en los meses julio-agosto del 2024.	84
Figura 29. Riqueza de aves por familia para las unidades hidrográficas monitoreadas en los meses de julio-agosto del 2024.	97
Figura 30. Abundancia de la avifauna por órdenes en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito. Tungurahua.	98
Figura 31. Curva de abundancia de aves, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas.	100
Figura 32. Cluster del índice de similitud de Jaccard de los puntos monitoreados Mocha-Huachi-Pelileo (PMAHP-TA), Mocha-Huachi (PMMH) y Leito (PML).	102
Figura 33. Riqueza de aves, registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluida Toallo-Allobamba.	102
Figura 34. Abundancia de la avifauna por órdenes registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluida Toallo-Allobamba.	103
Figura 35. Curva de abundancia de aves para la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.	104
Figura 36. Curva de acumulación de especies en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.	105
Figura 37. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.	106
Figura 38. Distribución vertical de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye las especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.	108
Figura 39. Sensibilidad de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.	110
Figura 40. Riqueza de Aves por Familia, registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	111
Figura 41. Abundancia de la avifauna por órdenes en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	111
Figura 42. Curva de abundancia de aves, registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	113
Figura 43. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	114
Figura 44. Distribución vertical de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.	116

Figura 45. Sensibilidad de las especies de aves registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi..	118
Figura 46. Riqueza de aves por Familia, registradas en la unidad hidrográfica de Leito.	119
Figura 47. Abundancia de la avifauna por órdenes en la unidad hidrográfica de Leito.	120
Figura 48. Curva de abundancia de especies, registradas en la unidad hidrográfica de Leito.....	121
Figura 49. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica de Leito.	123
Figura 50. Distribución vertical de las especies registradas en la unidad hidrológica de Leito.....	124
Figura 51. Sensibilidad de las especies registradas en la unidad hidrográfica de Leito.	125
Figura 52. Análisis multitemporal EslA 2015 - Monitoreo de las unidades hidrográficas 2024.	128
Figura 53. Porcentaje de mujeres y hombres encuestados en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	140
Figura 54. Estado civil de la (a) población general encuestada y (b) por género, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	141
Figura 55. Identidad cultural de la (a) población general encuestada y (b) por género en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	142
Figura 56. Nivel de estudios de la (a) población general encuestada y (b) por género en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	144
Figura 57. Ocupación principal de los/las jefes/as de hogar (a) en total por UH y (b) por género, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	148
Figura 58. Movilidad ocupacional de los/las jefes/as de hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	150
Figura 59. Migración, tipo de migración y posibilidad de migración por género en las en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), b) Mocha Huachi (MH), y c) Leito.	151
Figura 60. Posesión de título de propiedad de los/las jefes/as de hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	153
Figura 61. Usos de la tierra en las UH de la (a) población general encuestada y (b) por género, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	155
Figura 62. Organizaciones beneficiarias en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMPs).	156
Figura 63. (a) Percepción general y (b) por género del nivel de capacidad de gestión en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMPs).....	157
Figura 64. Generación de empleo por género a partir de las iniciativas de los PMP en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).	158
Figura 65. Participantes en los Planes de Manejo de Páramos (PMP) por género en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).	158
Figura 66. Motivación principal para la participación en los Planes de Manejo de Páramos (PMP) en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).	159
Figura 67. Grado de comprensión de medidas por Plan de Manejo de Páramo (PMP) en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).....	160
Figura 68. Reconocimiento de actividades de monitoreo en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMP).....	161

Figura 69. Perspectiva general (a) y por género (b) sobre la sostenibilidad de las medidas en cada Plan de Manejo de Páramo (PMP) en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (UH AHP/AT). .	162
Figura 70. Hogares capacitados en las organizaciones sociales en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	163
Figura 71. (a) Participación general, y por género en la toma de decisiones a nivel: (b) local, (c) municipal y (d) nacional en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	165
Figura 72. Conocimiento sobre acuerdos de conservación vinculantes en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	166
Figura 73. Nivel de cumplimiento del reglamento de los acuerdos en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	166
Figura 74. Trabajo institucional en las en las unidades hidrográficas (a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), (b) Mocha Huachi (MH), (c) Leito.	168
Figura 75. Coordinación y cooperación interinstitucional en las en las unidades hidrográficas (a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), (b) Mocha Huachi (MH), (c) Leito.	169
Figura 76. Éxito de la inversión institucional en la conservación de páramos en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	170
Figura 77. Nivel de importancia de los servicios ecosistémicos del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	171
Figura 78. Nivel de conocimientos y habilidades sobre medidas de conservación en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	171
Figura 79. Grado de participación en la conservación del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	172
Figura 80. Estado de conservación del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	173
Figura 81. Disponibilidad de (a) agua potable y (b) para riego, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	173
Figura 82. Perspectiva (a) general y (b) por género de la calidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	174
Figura 83. Perspectiva general de la cantidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	175
Figura 84. Cambios en la cantidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	176
Figura 85. Evidencia por género de la frecuencia de deslizamientos en las unidades hidrográficas (a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), (b) Mocha Huachi (MH), (c) Leito.	177
Figura 86. Perspectiva (a) general y (b) por género de la calidad del suelo, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	178
Figura 87. Aplicación de tratamientos para mejorar la calidad del suelo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.....	179
Figura 88. Tipos de tratamiento para la producción del suelo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.	179

Figura 89. Diagrama del Mapeo de actores para análisis de institucionalidad y gobernanza en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.	182
Figura 90. Diagrama del Mapa de influencia de los actores involucrados en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.	185
Figura 91. Habilidades y conocimientos sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov), en los niveles: a) Técnico y b) De gestión.	187
Figura 92. Habilidades y conocimientos que tienen las organizaciones o instituciones sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov), a nivel: a) Técnico y b) De gestión.	188
Figura 93. Frecuencia de participación de la organización en Planes de Manejo del Páramo en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	189
Figura 94. Frecuencia de la capacidad de gestión de la organización/institución para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración del páramo en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov). .	190
Figura 95. Frecuencia de la percepción sobre la capacidad de gestión de los beneficiarios de los PMP para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración del páramo en el marco de los Planes de Manejo de Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	191
Figura 96. Frecuencia de la percepción sobre “sí” o “no” hay espacios suficientemente participativos en la Provincia de Tungurahua, en donde los miembros de la comunidad pueden exponer sus necesidades e intereses, así como de otros actores vinculados al páramo, y definir en conjunto las acciones estratégicas en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).....	194
Figura 97. Frecuencia de la participación de los diversos actores institucionales en la toma de decisiones sobre conservación y/o restauración de páramos en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); b) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; y, e) Nivel Provincial (Prov).	197
Figura 98. Frecuencia de los miembros que participan en alguna actividad de conservación y restauración del páramo en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	198
Figura 99. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMP en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP).	198
Figura 100. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMP en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA).	199

Figura 101. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMPs en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH).	199
Figura 102. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMPs en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Leito.	200
Figura 103. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMPs en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos a nivel provincial (Prov).	200
Figura 104. Frecuencia de la evaluación de la relación entre los habitantes de la zonas alta y baja, respecto al acceso, uso, manejo y beneficios de las áreas de recarga hídrica de los proyectos de riego en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	201
Figura 105. Frecuencia de la valoración en la coordinación entre las diferentes instituciones y dentro de cada organización en la planificación, implementación y monitoreo de medidas de conservación y restauración del páramo en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); b) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).	205
Figura 106. Frecuencia de la valoración del grado de articulación entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) del HGPT y el Fondo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).	205
Figura 107. Frecuencia de la existencia de otro tipo de alianzas respecto a la conservación y restauración del páramo en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).	206
Figura 108. Frecuencia del conocimiento de la elaboración de planes de monitoreo y evaluación para las medidas que se ejecutan en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).	207
Figura 109. Frecuencia de la participación de los beneficiarios en las actividades de monitoreo y evaluación de resultados que se realizan en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).	208
Figura 110. Frecuencia de la calificación de las acciones de monitoreo ambiental que se realiza en los páramos de las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); B) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).	210
Figura 111. Frecuencia de participación de modelos de acuerdos vinculantes para la conservación o restauración de páramos en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	211
Figura 112. Frecuencia de la aplicación de reglamentos en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov). .	211

Figura 113. Frecuencia de la claridad de las reglas y normas sobre el uso y manejo de páramos en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).	212
Figura 114. Frecuencia de la valoración de efectividad de los mecanismos para la conservación y cuidad de páramos como Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS), Áreas de Protección Hídrica (APH), Socio Bosque, Planes de Manejo de Páramo (PMP), en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); B) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).	214
Figura 115. Frecuencia de la presencia de amenazas en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); b) Mocha Huachi (MH); c) Leito.	217
Figura 116. Frecuencia de las estrategias de comunicación usadas en la planificación e implementación de medidas de conservación o restauración de páramos en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); B) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).	218
Figura 117. Tipos de suelo y ubicación de las áreas de muestreo edafico en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP - 5 calicatas), Toallo-Alobamba (TA – 1 calicata), Mocha Huachi (MH – 3 calicatas) y Leito (3 clicatas), Tungurahua.	223
Figura 118. Perfil del suelo del herbazal húmedo montano alto superior de páramo del sector Pilahuin de Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.	224
Figura 119. Perfil del suelo del valle del sector Pilahuin de Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.	225
Figura 120. Perfil del suelo de la parte alta del páramo de San Fernando de Ambato, Tungurahua.	226
Figura 121. Perfil del suelo de la parte baja del páramo del sector Pilahuin de Ambato -Tungurahua. ..	226
Figura 122. Perfil del suelo de la parte alta del sector Rumipata de Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.	227
Figura 123. Perfil del suelo del herbazal húmedo montano alto superior de páramo del sector Mocha - Huachi de Ambato - Tungurahua.	228
Figura 124. Perfil del suelo de la parte media del páramo del sector Mocha - Huachi de Ambato - Tungurahua.	228
Figura 125. Perfil del suelo de la parte alta del páramo del sector Quero - Mocha - Huachi de Ambato - Tungurahua.	229
Figura 126. Perfil del suelo de la parte alta de la vertiente de la acequia Leito, Tungurahua.	230
Figura 127. Perfil del suelo de pie de monte cubierto por matorral, Leito, Tungurahua.	231
Figura 128. Perfil del suelo de la parte media del bosque, Leito, Tungurahua.	231
Figura 129. Perfil del suelo de la parte alta del sector Juan Benigno Vela en la unidad hidrográfica Toallo - Alobamba, Tungurahua.	232
Figura 130. Subcuencas y ubicación de las áreas de muestreo hidrico en las Unidades Hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP – 5 muestras de agua), Mocha-Huachi (MH- 3 muestras), Toallo-Alobamba (TA – 1 muestra), y Leito (3 muestras), Tungurahua.	248
Figura 131. Variabilidad del Índice de Calidad de Agua (ICA) en los sitios de muestreo de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	257
Figura 132. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.	258

Figura 133. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.	265
Figura 134. Variabilidad del Índice de Calidad de Agua (ICA) en los sitios de muestreo de la unidad hidrográfica Leito.....	271
Figura 135. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica Leito.	273
Figura 136. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba.	277
Figura 137. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, periodo 2015-2022. Superficie de paramo año 2015 (28115,59 ha) y año 2022 (26363,76 ha).....	281
Figura 138. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi., periodo 2015-2022. Superficie de páramo año 2015 (6498,90 ha) y año 2022 (5182,64 ha).....	284
Figura 139. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Toallo-Alobamba, periodo 2015-2022. Superficie de paramo año 2015 (453,54 ha) y año 2022 (400,50 ha).....	287
Figura 140. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Leito, periodo 2015-2022. Superficie de bosque año 2015 (332,27 ha) y año 2022 (313,93 ha).	290
Figura 141. Servicios ecosistémicos de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	302
Figura 142. Red de impactos calificada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.....	303
Figura 143. Cambio de uso de suelo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	304
Figura 144. Variación climática en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua..	304
Figura 145. Contaminación en la en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	305
Figura 146. Impacto de ganado bravo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.....	306
Figura 147. Deslizamientos de tierra en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	306
Figura 148. Zona de actividad de las estrategias existentes en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	309
Figura 149. Estrategias existentes y complementarias en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	312
Figura 150. Formulación de hipótesis de cambio en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.....	313
Figura 151. Red de resultados de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua...	314
Figura 152. Red de resultados con metas y objetivos en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.	317

Figura 153. Servicios ecosistémicos de la unidad hidrográfica Mochas-Huachi/Toallo- Alobamba (MH/TA), Tungurahua.....	323
Figura 154. Red de impactos calificada de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	325
Figura 155. Cambio de uso de suelo de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	326
Figura 156. Variabilidad climática de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.....	326
Figura 157. Invasión de ganado bravo de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	327
Figura 158. Contaminación en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.....	327
Figura 159. Apertura de vías en las unidades hidrográficas Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.....	327
Figura 160. Zona de actividad de las estrategias existentes de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	329
Figura 161. Estrategias existentes y complementarias en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	331
Figura 162. Formulación de hipótesis de cambio en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	332
Figura 163. Red de resultados de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.....	333
Figura 164. Red de resultados con metas y objetivos de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.	336
Figura 165. Servicios ecosistémicos de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	342
Figura 166. Red de impactos calificada de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	343
Figura 167. Variabilidad climática en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.....	344
Figura 168. Cambio de uso de suelo en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.....	344
Figura 169. Casería de animales silvestres en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	345
Figura 170. Contaminación en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	345
Figura 171. Impacto de ganado bravo en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.....	346
Figura 172. Zona de actividad de las estrategias existentes en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	347
Figura 173. Estrategias existentes y complementarias en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	349
Figura 174. Formulación de hipótesis de cambio en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	350
Figura 175. Red de resultados de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.	351
Figura 176. Red de resultados con metas y objetivos de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.....	354

INTRODUCCIÓN

El presente documento “Estado de Salud del Páramo, en las zonas de recarga hídrica¹ de los proyectos de riego del PACT II” constituye un análisis integral sobre la situación actual ambiental, socioeconómica e institucional de las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Toallo Alobamba (TA) y Leito, con el objetivo de proporcionar información relevante para la gestión sostenible del páramo como zonas de importancia para la recarga hídrica. A través de un enfoque multidimensional, se abordan aspectos clave como la biodiversidad, el manejo del suelo y del agua, la socioeconomía, la gobernanza y la institucionalidad, así como estrategias de conservación y monitoreo.

El documento está dividido en trece secciones, que incluyen una caracterización de las zonas de recarga hídrica de las áreas de intervención de los proyectos de riego del PACT II, evaluación de los componentes caracterizados de flora, fauna, suelo, agua, socioeconómico y gobernanza e institucionalidad, propuestas de estrategias y monitoreo, conclusiones y recomendaciones.

Este documento inicia con una descripción de las **áreas de estudio**, donde se presentan los antecedentes, la delimitación de las unidades hidrográficas y su morfometría. Se analizan las características físicas de cada unidad hidrográfica, incluyendo su forma, relieve y drenaje, para comprender su dinámica y relación con los ecosistemas locales. Luego, en el **componente biótico**, se realiza una evaluación detallada de la flora y fauna de las unidades hidrográficas, considerando la diversidad de especies, su abundancia y distribución en cada unidad hidrográfica. Se incluyen análisis cuantitativos y cualitativos sobre la vegetación y los principales grupos faunísticos, como mamíferos, avifauna y herpetofauna.

Dentro del análisis del **componente flora**, en la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, donde se identifican dos ecosistemas principales: el Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior de páramo y herbazal húmedo montano alto superior de páramo. Se analizan parámetros ecológicos y dasométricos. Se evalúa el estado de conservación del bosque y endemismo clave para la biodiversidad regional. Por otro lado, se estudió la composición y diversidad florística del herbazal de páramo y Páramo de almohadilla que es fundamental para la regulación hídrica y la conservación del ecosistema andino. En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (MH) se describe la composición y diversidad florística del herbazal húmedo montano alto superior de páramo, considerando sus características ecológicas y estructurales. Se presentan los parámetros estructurales del estrato herbáceo, evaluando la densidad y distribución de las especies predominantes. En la Unidad Hidrográfica de Leito se analiza el Bosque siempreverde de la cordillera oriental de los Andes, con énfasis en la composición y diversidad florística del estrato arbóreo. Se identifican especies dominantes y su papel en la estructura del ecosistema. En la Unidad Hidrográfica Toallo-Allobamba (TA) se examina el Herbazal y arbustal montano alto superior, detallando sus parámetros ecológicos y la dinámica de regeneración del ecosistema.

En el **componente fauna**, se evaluaron entre las tres unidades hidrográficas la diversidad de Shannon e inverso de Simpson. En el grupo de mamíferos, se midió la riqueza y abundancia de especies, identificando gremios tróficos, patrones de actividad, uso del hábitat, especies sensibles y su estado de conservación. Para la avifauna, se evaluaron la riqueza y abundancia de especies, la curva de rango abundancia de Whitaker, el índice de diversidad, los nichos tróficos, los hábitos de las especies, su estrato vertical, estado de conservación, especies sensibles e indicadoras, endemismo, migración y uso del recurso. En cuanto a la herpetofauna, se analizó la riqueza de especies, los nichos tróficos, el estado de conservación, patrones de actividad, sensibilidad ecológica, especies indicadoras de conservación del ecosistema, distribución vertical y uso del recurso en los ecosistemas evaluados.

El **componente socioeconómico** examina las condiciones de vida de la población local, así como la estructura organizacional e institucional en la gestión de los recursos naturales. Se abordan las ocupaciones principales y complementarias, la tenencia de la tierra y los usos de la tierra. Dentro de la

¹ Las zonas potenciales de recarga hídrica, de ahora en adelante denominadas en el documento zonas de recarga hídrica, son áreas donde se infiltra gran parte de la precipitación caracterizadas por tener suelos con gran capacidad de retención de humedad y almacenamiento de agua (Matus, Faustino y Jimenez, 2008; Hincapié y Tobón, 2012).

dimensión institucional, se analizan la pertenencia y participación en los Planes de Manejo del Páramo (PMP), las capacidades organizacionales y el trabajo interinstitucional, evaluando su impacto en la gestión del territorio y los recursos naturales. En la dimensión socioecológica, se estudia el conocimiento individual sobre la conservación y/o restauración del páramo, así como la disponibilidad de recursos naturales en las distintas unidades hidrográficas, lo que permite comprender la relación entre las comunidades y su entorno natural.

El análisis de la **institucionalidad y gobernanza** explora la participación de actores clave en la gestión ambiental, incluyendo el mapeo de actores, el grado de influencia de cada uno, y las dinámicas de coordinación interinstitucional. Se destacan los acuerdos de conservación y los mecanismos de participación colaborativa para fortalecer la gestión de los ecosistemas. Para profundizar en estos aspectos, se realizó una entrevista semiestructurada con 44 preguntas para cuestionar el manejo del páramo desde las instituciones y organizaciones, distribuidas en las siguientes secciones: capacidades institucionales, participación colaborativa, coordinación y cooperación intra e interinstitucional, monitoreo y evaluación, acuerdos de conservación, comunicación y una sección dirigida a juntas de riego.

En cuanto al **componente del suelo**, se presenta una caracterización detallada de su calidad, composición y uso en las distintas unidades hidrográficas. Se analizan factores como la estructura, textura, almacenamiento de carbono y capacidad de retención de agua, aspectos esenciales para determinar su fertilidad y productividad.

El **componente hídrico** aborda la disponibilidad (caudales instantáneos²) y calidad del agua en las unidades hidrográficas evaluadas, con énfasis en la gobernanza del recurso, la eficiencia en su uso y la relación entre la actividad humana y el ciclo hídrico.

El **componente geográfico** describe las características territoriales de cada unidad hidrográfica, permitiendo entender cómo influyen en la distribución y calidad de los recursos naturales. Dentro de este análisis, se incluye un estudio multitemporal del período 2015 - 2022, que permite evaluar los cambios en la cobertura del suelo, la dinámica del uso del territorio y las variaciones en los ecosistemas. A través de la comparación de imágenes satelitales y datos geoespaciales, se identifican patrones de transformación del paisaje, los efectos de la expansión urbana y agrícola, así como las áreas más vulnerables a la degradación ambiental. Este análisis resulta fundamental para comprender las tendencias de cambio y establecer estrategias de planificación territorial orientadas a la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales.

En la sección de **evaluación**, se analiza la salud del páramo y su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos esenciales. Se incluyen criterios e indicadores que permiten medir la sostenibilidad de los ecosistemas y su respuesta a factores ambientales y humanos en los componentes de flora, fauna, agua, suelo, socioeconómico, institucionalidad y gobernanza. Las matrices de evaluación usadas para el presente estudio son temáticas bidireccionales. Estas matrices fueron desarrolladas para cada unidad hidrográfica.

Finalmente, el documento presenta **estrategias de manejo y monitoreo**, proponiendo acciones para la conservación y el uso responsable de los recursos naturales. Se destacan las conclusiones obtenidas a partir del análisis de cada componente y se ofrecen recomendaciones orientadas a mejorar la gestión ambiental, fortaleciendo la coordinación interinstitucional y promoviendo la participación de la comunidad en la conservación del entorno.

² Un caudal instantáneo es la cantidad de agua que fluye por una sección transversal de un río o corriente en un momento específico, expresado generalmente en metros cúbicos por segundo (m³/s). Se obtiene a partir de una medición puntual y refleja las condiciones hidrológicas exactas del instante en que se realiza, sin considerar variaciones a lo largo del tiempo. Este tipo de dato puede estar influenciado por eventos recientes como lluvias, sequías o descargas aguas arriba, y es útil para caracterizar la dinámica inmediata del flujo, evaluar eventos extremos o comparar condiciones entre diferentes sitios de forma simultánea.

Este informe proporciona una base sólida para la toma de decisiones y el diseño de estrategias que permitan una gestión eficiente y sostenible de los recursos naturales en las unidades hidrográficas analizadas. Para conseguir estas metas se plantean los siguientes objetivos.

Objetivos:

Objetivo general:

Elaborar el Estado de Salud del Páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II considerando aspectos biológicos, ambientales, socioeconómicos, institucionales y de gobernanza, en relación con indicadores claves.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico integral de salud del páramo considerando los componentes bióticos como flora y fauna, hídrico, suelo, geográfico, socioeconómico, institucionalidad y gobernanza.
- Proponer medidas para la conservación y restauración del páramo, en las zonas de recarga hídrica de las áreas de los proyectos del PACT II (unidades hidrográficas Ambato- Huachi-Pelileo, Toallo Alobamba, Mocha-Huachi y Leito); y
- Diseñar un sistema de monitoreo de salud del páramo para la evaluación a largo plazo.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio “Estado de Salud del Páramo, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II” considerando aspectos biológicos, ambientales, socioeconómicos, institucionales y de gobernanza, en relación con indicadores claves en la provincia de Tungurahua, centra su análisis en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA). Los objetivos del estudio fueron realizar un diagnóstico integral de salud del páramo, proponer medidas para la conservación y restauración del páramo, en las zonas de recarga hídrica de las áreas de los proyectos de riego del PACT II (unidades hidrográficas Ambato- Huachi-Pelileo, Toallo Alobamba, Mocha-Huachi y Leito); y plantear un sistema de monitoreo de salud del páramo para la evaluación a largo plazo.

Componente de flora

En la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, ubicada entre los 3.000 y 4.109 msnm, presenta una amplia variedad de ecosistemas, incluyendo herbazal húmedo montano alto superior de páramo y fragmentos del Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior de páramo. En términos de diversidad florística, se identificaron 77 especies pertenecientes a 61 géneros y 24 familias, siendo Asteraceae y Poaceae las familias más representativas. En el estrato herbáceo es dominado por *Calamagrostis intermedia* (52,23%), *Azorella pedunculata* (17,64%) y *Alchemilla orbiculata* (6,19%), mientras que en el arbustivo destacan *Chusquea* sp. (18,18%), *Polylepis reticulata* (13,64%) y *Hesperomeles ferruginea* (9,09%). Según la Lista Roja de la UICN, en esta unidad se identificaron ocho especies clasificadas en la categoría de Preocupación Menor (LC), una especie Vulnerable (VU) - *Grosvenoria hypargyra* y otra en Peligro (EN) - *Polylepis reticulata*, lo que resalta la urgencia de medidas de conservación. El 80% de la flora identificada en el páramo es endémica, lo que subraya la importancia de proteger estos hábitats.

La estructura del bosque muestra una baja diversidad en el estrato arbóreo, con un índice de Shannon-Wiener de 1,46 y un índice de Simpson de 0,69, lo que indica que la mayoría de los individuos se concentran en pocas especies. En cuanto a la biomasa, el volumen forestal se estimó en 34,38 m³ha⁻¹, con un área basal de 13,01 m² ha⁻¹. En el estrato arbóreo, las especies con mayor abundancia fueron *Saracha quitensis* (49,12%), *Baccharis nitida* (22,81%) y *Gynoxys acostae* (8,77%). Se observa una distribución diamétrica en forma de "J" invertida, característica de bosques jóvenes en regeneración. No obstante, la unidad enfrenta presiones antrópicas significativas debido a la actividad agrícola y ganadera, con cultivos de papa, maíz y cebolla, y la presencia de ganado bovino, ovino y porcino. Se han registrado especies indicadoras de degradación, como *Rumex acetosella* y *Trifolium repens*, que evidencian un impacto negativo sobre la cobertura vegetal. No obstante, algunas áreas han sido designadas como reservas ecológicas comunitarias para fomentar la conservación.

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH) con un rango altitudinal entre 3.992 y 4.059 msnm, la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se caracteriza por la presencia de un herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En un área de 4.800 m² se identificaron 42 especies distribuidas en 36 géneros y 24 familias. Asteraceae fue la familia más representativa, con 10 especies, seguida de Poaceae con cuatro especies. En el estrato arbustivo, las especies con mayor importancia ecológica fueron *Calamagrostis intermedia* (61,41%), *Alchemilla orbiculata* (16,15%) y *Azorella pedunculata* (6,70%), las cuales ocupan un alto porcentaje del ecosistema. En cuanto a conservación, se identificaron 27 especies clasificadas dentro de categorías de amenaza. De estas, 24 están en Preocupación Menor (LC), una en Casi Amenazada (NT) y otra en Vulnerable (VU). Destaca *Polylepis reticulata*, clasificada como En Peligro (EN) debido a la fragmentación de su hábitat.

En cuanto a la diversidad, los índices de Simpson (0,41) y Shannon-Wiener (1,50) reflejan una diversidad baja a moderada, con predominio de pocas especies altamente dominantes. La estructura de la vegetación muestra una distribución desigual, con una cobertura densa de pajonal y un bajo número de especies arbóreas o arbustivas. Se evidenció la presencia de pequeños bosques fragmentados con especies como *Gynoxys* spp., *Polylepis reticulata*, *Vaccinium florifundum* y *Miconia salicifolia*. El principal impacto en esta

unidad proviene de la actividad ganadera, particularmente en sectores como San Marco, Yanayacu y Mochapata, donde la producción de leche ha generado alteraciones en la estructura del páramo, disminuyendo la cobertura vegetal y promoviendo la erosión del suelo.

La unidad hidrográfica Toallo-Allobamba ubicada en la parroquia Santa Rosa esta unidad hidrográfica se encuentra en un estado de transformación debido a la expansión de actividades ganaderas. La fertilidad de los suelos ha incentivado la conversión del páramo en terrenos de cultivo, afectando la vegetación nativa. Se identificaron 37 especies pertenecientes a 33 géneros y 19 familias botánicas, con Asteraceae, Poaceae y Rosaceae como las familias más diversas. Según la Lista Roja de la UICN, se registraron 24 especies en Preocupación Menor (LC), una en Casi Amenazada (NT) y otra en En Peligro Crítico (EN) - *Elaphoglossum engleri*. La introducción de *Pinus patula* ha alterado el ecosistema, desplazando especies nativas.

La estructura del ecosistema está dominada por herbazal y arbustal montano alto superior donde se registraron 10.469 individuos en un área de 1.600 m², con especies dominantes como *Calamagrostis intermedia* (43,99%), *Gunnera magellanica* (9,54%) y *Azorella pedunculata* (5,96%). El índice de diversidad de Simpson (0,57) y Shannon-Wiener (1,45) indican una diversidad baja, con pocas especies predominantes en la cobertura vegetal. Una de las mayores amenazas en esta unidad es la introducción de *Pinus patula*, una especie exótica invasora que ha reemplazado la vegetación original en varias zonas. También se han implementado esfuerzos comunitarios de conservación mediante el turismo ecológico, programas de educación ambiental y señalización en senderos para sensibilizar a la población sobre la importancia de preservar el ecosistema.

La unidad hidrográfica Leito, localizada en el cantón Patate, está caracterizada por la presencia de un Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes, con una elevada diversidad biológica. En un área de 1.200 m² se registraron 308 individuos de 30 especies, pertenecientes a 29 géneros y 22 familias botánicas. Las especies arbóreas más representativas fueron *Cedrela montana* (15,54%), *Erythrina edulis* (14,65%) y *Saurauia tomentosa* (15,35%). En cuanto al estado de conservación, se identificaron 26 especies amenazadas. De estas, 24 están en Preocupación Menor (LC), una en Casi Amenazada (NT) y otra en Vulnerable (VU). La principal presión es la actividad agrícola, que ha fragmentado el bosque y ha generado erosión en zonas con pendientes de hasta 60%.

La estructura del bosque presenta dos estratos bien definidos: el dosel superior, dominado por árboles de hasta 14 m de altura, y un sotobosque con especies arbustivas como *Columellia oblonga*, *Hesperomeles obtusifolia* y *Viburnum triphyllum*. El volumen forestal estimado fue de 125,58 m³ha⁻¹ y el área basal de 26,93 m²ha⁻¹, valores que reflejan una alta biomasa y un ecosistema relativamente bien conservado. La distribución diamétrica de los árboles sigue un patrón de "J" invertida, lo que indica una regeneración activa con predominancia de individuos jóvenes. Los índices de diversidad muestran una alta riqueza florística, con valores de Simpson (0,06) y Shannon-Wiener (3,04), lo que sugiere que la comunidad vegetal está bien equilibrada sin una especie dominante. Sin embargo, la intervención humana en la zona es significativa, con cultivos de ciclo corto como maíz, tomate de árbol y papa, además de la cría de ganado vacuno. La topografía irregular, con pendientes entre el 30% y 60%, genera un alto riesgo de erosión, lo que hace necesario el desarrollo de estrategias de conservación y manejo sostenible del suelo.

Al comparar los resultados del presente estudio (2024) con los datos obtenidos en 2015 en el ecosistema de Bosque Siempreverde del Páramo, se observa un leve aumento en la riqueza arbórea. En 2024 se registraron siete especies, lo que representa incrementos puntuales respecto a los sitios evaluados anteriormente, especialmente en T1Ambatillo y T2Tambaló, donde se evidenció un aumento de cuatro especies. Estas diferencias pueden atribuirse a procesos de regeneración ecológica y a una metodología de muestreo más precisa en el estudio actual. Ambos estudios comparten especies arbóreas comunes como *Polylepis reticulata* y *Gynoxys acostae*, aunque en 2024 se identificaron nuevas especies como *Saracha quitensis* y *Hesperomeles ferruginea*, indicadoras de recuperación ecológica y conectividad entre hábitats.

A pesar de estas variaciones, no se registraron diferencias significativas en la riqueza arbórea entre los dos estudios, lo que confirma que los bosques siempreverdes de páramo mantienen una baja diversidad arbórea, dominada principalmente por el género *Polylepis*. Estos resultados destacan la importancia ecológica del ecosistema y la necesidad de su conservación y monitoreo continuo.

Componente de fauna – mamíferos

El análisis de similitud de Jaccard evidencia la existencia de dos grupos diferenciados en términos de composición de especies de mamíferos dentro de las unidades hidrográficas evaluadas. El primer grupo, conformado por Mocha-Huachi y Ambato-Huachi-Pelileo, presenta un 28% de similitud en especies, lo que sugiere que estas localidades comparten condiciones ambientales, ecológicas y estructurales similares. Por otro lado, la unidad hidrográfica de Leito se muestra completamente diferenciada, con una similitud de apenas 0,00% y 0,1% respecto a los otros sitios.

Los índices de diversidad de Shannon (1,79) y el Inverso de Simpson (0,83) indican que los sitios con mayor diversidad fueron aquellos ubicados en las unidades hidrográficas de Ambato-Huachi-Pelileo. Esto se debe a que estas áreas de estudio cuentan con amplias extensiones de vegetación natural, lo que indica que la fauna silvestre puede prosperar en zonas conservadas.

La Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo registró la mayor diversidad de mamíferos con nueve especies distribuidas en siete familias y cuatro órdenes. La familia más abundante fue Cricetidae, con *Akodon mollis* (ratón campestre) como la especie dominante, representando el 45,45% de la población total de mamíferos. Las especies registradas fueron: *Reithrodontomys soederstroemi* (ratón cosechador de Soderstrom), *Akodon mollis* (ratón campestre de pelaje delicado), *Microryzomys minutus* (ratón colilargo montano), *Sylvilagus andinus* (conejo de cola de algodón), *Cryptotis equatoris* (musaraña ecuatoriana negruzca), *Conepatus semistriatus* (zorrito rayado), *Sylvilagus andinus* (conejo andino), *Lycalopex culpaeus* (zorrito andino), *Puma concolor* (puma) y *Tremarctos ornatus* (oso andino).

Los aspectos ecológicos, el 56% de las especies son omnívoras, el 22% carnívoras y el 22% herbívoras. La actividad nocturna es predominante (67%), seguida de patrones catemerales (33%). Todas las especies registradas utilizan el estrato terrestre. Entre las especies sensibles, el 67% mostró baja sensibilidad, el 25% alta sensibilidad y el 8% sensibilidad media, indicando la necesidad de monitoreo y medidas de conservación. En el estado de conservación se reportaron a *Tremarctos ornatus* como especie Vulnerable (VU), *Akodon mollis* y *Sylvilagus andinus* como especies No Evaluadas (NE) y las otras seis especies con Preocupación Menor (LC). Según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, siglas en inglés) *Tremarctos ornatus* está en el Apéndice I y *Conepatus semistriatus*, *Lycalopex culpaeus* y *Puma concolor* en el Apéndice II, además se encontró una especie endémica *Cryptotis equatoris*, lo que determina la importancia de conservación del páramo. En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi se identificaron cinco especies de mamíferos en cinco familias y cuatro órdenes. *Akodon mollis* (ratón campestre) fue la única especie de roedor registrada. Las otras especies registradas fueron: *Lycalopex culpaeus* (zorrito andino), *Odocoileus virginianus* (ciervo de cola blanca), *Sylvilagus andinus* (conejo de cola de algodón) y *Syntheosciurus granatiensis* (ardilla de cola roja). Los aspectos ecológicos mostraron que el 40% de las especies son omnívoras, el 20% carnívoras y herbívoras. En cuanto a patrones de actividad, el 40% de las especies son nocturnas, mientras que las diurnas, crepusculares y catemerales representan el 20% cada una. El estrato terrestre fue utilizado en un 80%, con un 20% de especies arborícolas. En términos de sensibilidad, el 80% de las especies presentaron baja sensibilidad, mientras que el 20% mostró alta sensibilidad, lo que destaca la importancia de su protección.

En el estado de conservación se reportaron a *Akodon mollis* y *Sylvilagus andinus* como especies No Evaluadas (NE) y tres con Preocupación Menor (LC). Además, *Lycalopex culpaeus* fue clasificada como Vulnerable (VU) y *Odocoileus virginianus* En Peligro (EN) según el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador. Así mismo, la especie *Lycalopex culpaeus* está registrada en el Apéndice II del CITES.

En la Unidad Hidrográfica Leito se registraron tres especies de mamíferos en tres familias y dos órdenes las cuales fueron *Carollia perspicillata* (murciélago común de cola corta), *Puma concolor* (puma) y *Tremarctos ornatus* (oso andino). Los aspectos ecológicos indicaron que el 33% de las especies fueron frugívoras y el otro 67% carnívoras. En cuanto a patrones de actividad, el 50% de las especies fueron nocturnas y el 50% catemerales. En el uso de hábitat, el estrato terrestre representó el 67% y el aéreo el otro 33%. Respecto a la sensibilidad, el 50% de las especies mostraron baja sensibilidad y el 50% alta sensibilidad, lo que resalta la importancia de implementar estrategias de conservación.

En el estado de conservación se reportaron a *Carollia perspicillata* y *Puma concolor* como especies de Preocupación Menor (LC) según la IUCN. Sin embargo, en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, *Puma concolor* y *Tremarctos ornatus* son especies clasificadas como En Peligro (EN). Según CITES, *Puma concolor* está en el Apéndice II y *Tremarctos ornatus* en el Apéndice I.

En el año 2024 se llevó a cabo el estudio sobre el "Estado de Salud del Ecosistema Páramo en Tungurahua" se registraron un total de 12 especies de mamíferos. Comparado con el estudio desarrollado en el 2015 en el estudio "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua", en el que se registraron 16 especies, se observa una disminución en la diversidad de mamíferos. Aunque los sitios de monitoreo fueron diferentes y el esfuerzo de muestreo fue menor en el estudio actual, en 2015 el orden dominante fue *Rodentia*, mientras que en el estudio actual los órdenes dominantes fueron *Rodentia* y *Carnívora*. En cuanto a la abundancia, en 2015 se registraron 133 individuos, debido a que el muestreo en el 2015 abarcó toda la provincia de Tungurahua. En contraste, en el presente estudio se registraron solo 11 individuos en cuatro unidades hidrográficas, lo que representa el 14% de la abundancia observada en la totalidad del territorio provincial, reflejando las diferencias en el esfuerzo de muestreo entre ambos estudios.

Componente de fauna – aves

En las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito (L) de la provincia de Tungurahua se registró un total de 267 individuos distribuyen en 40 especies, 23 familias y 11 órdenes, en general los órdenes con mayor número de individuos fueron: Passeriformes con 51 individuos y Apodiformes con 14 individuos. La especie con mayor abundancia relativa correspondió a *Turdus fuscater*, con un total de 39 individuos seguida de *Streptoprocne zonaris* con 18 individuos. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) fue de 2,14, lo que indica una diversidad moderada. Si bien no es muy alto, tampoco es bajo, lo que indica que hay una variedad considerable de especies en las unidades hidrográficas estudiadas y que las especies están distribuidas de manera relativamente equilibrada. El índice de Simpson (1 - D) fue de 0,83, existe una buena distribución equilibrada de especies y no predomina una especie en particular en las unidades hidrográficas. Así mismo, la Dominancia de Simpson (D) fue de 0,16, es bajo, lo que significa que no hay una especie dominante en el ecosistema.

El resultado del índice de Jaccard mostro que la unidad hidrográfica Leito (punto PMML) y la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (punto PPMC) obtuvieron un coeficiente de Jaccard (IJ) = 0,19, es decir, que existe un 19% de similitud en la composición de especies de aves entre los dos sitios de muestreo. Mientras que, la unidad hidrográfica Leito (puntos PMML) y la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Mocha (PMMAHP) incluyendo la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba (TA) muestran un coeficiente de Jaccard (IJ) = 0,0 es decir, que no tienen similitud en la composición de aves. Así mismo, se puede indicar que la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (puntos PMMH) y la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Mocha (PMMAHP-TA) también presentaron un coeficiente de Jaccard (IJ) = 0, es decir no presentan similitud entre las especies registradas entre estas unidades hidrográficas.

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo se registraron 208 individuos, distribuidos en 32 especies, 20 familias y 9 órdenes. El orden con mayor número de individuos fue: Passeriformes con 137 individuos, Apodiformes con 30 individuos, Anseriformes, Caprimulgiformes, Falconiformes y Gruiformes con ocho individuos, Accipitriformes con cuatro individuos, Columbiformes con tres individuos y Strigiformes con dos individuos. La especie más abundante fue *Turdus fuscater*, representando el 14,4% del total de individuos, seguida por *Streptoprocne zonaris* con el 7,7%, *Diglossa humeralis*, *Grallaria quitensis* y *Pygochelidon cyanoleuca* con el 6,7% respectivamente, *Cistothorus platensis* con el 5,8%, la suma de la abundancia de

estas especies representa el 48% del total de la abundancia de aves registrada en el área de estudio. La diversidad de aves en esta unidad es alta, reflejada en un índice de Shannon de 3,01 y un índice de Simpson (1-D) de 0,95, lo que indica una comunidad equilibrada sin dominancia de una sola especie.

En términos ecológicos, los nichos tróficos más representativos fueron los omnívoros y carnívoros (21% cada uno), seguidos por los nectívoros (17%) e insectívoros y semilleros (14% cada uno). El 94% de las especies tienen hábitos diurnos, mientras que solo el 6% son nocturnas. La distribución vertical muestra una mayor presencia en el sotobosque (41%), seguido del subdosel (31%), dosel (19%) y hábitats acuáticos (9%) de aves. En cuanto a conservación, 31 especies fueron clasificadas como "Preocupación Menor (LC)", mientras que *Oxyura jamaicensis* se encuentra en la categoría de "Casi Amenazada (NT)". Además, nueve especies están protegidas bajo la Convención CITES. No se identificaron especies endémicas ni migratorias, y no se registraron indicios de cacería en la zona.

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se registraron 46 individuos, pertenecientes a 17 especies, 11 familias y 4 órdenes. En general el orden con mayor número de individuos fue: Passeriformes con 11 individuos, Apodiformes con cuatro individuos, Caprimulgiformes con un individuo y Falconiformes con un individuo. Las especies más abundantes fueron *Conirostrum cinereum* y *Geospizopsis unicolor*, ambas con seis individuos cada una. Los índices de diversidad reflejan una comunidad ecológica estable, con un Shannon de 2,64 y un Simpson (1-D) de 0,97, lo que sugiere una diversidad media y un equilibrio en la distribución de especies.

El análisis de nichos tróficos indica que la mayoría de las especies son insectívoras (41,18%), seguidas por semilleras (23,53%) y nectívoras (17,65%). También se identificaron carnívoros, frugívoros y forrajeros, aunque en menor proporción (5,88% cada uno). En cuanto al hábito, 94% de las especies son diurnas, mientras que solo una especie presenta actividad nocturna. La distribución vertical muestra una mayor presencia de especies en el sotobosque (35,29%) y el estrato terrestre (41,18%), mientras que el 23,53% de las especies ocupan el dosel o el aire. En términos de conservación, todas las especies registradas en esta unidad se encuentran en la categoría de "Preocupación Menor (LC)", sin especies endémicas ni migratorias. No se evidenció cacería en la zona.

En la unidad hidrográfica de Leito se registró un total de 21 individuos de aves, los mismos que se encuentran distribuidos en 12 especies pertenecientes a 11 familias distribuidas en cinco órdenes. En general el orden con mayor número de individuos fue: Passeriformes con siete individuos, seguido de Apodiformes con dos individuos, Caprimulgiformes, Falconiformes y Accipitriformes con un individuo. La especie con mayor abundancia corresponde a *Turdus fuscater* (mirlo negribriloso), con un total de seis individuos, seguida de *Zonotrichia capensis*, con cinco individuos, las abundancias restantes se encuentran repartidas en cada una de las especies registradas con un solo individuo. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) de 2,14, Simpson (1-D) fue de 0,83, la Dominancia de Simpson (D) fue de 0,16, lo que indica que no hay dominancia de especies en la zona de estudio.

Respecto a los nichos tróficos, las especies registradas en Leito se distribuyen en diferentes categorías alimenticias, destacando la presencia de insectívoros, frugívoros y nectívoros, lo que indica una disponibilidad variada de recursos en el ecosistema. En cuanto a los hábitos de actividad, la mayoría de las especies identificadas son de hábitos diurnos, con una presencia reducida de aves nocturnas.

En lo referente a la distribución vertical, la avifauna de Leito se encuentra distribuida principalmente en el sotobosque y el subdosel, con menor representación en el dosel y en ambientes acuáticos. Esta estratificación sugiere que la vegetación y la estructura del hábitat tienen un papel clave en la selección de refugio y alimentación de las especies presentes en la zona. En términos de conservación, la mayoría de las especies registradas en la unidad hidrográfica Leito están clasificadas como "Preocupación Menor (LC)" según la UICN, aunque algunas están protegidas bajo la Convención CITES. No se identificaron especies endémicas ni migratorias en esta unidad, lo que sugiere estabilidad en la composición de la avifauna local.

La comparación entre los estudios de 2015 y 2024 muestra una disminución en la diversidad de aves, con 86 especies registradas en 2015 frente a 40 en 2024, y una reducción en el número de individuos de 859 a 267. Esta diferencia se debe, en parte, a la metodología y al área de muestreo, ya que en 2015 se abarcaron más hábitats en toda la provincia de Tungurahua, mientras que en 2024 el estudio se limitó a cuatro unidades hidrográficas. A pesar de la disminución en el número de especies, la composición taxonómica a nivel de familias y órdenes se mantiene relativamente constante, lo que sugiere que las especies más generalistas han persistido, mientras que las más especializadas han disminuido o desaparecido. En cuanto a los gremios alimenticios, en 2015 se registraron ocho, mientras que en 2024 se identificaron siete, con la ausencia del gremio de invertebrados y plantas acuáticas. Respecto a la sensibilidad de las especies, en 2024 no se registraron especies con sensibilidad alta, lo que puede explicarse por la falta de muestreo en hábitats específicos. Sobre el estado de conservación, en 2015 se registraron especies en categorías Vulnerable (VU) y En Peligro (EN), mientras que en 2024 solo se identificó una en Casi Amenazado (NT), con una reducción en el número de especies bajo el Apéndice II. Finalmente, en 2024 no se reportó el uso de aves como recurso, a diferencia de 2015, cuando se registró su uso en la alimentación.

Componente de fauna – Herpetofauna

El monitoreo cualitativo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo registró una única especie de anfibio perteneciente a la familia Strabomantidae y al orden Anura. La especie identificada, *Pristimantis unistrigatus*, representa el 100% de los registros en esta unidad y posee una dieta insectívora, desempeñando un papel clave en el control de poblaciones de insectos.

En términos de conservación, esta especie está categorizada como "Preocupación Menor (LC)", sin amenazas inminentes, aunque se recomienda monitorear su estado. Su actividad fue exclusivamente nocturna, con una frecuencia del 100%, y su sensibilidad ecológica fue clasificada como baja, lo que sugiere una posible baja diversidad de anfibios en la zona. No se identificaron especies indicadoras de conservación del ecosistema, lo que puede deberse a la presencia de un entorno alterado que favorece a especies generalistas. En cuanto a distribución vertical, la especie monitoreada mostró una preferencia exclusiva por el hábitat terrestre, sin registros en el subdosel, dosel o medios acuáticos. No se encontró evidencia de que *Pristimantis unistrigatus* tenga algún uso humano en la comunidad.

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se registraron tres especies de anfibios, pertenecientes a dos familias y un orden. Dos de estas especies, *Gastrotheca riobambae* y *Pristimantis gloria*, son endémicas de la zona, lo que resalta la importancia de este ecosistema. Todas las especies identificadas son insectívoras, contribuyendo al equilibrio ecológico mediante el control de insectos.

Desde el punto de vista de conservación, *Pristimantis gloria* está catalogada como "En Peligro (EN)", lo que indica una alta vulnerabilidad y la necesidad urgente de medidas de protección. *Gastrotheca riobambae* está clasificada como "Casi Amenazada (NT)", mientras que *Pristimantis unistrigatus* mantiene la categoría de "Preocupación Menor (LC)". Todas las especies registradas tienen un patrón de actividad nocturno (100%). En cuanto a sensibilidad ecológica, el 75% de las especies presentan sensibilidad media, mientras que el 25% tiene sensibilidad baja. Además, *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae* han sido identificadas como especies indicadoras de conservación del ecosistema, ya que tienen un rango de distribución muy reducido y sus hábitats están amenazados por la expansión de la ganadería y la agricultura.

Las especies registradas en esta unidad hidrográfica muestran una preferencia exclusiva por el hábitat terrestre, sin presencia en subdosel, dosel o ambientes acuáticos. No se identificó ningún uso humano de estas especies en la comunidad local.

En la unidad hidrográfica Leito se registraron cuatro especies de anfibios, distribuidas en dos familias y un orden. Todas las especies identificadas son insectívoras, lo que refuerza su papel en la regulación de poblaciones de insectos.

En términos de conservación, *Pristimantis gloria* está catalogada como "En Peligro (EN)", lo que resalta su alto riesgo de extinción si no se toman medidas de protección. *Gastrotheca riobambae* se encuentra en la categoría de "Casi Amenazada (NT)", mientras que *Pristimantis unistrigatus* y *Pristimantis peruvianus* están clasificadas como "Preocupación Menor (LC)", lo que sugiere que sus poblaciones son más estables. El 100% de las especies registradas mostraron patrón de actividad nocturno. En cuanto a sensibilidad ecológica, el 50% de las especies presentan sensibilidad media, mientras que el otro 50% tiene sensibilidad baja. *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae* fueron identificadas como especies indicadoras de modificaciones del ecosistema, ya que sus hábitats están siendo fuertemente impactados por actividades humanas, como la agricultura y la ganadería.

Todas las especies registradas en esta unidad hidrográfica mostraron una preferencia exclusiva por el hábitat terrestre, sin registros en subdosel, dosel o medios acuáticos. No se encontró evidencia de que estas especies sean utilizadas por la comunidad local con fines domésticos, alimenticios o medicinales.

Componente socioeconómico

La población de la Unidad Hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (UH AHP/TA) está conformada en su mayoría por comunidades indígenas (96%) y una menor proporción de mestizos (4%). Se observa un predominio de mujeres en la jefatura de hogar (55%), con una mediana de edad de 42 años para mujeres y 52 años para hombres. La principal actividad económica es la ganadería (65%), seguida de la agricultura (13%) y el comercio (12%). La educación presenta una alta proporción de la población que solo ha completado la educación primaria.

La tenencia de la tierra es principalmente privada (60%), aunque un 38% de la población accede a tierras comunitarias. Los ingresos económicos son bajos, con una mediana mensual de \$250 por hogar, y el 71% de la población ha manifestado que no tiene posibilidades de cambiar su ocupación debido a la falta de recursos o acceso a capacitación. La migración es alta (29%) en la UH AHP/TA en comparación con Leito (21%) y MH (18%), con un flujo tanto nacional (Los Ríos, Pichincha, Galápagos) como internacional (EE.UU. y España).

Los principales usos del suelo en la UH AHP/TA son la infraestructura (99%), la ganadería (88%) y la agricultura (78%). La tierra es utilizada para el cultivo de papa, melloco, zanahoria, haba y cebolla. Además, se dedican extensas áreas a pastizales para el ganado de leche y carne. Las mujeres emplean la tierra para la crianza de animales menores (cuyes, gallinas, conejos) y la producción de hortalizas para el autoconsumo y la venta. Los hombres se dedican principalmente a la agricultura comercial, la piscicultura y la crianza de toros y terneros para la venta.

El uso del agua está destinado tanto al consumo humano como a la producción agropecuaria, con énfasis en el riego y la ganadería. La comunidad ha implementado diversas estrategias de conservación del páramo mediante su participación en Planes de Manejo de Páramos (PMP), con acciones como cercado del páramo, reforestación y vigilancia comunitaria. Además, se han aplicado restricciones en el acceso al páramo para evitar la sobreexplotación y degradación del ecosistema. Sin embargo, la sostenibilidad de estas medidas es cuestionada debido a la falta de financiamiento y la necesidad de proyectos que generen empleo. El 88% de la población está vinculada a organizaciones beneficiarias de algún PMP, principalmente dentro de las Corporación de Organizaciones Campesinas de Pilahuín (COCAP) (37%), Corporación de Organizaciones Campesinas y Populares Cristóbal Pajuña (COCP) (30%), San Fernando (27%) y la Comunidad de Tambaló (5%). Sin embargo, solo el 72% de los hogares participa activamente en actividades de conservación y restauración del páramo. La principal motivación para participar en estos planes es la protección del ecosistema (80%), aunque algunos habitantes también buscan beneficios ambientales o capacitaciones.

Los principales desafíos para la sostenibilidad de los PMP incluyen la falta de financiamiento, deficiencias en la vigilancia del páramo y la ausencia de proyectos que generen empleo alternativo. En cuanto a la percepción de la gestión de los PMP, se destaca que entre el 50% a 100% de los participantes considera

que la capacidad de gestión es media o alta, aunque en algunas comunidades, como Tambaló, se perciben dificultades en la ejecución efectiva de los proyectos.

La participación comunitaria en la toma de decisiones sobre el manejo del páramo es un aspecto clave en la UH AHP/TA. Existen estructuras organizacionales relativamente sólidas, con un desempeño aceptable en la implementación de estrategias de conservación y restauración. Sin embargo, persisten retos en la formación de líderes comunitarios y en la capacidad de autogestión de los proyectos.

El trabajo interinstitucional ha sido fundamental para la implementación de estos programas. Entidades como el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) han proporcionado financiamiento para proyectos específicos, mientras que organizaciones no gubernamentales y comunidades locales han jugado un rol clave en la gestión del páramo. No obstante, se ha identificado la necesidad de fortalecer la articulación entre las comunidades, el sector público y las instituciones académicas para mejorar la efectividad de las acciones implementadas.

Los páramos que forman parte de la UH AHP/TA representan ecosistemas frágiles con una alta importancia para la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, la fragmentación del páramo por la expansión de actividades agropecuarias ha generado efectos negativos en la biodiversidad y en la capacidad de retención de agua. Se han identificado problemas como la compactación y erosión del suelo, contaminación y disminución de caudales. A pesar de los esfuerzos de conservación, la alta presión sobre los recursos naturales sigue amenazando la sostenibilidad del ecosistema.

El agua en la UH AHP/TA proviene de fuentes naturales ubicadas en las zonas altas del páramo. Su uso está destinado tanto al consumo humano como a la producción agropecuaria. El 55% de la población reporta una percepción positiva de la calidad del agua, mientras que el 45% expresa preocupación por la disminución del caudal. La contaminación por residuos agropecuarios y la falta de sistemas de tratamiento de agua potable afectan la calidad del recurso.

La población en la Unidad Hidrográfica Mocha Huachi (UH MH) es exclusivamente mestiza, con una edad media de 56 años para mujeres y 64 años para hombres, lo que refleja una población envejecida. Las mujeres desempeñan un rol fundamental en la producción agrícola y pecuaria, principalmente en la crianza de ganado lechero y cultivos de papa y cebolla. Los hombres tienen un papel activo en la comercialización de productos agropecuarios y la ganadería de carne.

El 100% de la tierra en la UH MH es de propiedad privada, con terrenos que varían desde 0,3 ha hasta 80 ha, con una mediana de 2 ha por familia. Los ingresos son más altos que en las otras UH, con una mediana de \$550 mensuales por hogar, debido a la mayor disponibilidad de tierras para la producción agropecuaria. Sin embargo, el 82% de la población no tiene posibilidades de cambiar de ocupación, y el 18% ha migrado principalmente a EE.UU. y España. La infraestructura³ y la ganadería son los principales usos del suelo (100% y 75%, respectivamente). La agricultura se practica a menor escala debido a la limitada disponibilidad de sistemas de riego. Las mujeres se enfocan en el mantenimiento de huertos familiares y la crianza de ganado lechero, mientras que los hombres se dedican a cultivos comerciales como la papa y el pasto. También se reporta la crianza de toros y terneros para la venta.

El acceso al agua es suficiente para el consumo humano y animal, aunque la falta de sistemas de riego limita la diversificación productiva. La población no identifica a los Planes de Manejo de Páramos en la UH MH, lo que representa un desafío para la conservación de los recursos hídricos. La comunidad participa en mingas de limpieza y en la aplicación de tecnologías para mejorar la producción agropecuaria, aunque la falta de capacitación y recursos sigue siendo un obstáculo.

³ La infraestructura incluye las propiedades residenciales e instalaciones para la producción agropecuaria (sistemas de riego, bodegas, corrales, establos, etc.).

El 62% de la población percibe que la calidad del agua es buena, mientras que el 38% considera que la disponibilidad ha disminuido en los últimos años. La falta de sistemas de riego limita la expansión de la producción agrícola. En Mocha Huachi los entrevistados indicaron que no se han identificado organizaciones comunitarias vinculadas a la gestión del páramo, y el trabajo interinstitucional es limitado. Sin embargo, se han realizado esfuerzos individuales en la conservación del agua, como la limpieza de tanques de almacenamiento y mingas comunitarias. La falta de capacitaciones y apoyo técnico impide un manejo sostenible del ecosistema.

La población de la UH Leito es mayoritariamente mestiza (91%), con una menor presencia de comunidades indígenas (9%). La jefatura de hogar está distribuida de manera más o menos equitativa entre hombres (52%) y mujeres (48%), con una mediana de edad de 42 años para mujeres y 52 años para hombres. Las actividades económicas se centran en la agricultura (27%), la ganadería (25%) y los quehaceres domésticos (30%). La economía local depende principalmente de la agricultura (27%) y la ganadería (25%), actividades que han sido afectadas por la falta de riego y las condiciones climáticas adversas, reduciendo la productividad y, en consecuencia, los ingresos de los hogares.

La tenencia de la tierra es mayormente privada (94%), con terrenos de hasta 13 ha, aunque en algunos casos llegan a ser tan pequeños como 0,01 ha. La mediana de ingresos es de \$350 por hogar, y el 79% de la población ha manifestado no tener posibilidades de cambiar de ocupación. La migración alcanza el 21%, con un mayor porcentaje de hombres emigrando en busca de mejores oportunidades económicas. La infraestructura y la agricultura son los principales usos del suelo (100% y 91%, respectivamente). Los cultivos predominantes son el maíz y la papa, aunque la producción se ha visto afectada por la sequía y la falta de sistemas de riego. Las mujeres participan en la producción de hortalizas y en la crianza de ganado lechero, mientras que los hombres se enfocan en la producción agrícola a mayor escala y en la comercialización de ganado de carne.

La disponibilidad de agua en esta unidad hidrográfica ha disminuido significativamente en los últimos años, con un 42% de la población reportando menor acceso al recurso. Aunque la calidad del agua se percibe como aceptable, existen preocupaciones sobre su potabilización y distribución. En términos de conservación, existen acuerdos comunitarios para la protección del páramo, pero su cumplimiento es parcial. La comunidad participa en reuniones sobre gestión del agua y en mingas de limpieza de tanques y ojos de agua, pero las actividades de conservación requieren mayor apoyo técnico y financiero. El trabajo interinstitucional es limitado, lo que dificulta la ejecución de proyectos de conservación y restauración.

Componente Gobernanza e institucionalidad

En la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, la gobernanza y la institucionalidad están influenciadas por la presencia de diversas organizaciones, incluyendo actores gubernamentales, sociales y académicos. La capacidad institucional para la conservación del páramo en la provincia alcanzó un 53%, lo que evidencia desafíos en la gestión sostenible del recurso hídrico.

Los principales actores identificados incluyen el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) y el Fondo de Manejo de Páramos y Lucha contra la Pobreza de Tungurahua (FMPLPT), quienes tienen un rol clave en la conservación y financiamiento de proyectos. Las Juntas de Agua de Riego también juegan un papel importante en la gestión del recurso hídrico. La articulación entre estas entidades se califica como media (61%), lo que sugiere una coordinación moderada, pero con oportunidades de mejora en la planificación de proyectos de conservación.

En la unidad hidrográfica AHP, el 44% de los actores indica poseer un nivel alto de conocimientos sobre medidas de conservación y restauración del páramo, mientras que el 39% lo califica como medio. A nivel institucional, el 90% de las organizaciones están involucradas en Planes de Manejo del Páramo (PMP), reflejando un alto grado de compromiso con la gestión de los recursos hídricos. El análisis revela que esta unidad cuenta con espacios de participación adecuados, con un 47% de aceptación en la comunidad. Sin

embargo, se identifican desafíos en la transparencia y equidad en la toma de decisiones, lo que limita la gobernanza efectiva.

En términos de seguimiento, se identificó que la mayoría de los actores realizan evaluaciones periódicas de las iniciativas de conservación, aunque el monitoreo aún no es estandarizado. Se sugiere establecer un sistema de indicadores común para medir el impacto de los PMP. En cuanto a los acuerdos de conservación se han firmado convenios entre las comunidades y el HGPT para la implementación de los PMP, pero estos convenios no son vinculantes⁴. Sin embargo, se requiere fortalecer los mecanismos de financiamiento para garantizar la sostenibilidad de los acuerdos a largo plazo. Si bien existen canales de comunicación, la información sobre la gestión del páramo no llega de manera efectiva a todos los actores. Se recomienda mejorar los procesos de socialización y difusión de información, especialmente en comunidades rurales.

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi se caracteriza por la presencia de la Mancomunidad del Frente Sur Occidental (M-FSO), una instancia clave en la protección de los páramos de Mocha, Quero y Tisaleo. Sin embargo, la relación social entre los habitantes de la zona alta y baja es baja en un 67%, evidenciando tensiones en la distribución del recurso hídrico. Los actores principales incluyen el GAD Municipal de Mocha, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (siglas en GIZ), y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF Ecuador), quienes trabajan en la conservación del ecosistema páramo y la implementación de proyectos de desarrollo sostenible. La articulación entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) del HGPT y el FMPLPT es baja en un 67%, lo que limita la capacidad de respuesta ante problemas de conservación. En esta unidad, el 50% de los actores tiene un nivel de conocimiento medio sobre la conservación del páramo, mientras que el otro 50% lo califica como alto. Sin embargo, la capacidad de gestión institucional se percibe como baja en un 67%, lo que sugiere limitaciones en la ejecución de proyectos.

La frecuencia de participación institucional es baja en un 100%, lo que refleja una falta de presencia activa en la toma de decisiones. Esto puede deberse a una limitada integración de actores locales en los procesos de planificación y gestión del agua. No existen mecanismos estandarizados de monitoreo en esta unidad, ni la adecuada sistematización de la información, lo que impide evaluar el impacto de los proyectos. Se recomienda fortalecer la gestión de datos mediante un sistema de información geográfica (SIG) para el seguimiento de los PMP. Los acuerdos de conservación entre comunidades y entidades gubernamentales han sido limitados, lo que ha generado una baja participación en la conservación del páramo. Es necesario promover incentivos para fortalecer la implementación de estos acuerdos. La falta de espacios de diálogo ha generado una baja integración entre los actores. Se recomienda la creación de mesas técnicas de trabajo para fomentar la colaboración entre comunidades y entidades gubernamentales.

En la Unidad Hidrográfica Leito, la institucionalidad y gobernanza se caracterizan por la presencia de actores con capacidad de articulación media. Sin embargo, la participación en Planes de Manejo del Páramo (PMP) es baja debido a que en UH Leito no existe PMP, con solo un 25% de involucramiento de organizaciones locales. Los actores clave incluyen el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) y el Fondo de Manejo de Páramos (FMPLPT), quienes lideran la gestión del recurso hídrico en esta unidad. La coordinación entre estas entidades se percibe como media en un 100%, aunque la implementación de estrategias de conservación es lenta debido a problemas administrativos y de financiamiento.

El 50% de los actores posee conocimientos medios sobre la conservación del páramo, mientras que el otro 50% los califica como altos. Sin embargo, la capacidad de gestión institucional sigue siendo limitada, lo que afecta la implementación de proyectos de conservación. Esta unidad hidrográfica es la que tiene

⁴ Un “acuerdo vinculante” es cualquier acuerdo de obligado cumplimiento. Esto quiere decir que, si firmas un contrato vinculante y no cumples con tu parte del acuerdo, la otra parte puede llevarte ante los tribunales (ONU, <https://www.un.org/spanish/documents/instruments/terminology.html>).

mayor percepción de espacios participativos (100%), lo que sugiere una buena integración de actores locales en la toma de decisiones.

Los acuerdos de conservación en esta unidad han sido mínimos, lo que limita la protección del páramo. Se requiere fortalecer la implementación de contratos de conservación comunitaria. No se cuenta con un sistema de monitoreo consolidado en esta unidad para estrategias de conservación. Se recomienda establecer un programa de evaluación periódica para medir la efectividad de los proyectos. Existe una buena interacción entre los actores, pero se debe mejorar la difusión de información sobre los proyectos. Se sugiere utilizar plataformas digitales y radio comunitaria para socializar los avances en conservación. La unidad hidrográfica Toallo-Alobamba se caracteriza por una gobernanza basada en la gestión comunitaria del recurso hídrico. Sin embargo, solo el 67% de las organizaciones están involucradas en Planes de Manejo del Páramo (PMP), lo que indica un nivel de participación moderado. Los principales actores incluyen el GAD Municipal de Tisaleo, el GAD Parroquial de San Fernando, y el GAD Parroquial de Pilahuín, quienes juegan un papel clave en la gestión territorial del páramo. Sin embargo, la articulación con el FMPLPT y el HGPT sigue siendo débil, lo que limita la implementación de estrategias de conservación. Cabe mencionar que la relación social entre la zona alta y baja es alta en un 67%, lo que sugiere una buena integración comunitaria en la gestión del recurso hídrico.

El 67% de los actores tiene conocimientos altos sobre conservación, mientras que el 33% lo califica como medio. Sin embargo, la gestión de los PMP sigue enfrentando desafíos, como la falta de recursos financieros y técnicos. El seguimiento de los proyectos de conservación es limitado. Se recomienda la creación de un sistema de indicadores ambientales para evaluar el impacto de las iniciativas. Los acuerdos de conservación han sido insuficientes, lo que ha dificultado la conservación del páramo. Se sugiere la implementación de incentivos para fomentar la adopción de medidas de conservación. Los procesos de comunicación son deficientes, lo que dificulta la difusión de información sobre la gestión del agua. Se recomienda fortalecer las estrategias de comunicación comunitaria para garantizar una mayor participación.

Componente suelo

Los suelos de la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (UH AHP) presentan una amplia variabilidad en cuanto a su cobertura vegetal, pendiente y humedad. En esta zona, predominan los suelos cubiertos por páramo de almohadilla, páramo herbáceo degradado y pajonales, con pendientes que varían entre 0% y 25%. Esta diversidad de suelos se debe a su origen volcánico, lo que les otorga una alta capacidad de retención de agua y materia orgánica, especialmente en los sectores de Pilahuín y San Fernando. La textura predominante es arcilloso-arenosa, con una estructura laminar que facilita la infiltración del agua. La densidad aparente varía entre 0,2 y 1,2 g/cm³, lo que indica que son suelos relativamente sueltos y con una alta porosidad. La humedad volumétrica promedio es del 63%, lo que confirma su capacidad de almacenamiento de agua. Además, presentan un alto contenido de carbono orgánico, con valores que oscilan entre 189 t C ha⁻¹ (profundidad 30 cm) hasta 1.661 t C ha⁻¹ (profundidad 1,50 m), con promedio de 1.376 t C ha⁻¹, lo que resalta su importancia en la regulación del ciclo del carbono y la mitigación del cambio climático. El mayor contenido de carbono se encuentra en los suelos de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, los cuales contribuyen significativamente a la captura de carbono y a la regulación del clima. La alta porosidad de estos suelos permite que actúen como reservorios naturales de agua, favoreciendo la recarga hídrica y la regulación de caudales en épocas de sequía.

La UH AHP presenta la mayor capacidad de almacenamiento de agua, con un promedio de 906,59 mm en 1,50 metros de profundidad. Los suelos con páramo de almohadilla tienen una humedad volumétrica superior al 89%, lo que les permite retener grandes volúmenes de agua. Sin embargo, los suelos de páramo herbáceo degradado y pajonal muestran una menor capacidad de almacenamiento, lo que resalta la importancia de conservar la cobertura vegetal para mantener la regulación hídrica. Estos suelos juegan un papel fundamental en la regulación hídrica y el mantenimiento del ecosistema de páramo. Sin embargo, la degradación del páramo herbáceo y la compactación del suelo debido a actividades agropecuarias pueden afectar su estabilidad y capacidad de retención de agua. Se recomienda la implementación de

prácticas de conservación del suelo y restauración del páramo, con especial énfasis en la protección de la cobertura vegetal y la reducción del sobrepastoreo.

En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (UH MH), los suelos se encuentran en zonas con una pendiente media y alta (10% - 40%), lo que los hace más propensos a la erosión. La cobertura vegetal predominante está conformada por herbazal húmedo montano alto superior de páramo en las zonas bajas, mientras que en las partes medias y altas se observa una mayor presencia de páramo herbáceo. Su textura es arcilloso-arenosa, con una estructura laminar y un alto contenido de materia orgánica. Estos suelos tienen una menor capacidad de retención de agua en comparación con los de la UH AHP. La humedad volumétrica promedio es del 53%, con una densidad aparente que oscila entre 1.0 y 1.3 g/cm³, lo que indica que son suelos más compactos y con menor porosidad. El contenido de carbono orgánico varía entre 92 t C ha⁻¹ (profundidad 1,50 m) hasta 1.048 t C ha⁻¹ (profundidad 1,50 m) con promedio de 782 t C ha⁻¹, evidenciando una menor capacidad de almacenamiento de carbono en comparación con otras unidades hidrográficas. Esto se debe a que los suelos de Mocha-Huachi tienen una menor cantidad de materia orgánica, lo que limita su capacidad de captura de carbono. Además, la baja retención de agua en estos suelos implica que la infiltración y la recarga hídrica son más reducidas, lo que podría generar problemas en la disponibilidad de agua en épocas de sequía.

La UH MH tiene una capacidad de almacenamiento intermedia, con un promedio de 730,38 mm. Aunque los suelos de pajonal y herbazal húmedo montano alto superior de páramo retienen más agua, los de páramo herbáceo y pajonal muestran una menor capacidad de retención debido a su mayor compactación y menor contenido de materia orgánica. Esto indica la necesidad de restaurar áreas degradadas para mejorar la infiltración y el almacenamiento de agua. La degradación del suelo en la UH MH es moderada, pero la falta de una cobertura vegetal densa en ciertas áreas puede incrementar el riesgo de erosión. Se recomienda fortalecer la conservación del páramo y promover la reforestación en las partes altas para mejorar la infiltración y el almacenamiento de agua. También es importante limitar las actividades agropecuarias en zonas de alta pendiente y fomentar prácticas de manejo sostenible del suelo.

Los suelos de la Unidad Hidrográfica Leito (UH L) se encuentran en zonas caracterizadas por la presencia de bosque andino, con pendientes que varían entre 10% y 40%. Debido a esta pendiente pronunciada, estos suelos son altamente vulnerables a la erosión, especialmente en las áreas donde se ha reducido la cobertura vegetal. La textura predominante es franco-arcilloso-arenosa, con una estructura laminar y una alta presencia de raíces, lo que les permite retener humedad en los primeros horizontes del suelo. La humedad volumétrica promedio es del 42%, mientras que la densidad aparente varía entre 0,9 y 1,4 g/cm³. A diferencia de otras unidades hidrográficas, estos suelos presentan un alto contenido de carbono orgánico, con valores que oscilan entre 316 t C ha⁻¹ (profundidad 30 m) hasta 2.011 t C ha⁻¹ (profundidad 1,50 m) con promedio de 1.739 t C ha⁻¹, lo que resalta su potencial para la captura y almacenamiento de carbono. Esto se debe a la alta presencia de materia orgánica en los suelos del bosque andino, lo que refuerza su papel en la mitigación del cambio climático y en la conservación de la biodiversidad.

En la UH L la capacidad de almacenamiento de agua es menor, con un promedio de 628,40 mm. Los suelos de bosque andino presentan una alta retención de agua en los primeros horizontes, pero su densidad aparente más elevada limita la infiltración en profundidad. La pendiente pronunciada de la zona aumenta el riesgo de erosión y escorrentía, lo que refuerza la necesidad de estrategias de conservación del suelo y restauración del bosque andino. Los suelos de esta unidad hidrográfica juegan un papel clave en la regulación del ciclo hídrico y la conservación de la biodiversidad del bosque andino. Sin embargo, la combinación de altas pendientes y uso agrícola en ciertas zonas aumenta el riesgo de erosión y pérdida de suelo fértil. Se recomienda implementar estrategias de conservación del suelo y restauración del bosque, promoviendo sistemas agroforestales y técnicas de manejo sostenible del paisaje.

En la Unidad Hidrográfica Toallo-Alobamba (UH TA), los suelos están cubiertos por páramo arbustivo, con pendientes que van desde 20% hasta 40%. Estos suelos presentan una textura arcilloso-arenosa, con estructura granular y baja cohesión, lo que los hace más propensos a la erosión y a la degradación por actividades antrópicas. Estos suelos tienen la menor capacidad de retención de agua en comparación con las otras unidades hidrográficas. La humedad volumétrica promedio es del 22%, mientras que la densidad

aparente es alta ($1,5 \text{ g/cm}^3$), lo que indica que el suelo es más compacto y con menor porosidad. El contenido de carbono orgánico varía entre 107 t C ha^{-1} (profundidad 30 cm) hasta 802 t C ha^{-1} (profundidad de 1,50 m), con promedio de 925 t C ha^{-1} , lo que representa una capacidad moderada de almacenamiento de carbono en el ecosistema. Esto se debe a la menor cantidad de materia orgánica presente en el suelo y a su menor capacidad de almacenamiento de agua.

Finalmente, la UH TA es la más vulnerable, con una capacidad de almacenamiento de solo 325,89 mm. Sus suelos de páramo arbustivo tienen una humedad volumétrica del 21,72% y una alta compactación (densidad aparente de $1,53 \text{ g/cm}^3$), lo que reduce drásticamente su capacidad de retención de agua. Esto evidencia la urgencia de implementar acciones de conservación, como la reforestación y el manejo sostenible del páramo. La baja capacidad de retención de agua de estos suelos representa un desafío para la conservación de los recursos hídricos en la unidad hidrográfica. Para mitigar este problema, se recomienda implementar prácticas de manejo sostenible del páramo, como la reforestación con especies nativas, la reducción de actividades agropecuarias en zonas de alta pendiente y la protección de las fuentes de agua.

Componente hídrico

La unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo es una de las zonas más importantes de recarga hídrica en la provincia de Tungurahua, sin embargo, carece de mecanismos efectivos de protección del recurso. La retención de agua en el suelo es variable, con valores que oscilan entre 18,66% y 77,78%, dependiendo de la profundidad y las características del suelo. Esta capacidad de retención es crucial, ya que permite la regulación del caudal superficial y subterráneo, asegurando un suministro continuo de agua a lo largo del año.

Los principales cuerpos de agua de esta unidad hidrográfica incluyen el afluente occidental del río Pusuyuyo ($18,07 \text{ l/s}$) con agua sin presencia de sedimentos suspendidos, la Quebrada Cubillín ($438,24 \text{ l/s}$) con cobertura vegetal de pajonal y alta torrencialidad, la Quebrada Pimbaló ($1,8 \text{ l/s}$) con pastizales en sus riberas y sin protección natural, el Río Blanco ($74,46 \text{ l/s}$) con agua clara y alta torrencialidad y la Quebrada Pujihuaicu ($28,47 \text{ l/s}$) con pendiente suave y sin sedimentos suspendidos. El caudal instantáneo más alto se registró en la Quebrada Cubillín ($438,24 \text{ l/s}$), mientras que el más bajo correspondió a la Quebrada Pimbaló ($1,8 \text{ l/s}$). La falta de protección natural en algunas de estas fuentes hídricas incrementa su vulnerabilidad a la contaminación y la reducción del caudal en épocas secas.

En cuanto a la calidad del agua, el Índice de Calidad de Agua (ICA) se utilizó para evaluar los cuerpos de agua. Este índice se calcula con base en parámetros como: coliformes fecales, potencial hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos totales disueltos (STD) y oxígeno disuelto. La mayoría de las muestras analizadas en esta unidad se encuentran dentro de la categoría Buena (71-90 puntos en el ICA), lo que indica que pueden ser utilizadas para consumo humano con purificación. Existen 174 concesiones de agua en esta unidad, con un caudal autorizado total de $3709,73 \text{ l/s}$, donde el 73,6% se destina al riego agrícola y el 15,7% al consumo humano. La elevada demanda de agua para riego hace necesario mejorar la gestión y conservación de estas fuentes hídricas.

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi se caracteriza por una retención de agua en el suelo moderada, con valores que oscilan entre 15,29% y 33,21%. La regulación natural del agua en esta zona depende de la porosidad del suelo y la cobertura vegetal, que en muchos sectores ha sido alterada por actividades humanas. Los principales cuerpos de agua en esta unidad son el Río Mocha con caudales de régimen pluvial, con carácter estacional e irregular ($532,65 \text{ l/s}$) con alta torrencialidad y sedimentos suspendidos, la Quebrada La Carbonería ($35,52 \text{ l/s}$) con cobertura de matorral y pendiente accidentada y la Quebrada Pilco ($0,19 \text{ l/s}$) con alta pendiente y cobertura de pajonal. El Río Mocha (UH_MP01) presentó el caudal más alto ($532,65 \text{ l/s}$), siendo una fuente esencial para riego y abastecimiento humano. En contraste, la Quebrada Pilco (UH_MP03) presentó un caudal significativamente menor ($0,19 \text{ l/s}$), lo que indica una mayor vulnerabilidad a la reducción de caudal en temporadas secas.

En términos de calidad del agua, el ICA de la UH MH determinó que todas las muestras se encuentran en la categoría Buena (71-90 puntos), con valores entre 74,32 y 82,14. No obstante, se detectaron niveles moderados de fosfatos (2,74 mg/L en UH_MP01) y nitratos (5,3 mg/L en UH_MP01), que pueden estar asociados con la actividad agrícola y el uso de fertilizantes. El oxígeno disuelto en todas las muestras se mantuvo dentro de los rangos óptimos, lo que favorece la biodiversidad acuática. Todos los parámetros cumplen con los límites establecidos en el TULSMA, por lo que el agua puede ser utilizada para consumo humano con tratamiento adecuado. En esta unidad se registraron 124 concesiones de agua, con un caudal total autorizado de 1349,03 l/s, donde el 85,66% del agua se destina a riego y el 12,02% al consumo humano.

La unidad hidrográfica Leito tiene una baja capacidad de retención de agua en el suelo, con valores entre 15,38% y 22,59%. Esto indica que los suelos de esta zona permiten una infiltración rápida del agua, reduciendo la disponibilidad de caudal superficial durante la estación seca. Los principales cuerpos de agua analizados en esta unidad son la Quebrada Guarimayacu con caudales instantáneos (7,5 l/s) con protección natural de bosque y matorral, el Canal Acequia Leito-Quebrada Guarimayacu (135,3 l/s) sin protección natural y el afluente occidental Quebrada Guarimayacu (37,8 l/s) con alta torrencialidad. El caudal más alto se registró en la UH_LP02 (135,3 l/s), mientras que el más bajo fue en la UH_LP01 (7,5 l/s).

En cuanto a la calidad del agua, el ICA clasificó la mayoría de las muestras como Buena, excepto UH_LP02, que se clasificó como Media (67,5 puntos) debido a un alto contenido de coliformes fecales (220 NMP/100 ml) y nitratos (10,8 mg/L). Estos niveles pueden representar un riesgo para la salud humana si el agua se consume sin tratamiento. Cabe indicar que el contenido de nitratos en UH_LP02 excede el límite permisible (10 mg/L), lo que sugiere contaminación por fertilizantes y excrementos animales. En esta unidad existen 28 concesiones de uso del agua, con un caudal autorizado total de 371,57 l/s, donde el 95,32% se destina a riego y solo el 2,60% a consumo humano.

Esta unidad hidrográfica presenta la menor capacidad de retención de agua, con valores entre 8,67% y 12,66%. Esto indica que el suelo tiene baja capacidad para retener humedad, lo que se traduce en baja infiltración y, por consiguiente, un mayor volumen de escorrentía superficial, afectando la recarga de los cuerpos de agua subterráneos y contribuyendo a la pérdida de agua útil para el ecosistema. Esta condición puede incrementar el riesgo de erosión y degradación del suelo en eventos de lluvia intensa. El único punto de muestreo analizado fue la Quebrada Quichibi (UH_TA05), con un caudal de 28,62 l/s con agua clara y sin sedimentos suspendidos. La calidad del agua en este sitio fue clasificada como Buena (79,51 puntos en el ICA), aunque se detectaron niveles moderados de fosfatos (4,52 mg/L) y nitratos (3,4 mg/L), lo que indica una leve contaminación agrícola. En cuanto al uso del agua, se registraron 5 concesiones con un caudal total autorizado de 67,8 l/s, donde el 87,1% se destina a riego y el 12,9% a consumo humano.

A continuación, en la Tabla 1 se describe las principales similitudes y diferencias encontradas entre el estudio del estado de salud del páramo realizado en 2015 y el actual, realizado en 2024.

Tabla 1. Comparación de los resultados de los componentes flora, fauna y agua entre el Estudio 2015: "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua" y el Estudio 2024: "Estado de Salud del Ecosistema Páramo en las zonas de recarga hídrica del PACT II, Tungurahua".

Componente	Sector	Estudio 2015: "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua"	Estudio 2024: "Estado de Salud del Ecosistema Páramo en Tungurahua"	Diferencia	Descripción de la diferencia
Flora arborea	T1 Ambatillo - AHP	En el estudio de 2015, se registraron 3 especies arbóreas en este sector, reflejando una menor diversidad en comparación con otros sectores evaluados en ese año.	En 2024, se identificaron 7 especies arbóreas, evidenciando un incremento de la diversidad en este sector.	+4	Se observa un aumento en el número de especies arbóreas, posiblemente debido a procesos de sucesión ecológica o diferencias en la metodología de muestreo.
	T2 Poatug - AHP	Se reportaron 6 especies arbóreas en 2015, lo que indicaba una menor diversidad en comparación con T1 Poatug.	En 2024, se registraron 7 especies, mostrando un ligero aumento en la riqueza arbórea en este sector.	+1	La diferencia es mínima, lo que indica estabilidad en la composición arbórea del sector, aunque el aumento puede estar relacionado con una mayor superficie de muestreo.
	T1 Tambaló- AHP	Este sector presentó 6 especies arbóreas en 2015, manteniéndose en un rango intermedio de diversidad.	En 2024, se identificaron 7 especies, evidenciando una leve variación respecto a los datos anteriores.	+1	El aumento de una especie sugiere que la composición arbórea se ha mantenido estable, con pequeñas variaciones naturales en la regeneración del bosque.
	T2 Tambaló- AHP	En 2015, se documentaron únicamente 2 especies arbóreas en este sector, reflejando una baja diversidad en comparación con los demás sitios.	En 2024, se registraron 7 especies arbóreas, mostrando un incremento significativo en comparación con el estudio anterior.	+5	El aumento notable en la riqueza de especies puede deberse a cambios en la selección del sitio de muestreo, regeneración forestal o diferencias metodológicas en la cobertura de la muestra.
	Dominancia de especies	Pocas especies dominantes, principalmente del género <i>Polylepis</i> .	Pocas especies dominantes, principalmente del género <i>Polylepis</i> .	Similar	Sin cambios en la estructura del bosque
Aves	Número de especies	Se registraron 86 especies de aves distribuidas en diferentes hábitats de la provincia de Tungurahua.	Se registraron 40 especies en cuatro unidades hidrográficas específicas.	-46	Reducción de 46 especies, posiblemente por menor cobertura geográfica y metodologías distintas.
	Número de individuos	Se observaron 859 individuos en los diferentes puntos de muestreo.	Se registraron 267 individuos en los muestreos realizados.	-592	Disminución de 592 individuos. A pesar de estas diferencias, es importante considerar que la menor cantidad de especies y la baja abundancia observadas en el estudio actual no necesariamente reflejan un deterioro en la fauna del páramo, sino que pueden estar influenciadas por las metodologías utilizadas y la escala del muestreo.
	Número de familias	Se identificó un número variado de familias de aves.	Se identificó un número similar de familias en comparación con 2015.	Similar	A pesar de la reducción de especies, las familias de aves se mantienen relativamente estables.
	Número de órdenes	Se registró una diversidad amplia de órdenes de aves.	Se registraron órdenes similares a los de 2015.	Similar	No hay cambios drásticos en la composición taxonómica a nivel de órdenes.
	Gremios alimenticios	Se registraron 8 gremios: carnívoros, frugívoros, insectívoros, nectarívoros, omnívoros, granívoros, insectos y semillas, e invertebrados y plantas acuáticas.	Se registraron 7 gremios: carnívoros, forrajeros, frugívoros, insectívoros, nectarívoros, omnívoros y granívoros.	1 gremio	Desaparición del gremio "invertebrados y plantas acuáticas", posiblemente por la falta de monitoreo en hábitats acuáticos.

Componente	Sector	Estudio 2015: "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua"	Estudio 2024: "Estado de Salud del Ecosistema Páramo en Tungurahua"	Diferencia	Descripción de la diferencia
	Sensibilidad de especies	46 especies con sensibilidad baja, 37 con sensibilidad media y 3 con sensibilidad alta.	36 especies con sensibilidad baja y 4 con sensibilidad media; no se registraron especies con sensibilidad alta.	- 3 alta, -1 media, -10 baja	Las especies con sensibilidad alta no fueron observadas en 2024, posiblemente por la exclusión de ciertos hábitats como lagunas y turberas.
	Especies en estado de conservación	1 especie Vulnerable (VU), 1 En Peligro (EN), 3 Casi Amenazado (NT) y 82 en Preocupación Menor (LC).	1 especie Casi Amenazado (NT) y 32 en Preocupación Menor (LC).	-1 VU, -1 EN, -2 NT, -50 LC	No se registraron especies en las categorías Vulnerable (VU) ni En Peligro (EN) en 2024.
	Especies en Apéndice II	19 especies incluidas en el Apéndice II.	11 especies incluidas en el Apéndice II.	-8 especies	Disminución de 8 especies en esta categoría.
	Uso de aves por humanos	Se registró el uso de algunas especies (Tinamidae y Cracidae) como fuente de alimento.	No se reportó ningún uso de aves como recurso en la actualidad.	Eliminado	Desaparición del uso de aves como alimento, lo que puede indicar cambios en la relación humano-fauna.
	Total de especies registradas	16 especies de mamíferos identificadas.	12 especies de mamíferos identificadas.	-4 especies	Se observa una disminución en la diversidad de mamíferos, posiblemente debido a diferencias en la metodología y esfuerzo de muestreo.
Mamíferos	Órdenes dominantes	Rodentia fue el orden con mayor representación.	Rodentia y Carnívora fueron los órdenes más representativos.	Cambio en el patrón de dominancia	Se evidencia una mayor representación de carnívoros en el estudio actual, lo que puede estar relacionado con cambios en la composición de la comunidad de mamíferos.
	Total de individuos registrados	133 individuos en toda la provincia de Tungurahua.	11 individuos en cuatro unidades hidrográficas.	-122 individuos	Se registró solo el 14% de la abundancia observada en 2015, lo que refleja diferencias en la escala espacial y esfuerzo de muestreo entre ambos estudios. La diferencia en el esfuerzo de muestreo influye directamente en los resultados obtenidos, lo que podría explicar la menor cantidad de especies e individuos registrados. A pesar de estas diferencias, es importante considerar que la menor cantidad de especies y la baja abundancia observadas en el estudio actual no necesariamente reflejan un deterioro en la fauna del páramo, sino que pueden estar influenciadas por las metodologías utilizadas y la escala del muestreo.
	Almacenamiento de carbono	409 a 2300 t C ha ⁻¹ - AHP	1377 t C ha ⁻¹ - AHP 782 t C ha ⁻¹ - MH 803 t C ha ⁻¹ - TA 1739 t C ha ⁻¹ - Leito	Similitud	Se mantiene la materia orgánica, a pesar de evidenciar degradación del suelo.
Suelo	Almacenamiento de agua de los suelos	1200 – 1600 mm	907 mm - AHP 730 mm - MH 326 mm - TA 628 mm - Leito	-293 a -693 mm - AHP -470 a -870 mm - MH -874 a -1274 mm - TA -572 a -972 mm - Leito	Disminución significativa del almacenamiento de agua, posible impacto del cambio climático o uso del suelo, menor capacidad de retención por pérdida de materia orgánica, riesgo de sequía y desertificación, y posible afectación a la disponibilidad de agua para cultivos.
Agua	Cobertura vegetal	85% de cobertura vegetal nativa	78% de cobertura vegetal nativa	-7%	Reducción debido a expansión agrícola y ganadería.
	Calidad del agua (ICA)	73,12 (Río El Tingo), 80,22 (Río Blanco)	80,63 (Río El Tingo), 80,22 (Río Blanco)	+7,51 (El Tingo), igual (Blanco)	Mejoría en el Río El Tingo, estabilidad en el Río Blanco.

Componente geográfico

El análisis multitemporal de cobertura y uso de la tierra de las unidades hidrográficas entre 2015 y 2022, evidencio que en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo entre 2015 y 2022, se determinó una reducción del 3,81% del páramo, equivalente a 1.751,83 hectáreas durante este periodo. Esta pérdida ha sido reemplazada principalmente por áreas de intervención antrópica como la agricultura, con un incremento del 3,80% del total de la unidad. Se estima una pérdida anual de 250,26 ha de páramo, lo que genera un impacto negativo en la regulación hídrica y la biodiversidad. También se evidenció la reducción de 226,95 ha de bosque y 91,84 ha de cuerpos de agua, mientras que el área de intervención aumentó en 1.747,46 ha. La tendencia muestra que la expansión agrícola y el uso de suelos para pastizales están impulsando la transformación del ecosistema. Se recomienda fortalecer estrategias de conservación y uso sostenible para mitigar la degradación ambiental.

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se observó una pérdida del 10,67% del páramo, equivalente a 1.316,26 ha, con una tasa anual de -3,18%. La intervención antrópica creció un 9,54%, representando 1.177,50 ha adicionales dedicadas principalmente a la ganadería. El bosque también disminuyó en 91,06 ha, aunque presentó una leve recuperación del 1,12% debido a procesos de regeneración natural. Los cuerpos de agua y los glaciares no mostraron cambios significativos. La conversión del páramo en tierras para pastizales, junto con la fragmentación por incendios y sobrepastoreo, continúan afectando la sostenibilidad del ecosistema. Es crucial implementar medidas de protección y restauración para reducir la presión sobre estos recursos naturales.

El análisis de 2015-2022 en la unidad hidrográfica Toallo-Alobamba evidenció una pérdida del 9,01% del páramo, equivalente a 95,85 ha, y una disminución del 2,19% del bosque (12,84 ha). Al mismo tiempo, la intervención antrópica creció un 11,20%, con un incremento de 75,38 ha dedicadas a usos ganaderos. La tasa anual de pérdida del páramo es de -1,75%, mientras que el bosque disminuyó a un ritmo de -2,25% anual. No se registraron cambios en los cuerpos de agua ni en glaciares dentro de esta unidad. La degradación del páramo y del bosque responde a procesos erosivos y al aumento de la frontera agropecuaria. Se recomienda un manejo adecuado del territorio para evitar la continua conversión de ecosistemas naturales en áreas intervenidas.

En la unidad hidrográfica Leito entre 2015 y 2022 se registró una pérdida del 2,16% del bosque (18,35 ha), con una tasa anual de -0,81%. En contraste, la intervención antrópica creció un 2,11%, con un incremento de 17,92 ha debido a la expansión agrícola. El páramo mostró un ligero aumento del 0,05%, sin cambios significativos en cuerpos de agua o glaciares. La conversión del bosque en tierras intervenidas refleja un proceso continuo de degradación, impulsado por la fragmentación del ecosistema y el uso intensivo del suelo. Se recomienda fortalecer la reforestación y las estrategias de conservación para frenar la pérdida progresiva de cobertura boscosa.

Evaluación

La salud del páramo en la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) se calificó como “buena” con una valoración de 3,7. Se identificó una alta diversidad de flora con especies clave como *Calamagrostis intermedia*, *Azorella pedunculata* y *Alchemilla orbiculata*, predominando un paisaje de herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En cuanto a la fauna, se observó una diversidad media con mamíferos como el puma (*Puma concolor*), oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), además de aves como el mirlo grande, vencejo cuelliblanco y picaflor negro. La calidad del agua se consideró buena, y el 55% de los entrevistados indicaron que perciben la salud del páramo como alta. No obstante, se identificaron amenazas como el cambio de uso del suelo debido a la agricultura y ganadería de lidia, lo que impacta en la cobertura vegetal y la calidad del ecosistema.

En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (MH) el estado de salud del páramo en esta unidad fue calificado como “aceptable”, con una valoración de 3,4. Presenta una diversidad media de flora, con especies como *Calamagrostis intermedia*, *Azorella orbiculata* y *Azorella pedunculata*, predominando paisajes de herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En la fauna, se identificaron mamíferos como el ciervo de cola

blanca (*Odocoileus virginianus*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), además de aves como el picocono conerio, frigilo plumizo y picaflor negro. Destaca la presencia de especies endémicas de herpetofauna en peligro de extinción, como *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae*, lo que hace urgente la conservación del ecosistema. La calidad del agua fue buena y el 88% de los entrevistados perciben el estado del páramo como medio-alto. Entre las amenazas principales están la ganadería y agricultura, que modifican el uso del suelo y afectan la biodiversidad.

En la Unidad Hidrográfica Leito el páramo en esta unidad hidrográfica obtuvo una calificación “aceptable”, con una valoración de 3,2. Se caracteriza por una alta diversidad florística, con especies como *Acalypha diversifolia*, *Beilschmiedia costaricensis*, *Erythrina edulis* y *Eugenia florida*, en un paisaje que combina bosque andino y páramo. En cuanto a la fauna, se identificaron mamíferos como el puma, el oso de anteojos y el murciélago común de cola corta (*Carollia perspicillata*), además de aves como el mirlo grande y el chingolo. También se registraron especies endémicas en peligro de extinción como *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae*. La calidad del agua fue buena, aunque el 55% de los entrevistados perciben la salud del páramo como media. Las principales amenazas incluyen la deforestación y el uso intensivo de agroquímicos, que afectan la calidad del suelo y el agua.

En la Unidad Hidrográfica Toallo-Alobamba (TA) el estado de salud del páramo en esta unidad fue “aceptable”, con una valoración de 3,2. Se identificó una diversidad florística media, con predominancia de especies de Asteraceae, Poaceae y Rosaceae, así como una composición dominada por *Calamagrostis intermedia*, *Gunnera magellanica*, *Cortaderia nitida* y *Festuca subulifolia*. La calidad del agua se clasificó como buena. Sin embargo, las principales amenazas provienen de las actividades productivas, en especial la venta de ganado y el cambio de uso del suelo.

Estrategias

En las estrategias y monitoreo en el estudio de salud del páramo en las Unidades Hidrográficas evaluadas de Tungurahua resaltó la implementación de acciones de conservación y restauración focalizadas en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Toallo Alobamba (TA) y Leito. A través del Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua II (PACT II), se plantea mejorar la gestión sostenible de las cuencas hidrográficas mediante medidas de gestión de las unidades hidrográficas para el desarrollo de la conservación del páramo, buscando garantizar la disponibilidad en cantidad y calidad del agua. La metodología MARISCO fue clave en la planificación estratégica, permitiendo un diagnóstico integral del ecosistema páramo, la identificación de amenazas críticas como incendios, expansión agropecuaria y variabilidad climática, y el desarrollo de estrategias adaptativas. La red de impactos mostró que factores como el cambio de uso del suelo y la deforestación afectan significativamente los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y el control de la erosión. En el análisis de estrategias existentes y complementarias, se identifican iniciativas como acuerdos de conservación, programas de reforestación y control comunitario. Estrategias prioritarias incluyen la vigilancia y control de áreas de recarga hídrica mediante guardapáramos y la educación ambiental vinculada al turismo, destacando su eficacia en la reducción de amenazas y fortalecimiento organizativo.

La Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) abarca una extensa área de páramo que representa aproximadamente el 65% de su superficie. Este ecosistema es fundamental para la regulación hídrica y la provisión de agua para el riego y consumo humano. Sin embargo, enfrenta diversas amenazas, entre ellas la expansión agropecuaria, la deforestación, la quema del pajonal, el incremento de períodos de sequía y la contaminación por residuos químicos y desechos sólidos. También se han identificado impactos negativos derivados de la ganadería extensiva y los deslizamientos de tierra causados por la pérdida de cobertura vegetal. Para mitigar estos problemas, se han implementado estrategias de conservación como acuerdos con comunidades locales para proteger los páramos, la mejora del acceso al agua para consumo humano, la implementación de medidas de adaptación al cambio climático y la restauración de ecosistemas degradados. Adicionalmente, se han fortalecido los programas de monitoreo hidrometeorológico y se han promovido regulaciones para el uso sostenible del agua y la gestión de los residuos. Además, se han identificado estrategias complementarias para reforzar estos esfuerzos en talleres participativos.

Las estrategias priorizadas de forma participativa para la conservación y restauración de los páramos en la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) se dividen en dos categorías principales: conservación/restauración y socio-organizativas/culturales, cada una con objetivos específicos y una calificación basada en su viabilidad y eficacia.

Estrategias de Conservación y Restauración

- Implementar un sistema de compensación financiera para la conservación del páramo, aprovechando su capacidad de almacenamiento de carbono.
- Vigilancia y control de las áreas de recarga hídrica: se propone el fortalecimiento de la protección de los ecosistemas clave mediante la contratación y equipamiento de guarda páramos para evitar la degradación del territorio.
- Restauración focalizada en áreas degradadas del páramo: se sugiere un plan de restauración adaptado a las condiciones de cada área degradada, combinando técnicas de restauración pasiva y activa.
- Monitoreo participativo para garantizar la aplicación de la normativa ambiental: se plantea la creación de un sistema de monitoreo comunitario que permita evaluar el estado de los ecosistemas y fortalecer la toma de decisiones en conservación.

Estrategias Socio-Organizativas y Culturales

- Articulación de los Planes de Uso y Gestión del Suelo (PUGs) con la conservación del páramo: se busca integrar el uso sostenible de los páramos en los PUGs, promoviendo emprendimientos locales como el turismo ecológico.
- Actualización de la Ordenanza Provincial de Manejo y Conservación del Ecosistema de Páramo: se recomienda la inclusión de acuerdos vinculantes y regulación de convenios en la ordenanza para mejorar la distribución equitativa de incentivos.
- Educación ambiental vinculada al turismo: se propone fortalecer la conciencia ambiental a través de recorridos educativos en los páramos, involucrando a guías turísticos y centros educativos.
- Creación de fondos para la conservación y restauración del páramo y bosque nativo a través del aporte de los usuarios de agua para riego para garantizar la conservación a largo Plazo.
- Instrumentos, acuerdos y convenios a largo plazo anclados a los Planes de Manejo de Páramos (PMP): se recomienda actualizar los PMP e incluir mecanismos de control y monitoreo para evaluar su impacto en la conservación.
- Reforzamiento de las mesas técnicas de coordinación interinstitucional: se plantea mejorar la articulación entre los diferentes actores vinculados a la gestión del páramo mediante espacios de diálogo estructurados.

En las Unidades Hidrográficas Mocha Huachi y Toallo Alobamba (UH MH/TA), el páramo cubre aproximadamente el 75% y 70% de la superficie, respectivamente, y es una fuente vital de agua para el consumo humano y la producción agropecuaria. Sin embargo, estos ecosistemas enfrentan amenazas similares a las de la UH AHP, aunque con un énfasis particular en el manejo inadecuado del ganado, la invasión de especies exóticas, la quema del pajonal para la expansión agrícola y la contaminación de cuerpos de agua. También se han identificado problemas asociados a la apertura de vías sin medidas de mitigación ambiental, lo que provoca deslizamientos de tierra y erosión del suelo.

Para contrarrestar estas amenazas, se han implementado estrategias existentes como la reforestación en áreas estratégicas, la creación de normativas para la regulación del uso del suelo y la gestión comunitaria del ecosistema páramo. También se han desarrollado programas de educación ambiental, campañas de concienciación sobre el manejo de residuos agroquímicos y la implementación de sanciones para quienes contaminen los cuerpos de agua. Asimismo, se han identificado estrategias complementarias para reforzar estos esfuerzos en talleres participativos.

Las estrategias priorizadas participativamente para la conservación y restauración del páramo en las Unidades Hidrográficas Mocha Huachi y Toallo Alobamba (UH MH/TA) se dividen en tres categorías principales: conservación/restauración, socio-organizativas/culturales y producción sostenible. Estas medidas buscan fortalecer la protección de los ecosistemas, garantizar la disponibilidad de agua y promover la sostenibilidad ambiental.

Estrategias de Conservación y Restauración

- Creación de una categoría de conservación para el páramo: Se recomienda establecer una categoría específica dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) para garantizar la protección legal de los páramos y su sostenibilidad a largo plazo.
- Restauración de zonas degradadas: Se busca recuperar ecosistemas afectados en sitios como el Cerro Puñalica, las vertientes de Atillo y la Laguna Colorada, combinando reforestación con medidas biofísicas como la construcción de gaviones y diques.
- Control y vigilancia del páramo: Se plantea la contratación y equipamiento de guarda páramos para la aplicación efectiva de la normativa ambiental y la protección de fuentes hídricas.
- Recuperación del suelo en los arenales del volcán Chimborazo: Se sugiere implementar medidas mecánicas, como el uso de tablonés y gaviones de madera, para frenar la erosión y mejorar la estabilidad del suelo en áreas degradadas.

Estrategias Socio-Organizativas y Culturales

- Sistema de información sobre conservación y restauración: Se propone la creación de una base de datos centralizada para recopilar y analizar información de monitoreo ambiental, facilitando la toma de decisiones y evitando duplicaciones en estudios previos.
- Política de articulación interinstitucional: Se recomienda fortalecer la cooperación entre instituciones mediante la implementación del procedimiento parlamentario “Gente, Agua y Trabajo” en las mesas técnicas para mejorar la gestión de proyectos.
- Adquisición de tierras de páramo para conservación por parte de HGPT: Se plantea un mecanismo de compra mancomunada de tierras privadas para asegurar la protección de fuentes hídricas y ampliar las áreas de conservación.
- Regulación de actividades recreativas en Puñalica y Pampas de Salasaca: Se sugiere la formulación de un reglamento comunitario para restringir el acceso de motocicletas a zonas de páramo y establecer puntos de control para la vigilancia.

Estrategias de Producción Sostenible

- Manejo de desechos de agroquímicos en la cascada Jun Jun: Se busca reducir la contaminación hídrica causada por el uso indebido de agroquímicos mediante campañas de concienciación, capacitaciones a agricultores y la formulación de un reglamento para su disposición adecuada.

Las estrategias para la Unidad Hidrográfica Leito se enfocan en la conservación y restauración de los ecosistemas de páramo y bosque, la gestión sostenible del agua, la compensación por servicios ambientales y la reducción de impactos negativos de la producción agropecuaria. Se dividen en tres categorías principales: conservación/restauración, socio-organizativas/culturales y producción sostenible.

Estrategias de Conservación y Restauración

- Implementación de un vivero comunitario con especies nativas en San Jorge: Se busca fortalecer la reforestación y restauración del ecosistema mediante la participación comunitaria en la producción de plantas nativas.
- Vigilancia y control en los bosques y páramos de San Jorge: Se propone la creación de un sistema comunitario para monitorear y controlar actividades ilícitas como la tala, quema y pastoreo no regulado, además de fomentar la concienciación ambiental.

- Declaratoria de área protegida en la zona de recarga hídrica de Leito: Se recomienda establecer un área de conservación bajo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) para garantizar la provisión de agua y la protección del hábitat del oso andino.
- Restauración de áreas degradadas de bosque y páramo: Se plantea ejecutar planes de restauración basados en estudios previos, involucrando a comunidades e instituciones para su sostenibilidad a largo plazo.

Estrategias Socio-Organizativas y Culturales

- Generación del Plan de Manejo de Páramo y Bosque (PMPb) para conservar las fuentes de agua de Leito: Dado que la UH Leito es una de las más afectadas por la escasez de agua en épocas de sequía, se propone la creación de un PMPb con financiamiento asegurado para la conservación de estos ecosistemas.
- Mecanismos de compensación por conservación en Patate: Se sugiere la implementación de incentivos para propietarios de terrenos en zonas de conservación, como exoneración de impuestos, asistencia técnica y entrega de insumos productivos.
- Creación de un fondo para la conservación y restauración de bosques y páramos en Patate: Se plantea establecer un fondo económico con aportes de la comunidad, Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) y juntas de agua potable y riego para garantizar recursos para la gestión sostenible del agua.

Estrategias de Producción Sostenible

- Manejo de desechos de agroquímicos en San Jorge: Se identificó un alto uso de fertilizantes químicos en la producción de maíz, lo que genera contaminación de fuentes hídricas. Se recomienda capacitar a los agricultores en técnicas como el triple lavado y fomentar el uso de alternativas ecológicas.

Monitoreo permanente

El monitoreo de la salud del páramo se basa en indicadores específicos para evaluar la funcionalidad ecológica de estos ecosistemas y medir el impacto de las estrategias de conservación implementadas. Cada componente monitoreado como: flora, fauna, suelo, agua, y aspectos socioeconómicos y de gobernanza e institucionalidad proporciona información clave sobre la funcionalidad del ecosistema y permite la toma de decisiones basada en evidencia.

Monitoreo de Flora

El monitoreo de la flora permite conocer la diversidad y distribución de especies vegetales, lo que es esencial para entender la dinámica del ecosistema del páramo. Las plantas desempeñan un papel clave en la regulación hídrica, capturando y almacenando agua en sus tejidos y en el suelo. Además, la composición florística es un indicador de la salud del ecosistema, ya que la presencia de especies endémicas y la cobertura de pajonal reflejan el grado de conservación del páramo. El monitoreo cada cinco años de la flora permitirá detectar cambios en la vegetación debido a factores como el cambio climático, la expansión agrícola, los incendios forestales y el sobrepastoreo. Evaluar periódicamente la cobertura vegetal facilita la implementación de acciones de restauración en áreas degradadas y el diseño de estrategias para la conservación de especies clave. Para el monitoreo de la flora se recomienda utilizar conglomeradas para evaluar la diversidad de especies y su distribución espacial.

Monitoreo de Fauna

El monitoreo de la fauna incluye la evaluación de la diversidad y abundancia de aves, anfibios, reptiles y mamíferos. Para las aves, se utilizan métodos como censos por puntos, captura con redes de neblina y grabaciones de vocalizaciones en transectos. En el caso de anfibios y reptiles, se realizan relevamientos de encuentros visuales y registros acústicos mediante grabadoras digitales. Para los mamíferos, se emplean trampas de captura viva y redes de neblina, además de recorridos en transectos para observación

directa e indirecta (huellas, excrementos, madrigueras). El monitoreo cada cinco años de la fauna ayuda a detectar reducciones poblacionales, alteraciones en los hábitats y posibles impactos de actividades humanas, facilitando la implementación de medidas de conservación.

Los animales que habitan el páramo son indicadores clave del estado del ecosistema, ya que su presencia y abundancia reflejan la calidad del hábitat y la disponibilidad de recursos. Las aves son sensibles a los cambios en el ecosistema y su monitoreo permite evaluar la conectividad del paisaje y la disponibilidad de alimento. Además, algunas especies son polinizadoras y dispersoras de semillas, lo que ayuda a la regeneración natural del páramo. En cuanto a los anfibios y reptiles son especies altamente vulnerables a los cambios ambientales, por lo que su monitoreo ayuda a identificar alteraciones en la humedad, temperatura y calidad del agua. Muchas de estas especies son endémicas y están en peligro de extinción. Los mamíferos, su estudio permite conocer la dinámica trófica del ecosistema y evaluar la presencia de depredadores clave como el puma y el oso de anteojos, que regulan las poblaciones de otras especies y mantienen el equilibrio ecológico.

Monitoreo de Suelo

El monitoreo cada cinco años del suelo permitirá identificar procesos de degradación, como la compactación, la erosión y la pérdida de fertilidad, causados por actividades humanas como la agricultura y la ganadería. Esta información es clave para diseñar programas de restauración, reforestación y manejo sostenible del suelo en el páramo. El suelo del páramo es un regulador natural del agua y del carbono, por lo que su monitoreo es crucial para entender la estabilidad y la resiliencia del ecosistema. Evaluar las características físico-químicas del suelo, como la textura, pH, densidad, humedad y contenido de materia orgánica, ayuda a determinar su capacidad para retener agua y almacenar carbono, lo que impacta directamente en la regulación hídrica y la mitigación del cambio climático.

Las características físico-químicas del suelo, como color, textura, pH, densidad, humedad y contenido de materia orgánica, se recomienda sean analizadas mediante toma de muestras en diferentes horizontes. Además, medir la capacidad de almacenamiento de agua a través de análisis de humedad gravimétrica y densidad aparente de forma anual. También evaluar el almacenamiento de carbono orgánico mediante análisis de laboratorio, lo que permite estimar la capacidad del suelo para la retención de carbono.

Monitoreo de Agua

El agua es uno de los recursos más valiosos del páramo, ya que abastece a comunidades, sistemas de riego y centrales hidroeléctricas. Su monitoreo es fundamental para evaluar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, asegurando su uso sostenible. Se plantea monitorear dos enfoques principales: a) monitoreo de caudales: que permitirá determinar la cantidad de agua disponible en los ecosistemas del páramo, identificando variaciones en los flujos hídricos a lo largo del tiempo. Factores como la deforestación, el cambio climático y la sobreexplotación pueden afectar la disponibilidad de agua, y b) monitoreo de calidad del agua: mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA) que analizara parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, nutrientes y presencia de coliformes fecales, que pueden indicar contaminación por actividades humanas.

Además, para evaluar la calidad y disponibilidad del agua, se recomienda utilizar métodos como la estimación de caudales mediante mediciones volumétricas y el método del flotador para cuerpos de agua más grandes. El monitoreo⁵ mensual para los caudales y semestral (época lluviosa y seca) de los parámetros de calidad del agua que permite detectar tendencias y tomar medidas para proteger las fuentes hídricas, reducir la contaminación y mejorar el acceso a agua limpia para las comunidades locales.

⁵ En el monitoreo del recurso hídrico se está recomendando lo mínimo, por tema de costos y disponibilidad de equipos y materiales, sin embargo, si el HGPT puede intensificar el monitoreo sería adecuado para recolectar mayor información y datos de cantidad y calidad del agua.

Monitoreo Socioeconómico

El monitoreo de las condiciones socioeconómicas permite evaluar la relación entre las comunidades y el ecosistema del páramo. A través de encuestas, entrevistas y talleres participativos, se monitorea como las actividades humanas impactan el medio ambiente y qué estrategias de conservación son más efectivas desde la perspectiva local. Estos métodos permiten identificar la percepción de los pobladores sobre la conservación del páramo y su impacto en la calidad de vida se recomienda centrarse en los ejes temáticos como: a) evaluación de actividades productivas: que permitirá identificar prácticas agropecuarias que podrían estar afectando el páramo y promover alternativas sostenibles; b) gobernanza y participación comunitaria: para analizar la estructura de gobernanza ayuda a fortalecer la toma de decisiones y garantizar que las comunidades participen en la conservación del ecosistema y c) percepción ambiental: las encuestas a la población local permiten conocer su opinión sobre el estado del páramo y su disposición para participar en programas de conservación. El monitoreo cada cinco años de las variables socioeconómicas ayudaran a adaptar las estrategias de conservación a las necesidades de las comunidades y a promover un manejo sostenible del territorio.

I. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIOS

Las zonas de recarga hídrica en las áreas de intervención de los proyectos de riego del PACT II abarcan cuatro unidades hidrográficas. Para su delimitación, se han tomado como zona de descarga, los puntos de captación en las bocatomas de los canales de riego Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Toallo-Alobamba (TA) y Leito (Figura 1). Estas zonas de recarga hídrica cubren un total de 54.884,81 hectáreas, predominadas por ecosistemas de altura, como páramos y remanentes de bosque nativo. De estos ecosistemas nacen los ríos Ambato, Mocha y Leito, que alimentan el canal AHP, la acequia MH y la acequia Leito, permitiendo el riego de aproximadamente 5.800, 1.232 y 475 hectáreas, respectivamente (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua [HGPT], 2016; Tamayo, 2015; HGPT, 2021). Dentro de este contexto, la Reserva de Producción de Fauna del Chimborazo (SNAP, 2022) abarca 58.560 hectáreas, de las cuales 21.235 hectáreas (36% de su territorio) forman parte de las unidades hidrográficas AHP, MH y TA (HGPT, 2014). Por otro lado, la unidad hidrográfica Leito se encuentra en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates. A continuación, se presenta una descripción detallada de cada unidad hidrográfica.

1.1 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi – Pelileo (AHP)

La Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) está ubicada en la parte alta de la subcuenca del río Ambato, en la cordillera occidental de los Andes, la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo tiene como principal afluente al río Ambato. Este río nace de la confluencia del río Colorado, proveniente del nevado Chimborazo, y el río Blanco, originario del volcán Carihuairazo. En su recorrido, el río Ambato se alimenta de varios afluentes menores y del agua del vaso regulador Mulacorral, que a su vez se recarga con aguas del cerro Casaguala. Las áreas de recarga se encuentran dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

La unidad hídrica Ambato-Huachi-Pelileo tiene 46 001,85 ha, se encuentra entre 3.001 a 6.288 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una precipitación media anual entre 500 y 1.200 mm, dependiendo de la altitud y la exposición a los vientos y una temperatura media que varía entre 9°C en zonas altas y 20°C en las partes más bajas. Su geología está influenciada por la actividad volcánica y la presencia de suelos de origen volcánico, lo que favorece la fertilidad agrícola (HGPT, PACT II, CES, 2023). La topografía de la región, con valles y quebradas, influye en la captación y distribución del agua, haciendo necesaria una gestión eficiente para evitar problemas de escasez o contaminación.

El Canal Ambato Huachi Pelileo, cuya bocatoma se ubica a la altura de la quebrada Tambalayacu sector Tilulum, capta 2,26 m³ de agua por segundo⁶ del río Ambato y la transporta a través de un túnel de 11,8 km hasta la cuenca del río Pachanlica. Allí dota de riego a aproximadamente 5800 hectáreas. En épocas de bajas precipitaciones este canal es beneficiario directo del vaso regulador Mulacorral.

El Sistema de Riego Ambato - Huachi - Pelileo inicia su recorrido en el cantón Ambato, regando diferentes sectores como: Huachi Chico, Totoras, Huachi Grande, Palahua y Picaihua. En el cantón Cevallos los sectores beneficiarios son: Vincas, Jesús del Gran Poder, La Florida, Agua Santa, Santa Rosa, La Floresta baja, El Belén, Aire Libre, Las Playas, Querochaca, Tambo y Andignato. En el cantón Pelileo los sectores de: Salasaca, Benítez, Rosario y Guantugsumo.

1.2 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH), ubicada en la parte alta de la subcuenca del río Pachanlica, en la cordillera occidental de los Andes, al sur de los volcanes Chimborazo y Carihuairazo, tiene como río principal al Mocha. Este río se origina en la confluencia de los aportes hídricos de ambos volcanes y recibe un importante caudal del río Ollalla, proveniente del Carihuairazo. Las áreas de recarga se encuentran dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi tiene 12 338,45 hectáreas, se localiza al sur de la provincia, en los límites de las provincias de Tungurahua con Chimborazo. Se ubica entre 3.500 a 4.400 msnm, con una precipitación media anual: 700 a 1.500 mm, con lluvias más frecuentes entre octubre y mayo y una

⁶ Media de 16 años de datos colectados en la bocatoma: del 12 de agosto de 2006 al 5 de julio de 2021 (D. Mantilla, comunicación personal, 21 de septiembre de 2022) (HGPT, PACT II, CES, 2023).

temperatura media que varía de 14°C y 17°C, dependiendo de la altitud. Esta unidad hidrográfica cuenta con una topografía irregular que varía entre colinas y zonas montañosas. La actividad volcánica pasada ha generado suelos de alta fertilidad, aunque algunas áreas están sujetas a erosión y degradación por el uso agrícola intensivo.

La bocatoma de la Acequia Mocha Huachi se encuentra a la altura del poblado de Mocha, capta 310 litros de agua por segundo⁷ del río Mocha abastece de agua para riego a 5 óvalos de distribución: Pinguillí, Tunga, Cachiguayco, Lozada y Montalvo, irriga aproximadamente 1232 hectáreas de tierra, beneficiando a 1557 agricultores en los cantones de Mocha, Cevallos y Ambato.

1.3 Unidad Hidrográfica Toallo – Alobamba (TA)

La unidad hidrográfica Toallo-Alobamba (TA), ubicada en la parte alta de la subcuenca del río Ambato, en la cordillera occidental de los Andes, se encuentra en las estribaciones del volcán Carihuairazo, en la parte alta de la quebrada Chiquibí. Sus áreas de recarga se encuentran dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

La unidad hidrográfica Toallo-Alobamba tiene 582 hectáreas, cuya altitud esta entre 2.600 a 4.000 msnm, con una precipitación media anual entre 600 a 1.200 mm, concentrada en la temporada lluviosa y temperatura media entre 7°C. Se caracteriza por suelos volcánicos y colinas con pendientes moderadas (HGPT, PACT II, CES, 2023).

La bocatoma de la acequia Toallo Alobamba, ubicada a 3800 msnm cerca de los deshielos del volcán Carihuairazo, capta 50 litros por segundo. Irriga areas de dos subcuencas. El ramal Toallo Comunidades irriga zonas de la subcuenca del río Ambato en el cantón Ambato, llegando a las comunidades de Apatug, Alombamba Alto y Alombamba Bajo. El ramal Toallo Alobamba, por su parte, beneficia a sectores de Santa Teresita, Palahua Alto, San Antonio y El Calvario en la subcuenca del río Pachanlica, en el cantón Tisaleo.

1.4 Unidad hidrográfica de Leito

La unidad hidrográfica Leito, abarca la quebrada Manteles en la parte alta de la subcuenca del río Patate. La unidad hidrográfica se extiende por las estribaciones de la cordillera oriental de los Andes, y sus áreas de recarga se encuentran cercanas al Parque Nacional Llanganates. La bocatoma de la acequia Leito, ubicada a 2550 msnm, toma 190 litros por segundo⁸ e irriga los sectores de Manteles, Macalo, El Progreso, La Merced, San Antonio, El Pueblo y La Joya, del cantón Patate.

La unidad hidrográfica Leito tiene 847,80 hectáreas se localiza al suroriente de la provincia de Tungurahua, específicamente en el cantón Patate. Se encuentra en una zona montañosa de bosque siempreverde montano y áreas de transición hacia el páramo, caracterizada por la presencia de ecosistemas sensibles y una alta biodiversidad. La altitud oscila entre 2.800 a 3.100 m s. n. m., con precipitación anual entre 750 y 1.170 mm, con una media anual de 960 mm, con una distribución más uniforme a lo largo del año debido a la influencia de la selva amazónica y temperatura media que varía entre 9°C en las partes altas y 25°C en las zonas más bajas (HGPT, PACT II, CES, 2023). Se encuentra en la Cordillera Oriental de los Andes, con una geología influenciada por el volcanismo activo del Tungurahua. La zona es propensa a deslizamientos y lahares⁹, lo que requiere una gestión cuidadosa del agua y el suelo para evitar desastres naturales. Además, la presencia de bosques nublados y ecosistemas montanos la convierte en una unidad clave para la regulación del agua y la biodiversidad.

La superficie y localización de las unidades hidrográficas se detallan en la (Tabla 2).

⁷ Media de 95 caudales instantáneos medidos en la bocatoma durante 5 años, entre el 18 de febrero de 2013 al 6 de julio de 2017 (A. Toalombo, comunicación personal, 26 de agosto de 2022). Este caudal medio calculado, si se compara con los caudales concesionados reportados por Tamaño (2015), para la acequia Mocha Huachi en los años 1977 (0,79 m³/s), 1986 (0,46 m³/s) y 2014 (0,40 m³/s); muestra una reducción del 60% de la oferta del recurso hídrico para riego (HGPT, PACT II, CES, 2023).

⁸ Media de 12 caudales instantáneos medidos en la bocatoma durante 1 año, entre el 25 de mayo de 2021 al 25 de abril de 2022 (A. Toalombo, comunicación personal, 26 de agosto de 2022) (HGPT, PACT II, CES, 2023).

⁹ Un lahar es una corriente de lodo y escombros volcánicos que fluye por las laderas de un volcán, generalmente debido a la mezcla de agua (lluvia, nieve derretida, etc.) con material volcánico. Estos flujos pueden ser muy peligrosos y causar graves destrozos.

Tabla 2. Superficie, rango altitudinal, caudal medio y localización de las unidades hidrográficas.

Unidad Hidrográfica	Área Total (ha)	Área (ha) Tungurahua	Rango altitudinal (m s. n. m.)	Caudal (m ³ /s)	Ubicación política administrativa
Ambato- Huachi- Pelileo (AHP)	46.001,85	45.093,34	3.001 - 6.288	2,26	Cantón Ambato
Mocha-Huachi (MH)	12.338,45	8.943,67	3.229 - 6.286	0,31	Cantón Mocha
Leito	847,80	847,80	2.565 - 3.652	0,19	Cantón Patate
Toallo Alombamba	582	582	3.680 – 4.720	0,05	Cantón Tisaleo
TOTAL	59.193,92	55.466,81			

Fuente: HGPT, PACT II, CES (2023).

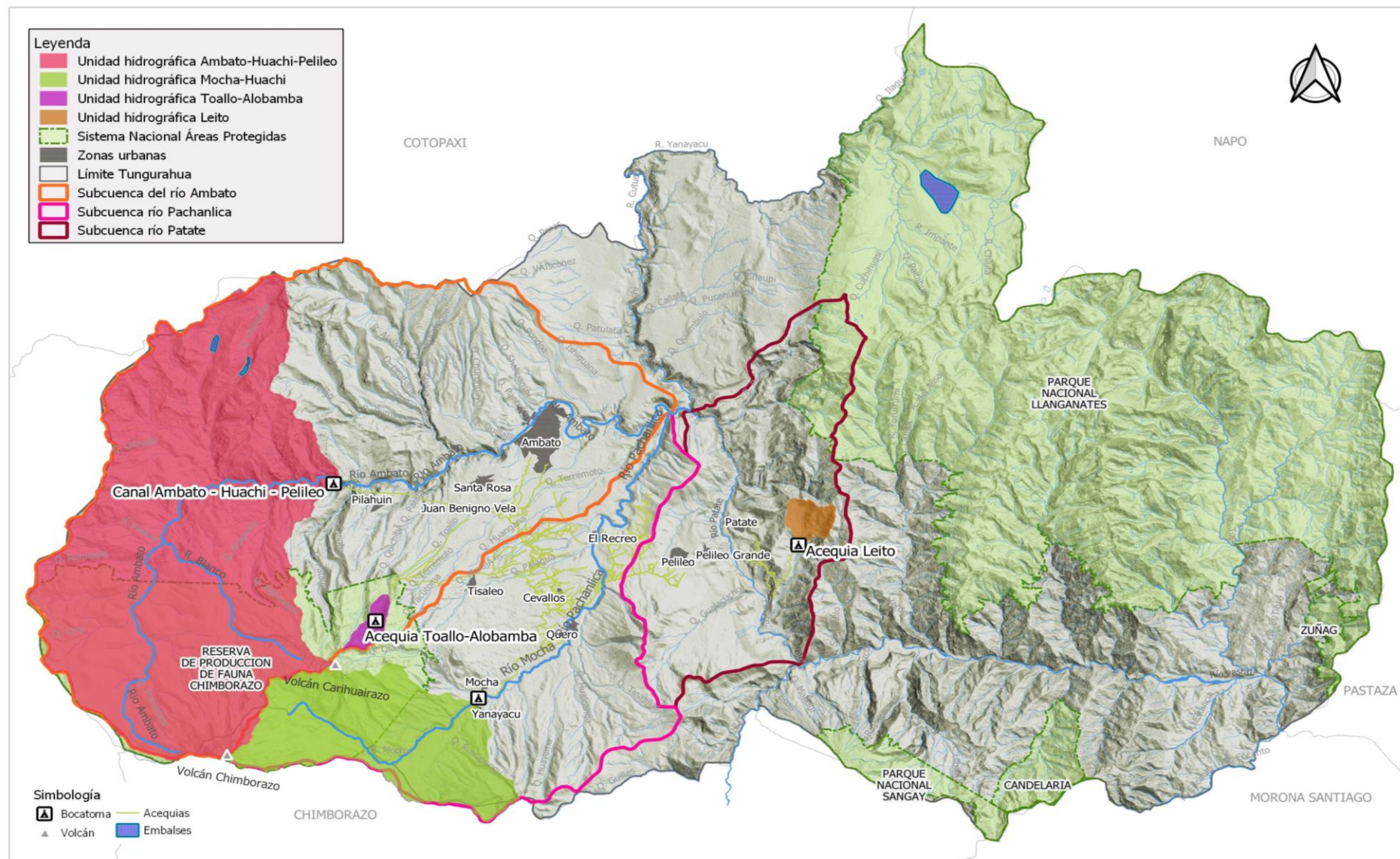


Figura 1. Ubicación de las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Toallo Alobamba (TA) y Leito, Tungurahua.

1.5 Morfometría de las unidades hidrográficas

Los parámetros morfométricos (Tabla 3) de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo Alobamba (TA) indican que, según el tamaño de las cuencas hidrográficas, se trata de cuencas pequeñas o microcuencas, menores a 500 km²; siendo la microcuenca AHP, casi seis veces más grande que la microcuenca MH y esta a su vez, nueve veces más grande que la microcuenca Leito.

Tabla 3. Características morfométricas de las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo Alobamba (TA), provincia de Tungurahua, 2024

Parámetro	AHP	MH	Leito	Toallo Alobamba
Área km ²	460,02	123,38	8,48	5,82
Área ha	46.001,85	12.338,45	847,80	582
Perímetro km	115,4	60,24	12,70	11,9
Longitud axial km	24,35	17,46	3,86	5,1
Coeficiente de compacidad kc (Gravelius)	1,52	1,53	1,23	1,39
Factor de forma kf (Horton)	0,35	0,40	0,57	0,2
Cota máxima m	6.288	6.286	3.652	4.720
Cota mínima m	3.001	3.229	2.565	3.680
Rango altitudinal m	3.287	3.057	1.087	1.040
Elevación media m	4.054	4.066	3.008	3.399
Orden de microcuenca	4	4	3	4
Índice de circularidad Ic (Miller)	0,43	0,43	0,66	0,52
Relación de elongación Re	1,00	0,70	0,85	0,5
Pendiente media de microcuenca %	30,56	32,06	52,16	47,5
Índice Hipsométrico	0,32	0,27	0,41	-0,27
Longitud río principal km	36,14	19,44	3,36	3,97
Longitud río principal m	36.135,54	19.438,31	3.360,15	3.977
Longitud total de ríos km	465,68	100,53	7,81	5,49
Cota máxima del río m	4.793	4.601	3.329	4.120
Cota mínima del río m	3.074	3.229	2.567	3.680
Desnivel m	1.719	1.372	762	440
Desnivel km	1,71	1,37	0,76	0,44
Pendiente media del río %	4,76	7,06	22,58	11,064
Tiempo de concentración Kirpich-Pennsylvania horas	3,34	6,31	0,56	0,44
Tiempo de concentración California-CP horas	3,40	12,09	0,79	0,45
Tiempo de concentración Chow horas	4,22	7,15	0,96	0,78
Densidad de drenaje km/km ²	1,00	0,16	0,40	0,94

Fuente: HGPT, PACT II, CES (2023).

1.5.1 Forma y relieve

En la forma y relieve de las unidades hidrográficas se observa que según el coeficiente de compacidad (kc), el factor de forma de Horton (kf) y el índice de circularidad (Ic); se establece que las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) y Mocha-Huachi (MH) presentan una forma oval – oblonga, es decir, son más alargadas que anchas, mientras que Leito presenta una forma más cuadrada y próxima a circular. Por tanto, las unidades hidrográficas AHP y MH, de acuerdo con la forma: son menos susceptibles a las crecidas, cuyas aguas escurren en general por un solo curso principal. Leito al estar más próximo a 1, forma circular de la microcuenca, presenta menor tiempo de concentración, por tanto, mayor tendencia a picos de caudal y crecidas.

La relación de elongación (Re) muestra que, la unidad hidrográfica AHP es una microcuenca plana; mientras las unidades hidrográficas MH y Leito presentan un relieve más accidentado y pronunciado; siendo Leito, según Sheng (1992), la microcuenca con una pendiente más acusada, frente a pendientes fuerte de AHP y MH.

Cuanto mayor la pendiente, mayor la velocidad de escurrimiento, menor el tiempo de concentración y mayor la probabilidad de picos de caudal y crecidas. De acuerdo con la pendiente, la microcuenca Leito es la más susceptible de las tres unidades hidrográficas, a crecidas. Al precipitarse la lluvia en dicha unidad, por la elevada pendiente, aumenta la velocidad de escurrimiento y consecuentemente, el tiempo de concentración de la unidad disminuye, aumentado los picos de caudal pudiendo resultar en erosión e inundación de la parte baja de la unidad. A pesar de presentar pendiente fuerte AHP y MH, los tiempos de concentración calculados para esta unidad son mucho más largos que los estimados para Leito, lo que reduce la posibilidad de crecidas en AHP y MH. Finalmente, el índice hipsométrico adimensional muestra las unidades hidrográficas AHP y MH en equilibrio o maduras, con bajo potencial erosivo.

En la unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA) el coeficiente de compacidad (k_c), el factor de forma de Horton (k_f), el índice de circularidad (I_c) y la relación de elongación (Re) indican que esta unidad hidrográfica presenta una forma más alargada que ancha, por tanto, es una unidad hidrográfica es menos susceptible a las crecidas repentinas, debido a que el tiempo de escurrimiento es más prolongado, donde los caudales pico tardan más en alcanzarse. En cuanto a la pendiente media de la cuenca, presenta una topografía empinada y fuertemente inclinada (47,5%), lo que favorece un escurrimiento más rápido, alta erosión y transporte de sedimentos y menores tiempos de concentración (valores menores a 1 hora) aumentando la probabilidad de picos de caudal y crecidas. El índice hipsométrico bajo sugiere un relieve muy desgastado, posiblemente debido a procesos erosivos prolongados o condiciones geomorfológicas particulares.

1.5.2 Drenaje

Con relación al drenaje, las unidades hidrográficas AHP, MH y Leito son de orden 4, 4 y 3, respectivamente; siendo las quebradas de orden 1 y 2, inmersas en las microcuencas, adecuadas para provisión de agua para consumo humano. Así, por ejemplo, en Leito en la parte alta de la unidad hidrográfica se capta el agua de la fuente para consumo humano (orden 1) y el líquido restante se une con otros pequeños tributarios, hasta formar el orden 3, correspondiente a la microcuenca Leito, próximo de la bocatoma de la acequia del mismo nombre, cuyas aguas son captadas para riego, aguas abajo.

La microcuenca AHP, se presenta, normalmente drenada, con valores iguales a 1 km/km²; mientras las microcuencas de MH y Leito presentan un drenaje pobre, menor a 0,5 km/km². La mayor densidad de drenaje en la AHP muestra un dominio en el flujo del cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca, cuando comparada con MH, por tanto, un aumento en los picos de caudal y, por consiguiente, eventuales crecidas e inundaciones en AHP. MH y Leito presentan baja densidad de drenaje lo que indica tendencias bajas a crecidas, puesto que son áreas con presencia de materiales geológicos duros y resistentes en la cabecera de las microcuencas originando una baja densidad de drenaje; y a su vez en el área de derrame, la disposición de materiales más permeables y con cobertura vegetal origina bajas densidades de drenaje, favorecidas por la infiltración. Es así que la UH TA, el número de orden (4) y la densidad de drenaje, corresponde a una microcuenca con una red de drenaje normalmente drenada (0,94), con posibilidad de infiltración en ciertos sectores. Sin embargo, la microcuenca muestra un dominio en el flujo del cauce frente al flujo en ladera, reduciendo el tiempo de respuesta hidrológica ante precipitaciones de la cuenca y la probabilidad de un aumento en los picos de caudal y, por consiguiente, eventuales crecidas e inundaciones

II.COMONENTE BIÓTICO

2.1 FLORA

2.1.1 INTRODUCCIÓN

La mayor parte de las unidades hidrográficas en estudio están cubiertas por el ecosistema de páramo herbáceo dominado por *Calamagrostis intermedia*, la cobertura vegetal se caracteriza generalmente por la presencia de pajonales en penachos y ausencia de árboles, algunas especies herbáceas y arbustivas también se adaptada a condiciones extremas de clima como: temperaturas bajas, vientos fuertes, humedad relativamente alta, alta nubosidad y extrema insolación (Ramsay y Oxley, 1997; Ulloa et. al., 2004; Peyre et al., 2018); otras especies herbáceas en zonas más húmedas se presentan en forma de almohadillas. Los páramos tienen un alto grado de endemismo, que alcanzan un 80% (Luteyn et al., 1999; Kessler, 2002; Muellner - Riehl et al., 2019), este alto grado de endemismo se debe a las condiciones climáticas extremas y únicas, y a su historia biogeográfica (Hofstede et. al., 1998).

En las áreas de estudio correspondientes a las unidades hidrográficas ubicadas dentro del ecosistema de páramo existen otros ecosistemas de gran importancia como lo son los Bosques de Yagual (*Polylepis* spp.) que representan la vegetación natural de una gran parte de los Andes Centrales comprendidas en altitudes entre 3 500 y 4 400 m s. n. m., estos ecosistemas son los más amenazados de Sudamérica (Cierjacks et al. 2007; Romoleroux et al., 2021). Estos bosques se presentan como parches discontinuos con una matriz de páramo, la especie arbórea dominante es *Polylepis* spp. pero existe también un gran número de especies arbustivas asociadas a éstos, este número disminuye desde las zonas más bajas hacia las zonas más altas y secas (Kessler, 1995).

También es importante mencionar que de este paisaje andino de montaña lo constituyen los Bosques Andinos o también llamados Montanos, considerados como ecosistemas frágiles y de gran importancia por las comunidades, localizados en zonas de recarga de cuencas hidrográficas necesarias para el abastecimiento de agua, otorgando diferentes bienes y servicios ecosistémicos a las poblaciones de los Andes (Cuesta et al., 2009). Estos parches vegetación en el área de estudio se ven seriamente amenazados por el alto nivel de vulnerabilidad frente a los cambios globales (cambio climático y dinámicas de cambios de cobertura y uso de la tierra), afectando a la disminución de la diversidad biológica y al regulamiento hídrico. Esto los hace críticos en la adaptación al cambio climático y en el soporte de los sistemas productivos de los Andes (Cuesta et al., 2009).

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la cobertura vegetal de cada unidad hidrográfica, así como la comparación de la diversidad florística y estructura en los dos períodos de medición, la primera medición fue generada por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) en su estudio “Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua” (Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda, 2015), después de un periodo de tiempo de por lo menos nueve años, se seleccionó algunos transectos y parcelas en este nuevo estudio para el “Programa de Aguas y Cuencas del Tungurahua II (2024) del HGPT, que permitirá evaluar los cambios en la composición, diversidad y cobertura vegetal a través del monitoreo a lo largo del tiempo.

2.1.2 RESULTADOS

Los resultados de flora fueron a partir de 13 unidades de muestreo (UM), denominadas conglomerados. Cada conglomerado está compuesto por cuatro transectos dispuestos en forma de cruz de malta para la evaluación de los bosques, mientras que en las áreas de páramo se emplearon parcelas facilitando la recolección de datos sobre la estructura y composición florística de estos ecosistemas, en la unidad hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) se instalaron seis conglomerados, en Mocha-Huachi (MH) tres conglomerados, en Leito tres conglomerados y en Toallo – Allobamba un conglomerado (TA) (Figura 2). Además, en las unidades hidrográficas evaluadas, el muestreo fue cuantitativo y cualitativo de flora (Anexo 1), abarcan zonas de vegetación nativa tanto de bosque como de páramo, dentro de la zona de influencia directa del Programa de Aguas y Cuencas del Tungurahua II (PACT II).

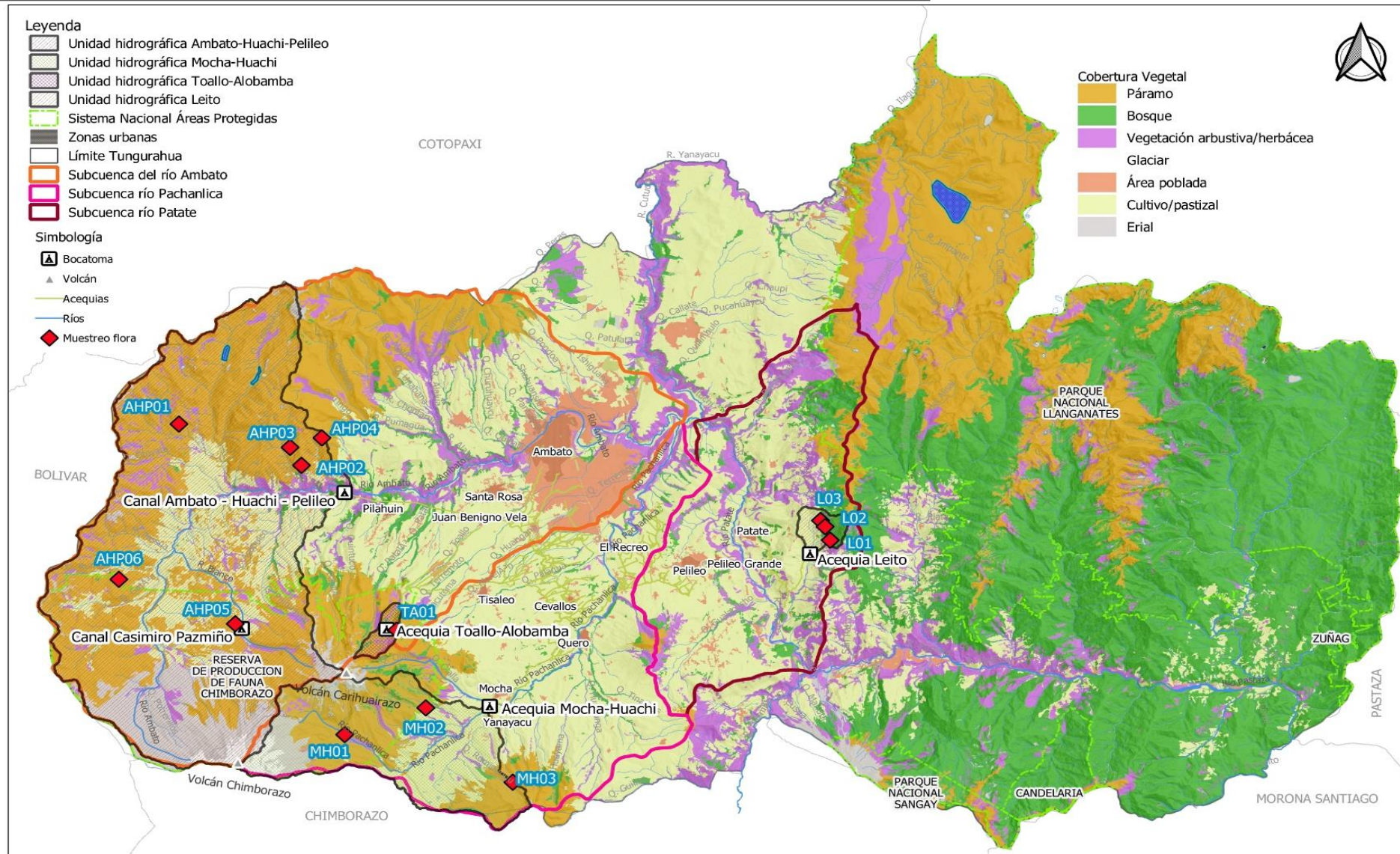


Figura 2. Cobertura vegetal y unidades de muestreo para el componente de flora en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP - seis conglomerados), Mocha Huachi (MH - tres conglomerados), Leito (tres conglomerados) y Toallo – Allobamba (TA - un conglomerado), Tungurahua.

2.1.2.1 Muestreo Cuantitativo

La composición y diversidad florística de la cobertura vegetal boscosa, según las zonas de estudio, se dio en las estribaciones de la cordillera oriental de los Andes, correspondiente a la unidad hidrográfica de Leito, y en la cordillera occidental de los Andes, correspondiente a la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo. Además, en el lado occidental de la cordillera se realizó el muestreo del ecosistema páramo en las unidades hidrográficas de Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba.

A continuación, se describe cada una de las unidades hidrográficas en estudio, con su correspondiente cobertura vegetal que domina el área de estudio.

2.1.2.2 Unidad Hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)

Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior de páramo

Composición y diversidad del estrato arbóreo

La composición florística en 400 m² de muestreo fue de 57 individuos en total, identificando siete especies, siete géneros y cinco familias botánicas. Las familias que presentaron diversidad de especies fueron Asteraceae, Polygalaceae, Primulaceae y Rosaceae (2 especies), la familia Solanaceae registró una sola especie *Saracha quitensis* (Figura 3).

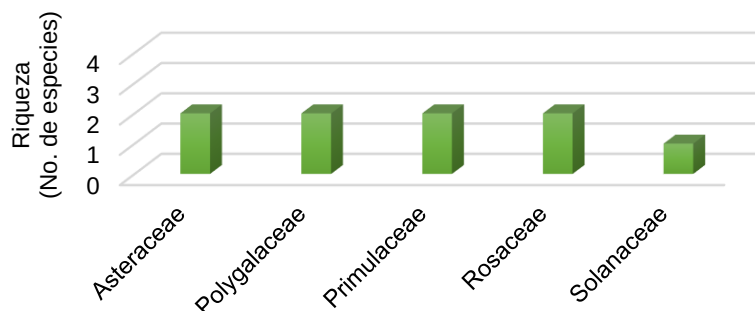


Figura 3. Diversidad de especies arbóreas por familia en la cobertura boscosa de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.

El índice de diversidad de *Simpson* fue de 0,69 indica una diversidad moderada, pero relativamente baja en comparación con los valores cercanos a 1, lo que refleja una mayor equidad en la distribución de las especies. El índice de *Shannon-Wiener* fue de 1,46 indica que la mayor concentración de individuos se da en pocas especies, por ende, la diversidad es baja. Podemos decir que, aunque existe una diversidad de especies, la distribución fue desigual de los individuos entre las especies.

Parámetros ecológicos en el estrato arbóreo

Las especies que registraron mayor abundancia fueron: *Saracha quitensis* (49,12%) y *Baccharis nitida* (22,81%), seguido de *Gynoxys acostae* y *Myrsine andina* (8,77% respectivamente). Las especies más dominantes por superficie medida fueron *Saracha quitensis* (61,20 %), *Baccharis nitida* (16,83%), *Gynoxys acostae* (7,77%) y *Myrsine andina* (6,46%). Las especies con mayor distribución en los transectos estudiados fueron *Saracha quitensis*, *Baccharis nitida* y *Gynoxys acostae*. De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia las especies más importantes en el estrato arbóreo fueron: *Saracha quitensis*, *Baccharis nitida* y *Myrsine andina*, también es importante considerar que *Polylepis reticulata* pese a ser registrada en la medición, no fue la más abundante o dominante en el conglomerado, pero se la considera como la especie más común y representativa del Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior de páramo.

Parámetros dasométricos en el estrato arbóreo

La masa forestal extrapolada a hectárea fue de $34,38 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y un área basal de $13,01 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Las especies que representan el mayor aporte de biomasa forestal fueron: *Saracha quitensis* ($7,96 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), *Baccharis nítida* ($2,12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), *Gynoxys acostae* ($1,01 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) por su abundancia y dominancia.

En cuanto a la distribución diamétrica de los 57 individuos registrados en el inventario forestal, el mayor número de individuos se agrupa en la primera clase diamétrica con diámetros de 5 a 10 cm, seguidamente los individuos que presentan diámetros entre 10 y 20 cm, en la tercera clase diamétrica se registraron dos individuos y en la última clase diamétrica se registró un solo individuo con un diámetro mayor a 25 cm (Figura 4). Esta distribución diamétrica está representada por una “J” invertida, típica de los bosques alto andinos donde los individuos arbóreos no superan los 8 m de altura y sus fustes son delgados y torcidos que no superan diámetros mayores a 30 cm. Adicional esta vegetación puede relacionarse con temas de erosión, donde el suelo no está cubierto por materia orgánica de ramas, hojas y frutos que caen, las copas no son muy densas por lo que no ayudan a disminuir la acción del viento permitiendo quiebre de ramas y la lluvia directa sobre el suelo, ocasionando la erosión por estos dos factores.

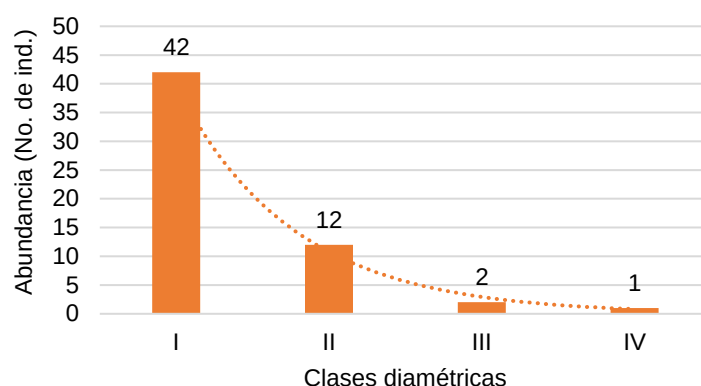


Figura 4. Curva de distribución diamétrica de los individuos mayores e iguales a 5 cm de DAP de la unidad hidrográfica Ambato-HuachiPelileo.

Estrato arbustivo

Este ecosistema por presentar una matriz de vegetación arbustiva en el interior del bosque se realizó un muestreo en parcelas anidadas, siendo que en una superficie de 25 m^2 se registró un total de 44 individuos, representados en 14 especies, 13 géneros y 9 familias botánicas. Entre las familias más diversas florísticamente se encontró: Rosaceae y Solanaceae con tres especies, seguida de Melastomataceae con dos especies, el resto de las familias presentaron una sola especie (Figura 5).

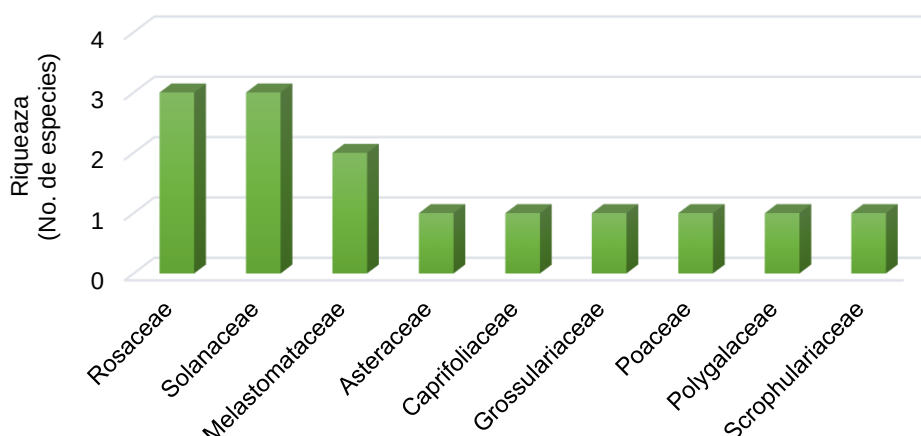


Figura 5. Diversidad de especies por familia del estrato arbustivo de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.

El índice de diversidad de Simpson fue de 0,09 y la diversidad de Shannon-Wiener fue de 2,47 en función de las especies registradas e inventariadas en la unidad de muestreo, se registra como una diversidad media. Este valor es típico cuando las especies más abundantes son mucho más numerosas que las especies raras. En este caso, parece que las especies dominantes (probablemente con mayor altura y frecuencia) están ocupando una gran proporción de la comunidad vegetal.

Parámetros ecológicos del estrato arbustivo

Con respecto a las especies que están creciendo bajo el dosel y que registran mayor número de individuos fueron: *Chusquea* sp., (18,18%), *Polylepis reticulata* (13,64%) y *Hesperomeles ferruginea* (9,09%), es evidente que en la zona de estudio *P. reticulata* está como una especie de regeneración natural y está en una fase de plántulas juveniles considerándolas como arbustivas. Las especies de menor densidad fueron: *Solanum* sp, (2,27%), *Rubus* sp., y *Buddleja incana* con (4,55%), Las especies más frecuentes en todas las parcelas fueron: *P. reticulata*, *Chusquea* sp., y *Hesperomeles ferruginea*. Las especies ecológicamente más importantes en el estrato arbustivo son *P. reticulata* con (13,07%), *Chusquea* sp., (12,22%) y *Hesperomeles ferruginea* (10,80%).

Estrato herbáceo

En el estrato herbáceo se registraron 13 especies, distribuidas en 12 géneros y 11 familias botánicas. Las familias con mayor diversidad son Polypodiaceae y Thelypteridaceae con 2 especies respectivamente, el resto de las familias contiene una especie (Figura 6), entre las especies más representativas tenemos *Oxalis lotoides* y *Asplenium sessilifolium*.

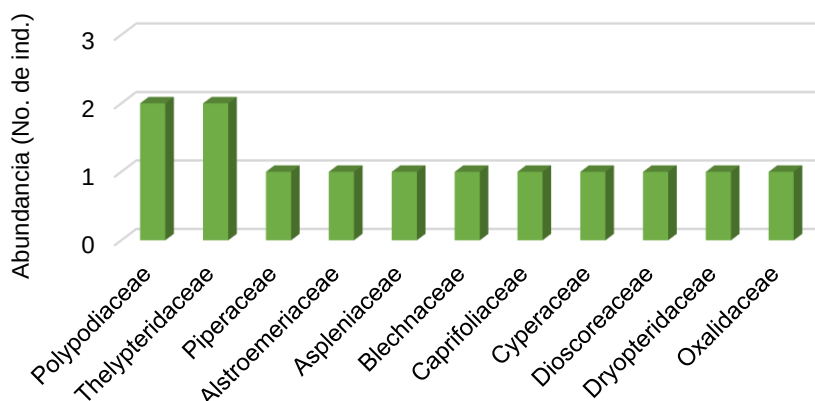


Figura 6. Diversidad de especies por familia del estrato herbáceo de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.

El índice de diversidad de Simpson con un valor de 0,90 este valor es relativamente alto (cerca de 1), lo que indica que el ecosistema tiene una baja concentración de individuos en las especies registradas, indicando una buena distribución de los individuos entre las diferentes especies, lo cual es un signo positivo para la biodiversidad. El valor de 0,90 refleja una comunidad bien equilibrada, sin una especie dominante que habilita a la mayoría de los individuos, mientras que el índice de Shannon-Wiener con 2,42 representa una diversidad media. Ambos índices sugieren que el ecosistema posee una buena distribución de especies herbáceas en el estrato boscoso, evidenciando un hábitat equilibrado y saludable.

Parámetros ecológicos en el estrato herbáceo

Las especies con mayor número de individuos fueron: *Thelypteris rudis* (15,63%), ocupa una posición dominante en el ecosistema *Oxalis lotoides* (14,06%) y *Asplenium sessilifolium* con (12,50%). En cambio, las especies con menor densidad fueron: *Dioscorea* sp. y *Bomarea multiflora* con (3,13%) y *Valeriana decusata* con (1,56%), respectivamente; esta especie es la menos abundante de todas. Las especies con baja densidad pueden tener un rol ecológico específico por ser especie clave para la interacción con otras especies (por ejemplo, polinizadores, dispersores de semillas, etc). En relación con el IVI, las especies

más importantes ecológicamente dentro de la unidad de muestreo fueron: *Thelypteris rudis* (10,94%), *Oxalis lotoides* (13,28%) y *Asplenium sessilifolium* con (12,50%); estas especies desempeñan un papel crucial en la estructura del hábitat, como la creación de sombra, el control de la vegetación o la regulación de la humedad en el ecosistema.

Estado de Conservación y Endemismo

El análisis de conservación y endemismo de las especies identificadas en el Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior de páramo registró a *Grosvenoria hypargyra* en la categoría Vulnerable (VU) y a *Gynoxys acostae* en la categoría Preocupación Menor (LC), según el Libro Rojo a nivel nacional. Esto se debe a que las poblaciones de estas especies están reducidas y enfrentan un mayor riesgo de extinción a corto plazo, a menos que se implementen estrategias de conservación efectivas.

Según los criterios de la UICN, se registraron un total de ocho especies en la categoría Preocupación Menor (LC), *Grosvenoria hypargyra* en la categoría Vulnerable (VU) y *Polylepis reticulata* en la categoría En Peligro (EN). Esto indica que, aunque la mayoría de las especies no se encuentran actualmente en peligro crítico, existen algunas que requieren atención para prevenir futuras amenazas. En conjunto, estos resultados resaltan la importancia de monitorear y proteger la diversidad de especies en los bosques asociados al páramo, ya que algunas ya están bajo amenaza y otras podrían estarlo en el futuro (Tabla 4).

Tabla 4. Principales especies del páramo con su estado de conservación endemismo de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

N°	Especie	IUCN	Libro Rojo	Estatus
1	<i>Baccharis nitida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	LC	--	Estable
2	<i>Buddleja incana</i> Ruiz & Pav.	LC	--	Estable
3	<i>Grosvenoria hypargyra</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	VU	VU	Sensible
4	<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	LC	LC	Estable
5	<i>Hesperomeles ferruginea</i> Lindl.	LC	--	Estable
6	<i>Miconia salicifolia</i> Naudin	LC	--	Desconocido
7	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	LC	--	Decreciente
8	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	EN	--	Decreciente
9	<i>Ribes andicola</i> Jancz.	LC	--	Decreciente
10	<i>Saracha quitensis</i> (Hook.) Miers	LC	--	Estable

LC: Preocupación menor; **VU:** Vulnerable; **NR:** No Registra; **NT:** Casi amenazada; **EN:** En peligro

Al comparar el presente estudio con investigaciones previas, específicamente con los datos obtenidos en 2015 en el ecosistema de Bosque Siempreverde del Páramo, se observan diferencias relevantes en cuanto a la riqueza arbórea. En ese año, en el sitio T1Ambatillo se registraron tres especies arbóreas, mientras que en los sectores T2Poatug y T1Tambaló se identificaron seis especies cada uno, y en T2Tambaló únicamente dos especies.

En contraste, en el estudio actual realizado en 2024 se registraron siete especies arbóreas (Figura 7). Comparativamente, esto representa un incremento de cuatro especies en relación con T1Ambatillo. En los sectores T2Poatug y T1Tambaló, la diferencia es mínima, con una especie más en el estudio actual. Por su parte, en T2Tambaló se evidenció un aumento de cuatro especies con respecto a los datos de 2015. Estas diferencias pueden atribuirse principalmente a la selección de los sitios de muestreo en el estudio de 2015, cuyo objetivo fue analizar la estructura y cobertura vegetal en cinco localidades del páramo de la provincia de Tungurahua. Además, estos resultados entre los datos del presente estudio y los obtenidos en 2015 sugiere dinámicas ecológicas diferenciadas en los distintos puntos evaluados del Bosque Siempreverde del Páramo, probablemente influenciadas por factores como la intervención humana y procesos de regeneración natural. El incremento de cuatro especies en T1Ambatillo y T2Tambaló podría deberse a una combinación de procesos de recuperación del ecosistema tras disturbios previos, como pastoreo, quemas o cambio de uso del suelo hacia áreas agropecuarias, así como a una mayor intensidad y precisión en el muestreo de 2024. Es posible que estos puntos hayan experimentado cierto grado de

degradación en el pasado, pero actualmente muestren signos de regeneración secundaria, permitiendo el establecimiento de nuevas especies arbóreas.

En cuanto a la composición florística, ambos estudios registraron especies comunes como *Polylepis reticulata*, *Gynoxys acostae*, *Baccharis nitida*, *Myrsine andina* y *Monnina arbuscula*. Sin embargo, en el estudio de 2024 se identificaron además dos especies no registradas anteriormente: *Saracha quitensis* y *Hesperomeles ferruginea*, en una superficie comparable de 200 m² del Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior del páramo. Estas especies, típicas de zonas de transición entre el bosque montano y el páramo, no solo amplían el inventario florístico local, sino que evidencian procesos ecológicos activos como la regeneración natural, la polinización y la conectividad entre hábitats. Además, su presencia sugiere condiciones edáficas y microclimáticas adecuadas, aportando estructura al ecosistema, favoreciendo la biodiversidad asociada y ayudando a prevenir la erosión. En conjunto, estos registros destacan el valor ecológico del área y refuerzan la necesidad de su conservación y monitoreo continuo.

Es importante señalar que, aunque existen ligeras variaciones en el número de especies registradas, los resultados no reflejan diferencias significativas en la riqueza de especies arbóreas entre los estudios de 2015 y 2024. Por esta razón, no se considera necesario aplicar pruebas estadísticas más rigurosas. Esta comparación permite concluir que los Bosques siempreverdes de páramo están dominados por un número reducido de especies arbóreas, siendo el género *Polylepis* el más abundante y dominante, lo que explica la baja diversidad observada en este estrato.

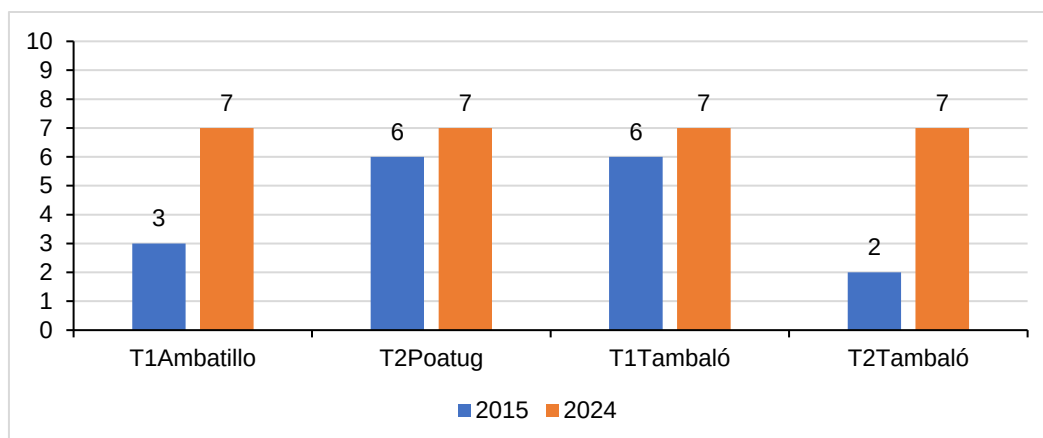


Figura 7. Análisis comparativo de la diversidad de especies del Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera occidental de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.

Composición y diversidad florística herbazal húmedo montano alto superior de páramo de la Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)

En un área de muestreo de 8.000 m² se registraron 11.105 individuos distribuidos en 77 especies, 61 géneros y 24 familias. La familia más diversa florísticamente fue Asteraceae con 28 especies, seguida de Poaceae con ocho especies, Apiaceae con seis especies, Rosaceae con cinco especies, Gentianaceae con cuatro especies y Ericaceae juntamente con Fabaceae con tres especies, el resto de las familias presentaron una y dos especies respectivamente (Figura 8). Entre las especies que dominan la cobertura de la vegetación herbácea tenemos *Azorella pedunculata*, *Calamagrostis intermedia* e *Hypochaeris sessiliflora* esto con respecto al porcentaje que ocuparon en cada uno de los conglomerados.

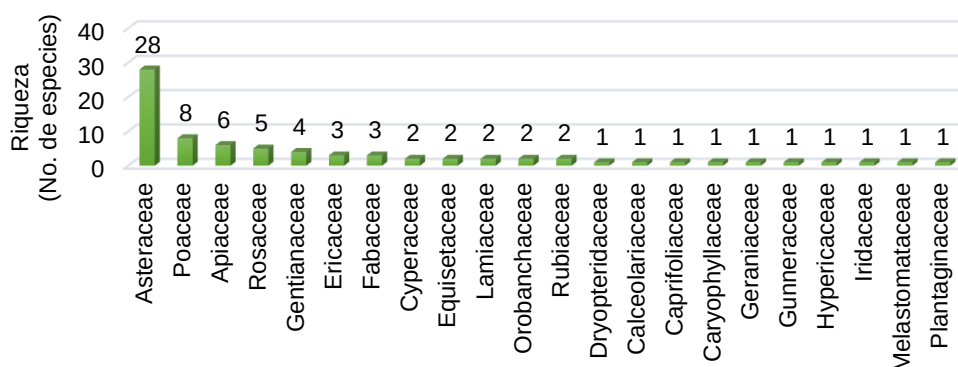


Figura 8. Diversidad florística por familia botánica del herbazal de páramo de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo.

El índice de diversidad de Simpson, con un valor de 0,31 indica que el ecosistema tiene una diversidad media en términos de distribución de especies, algunas especies son altamente dominantes como (*Calamagrostis intermedia*) reducen la variabilidad en términos de abundancia relativa de las especies, por ende, pocas especies ocupan la mayor parte del espacio ecológico, mientras que otras están representadas por pocos individuos. El índice de diversidad de Shannon-Wiener, dio un valor de 1,88 presentando una diversidad moderada baja, tomando en cuenta tanto la riqueza de especies (el número total de especies) como la distribución relativa de estas especies (cómo se reparten los individuos entre las diferentes especies) a diferencia de Simpson. Este valor indica que, aunque unas pocas especies sean muy abundantes, la presencia de otras especies menos comunes contribuye de manera significativa a la diversidad total del ecosistema.

Parámetros ecológicos de la cobertura herbazal de páramo

En cuanto a la Densidad Relativa (DnR) de las especies que presentaron mayor porcentaje de área cubierta en las unidades de muestreo fueron: *Calamagrostis intermedia* (52,23%), *Azorella pedunculata* (17,64%) y *Alchemilla orbiculata* (6,19%), a su vez estas mismas especies son las que se registraron mayor distribución espacial en las áreas de estudio. Por lo contrario, las especies que registraron menor número de individuos fueron: *Equisetum bogotense* (0,03%), *Monticalia andicola* y *Dorobaea pimpinellifolia* (0,01%), entre otras. En relación con el Índice de Valor de Importancia, las especies ecológicamente más importantes fueron *Calamagrostis intermedia* (58,87%), *Azorella pedunculata* (24,28%) y *Alchemilla orbiculata* (11,59%). El resto de las especies presentaron valores inferiores al 7% como *Senecio* sp., *Chuquiraga jussieui* y *Gentianella cerastioides* (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros ecológicos de las especies registradas en el ecosistema herbazal de páramo de la Unidad Hidrográfica de Ambato Huachi Pelileo.

Nº	Nombre científico	Nro. Ind ha ⁻¹	FR %	DR %	IVI %
1	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J.Presl) Steud.	5800	6,64	52,23	29,43
2	<i>Azorella pedunculata</i> (Spreng.) Mathias & Constance	1959	6,64	17,64	12,14
3	<i>Alchemilla orbiculata</i> Ruiz & Pav.	688	5,39	6,19	5,79
4	<i>Agrostis breviculmis</i> Hitchc.	473	2,90	4,25	3,52
5	<i>Eryngium humile</i> Cav.	276	4,56	2,49	3,58
6	<i>Agrostis foliata</i> Hook.f.	506	2,49	4,56	3,53
7	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	144	4,56	1,29	2,54
8	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	50	5,39	0,45	1,30

N°	Nombre científico	Nro. Ind ha ⁻¹	FR %	DR %	IVI %
9	<i>Geranium reptans</i> R.Knuth	150	3,73	1,35	2,93
10	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth	126	3,32	1,14	2,23
11	<i>Bidens andicola</i> Kunth	36	2,90	0,33	1,30
12	<i>Pentacalia arbutifolia</i> (Kunth) Cuatrec.	21	2,49	0,19	2,92
13	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	59	2,07	0,53	1,03
14	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler	150	1,24	1,35	1,23
15	<i>Ranunculus flagelliformis</i> Sm.	44	2,07	0,39	0,58
16	<i>Pentacalia peruviana</i> (Pers.) Cuatrec.	44	1,66	0,39	0,79
17	<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	6	1,66	0,06	0,38
18	<i>Hypochaeris setosa</i> (Wedd.) Rusby	5	1,66	0,05	1,62
19	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé	38	1,24	0,34	0,78
20	<i>Stellaria recurvata</i> Willd. ex D.F.K.Schldt.	35	1,24	0,32	0,76
21	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	31	1,24	0,28	0,75
22	<i>Niphogeton dissecta</i> J.F.Macbr.	28	1,24	0,25	0,53
23	<i>Castilleja fissifolia</i> L.f.	15	1,24	0,14	0,32
24	<i>Senecio chionogeton</i> Wedd.	14	1,24	0,12	0,32
25	<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	10	1,24	0,09	1,34
26	<i>Monnina crassifolia</i> Kunth	8	1,24	0,07	0,50
27	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	6	1,24	0,06	0,69
28	<i>Senecio rhizocephalus</i> Turcz.	6	1,24	0,06	0,68
29	<i>Stachys elliptica</i> Kunth	6	1,24	0,06	0,26
30	<i>Clinopodium nubigenum</i> (Kunth) Kuntze	38	0,83	0,34	0,26
31	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl	25	0,83	0,23	0,26
32	<i>Lachemilla andina</i> (L.M.Perry) Rothm.	19	0,83	0,17	0,26
33	<i>Ranunculus peruvianus</i> Pers.	13	0,83	0,11	0,47
34	<i>Xenophyllum humile</i> (Kunth) V.A. Funk	10	0,83	0,09	0,26
35	<i>Plantago sericea</i> Ruiz & Pav.	8	0,83	0,07	0,67
36	<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana	5	0,83	0,05	0,46
37	<i>Diplostephium rupestre</i> Wedd.	5	0,83	0,05	0,24
38	<i>Gynoxys parvifolia</i> Cuatrec.	5	0,83	0,05	0,66
39	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	4	0,83	0,03	0,45
40	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	3	0,83	0,02	0,24
41	<i>Polylepis incana</i> Kunth	3	0,83	0,02	0,86
42	<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. & Arn.	38	0,41	0,34	0,65
43	<i>Calamagrostis fibrovaginata</i> Laegaard	25	0,41	0,23	0,24
44	<i>Gentianella rapunculoides</i> (Willd. ex Schult.) J.S.Pringle	25	0,41	0,23	0,65
45	<i>Baccharis caespitosa</i> Pers.	13	0,41	0,11	0,65
46	<i>Bromus lanatus</i> Kunth	13	0,41	0,11	0,24
47	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	13	0,41	0,11	0,24
48	<i>Gentianella cerastioides</i> (Kunth) Fabris	13	0,41	0,11	0,24
49	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	13	0,41	0,11	0,44
50	<i>Elaphoglossum engelii</i> (H.Karst.) Christ	8	0,41	0,07	0,44
51	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	6	0,41	0,06	0,44
52	<i>Rumex acetosella</i> L.	6	0,41	0,06	0,85
53	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	6	0,41	0,06	0,22
54	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	6	0,41	0,06	0,22
55	<i>Trifolium repens</i> L.	6	0,41	0,06	0,43

N°	Nombre científico	Nro. Ind ha ⁻¹	FR %	DR %	IVI %
56	<i>Calceolaria crenata</i> Lam.	4	0,41	0,03	0,22
57	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Neid.	4	0,41	0,03	0,22
58	<i>Neobartsia laticrenata</i> (Benth.) Uribe-Convers & Tank	4	0,41	0,03	0,22
59	<i>Oritrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec.	4	0,41	0,03	0,22
60	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	4	0,41	0,03	0,22
61	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	4	0,41	0,03	0,22
62	<i>Vicia andicola</i> Kunth	4	0,41	0,03	0,22
63	<i>Acaena elongata</i> L.	3	0,41	0,02	0,43
64	<i>Hieracium</i> cf. <i>frigidum</i> Wedd.	3	0,41	0,02	0,22
65	<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	3	0,41	0,02	0,43
66	<i>Aetheolaena</i> sp.	1	0,41	0,01	0,21
67	<i>Ageratina</i> sp.	1	0,41	0,01	0,21
68	<i>Baccharis arbutifolia</i> Vahl	1	0,41	0,01	0,21
69	<i>Baccharis</i> cf. <i>buxifolia</i> Pers.	1	0,41	0,01	0,21
70	<i>Baccharis padifolia</i> Hieron.	1	0,41	0,01	0,21
71	<i>Chuquiraga jussieui</i> J.F.Gmel.	1	0,41	0,01	0,21
72	<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B.Nord.	1	0,41	0,01	0,21
73	<i>Galium</i> sp.	1	0,41	0,01	0,21
74	<i>Grosvenoria hypargyra</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob	1	0,41	0,01	0,21
75	<i>Monticalia andicola</i> (Turcz.) C.Jeffrey	1	0,41	0,01	0,21
76	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> Baker	1	0,41	0,01	0,21
77	<i>Senecio</i> sp.	1	0,41	0,01	0,21
Total. general		11.105	100	100	100
Nro. Ind ha⁻¹= Número de individuos en hectárea; FR= Frecuencia relativa; DR= Densidad relativa; IVI= Índice de Valor de Importancia					

2.1.2.3 Unidad Hidrográfica Mocha – Huachi (MH)

Composición y diversidad florística herbazal húmedo montano alto superior de páramo

En un área de 4.800 m² se contabilizaron 10.577 individuos, pertenecientes a 42 especies, 36 géneros y 24 familias botánicas. La familia con mayor número de especies fue Asteraceae con diez especies, seguida de la familia Poaceae con cuatro especies y Gentianaceae con tres especies, el resto de las familias registraron entre una y dos especies (Figura 9). Las especies que dominan la cobertura de la vegetación herbácea de acuerdo con el área que ocupa la especie y la distribución entre las unidades de muestreo fueron: *Calamagrostis intermedia*, *Alchemilla orbiculata*, *Gentiana sedifolia*, *Bidens andicola* y *Gentianella cerastioides*.

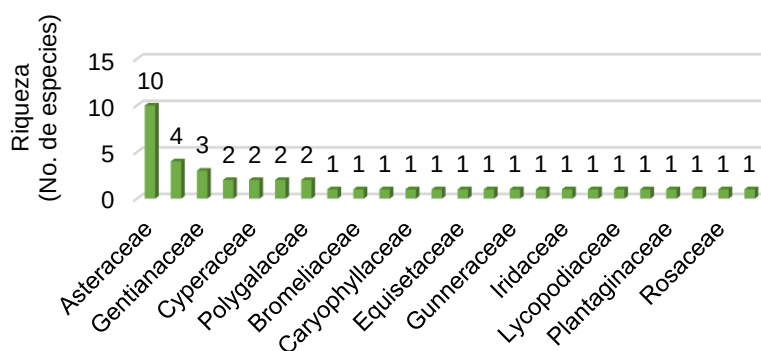


Figura 9. Diversidad por familia de la cobertura herbazal de páramo de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi (MH).

El índice de Simpson indicó un valor de (0,41) esto indica una diversidad relativamente baja, esto se debe a la abundancia y dominancia de la paja de cerro (*Calamagrostis intermedia*) en el ecosistema estudiado, sin embargo, se puede determinar varias especies con pocos individuos, que por la competitividad algunas han dominado el paisaje como *Azorella pedunculata*, *Alchemilla orbiculata*, *Cortaderia nítida* y *Valeriana microphylla*. El índice de Shannon-Wiener presentó un valor de 1,50 esto considerando un rango de diversidad baja, aunque relativamente sea mayor al índice de Simpson, las especies están de manera equilibrada no existe una distribución completamente equitativa en cuanto a la abundancia. Ambos índices mostraron una comunidad con una diversidad moderadamente baja, donde las especies presentan una distribución equitativa en el ecosistema y la diversidad florística sea significativa a pesar de la dominancia de algunas especies.

Parámetros estructurales herbáceos Mocha Huachi (MH)

En el ecosistema de páramo se evaluaron las especies con mayor importancia ecológica estas fueron: *Calamagrostis intermedia* (72,68%), seguida de *Alchemilla orbiculata* (26,01%), *Azorella pedunculata* y *Cortaderia nitida* (10,22%) y *Valeriana microphylla* (8,81%) respectivamente (Tabla 6). Las especies con menor abundancia y frecuencia en las unidades de muestreo fueron: *Miconia salicifolia* (2,90%), *Equisetum bogotense* (1,30%) y *Perezia pungens* (0,72%). Las especies que presentaron el mayor porcentaje de cobertura vegetal en el área de muestreo fueron: *Calamagrostis intermedia* (61,41%), *Alchemilla orbiculata* (16,15%) y *Azorella pedunculata* (6,70%), esto se debe a su forma de crecimiento, en penachos y almohadillas, que les permite ser las especies más representativas y dominantes del ecosistema, asociándose con otras hierbas y pequeños arbustos.

Tabla 6. Parámetros ecológicos de la cobertura herbazal de páramo, de la Unidad Hidrográfica de Mocha-Huachi.

N°	Nombre científico	Nro. (Ind ha ⁻¹)	FR %	DR %	IVI%
1	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J.Presl) Steud.	6.497	11,27	61,41	0,45
2	<i>Alchemilla orbiculata</i> Ruiz & Pav.	1.708	9,86	16,15	0,45
3	<i>Azorella pedunculata</i> (Spreng.) Mathias & Constance	708	3,52	6,70	13,01
4	<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	469	5,63	4,43	0,90
5	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	113	7,75	1,06	5,11
6	<i>Bidens andicola</i> Kunth	67	4,23	0,63	0,37
7	<i>Thelypteris</i> sp.	60	3,52	0,57	2,43
8	<i>Elaphoglossum</i> sp.	38	3,52	0,35	0,72
9	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	163	2,11	1,54	36,34
10	<i>Carex</i> sp.	52	2,82	0,49	1,82

N°	Nombre científico	Nro. (Ind ha ⁻¹)	FR %	DR %	IVI%
11	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	125	2,11	1,18	1,65
12	<i>Plantago australis</i> Lam.	35	2,82	0,33	5,03
13	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	23	2,82	0,22	1,11
14	<i>Gynoxys hallii</i> Hieron.	8	2,82	0,08	1,94
15	<i>Miconia salicifolia</i> Naudin	8	2,82	0,08	0,65
16	<i>Gentianella cerastioides</i> (Kunth) Fabris	52	2,11	0,49	0,45
17	<i>Gentiana sedifolia</i> Kunth	125	1,41	1,18	1,30
18	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Neid.	10	2,11	0,10	1,30
19	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	8	2,11	0,08	1,65
20	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> Baker	6	2,11	0,06	0,72
21	<i>Senecio chionogeton</i> Wedd.	6	2,11	0,06	1,45
22	<i>Azorella aretioides</i> Willd. ex DC.	41	1,41	0,39	0,73
23	<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.	42	1,41	0,39	0,37
24	<i>Pentacalia arbutifolia</i> (Kunth) Cuatrec.	8	1,41	0,08	0,90
25	<i>Gynoxys parvifolia</i> Cuatrec.	6	1,41	0,06	1,10
26	<i>Senecio</i> sp.	6	1,41	0,06	0,39
27	<i>Blechnum loxense</i> (Kunth) Hook. ex Salomon	4	1,41	0,04	1,45
28	<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	4	1,41	0,04	0,36
29	<i>Puya hamata</i> L.B.Sm.	4	1,41	0,04	1,09
30	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	63	0,70	0,59	0,74
31	<i>Agrostis breviculmis</i> Hitchc.	21	0,70	0,20	0,36
32	<i>Agrostis foliata</i> Hook.f.	21	0,70	0,20	1,52
33	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	21	0,70	0,20	1,58
34	<i>Stellaria recurvata</i> Willd. ex D.F.K. Schtdl.	10	0,70	0,10	0,72
35	<i>Trifolium repens</i> L.	10	0,70	0,10	0,38
36	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	8	0,70	0,08	1,09
37	<i>Rumex acetosella</i> L.	6	0,70	0,06	0,73
38	<i>Stachys elliptica</i> Kunth	6	0,70	0,06	0,38
39	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	4	0,70	0,04	0,40
40	<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	4	0,70	0,04	2,05
41	<i>Monnina crassifolia</i> Kunth	2	0,70	0,02	0,40
42	<i>Perezia pungens</i> Less.	2	0,70	0,02	4,41
TOTAL		10577	100	100	100

Nro. Ind ha⁻¹= Número de individuos en hectárea; **FR**= Frecuencia relativa; **DR**= Densidad relativa; **IVI**= Índice de Valor de Importancia

2.1.2.4 Unidad Hidrográfica Toallo - Allobamba (TA) Herbazal y arbustal montano alto superior

En 1.600 m² se midieron 10.469 individuos pertenecientes a 37 especies, 33 géneros y 19 familias botánicas. En cuanto a la diversidad florística la familia con mayor número de especies fue Asteraceae con 11 especies, seguida de Poaceae con cinco especies y Rosaceae que registro cuatro especies, el resto de las familias presentaron entre una y dos especies (Figura 10). Las especies que dominan la cobertura de la vegetación herbácea por porcentaje y distribución en el área de muestreo fueron *Calamagrostis intermedia*, *Gunnera magellanica* y *Azorella pedunculata*.

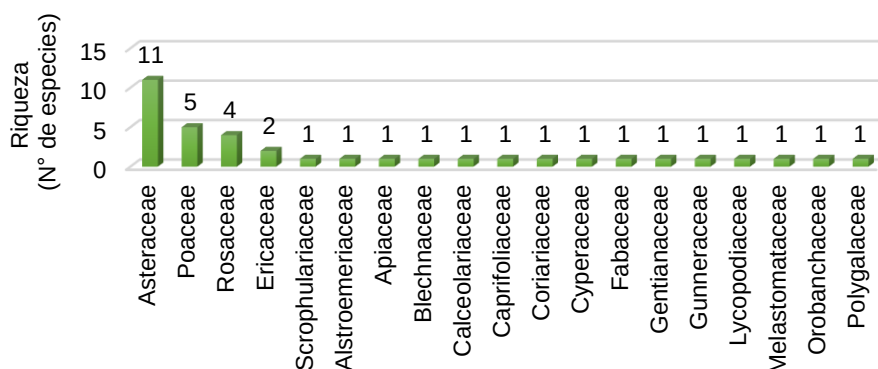


Figura 10. Diversidad florística por familia de la cobertura vegetal páramo herbáceo y arbustivo de la unidad hidrográfica Toallo - Allobamba (TA).

El índice de diversidad de Simpson alcanzó un valor de 0,57 y el índice de diversidad de Shannon-Wiener fue de 1,45, lo que indica una diversidad baja en la cobertura vegetal del páramo arbustivo. Estos valores reflejan la presencia de varias especies herbáceas y arbustivas, asociadas a especies arbóreas cuyo diámetro no supera los 5 cm. Asimismo, se observó que *Calamagrostis intermedia* no es la única especie dominante en este tipo de cobertura vegetal, ya que otras especies como *Diplostephium ericoides*, *Oritrophium peruvianum* y *Pentacalia arbutifolia* también exhiben un mayor número de individuos y una distribución significativa en las parcelas de estudio.

Parámetros ecológicos

Las especies más representativas en términos ecológicos en este tipo de cobertura fueron *Calamagrostis intermedia* (43,99%), *Gunnera magellanica* (9,54%), *Cortaderia nitida* (5,96%) y *Festuca subulifolia* (5,17%). Especies como *Alchemilla orbiculata* (1,09%), *Gentianella cernua* (0,94%) y *Polylepis reticulata* (0,91%) presentaron valores más bajos, pero su papel ecológico dentro del páramo arbustivo es fundamental para la funcionalidad y la asociación de este complejo ecosistema, especialmente en la transición entre los bosques de *Polylepis* y el páramo herbáceo (Tabla 7). En cuanto a la densidad relativa, las especies más densamente distribuidas fueron *Calamagrostis intermedia* (64,18%), seguida de *Gunnera magellanica* (9,55%) y *Cortaderia nitida* (7,16%). Siete especies presentaron menos de seis individuos en el área de estudio.

Tabla 7. Parámetros ecológicos de la cobertura de páramo herbáceo y arbustivo de la unidad hidrográfica Toallo Allobamba (TA).

N°	Nombre científico	Nro. Ind ha ⁻¹	FR %	DR %	IVI%
1	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J,Presl) Steud.	6.719	23,81	64,18	43,99
2	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	1.000	9,52	9,55	9,54
3	<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	750	4,76	7,16	5,96
4	<i>Festuca subulifolia</i> Benth.	750	3,17	7,16	5,17
5	<i>Azorella pedunculata</i> (Spreng.) Mathias & Constance	375	1,59	3,58	2,58
6	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	250	1,59	2,39	1,99
7	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	63	3,17	0,60	1,89
8	<i>Pentacalia peruviana</i> (Pers.) Cuatrec.	31	3,17	0,30	1,74
9	<i>Blechnum loxense</i> (Kunth) Hook. ex Salomon	13	3,17	0,12	1,65
10	<i>Loricaria thuyoides</i> (Lam.) Sch.Bip.	13	3,17	0,12	1,65
11	<i>Alchemilla orbiculata</i> Ruiz & Pav.	63	1,59	0,60	1,09
12	<i>Bromus lanatus</i> Kunth	63	1,59	0,60	1,09
13	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	31	1,59	0,30	0,94

14	<i>Gentianella cernua</i> (Kunth) Fabris	31	1,59	0,30	0,94
15	<i>Miconia salicifolia</i> Naudin	25	1,59	0,24	0,91
16	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	25	1,59	0,24	0,91
17	<i>Diplostephium ericoides</i> (Lam.) Cabrera	19	1,59	0,18	0,88
18	<i>Diplostephium hartwegii</i> Hieron.	19	1,59	0,18	0,88
19	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Neid	19	1,59	0,18	0,88
20	<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	19	1,59	0,18	0,88
21	<i>Gynoxys sodiroi</i> Hieron.	19	1,59	0,18	0,88
22	<i>Alchemilla hispidula</i> (L.M.Perry) Rothm.	19	1,59	0,18	0,88
23	<i>Lupinus bogotensis</i> Benth.	19	1,59	0,18	0,88
24	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	19	1,59	0,18	0,88
25	<i>Baccharis buxifolia</i> Pers.	13	1,59	0,12	0,85
26	<i>Bomarea glaucescens</i> (Kunth) Baker	13	1,59	0,12	0,85
27	<i>Neobartsia laticrenata</i> (Benth.) Uribe-Convers & Tank	13	1,59	0,12	0,85
28	<i>Oritrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec.	13	1,59	0,12	0,85
29	<i>Pentacalia arbutifolia</i> (Kunth) Cuatrec.	13	1,59	0,12	0,85
30	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	13	1,59	0,12	0,85
31	<i>Acaena elongata</i> L	6	1,59	0,06	0,82
32	<i>Buddleja incana</i> Ruiz & Pav.	6	1,59	0,06	0,82
33	<i>Calceolaria</i> sp.	6	1,59	0,06	0,82
34	<i>Coriaria ruscifolia</i> L.	6	1,59	0,06	0,82
35	<i>Huperzia crassa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Rothm.	6	1,59	0,06	0,82
36	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunth	6	1,59	0,06	0,82
37	<i>Monnina crassifolia</i> Kunth	6	1,59	0,06	0,82
TOTAL		10469	100	100	100

Nro. Ind ha⁻¹= Número de individuos en hectárea; **FR**= Frecuencia relativa; **DR**= Densidad relativa; **IVI**= Índice de Valor de Importancia

Estado de Conservación y Endemismo del páramo

En el inventario florístico del páramo herbáceo y arbustivo realizado en las unidades hidrográficas de Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba, donde se establecieron unidades de muestreo en diferentes tipos de cobertura del ecosistema páramo, se identificaron 27 especies clasificadas dentro de categorías de amenaza. De estas, tres especies fueron registradas en la categoría Preocupación Menor (LC), mientras que una especie fue compartida entre las categorías de Vulnerabilidad (VU) y Casi Amenazada (NT), según el libro rojo de plantas endémicas. Por otro lado, la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN registró 24 especies en la categoría de Preocupación Menor (LC), *Elaphoglossum engleri* y *Polylepis reticulata* en la categoría de En Peligro Crítico (EN) y *Bomarea glaucescens* en la categoría de Casi Amenazada (NT). A continuación, en la Tabla 8, se detallan las especies que representan el ecosistema analizado, junto con su respectiva categoría de amenaza, tanto según la UICN como según el libro rojo de plantas endémicas del Ecuador.

Elaphoglossum engleri y *Polylepis reticulata* mantienen la categoría de amenaza EN principalmente por la pérdida y degradación de su hábitat en los ecosistemas de páramo andino. Estos ecosistemas están siendo afectados por diversas actividades humanas, como la expansión de la frontera agrícola, la ganadería, los incendios forestales y la reforestación con especies no nativas (pino). Estas prácticas alteran la estructura y composición del hábitat, reduciendo la disponibilidad de condiciones adecuadas para la supervivencia de estas especies. En este contexto esta especie refleja la necesidad urgente de implementar medidas de conservación para proteger su hábitat y garantizar su supervivencia. Es fundamental realizar estudios más detallados sobre su distribución, ecología y amenazas específicas para

desarrollar estrategias efectivas de conservación que puedan mitigar los riesgos que enfrentan estas especies en el páramo andino

Tabla 8. Estado de conservación de las especies del páramo herbáceo y arbustivo en las unidades hidrográficas de Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba.

N°	Nombre científico	UICN	Libro Rojo	Estatus
1	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P.Beauv. ex J.Presl & C.Presl	LC	--	Estable
2	<i>Baccharis arbutifolia</i> Vahl	LC	NT	Sensible
3	<i>Bomarea glaucescens</i> (Kunth) Baker	NT	--	Sensible
4	<i>Buddleja incana</i> Ruiz & Pav.	LC	--	Sensible
5	<i>Cinnagrostis coarctata</i> (Kunth) P.M. Peterson et al.	LC	--	Estable
6	<i>Diplostephium ericoides</i> (Lam.) Cabrera	LC	LC	Estable
7	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Neid.	LC	--	Estable
8	<i>Elaphoglossum engleri</i> (H.Karst.) Christ	EN	--	Sensible
9	<i>Gentianella cernua</i> (Kunth) Fabris	LC	LC	Estable
10	<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	LC	LC	Sensible
11	<i>Gynoxys hallii</i> Hieron.	LC	--	Estable
12	<i>Gynoxys parvifolia</i> Cuatrec.	LC	--	Estable
13	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	LC	--	Estable
14	<i>Loricaria thuyoides</i> (Lam.) Sch.Bip.	LC	--	Estable
15	<i>Lupinus bogotensis</i> Benth.	LC	--	Estable
16	<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	LC	--	Estable
17	<i>Miconia salicifolia</i> Naudin	LC	--	Estable
18	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC.	LC	--	Estable
19	<i>Polylepis incana</i> Kunth	LC	--	Estable
20	<i>Polylepis reticulata</i> Hieron.	EN	VU	Sensible
21	<i>Puya hamata</i> L.B.Sm.	LC	--	Estable
22	<i>Rumex acetosella</i> L.	LC	--	Estable
23	<i>Stellaria recurvata</i> Willd. ex D.F.K.Schltldl.	LC	--	Estable
24	<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	LC	--	Estable
25	<i>Trifolium repens</i> L.	LC	--	Estable
26	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	LC	--	Estable
27	<i>Xenophyllum humile</i> (Kunth) V.A.Funk	LC	--	Estable

LC: Preocupación menor; **VU:** Vulnerable; **NR:** No Registra; **NT:** Casi Amenazada; **EN:** En peligro

El estado de amenaza de las especies que constituyen la composición florística en bosques y páramos es un reflejo de los desafíos que enfrentan estos ecosistemas debido a las presiones antrópicas y los cambios ambientales. Las especies que habitan estos ambientes sensibles requieren medidas de conservación específicas para asegurar su supervivencia y la de sus ecosistemas. En la Figura 11 se adjuntan archivos fotográficos de las especies que se encuentran en categoría de amenaza.



Columellia oblonga Ruiz & Pav.
Categoría: LC (IUCN)



Oligactis pichinchensis (Hieron.) H. Rob. & Brettell.
Categoría: NT (IUNC)



Puya hamata L.B.Sm.
Categoría: LC (IUCN)



Fuchsia loxensis Kunth
Categoría: LC (IUCN)



Polylepis reticulata Hieron.
Categoría: EN (IUCN) y VU (Libro Rojo)



Grosvenoria hypargyra (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.
Categoría: VU (IUCN) y VU (Libro Rojo)

Figura 11. Especies registrada bajo alguna categoría de amenaza en el páramo de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba.

2.1.2.5 Unidad Hidrográfica Leito

Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes

Composición y diversidad florística del estrato arbóreo

En un área de 1.200 m² de muestreo se registró un total de 308 individuos mayores o iguales a 5 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), representados en 30 especies, 29 géneros y 22 familias botánicas. Entre las familias más diversas del estrato boscoso estuvieron Asteraceae con tres especies, seguidas de Araliaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Ericaceae, Lauraceae y Primulaceae con dos especies respectivamente (Figura 12).

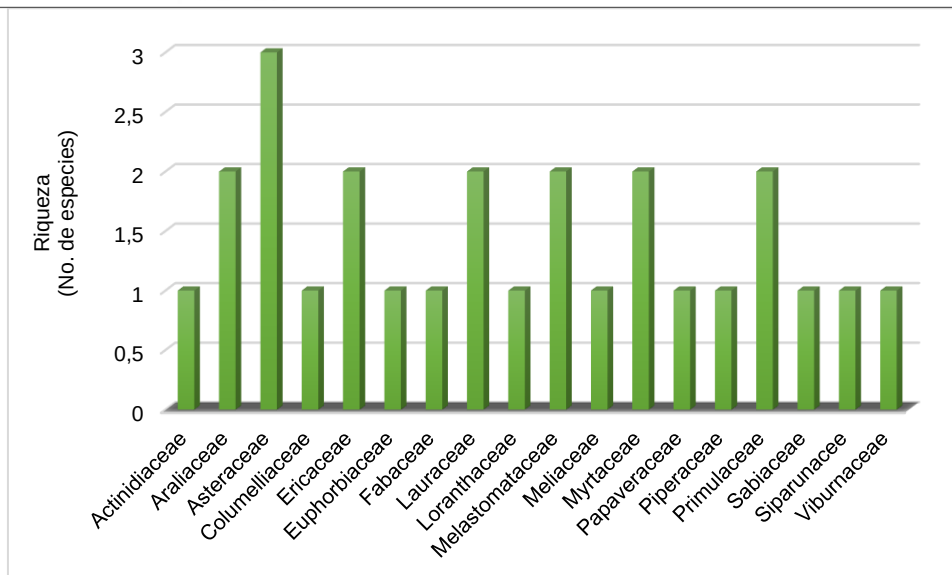


Figura 12. Diversidad florística por familia botánica del estrato arbóreo de la unidad hidrográfica de Leito.

Los resultados indican que, aunque el área de estudio presentó una superficie pequeña en términos de remanentes boscosos, la diversidad biológica dentro de esa área es considerablemente alta. Con un valor de 0,06 del Índice de Simpson indica que la comunidad vegetal está bien equilibrada con varias especies distribuidas sin dominancia en ninguna de las especies registradas. El índice de Shannon dio un valor de 3,04 es relativamente alto, lo que indica que la comunidad vegetal presenta una alta riqueza de especies y una distribución equilibrada esto se debe porque aquí se registran especies arbóreas típicas del ecosistema montañoso y que se registran sólo en la cordillera Oriental de los Andes a diferencia de los bosques de la Cordillera Occidental.

Los valores de estos índices indican que, aunque el área estudiada sea pequeña en términos de superficie, tiene una alta diversidad biológica, lo que podría ser positivo para la conservación de ese ecosistema, ya que indica una estructura ecológica compleja y resiliente.

Parámetros dasométricos en el estrato arbóreo

La masa forestal total estimada en las unidades de muestreo fue de 3,23 m² y un volumen de madera de 15,07 m³, extrapolado a hectárea fue de 125,58 m³ha⁻¹ y un área basal de 26,93 m²ha⁻¹. Las especies que contribuyen en mayor medida al área basal y volumen son: *Cedrela montana*, *Erythrina edulis*, *Saurauia tomentosa* y *Siparuna harlingii*.

En cuanto a la estructura vertical del bosque andino, se evidencio una estructura definida en dos estratos las especies dominantes y dominadas. En el dosel superior las especies *Cedrela montana*, *Erythrina edulis*, *Saurauia tomentosa* y *Siparuna harlingii* dominan el bosque con altura de los individuos hasta los 14 m., mientras que las especies *Verbesina latisquama*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Myrsine andina*, *M. dependens*, *Miconia theaezans*, *Gaiadendron punctatum* y *Sciadophyllum* sp. se encuentran bajo el dosel de las especies dominantes. En el sotobosque se registran especies con muchos tallos y arbustivas como *Columellia oblonga*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Disterigma alaternoides*, *Viburnum triphyllum* y *Cavendishia bracteata*. Estos resultados presentan una estructura vertical bien definida, lo que promueve la coexistencia de una mayor diversidad de especies y favorece la salud y el equilibrio del ecosistema en su conjunto.

Distribución de diámetros

La distribución diamétrica de los individuos medidos mostró una curva en forma de "J invertida", lo que refleja el patrón característico de los bosques nativos con poca intervención. Este tipo de distribución indica que existe un mayor porcentaje de individuos juveniles en comparación con los árboles maduros o de mayor diámetro. Este fenómeno indica que los árboles en crecimiento están reemplazando gradualmente a los más viejos, lo cual es un proceso típico en la dinámica natural de los bosques (Figura 13).

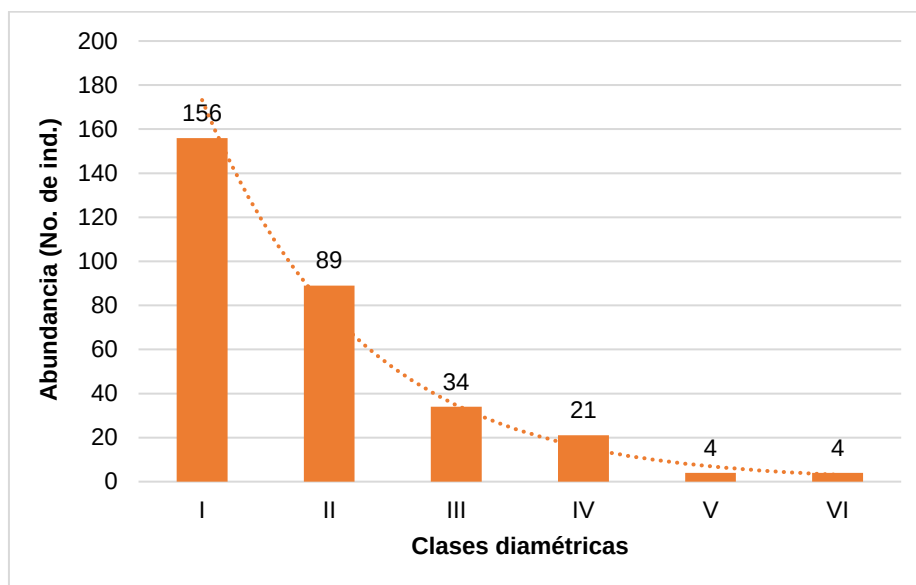


Figura 13. Curva de distribución diamétrica del estrato arbóreo de la unidad hidrográfica de Leito.

Parámetros ecológicos del estrato arbóreo

Las especies con mayor cantidad de tallos medidos fueron: *Saurauia tomentosa* (15,26%), seguida de *Erythrina edulis* (10,71%) y *Verbesina latisquama* (9,09%). Entre las especies que registraron un solo individuo fueron: *Hesperomeles obtusifolia* y *Rhamnus glandulosa*. Las especies más dominantes por el espacio que ocupan fueron: *Cedrela montana* (15,54%), *Saurauia tomentosa* (15,35%), *Erythrina edulis* (14,65%) y *Siparuna harlingii* (6,36%). Las especies con mayor distribución en los transectos fueron: *Meliosma herbertii*, *Miconia theaezans* y *Oreopanax ecuadorensis* todas con 7,35% del total. De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia las especies ecológicamente más importantes en el estrato arbóreo fueron *Saurauia tomentosa* (11,67%), *Erythrina edulis* (10,41%), *Oreopanax ecuadorensis* (6,91%) y *Cedrela montana* (6,59%).

Composición y diversidad florística del estrato arbustivo

En las parcelas anidadas dentro de los transectos, se registró un total de 154 individuos en un área de muestreo de 300 m² distribuidas en los tres conglomerados. Se registraron 29 especies, 18 géneros y 19 familias botánicas. Entre las especies con mayor diversidad florística se registró a Melastomataceae con cuatro especies. Asteraceae, Ericaceae y Urticaceae con tres especies respectivamente, el resto de las familias presentan entre una y dos especies (Figura 14).

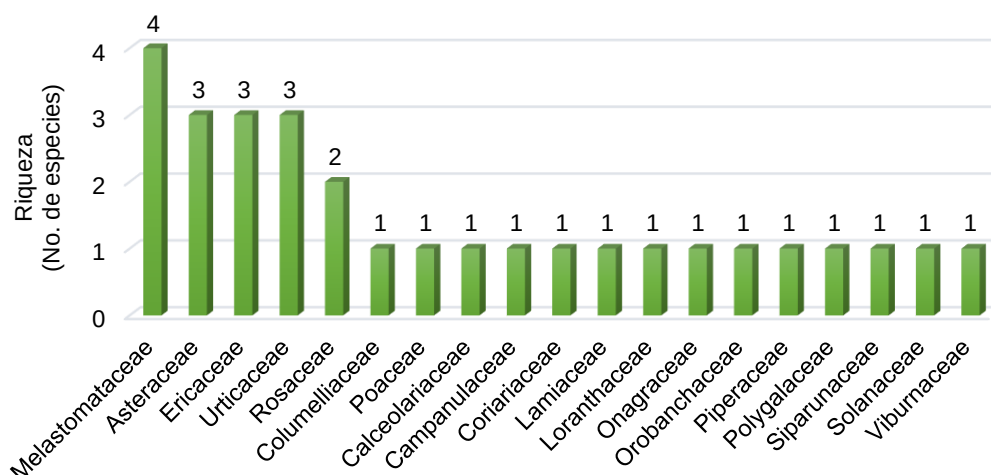


Figura 14. Diversidad de especies por familia del estrato arbustivo de la unidad hidrográfica de Leito.

El índice de diversidad de Simpson registró un valor de 0,94, mientras que el índice de diversidad de Shannon-Wiener alcanzó 3,07, lo que indica una alta diversidad en el estrato arbustivo. En estos remanentes boscosos, la vegetación arbustiva juega un papel crucial en la regeneración de especies arbóreas y en la provisión de hábitat para ellas. Además, contribuye al ciclo de nutrientes al acumular grandes cantidades de hojarasca, lo que favorece la conservación de los suelos.

Parámetros ecológicos en el estrato arbustivo

Con respecto a la Densidad Relativa (D_r) las especies con mayor número de individuos fueron *Columellia oblonga* (15,58%), *Hesperomeles obtusifolia* (9,74%), *Salvia corrugata* (9,52%) y *Chusquea scandens* (6,49%). Las especies ecológicamente más representativas en el estrato arbustivo fueron *Columellia oblonga* con (10,17%), *Salvia corrugata* con (8,01%) y *Barnadesia arborea* (6,49%).

Composición y diversidad del estrato herbáceo

En 96 m² se registraron un total de 82 individuos. La riqueza de especies está representada por 17 especies, 11 géneros y 11 familias botánicas. Las especies más diversas fueron: Aspleniaceae con cuatro especies, Alstroemeriac... y Dryopteridaceae con dos especies respectivamente incluyen las especies como *Asplenium alatum*, *Bomarea glaucescen* y *Elaphoglossum lingua*. Las demás familias presentaron una especie (Figura 15).

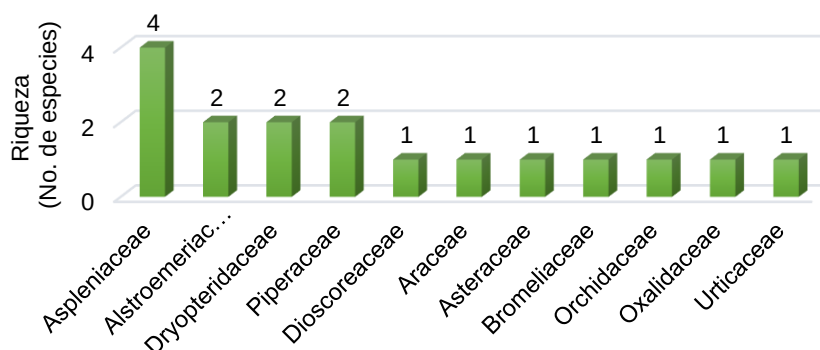


Figura 15. Diversidad de especies por familia del estrato herbáceo de la unidad hidrográfica de Leito.

El índice de diversidad de Simpson fue de 0,92 mientras que Shannon-Wiener alcanzó 2,62, lo que indica una diversidad media. Ambos índices sugieren que el ecosistema posee una buena diversidad de especies

adecuada, lo que refleja un hábitat saludable que proporciona un hábitat saludable para refugio y alimento para la fauna silvestre del sector.

Parámetros ecológicos en el estrato herbáceo

Las especies con mayor número de individuos fueron *Bomarea multiflora* (13,41%), *Elaphoglossum lingua* (12,20%) y *Pilea myriantha* y *Asplenium alatum* con (9,76%). En cambio, las especies con menor densidad fueron *Tillandsia* sp. (1,22%), *Bomarea glaucescens* y *Munnozia* sp. (2,44%) respectivamente. En relación con el IVI, las especies más importantes ecológicamente dentro de la unidad de muestreo fueron: *Bomarea multiflora* con (12,96%), *Pilea myriantha* con (11,13%), *Asplenium alatum* (9,04%). El resto de las especies tienen valores inferiores al 7% como: *Epidendrum amplum*, *Tillandsia* sp. y *Munnozia* sp.

Estado de Conservación y Endemismo

En el ecosistema de Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes, dentro de la unidad hidrográfica de Leito, se identificaron cinco especies en la categoría de Preocupación Menor (LC), según el libro rojo de plantas endémicas. Por otro lado, la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN registró un total de 26 especies clasificadas bajo la categoría de amenazadas. De estas, la mayor parte corresponde a la categoría de Preocupación Menor (LC), con 24 especies. Las especies *Cedrela montana* y *Oligactis pichinchensis* mantienen categorías de amenaza como Vulnerable (VU) y Casi Amenazada (NT), respectivamente, debido a una combinación de factores ecológicos, biogeográficos y de presión humana. *Cedrela montana* está clasificada como Vulnerable principalmente por la pérdida de su hábitat natural, la sobreexplotación especialmente debido al alto valor comercial de su madera, la limitada capacidad de regeneración natural y su distribución restringida, con pocos individuos presentes en los bosques andinos. Por su parte, *Oligactis pichinchensis* se encuentra en la categoría de Casi Amenazada debido a que es una especie endémica con un rango geográfico muy limitado. Además, enfrenta amenazas por la pérdida y degradación de su hábitat, así como por los efectos del cambio climático, que pueden alterar las condiciones ecológicas necesarias para su supervivencia.

En conclusión, ambas especies actúan como indicadores del estado de salud del ecosistema andino. Su situación actual refleja claramente los impactos negativos de las actividades humanas y los cambios ambientales sobre estos frágiles bosques montanos. Las categorías de conservación Vulnerable y Casi Amenazada buscan generar conciencia y promover acciones urgentes para su protección, como la conservación de hábitats naturales, el control de la tala, el uso sostenible de los recursos forestales, la reforestación con especies nativas y el establecimiento de áreas protegidas y corredores ecológicos.

A continuación, en la Tabla 9, se detallan las especies que representan el ecosistema analizado, junto con su respectiva categoría de amenaza, tanto según la UICN como según el libro rojo de plantas endémicas del Ecuador.

Tabla 9. Estado de conservación de las especies registradas en el bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes, de la Unidad Hidrográfica de Leito.

N°	Especie	UICN	Libro Rojo	Estatus
1	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	LC	--	Estable
2	<i>Baccharis latifolia</i> Pers.	LC	--	Estable
3	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	LC	--	Estable
4	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J.St. Hil.) Hoerold	LC	--	Estable
5	<i>Cedrela montana</i> Turcz.	VU	--	Sensible
6	<i>Cestrum affine</i> Kunth	LC	--	Estable
7	<i>Columellia oblonga</i> Ruiz & Pav.	LC	--	Estable
8	<i>Critoniopsis occidentalis</i> (Cuatrec.) H.Rob.	LC	--	Estable
9	<i>Disterigma alaternoides</i> (Kunth) Nied.	LC	--	Estable
10	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	LC	--	Estable
11	<i>Eugenia florida</i> DC.	LC	--	Estable
12	<i>Fuchsia loxensis</i> Kunth	LC	LC	Estable
13	<i>Gaiadendron punctatum</i> G.Don	LC	--	Estable
14	<i>Gaultheria glomerata</i> (Cav.) Sleumer	LC	--	Estable

N°	Especie	UICN	Libro Rojo	Estatus
15	<i>Gynoxys acostae</i> Cuatrec.	LC	LC	Estable
16	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	LC	--	Estable
17	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C.Sm.	LC	--	Estable
18	<i>Meliosma herbertii</i> Rolfe	LC	--	Estable
19	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	LC	--	Estable
20	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh	LC	--	Estable
21	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	LC	--	Estable
22	<i>Oligactis pichinchensis</i> (Hieron.) H. Rob. & Brettell	NT	LC	Sensible
23	<i>Oreopanax ecuadoriensis</i> Seem.	LC	LC	Sensible
24	<i>Rhamnus glandulosa</i> Aiton	LC	--	Estable
25	<i>Verbesina latisquama</i> S.F.Blake	LC	LC	Estable
26	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	LC	--	Estable

LC: Preocupación menor; **VU:** Vulnerable; **NR:** No Registra; **NT:** Casi Amenazada

Diversidad Beta (β)

Índice de Similitud de Jaccard

La composición de especies varió entre los diferentes hábitats. En las unidades hidrográficas de Mocha-Huachi y Ambato-Huachi-Pelileo, la cobertura vegetal de páramo herbáceo mostró una similitud florística del 40%¹⁰ en cuanto a las especies presentes. Por otro lado, la cobertura vegetal del páramo arbustivo, registrada en la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba, presentó una similitud del 30% con las especies del páramo herbáceo de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo y Mocha-Huachi. Los hábitats con menor similitud fueron los bosques siempreverdes del lado oriental y occidental de la Cordillera de los Andes, los cuales compartieron únicamente entre un 5% y un 10% de las especies con el ecosistema de páramo.

Según el análisis de *cluster* y el índice de Jaccard, los hábitats se agrupan en dos grandes categorías: 1) los ecosistemas situados en el lado occidental de la Cordillera de los Andes y 2) el ecosistema boscoso en el lado oriental de la misma cordillera. Además, el análisis reveló que las especies de páramo se agrupan en términos de diversidad y abundancia en las unidades hidrográficas de Ambato-Huachi-Pelileo. Mocha-Huachi y Toallo-Allobamba. Sin embargo, en los ecosistemas boscosos se observan diferencias en la composición florística y la diversidad (Figura 16).

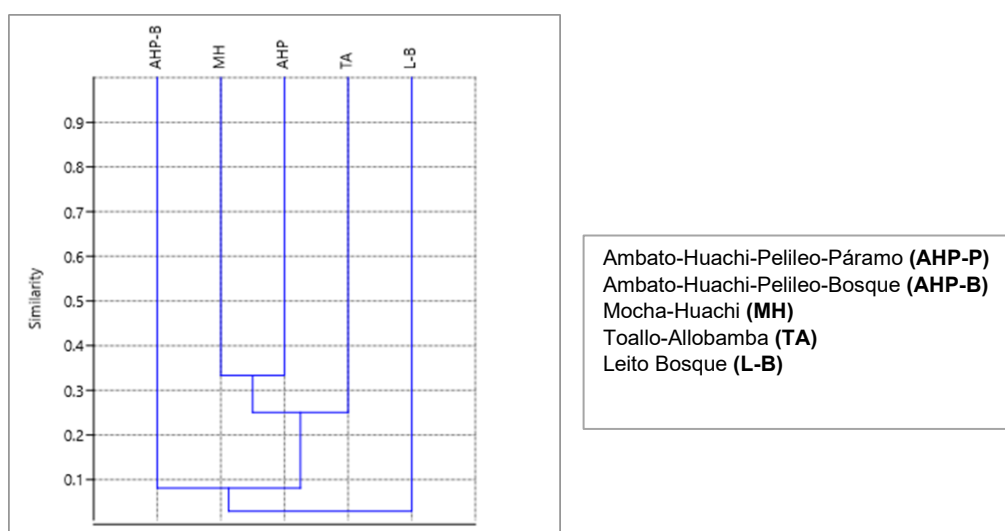


Figura 16. Cluster de Similitud florística para los ecosistemas analizados (bosque y páramo) utilizando el índice de Jaccard entre las unidades hidrográficas, Tungurahua.

¹⁰ Un 40% de similitud sugiere que las unidades hidrográficas tienen una composición florística moderadamente diferente, es decir, comparten algunas especies, pero también hay una cantidad significativa de especies exclusivas en cada unidad.

2.1.2.6 Muestreo cualitativo

Recorridos de observación cualitativo

El muestreo cualitativo se lo desarrollo mediante recorridos de observación rápida en las zonas de influencia directa a cada unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi, Toallo-Allobamba y Leito, el mismo que consistió en identificar los tipos de cobertura vegetal, topografía del terreno, la uniformidad de la vegetación y presencia de intervención antrópica.

2.1.2.7 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)

La unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo se extiende en un rango altitudinal que va desde los 3.000 hasta los 4.109 msnm y abarca los cantones de Ambato y Pelileo. En esta zona predominan ecosistemas característicos de páramo, como el páramo de pajonal y arbustivo, con algunos árboles aislados de *Polylepis* spp., así como remanentes del bosque siempreverde montano de la cordillera occidental de los Andes. La unidad hidrográfica presenta una vegetación natural de difícil acceso, debido a sus terrenos accidentados y pendientes pronunciadas, que varían entre el 40% y el 70%. Sin embargo, el entorno natural ha sufrido alteraciones por prácticas agrícolas intensivas, tales como el desbroce del suelo para cultivos de ciclo corto (maíz, papa y cebolla), así como actividades ganaderas que incluyen el pastoreo de ganado bovino, ovino, caballar, llamas y cerdos. En este contexto, se ha registrado la presencia de especies indicadoras de áreas perturbadas, como *Alchemilla orbiculata*, *Rumex acetosella* y *Trifolium repens*, las cuales, según Mena & Hofstede (2006), son indicadoras de páramos degradados, particularmente por la ganadería, y tienen una alta capacidad para colonizar grandes extensiones. Esta observación coincide con lo señalado por Llambí et al., (2001), quienes las consideran especies indicadoras de páramos con un estado de salud deteriorado (Figura 18). Además, en altitudes más bajas, *Bidens andicola* se presenta como una maleza común. Es importante destacar que algunas áreas de esta unidad hidrográfica, especialmente en el páramo, han sido designadas como reservas ecológicas comunitarias, lo que resalta su relevancia para la conservación (Figura 17).



Figura 17. Paisaje de la "Reserva Ecológica del páramo de Llangahua" en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP).



Figura 18. Amenazas antrópicas en el paisaje natural de páramo y bosque montano en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP).

2.1.2.8 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi es una zona de páramo de tipo pajonal, situada en un rango altitudinal que va de los 3.992 a los 4.059 m s. n. m. En esta área se encuentra una diversa variedad de pequeñas rosetas y varias especies de los géneros *Senecio*, *Lupinus*, *Gentianella*, *Halenia*, *Gunnera*, *Lachemilla*, *Geranium*, así como algunos helechos, entre otros. Además, presenta áreas arbustivas, especialmente en los márgenes de afluentes secundarios como quebradas, predominando en el sector medio del páramo. Las especies más comunes en estas áreas son *Gynoxys* spp. (piquil), *Polylepis incana* *P. reticulata* (yagual), *Vaccinium florifundum* (mortiño), *Monticalia* sp. (cuchispas), *Brachyotium ledifolium* (Illinshi negro), *Miconia salicifolia* (yanachaglla), *Buddleja incana* (quishuar), así como otros géneros como *Baccharis*, *Disterigma* y *Pernettya*. Las principales amenazas antrópicas en esta zona provienen de la actividad ganadera, especialmente en los sectores de San Marco, Yanayacu y Mochapata, donde la producción de leche es la actividad predominante (Figura 19).



Figura 19. Amenazas antrópicas en el área natural de páramo de la unidad hidrográfica de Ambato-Mocha-Huachi (MH).

2.1.2.9 Unidad Hidrográfica Leito

La unidad hidrográfica Leito corresponde a un Bosque siempreverde montano de la cordillera oriental de los Andes, y se localiza en el cantón Patate. Esta zona presenta un cierto grado de intervención debido a la influencia de la producción agrícola, especialmente por el establecimiento de cultivos de ciclo corto como *Zea mays* (maíz), *Solanum betaceum* (tomate de árbol), *Solanum tuberosum* (papa) en sus diversas variedades, y actividades ganaderas, incluyendo la cría de ganado vacuno bravo y lechero. Además, el área de estudio se caracteriza por una topografía montañosa e irregular, con pendientes que oscilan entre el 30% y el 60% de inclinación, lo que genera un alto riesgo de movimientos en masa del suelo (Figura 20).



Figura 20. Actividades agropecuarias próximas al Bosque siempreverde montano de la cordillera oriental de los Andes, en el cantón Patate en la unidad hidrográfica Leito.

2.1.2.10 Unidad Hidrográfica Toallo - Allobamba (TA)

La unidad hidrográfica Toallo-Allobamba se encuentra en la parroquia rural Santa Rosa, perteneciente al cantón Ambato, en la provincia de Tungurahua. En esta zona, debido a la fertilidad de los suelos, las actividades antrópicas se han expandido progresivamente, con la creación de áreas destinadas al cultivo de verduras y frutas para el comercio local y nacional. Además, se observa un cambio en el uso del suelo, ya que el páramo se ha transformado en terrenos destinados a la actividad agropecuaria (Figura 21).

Es igualmente evidente que, en épocas pasadas, se establecieron plantaciones de *Pinus patula* en áreas de páramo, lo que ha afectado la vegetación nativa. El pino, como especie invasora, ha colonizado grandes extensiones de la cobertura vegetal original. Este impacto es claramente visible en la zona de influencia del sendero hacia el Carihuarazo, donde se pueden observar pinos de diversos diámetros y alturas, alterando el paisaje natural con especies exóticas.

También es evidente que las comunidades se han organizado para conservar las fuentes naturales de agua. A través del turismo comunitario, se desarrollan actividades que no solo sirven como incentivo para la conservación de la vegetación, sino que también actúan como una fuente de ingresos para los pobladores. Estos esfuerzos benefician tanto a los residentes locales como a los visitantes nacionales e internacionales que llegan al Carihuarazo. Además, se ha observado la existencia de programas de educación ambiental, tanto formales como informales, que promueven el conocimiento de la biodiversidad de la zona. Esto se refleja en letreros informativos, señalización en los senderos y, sobre todo, en el papel de los pobladores, quienes actúan como guías de campo (Figura 22).



Figura 21. Actividades agrícolas y ganaderas en áreas de influencia directa a la Unidad Hidrográfica de Toallo-Allobamba (TA).



Figura 22. Paisaje del sendero de "Unión de Comunidades Indígenas Toallo de Santa Rosa – MAMA RUMI" en la unidad hidrográfica de Toallo-Allobamba (TA).

2.2 FAUNA

2.2.1 MAMÍFEROS

2.2.1.1 INTRODUCCIÓN

Los mamíferos se distinguen de otros grupos de animales por ciertas características únicas, como la presencia de glándulas mamarias que les permiten alimentar a sus crías (Kemp, 2005). A nivel global, se han identificado aproximadamente 6.581 especies de mamíferos (Mittermeier et al., 2022), y estos animales muestran una notable diversidad y capacidad de adaptación a distintos hábitats, tanto altitudinal como latitudinalmente (De Angelo, 2017). Además, los mamíferos desempeñan múltiples funciones en el ecosistema, contribuyendo a la diversidad y funcionalidad de estos, participando en diferentes procesos ecosistémicos (Sinclair, 2003).

La biodiversidad de Ecuador se ve profundamente influenciada por su ubicación geográfica en el trópico, la presencia de la cordillera de los Andes y el impacto de las corrientes marinas (Tirira, 2017). En el país se han registrado 471 especies de mamíferos (Tirira, 2024), muchas de las cuales enfrentan diversas amenazas que ponen en peligro tanto sus poblaciones como su supervivencia (Burneo, 2015). Los bosques montanos y los páramos de Tungurahua, ubicados en la ladera occidental y oriental de los Andes, se encuentran a altitudes elevadas, albergan una extraordinaria diversidad. Los bosques montanos se caracterizan por árboles de gran tamaño, troncos irregulares y una abundante cobertura de briofitas y epifitas, mientras que los páramos están dominados por formaciones herbáceas en penachos, conocidos como comúnmente como pajonales, a menudo acompañados de vegetación arbustiva (Ron, 2020).

El objetivo del estudio de los mamíferos en esta área es evaluar la diversidad y el estado de conservación de este ecosistema, así como comparar la presencia o ausencia de las especies en dos periodos de monitoreo. El primer monitoreo fue realizado en 2015 por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, en su estudio titulado "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua" (Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda., 2015). El estudio actual se centra en la salud del páramo en las zonas de recarga de los proyectos de riego del PACT II, que para efectos de este estudio se trabajó a nivel de cuatro unidades hidrográficas (ver Objetivo General). Este enfoque permitirá obtener una visión integral y detallada de la diversidad de mamíferos y su relación con el ecosistema. Para un mayor detalle de la metodología empleada en el componente fauna ir al Anexo 2.

OBJETIVOS

General

Caracterizar la diversidad de mamíferos en el páramo y bosque altoandino de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) incluye los análisis de Toallo-Allobamba, Mocha-Huachi (MH) y Leito (L), en la provincia de Tungurahua, para evaluar el estado de conservación de las especies, en el marco del Programa Aguas y Cuencas del Tungurahua, fase II (PACT II).

Específicos

- Determinar la abundancia y diversidad de la mastofauna (micromamíferos no voladores y voladores), macromamíferos y mesomamíferos presentes en las cuatro unidades hidrográficas en estudio.
- Evaluar el estado de conservación de la mastofauna e identificar las especies indicadoras de calidad de hábitat presente en el área de estudio.
- Realizar un análisis comparativo de la composición de mamíferos a lo largo del tiempo dentro del área de estudio, en relación con estudios realizados por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua en su estudio "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua" (Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda., 2015) y establecer los posibles cambios en la mastofauna.

2.2.1.3 RESULTADOS

2.2.1.4 Riqueza total

El registro de 12 especies de mamíferos pertenecientes a 10 familias y ocho órdenes en las cuatro unidades hidrográficas evaluadas indica una diversidad relativamente baja de especies en comparación con otros ecosistemas similares (Figura 23). Sin embargo, las diferencias en la cantidad de especies e individuos entre las unidades hidrográficas reflejan variaciones en las condiciones ambientales, la disponibilidad de hábitats y el grado de presión antropogénica.

La unidad hidrográfica de Ambato-Huachi-Pelileo, con nueve especies y seis individuos, presentó la mayor riqueza de especies y cantidad de individuos, lo que sugiere que esta zona ofrece condiciones más propicias para los mamíferos registrados. Esto podría deberse a una mayor heterogeneidad de hábitats, mejor conectividad ecológica y menor impacto humano en comparación con las otras unidades evaluadas. Por otro lado, en la unidad hidrográfica de Mocha-Huachi, se registraron cinco especies, lo que indica una mayor presencia de mamíferos en comparación con Leito. Esto podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de recursos y hábitats más adecuados para el refugio y la alimentación de las especies registradas. En la unidad hidrográfica de Leito, donde se encontraron solo dos especies de mamíferos, la baja riqueza específica sugiere que el área puede tener condiciones menos favorables para el establecimiento y permanencia de diversas especies. Factores como la fragmentación del hábitat, la altitud o la intervención humana podrían estar limitando la diversidad de mastofauna.

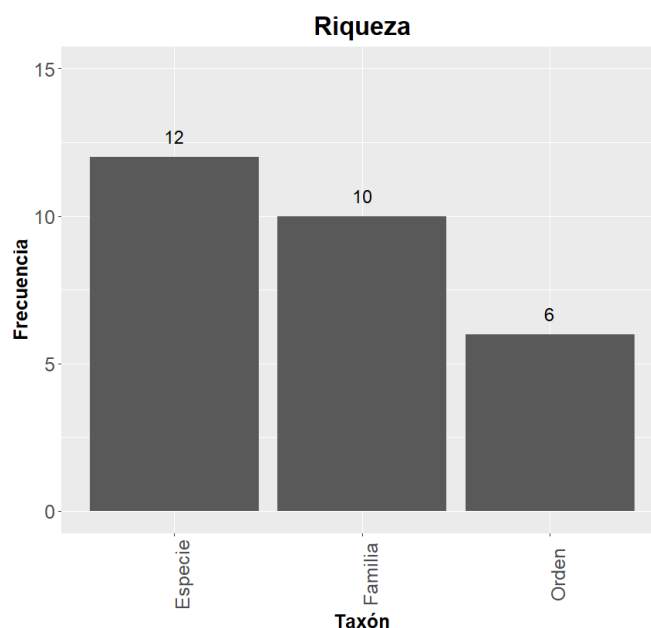


Figura 23. Riqueza de órdenes, familias y especies de mamíferos, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito.

2.2.1.5 Abundancia total

La familia con mayor abundancia fue Cricetidae con 7 individuos, las adaptaciones físicas y de comportamiento de la familia Cricetidae, junto con su alta tasa reproductiva y la disponibilidad de recursos alimenticios, explican su abundancia en los ecosistemas de páramo. Estas características les permiten ocupar un papel destacado en la dinámica de estas zonas de alta montaña, las otras familias presentaron un individuo (Figura 24).

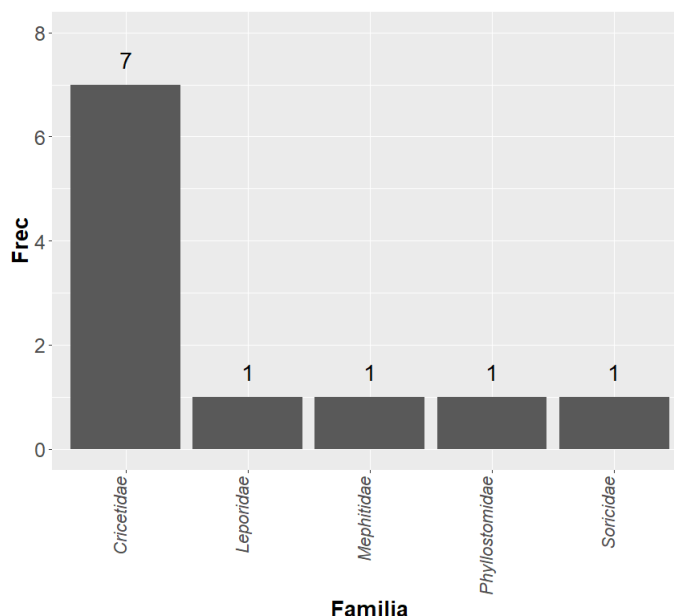


Figura 24. Abundancia absoluta de las familias de mamíferos, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito.

La especie endémica *Akodon mollis*, conocida como el ratón campestre de pelaje delicado, ha demostrado una notable abundancia en los ecosistemas de páramo y bosque montano de la provincia de Tungurahua, representando aproximadamente el 45,45% de la población de mamíferos registrada en estudios recientes (Figura 25). Esta alta abundancia refleja una serie de características ecológicas y adaptativas que han permitido al ratón campestre mantener su población estable en estos ecosistemas. Su permanencia en estas regiones se debe a una combinación de adaptaciones fisiológicas, estrategias reproductivas eficientes y un aprovechamiento efectivo de los recursos disponibles. Además, su presencia en el páramo indica que podría tener características de una especie generalista, capaz de aprovechar diferentes recursos en su entorno como la disponibilidad de alimento, refugio o menor presión de depredadores en comparación con otras especies presentes. En este sentido, *A. mollis* no se considera un bioindicador de buen estado de salud del páramo; por el contrario, su presencia predominante podría estar reflejando condiciones de deterioro ambiental.

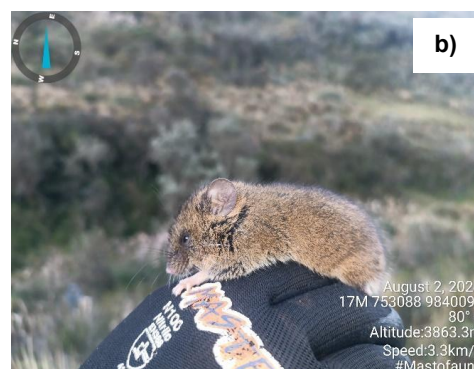
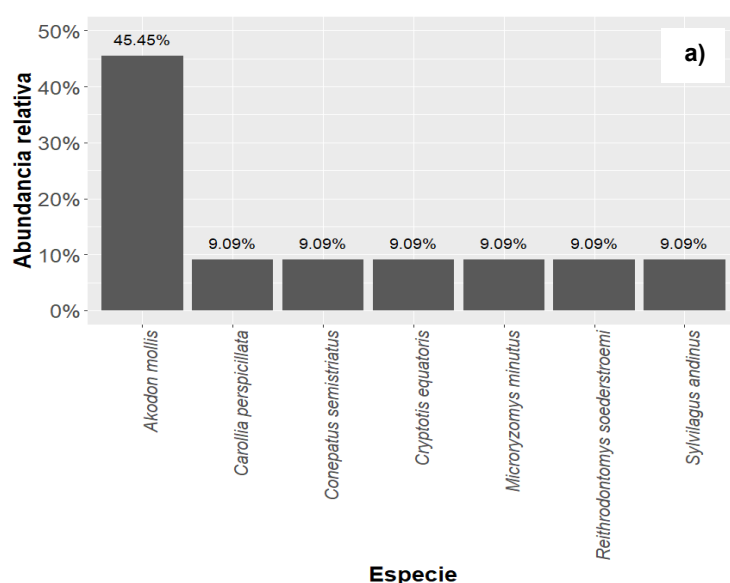


Figura 25. a) Abundancia relativa de las especies de mamíferos registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato- Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito y b) *Akodon mollis* (ratón campestre de pelaje delicado).

Aunque otras especies también están presentes en este hábitat frágil, su menor abundancia refleja una menor adaptabilidad o especialización en comparación con *Akodon mollis*. El cambio de uso del suelo, como la expansión de la frontera agrícola, puede incrementar la inmigración de estas especies a otros sitios donde encuentren alimento y hospedaje, lo que podría afectar la dinámica ecológica del páramo. En este contexto, es crucial implementar estrategias de conservación que consideren las necesidades ecológicas de *Akodon mollis* y otras especies, promoviendo prácticas de manejo sostenible que mitiguen los impactos negativos del cambio de uso del suelo y garanticen la preservación de estos ecosistemas vitales.

2.2.1.6 Curva rango-abundancia

La curva de rango-abundancia revela una marcada desigualdad en la distribución de las especies de mamíferos dentro del páramo en las unidades hidrográficas estudiadas (Figura 26). La falta de equitatividad indica que unas pocas especies, en este caso *Akodon mollis* (ratón campestre), dominan significativamente en términos de abundancia, mientras que otras especies están representadas por un número mucho menor de individuos.

Por otro lado, la baja representación de otras especies podría reflejar condiciones desfavorables para su establecimiento, competencia por recursos, fragmentación del hábitat o efectos de actividades humanas que afectan la diversidad faunística. La ausencia de una distribución equitativa en la abundancia de especies puede ser un indicador de desequilibrios ecológicos, donde una especie prolifera desproporcionadamente mientras otras se ven restringidas.

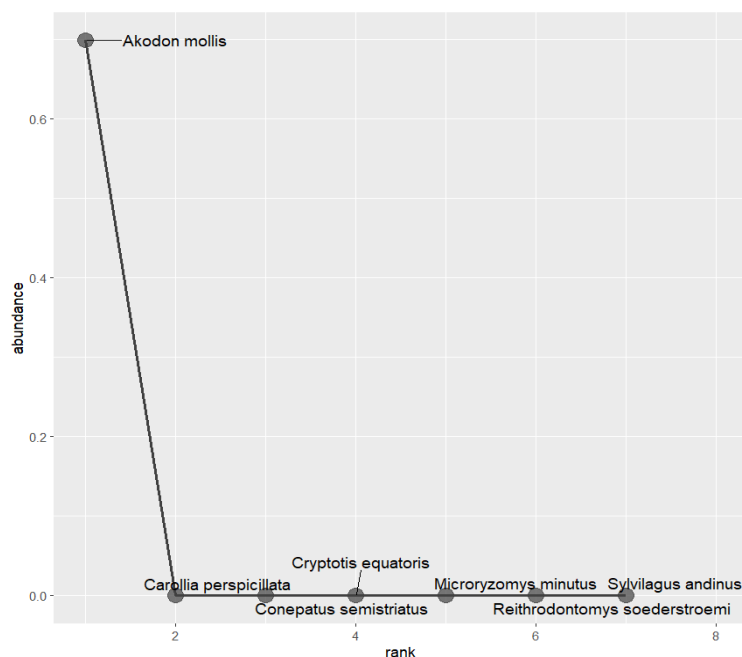


Figura 26. Curva rango abundancia de las especies de mamíferos registradas en las unidades hidrográficas muestreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito.

2.2.1.7 Curva de acumulación de especies e índice de Chao

La curva de acumulación de especies mostró que por los días muestreados aún no se ha alcanzado la asíntota, por lo que aun faltaría más días de muestreo para poder capturar toda la riqueza. Por medio del índice de chao se puede extrapolar que se podría alcanzar a capturar 20,64 morfoespecies de las 12 registradas, es decir, cerca del 60% de la riqueza total fue muestriada (Figura 27).

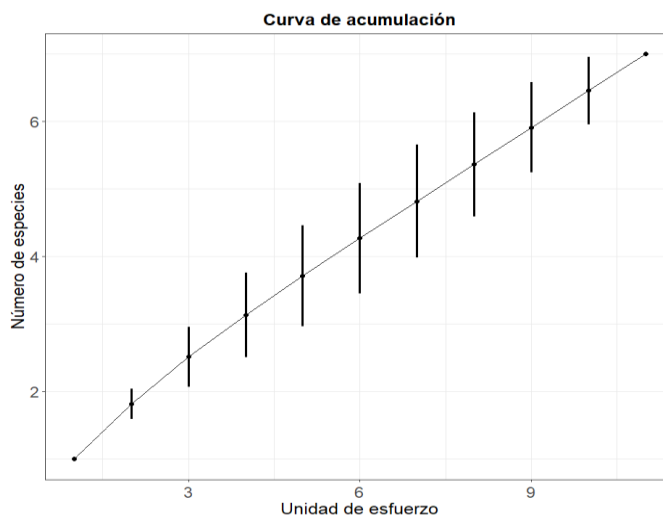


Figura 27. Curva de acumulación de especies de mamíferos en las unidades hidrográficas muestreadas: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito, durante los meses de julio-agosto del 2024.

2.2.1.8 Diversidad Beta Índice de Jaccard

El análisis de similitud de Jaccard evidencia la existencia de dos grupos diferenciados en términos de composición de especies de mamíferos dentro de las unidades hidrográficas evaluadas. El primer grupo, conformado por Mocha-Huachi y Ambato-Huachi-Pelileo, presenta un 28% de similitud en especies (Figura 28), lo que sugiere que estas localidades comparten condiciones ambientales, ecológicas y estructurales similares, dadas por ambas unidades encontrarse en la cordillera occidental de los Andes. Esto podría deberse a factores como la disponibilidad de hábitats comparables, características climáticas comunes o menor fragmentación del paisaje, lo que favorece la presencia de especies compartidas entre ambas zonas. Por otro lado, la unidad hidrográfica de Leito se muestra completamente diferenciada, con una similitud de apenas 0,00% y 0,1% respecto a los otros sitios (Figura 28). Este resultado indica que la composición de especies en Leito es única y distinta a la encontrada en Mocha-Huachi y Ambato-Huachi-Pelileo. Las diferencias se deben a factores ecológicos como condiciones climáticas, altitud, dadas por influencia de la cordillera oriental, configurando el tipo de vegetación predominante o un mayor grado de aislamiento ecológico, lo que restringe la presencia de especies compartidas con las otras unidades hidrográficas.

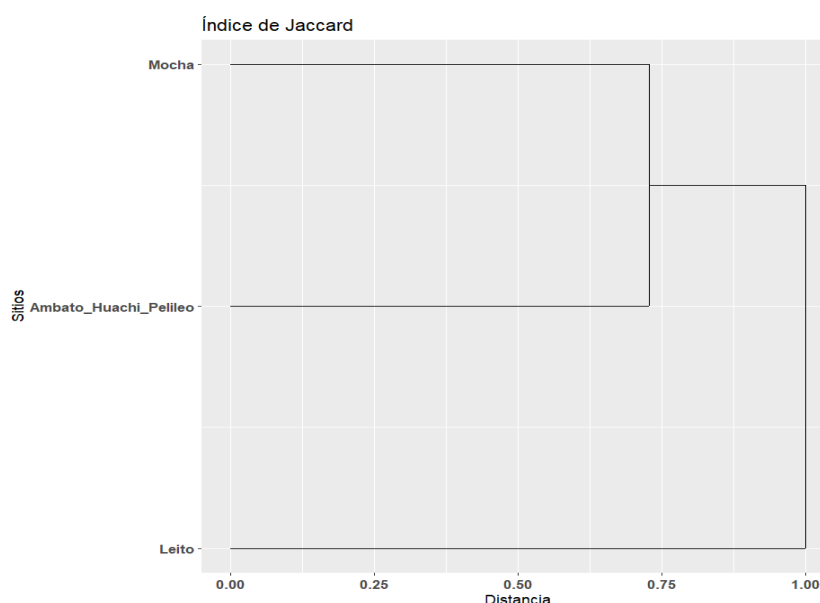


Figura 28. Dendrograma del análisis de similitud según el índice de Jaccard de las especies de mamíferos entre las unidades hidrográficas monitoreadas: Ambato- Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito, en los meses julio-agosto del 2024.

Diversidad de Shannon e inverso de Simpson por unidades hidrográficas

Los índices de diversidad de Shannon y el inverso de Simpson indican que los sitios con mayor diversidad biológica se encuentran en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (Tabla 10). Esto se atribuye a la presencia de extensas áreas de vegetación natural, lo que favorece la permanencia y reproducción de la fauna silvestre, al ofrecer condiciones más estables y recursos adecuados en ecosistemas relativamente conservados. Sin embargo, aunque la AHP presenta los valores más altos en comparación con otras unidades, los índices de diversidad registrados para mamíferos son en general bajos (valores menores a 2), lo que indica que incluso en estas áreas la diversidad faunística es limitada. Este patrón sugiere que los ecosistemas muestreados, si bien conservan cierta cobertura vegetal, podrían estar sometidos a presiones o alteraciones que afectan su integridad ecológica. En contraste, las unidades hidrográficas Mocha-Huachi y Leito presentan una diversidad considerablemente menor. Esta baja diversidad se relaciona con la limitada extensión de los ecosistemas originales y la reducción de la vegetación natural, la cual se encuentra confinada a zonas de difícil acceso o próximas a terrenos destinados a actividades agropecuarias.

La intervención humana en estas zonas como la quema no controlada, la expansión agrícola hacia áreas sensibles y la alteración del paisaje natural tiene un impacto directo en las especies nativas. Estas actividades degradan el hábitat, reducen los recursos alimenticios y destruyen los espacios necesarios para su supervivencia. Como consecuencia, algunas especies no logran adaptarse a las nuevas condiciones y se ven forzadas a migrar hacia ecosistemas más saludables, donde puedan encontrar refugio y alimentación adecuada. Por tanto, los bajos niveles de diversidad de mamíferos observados en todas las unidades hidrográficas evaluadas podrían reflejar un estado general de deterioro ecológico, donde las condiciones del hábitat no son saludables para sostener comunidades de mamíferos diversas, equilibradas y funcionales.

Tabla 10. Diversidad de Shannon e inverso de Simpson de mamíferos en las unidades hidrográficas monitoreadas en los meses de julio-agosto del 2024.

Unidad Hidrográfica	Shannon	Inverso de Simpson
Ambato Huachi Pelileo	1,80	0,83
Mocha-Huachi	0,00	0,00
Leito	0,00	0,00

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio-agosto, 2024.

2.2.1.9 Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)

Riqueza y abundancia

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo se identificaron nueve especies de mamíferos correspondientes a siete familias y a cuatro órdenes, se capturaron seis individuos. En el monitoreo con redes de neblina no se logró atrapar ningún individuo de murciélago, con las trampas de captura viva y capturas manuales se logró capturar seis especies. En el monitoreo cualitativo en recorridos libres, se registraron 4 especies mediante el registro de huellas y excretas (Tabla 11). Los resultados sugieren que la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo alberga una diversidad representativa de mamíferos, aunque su abundancia puede ser baja o la detectabilidad limitada. La combinación de metodologías directas e indirectas permitió obtener un panorama más completo de la comunidad de mamíferos, resaltando la necesidad de estrategias de monitoreo más prolongadas o diversificadas para mejorar la detección y caracterización de la fauna en la zona.

Tabla 11. Especies de mamíferos registradas en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP), en los meses de julio-agosto del 2024.

N	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Métodos	Individuos	Técnica
1	Rodentia	Cricetidae	<i>Reithrodontomys soederstroemi</i>	Ratón cosechador de Soderstrom	TS	1	Cuantitativa

N	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Métodos	Individuos	Técnica
2	Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>	Ratón campestre de pelaje delicado	TS	1	Cuantitativa
3	Rodentia	Cricetidae	<i>Microryzomys minutus</i>	Ratón colilargo montano	TS	1	Cuantitativa
4	Logomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus andinus</i>	Conejo de cola de algodón	C	1	Cuantitativa
5	Eulipotyphla	Soricidae	<i>Cryptotis equatoris</i>	Musaraña ecuatoriana negruzca	C	1	Cuantitativa
6	Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorrillo rayado	C	1	Cuantitativa
7	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus andinus</i>	Conejo andino	O. I	-	Cualitativa
8	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro andino	I	-	Cualitativa
9	Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	H	-	Cualitativa
10	Carnivora	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso andino	I	-	Cualitativa
Total						6	

Métodos: C: Captura manual; H: Huella; CT: Cámara Trampa; RN: Redes Neblina; IS: Información secundaria; TS: Trampas Sherman; O: Observación directa; TT: Trampas Tomahawk; R: rescate; I: Indicio.

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, Julio-agosto 2024.

Aspectos ecológicos

Gremio Trófico

El registro de nueve especies de mamíferos en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP) indica una diversidad moderada de fauna en la zona. La distribución de gremios tróficos revela que la mayoría de las especies registradas (56%) son omnívoras (Tabla 12), lo que sugiere que estas especies tienen una mayor adaptabilidad a diferentes fuentes de alimento, lo que les permite sobrevivir en una variedad de condiciones ambientales y responder mejor a cambios en la disponibilidad de recursos. Por otro lado, las especies carnívoras y herbívoras representan un 22% y las especies insectívoras (11%). La composición trófica registrada sugiere un ecosistema funcional con una predominancia de especies generalistas (omnívoras) que pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales. La presencia de carnívoros y herbívoros indica una estructura trófica estable, mientras que la menor cantidad de insectívoros podría reflejar factores ecológicos específicos o limitaciones en la metodología de muestreo.

Tabla 12. Distribución porcentual del gremio trófico de la mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Gremio trófico	Nº. especies	%
Carnívora	2	22
Frugívora	0	0
Herbívora	1	11
Omnívora	5	56
Insectívora	1	11

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, Julio-agosto 2024.

Patrones de actividad

Se distinguieron cuatro grupos de patrones que son utilizados por los mamíferos para realizar sus actividades. Estos patrones son nocturnos, diurnos crepuscular y catemerales¹¹. Las especies nocturnas en esta unidad hidrográfica representan el 67% y las catemerales un 33%, no se registraron especies durante el monitoreo diurno ni crepuscular (Tabla 13). La presencia predominante de especies de hábitos nocturnos, seguida de especies catemerales (activas en distintos momentos del día y la noche), en los

¹¹ Son aquellos mamíferos que tienen actividad tanto de día como de noche, sin un patrón fijo. Los patrones de actividad de los catemerales están influenciados por factores como la disponibilidad de alimento, la presencia de depredadores, las condiciones ambientales y las adaptaciones fisiológicas y sensoriales de cada especie.

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio-agosto, 2024.

páramos de Tungurahua indica una compleja interacción entre la fauna silvestre y las condiciones del ecosistema. Sin embargo, la presencia significativa de especies catemerales, que muestran actividad tanto de día como de noche, puede ser un indicio de alteración o presión antrópica en el ecosistema. Las especies catemerales suelen ajustar sus patrones de actividad en respuesta a factores como la fragmentación del hábitat, la presencia humana o la disponibilidad de recursos. Por lo tanto, esta combinación sugiere un ecosistema medianamente alterado: aunque aún conserva condiciones que permiten la persistencia de especies sensibles, también evidencia señales de modificación ambiental que podrían estar afectando los patrones naturales de actividad de algunos mamíferos. En términos de salud del ecosistema, estos resultados indican un estado de salud intermedio, donde se mantienen algunos atributos funcionales, pero existen presiones que podrían comprometer su integridad ecológica a largo plazo.

Tabla 13. Distribución porcentual del patrón de actividad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP). Tungurahua.

Patrón de actividad	No. especies	%
Diurna	0	0
Nocturna	6	67%
Catemeral	3	33%
Crepuscular	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio-agosto 2024.

Uso de Hábitat

Las distribuciones verticales son utilizadas por las especies de mamíferos registradas en el monitoreo fueron tres: aéreo, arborícola y terrestre. El estrato terrestre obtuvo el 100% (Tabla 14). Esto sugiere que la comunidad de mamíferos en la unidad hidrográfica está compuesta principalmente por especies que dependen del suelo para su alimentación, refugio y desplazamiento.

Tabla 14. Distribución porcentual del uso de hábitat de mamíferos en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo

Uso de hábitat	Nº. especies	%
Aéreo	0	0
Terrestre	9	100
Arborícola	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio - agosto 2024.

Especies sensibles

La sensibilidad de las especies frente a los cambios en el ecosistema es variable, y no todas reaccionan de la misma manera ante las perturbaciones. Esta sensibilidad se manifiesta a través de alteraciones en la estructura o dinámica de sus poblaciones, más allá de las fluctuaciones naturales causadas por factores climáticos o ecológicos. En el presente estudio, se determinó que el 67% de las especies registradas presentan una baja sensibilidad, mientras que el 22% evidencian una alta sensibilidad y el 11% una sensibilidad media. Estos resultados indican que un 33% del total de especies monitoreadas muestra algún grado de vulnerabilidad ante las alteraciones del ecosistema (Tabla 15), indicando un ecosistema medianamente alterado.

Las especies clasificadas con sensibilidad alta o media están particularmente expuestas a los efectos de las actividades antrópicas, como el avance de la frontera agrícola, la fragmentación del hábitat, las quemas no controladas y otras formas de presión sobre la vegetación natural. A pesar de ello, muchas de estas especies aún logran mantenerse en los fragmentos de bosque andino y en el ecosistema de páramo, lo que indica un cierto grado de plasticidad ecológica o capacidad de adaptación a condiciones alteradas. Esto debido a la cobertura vegetal de gramíneas en procesos de regeneración (40%-60%, con tendencia a aumentar si hay restauración) lo que contribuye a mantener los pequeños mamíferos.

Sin embargo, esta presencia no garantiza su estabilidad a largo plazo. Por el contrario, su persistencia en estos ambientes fragmentados y degradados marca la necesidad urgente de implementar medidas de conservación. Las especies sensibles requieren seguimiento ecológico constante y protección activa para evitar un posible colapso poblacional en caso de que las condiciones del hábitat continúen deteriorándose.

Tabla 15. Distribución porcentual de la sensibilidad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Sensibilidad	N°. especies	%
Alta	2	22
Moderada	1	11
Baja	6	67
Desconocida	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio-agosto 2024.

Estado de conservación

De acuerdo con la IUCN se reportó: una especie Vulnerable (VU), dos especies No Evaluada (NE) y seis especies con Preocupación Menor (LC). De las especies reportadas publicadas en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, se registró una especie Vulnerable (VU), dos especies En Peligro (EN) y seis especies de Preocupación Menor (LC). De acuerdo con los Apéndices de CITES, una especie esta citada dentro del Apéndice I y tres especies en el Apéndice II, y una especie con endemismo (Tabla 16). Tanto el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) como el puma (*Puma concolor*) son considerados especies sensibles en el ecosistema de Tungurahua debido a una combinación de factores ecológicos y biológicos que limitan su capacidad de adaptación a entornos alterados. Estas especies requieren hábitats específicos y bien conservados, como páramos saludables y bosques montanos maduros, donde puedan encontrar los recursos que necesitan para sobrevivir y reproducirse. Su sensibilidad se explica por varias características:

- Baja tolerancia a la fragmentación del hábitat: Estas especies dependen de paisajes continuos y poco perturbados. La fragmentación reduce su acceso a alimento, refugio y rutas de desplazamiento seguras.
- Baja tasa reproductiva: Tanto el oso de anteojos como el puma tienen ciclos reproductivos largos y producen pocas crías por camada, lo que significa que sus poblaciones se recuperan lentamente frente a pérdidas.
- Necesidad de amplios territorios: Son animales de gran tamaño que requieren extensas áreas para moverse, cazar o alimentarse, lo cual los hace especialmente vulnerables a la reducción del hábitat.
- Interacciones ecológicas específicas: El oso de anteojos se alimenta de una variedad de plantas silvestres, frutas y bromelias, muchas de las cuales solo se encuentran en bosques maduros o páramos conservados. El puma necesita una disponibilidad constante de presas silvestres, como roedores grandes, venados o incluso aves, lo que depende de la integridad de toda la cadena trófica.

En conjunto, estas condiciones hacen que ambos sean indicadores clave de la salud del ecosistema. Su presencia sugiere un entorno funcional, pero también implica que cambios significativos en el uso del suelo, la caza, o la presión humana pueden tener consecuencias negativas directas sobre sus poblaciones.

Tabla 16. Estado de conservación de las especies de mastofauna en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Especies amenazadas, protegidas, endémicas y de interés local							
N	Familia	Especie	Categorías de Amenaza		CITES	Endemismo	Interés local
			UICN	Lista Roja			
1	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>	NE	LC	NA	-	--
2	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	LC	LC	II	-	--
3	Soricidae	<i>Cryptotis equatoris</i>	LC	LC	NA	SI	--
4	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	LC	VU	II	-	--
5	Cricetidae	<i>Microryzomys minutus</i>	LC	LC	NA	-	--
6	Felidae	<i>Puma concolor</i>	LC	EN	II	-	--
7	Cricetidae	<i>Reithrodontomys soederstroemi</i>	LC	LC	NA	-	--
8	Leporidae	<i>Sylvilagus andinus</i>	NE	LC	NA	-	--
9	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	VU	EN	I	-	--

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio-agosto 2024. CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro; NT: Casi Amenazada; VU: Vulnerable; LC: Preocupación Menor; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes; NA: No Aplica.

2.2.1.10 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)

Riqueza y abundancia

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se identificaron cinco especies correspondientes a cinco familias y a cuatro órdenes y se capturaron cuatro individuos. En el monitoreo con redes de neblina no se logró atrapar ningún individuo de murciélago, con las trampas de captura viva se logró capturar una especie de roedor *Akodon mollis*. En el monitoreo cualitativo en recorridos libres, se registraron 4 especies mediante el registro de huellas y excretas como lo indica la (Tabla 17).

Tabla 17. Especies registradas en el monitoreo cuantitativo y cualitativo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Métodos	Individuos	Técnica
1	Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>	Ratón campestre de pelaje delicado	TS	4	Cuantitativa
2	Carnívora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro andino	H. I	-	Cualitativa
3	Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Ciervo de cola blanca	I	-	Cualitativa
4	Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus andinus</i>	Conejo de cola de algodón	I	-	Cualitativa
5	Rodentia	Sciuridae	<i>Syntheosciurus granatiensis</i>	Ardilla de cola roja	H	-	Cualitativa
Total						4	

Métodos: C: Captura manual; H: Huella; CT: Cámara Trampa; RN: Redes Neblina; IS: Información secundaria; TS: Trampas Sherman; O: Observación directa; TT: Trampas Tomahawk; R: rescate; I: Indicio.

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, Julio-agosto 2024.

Aspectos ecológicos

Gremio Trófico

Se registraron en total 5 especies durante el monitoreo en esta unidad hidrográfica MH, de las cuales el 40% son omnívoras el 20% carnívora y herbívora con un 40% (Tabla 18). En términos de salud del páramo, la presencia predominante de omnívoros y herbívoros podría indicar un ecosistema con ciertas alteraciones, ya que los omnívoros suelen ser más generalistas y adaptables a condiciones de perturbación. Además, la escasa presencia de carnívoros, que ocupan niveles tróficos superiores y suelen ser más sensibles a la fragmentación y pérdida de hábitat, puede ser señal de una comunidad ecológicamente empobrecida. La baja riqueza de especies registrada también refuerza esta interpretación. En conjunto, estos resultados podrían reflejar un ecosistema con funcionalidad parcial, donde aún existen componentes clave, pero bajo condiciones ambientales que limitan la diversidad trófica y la complejidad ecológica del páramo.

Tabla 18. Distribución porcentual del gremio trófico de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Gremio Trófico	N°. especies	%
Carnívora	1	20
Frugívora	0	0
Herbívora	2	40
Omnívora	2	40
Insectívora	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, Julio-agosto 2024.

Patrones de actividad

Se distinguieron cuatro grupos de patrones que son utilizados por los mamíferos para realizar sus actividades. Estos patrones son nocturnos, diurnos, crepuscular y catemerales. Las especies nocturnas en esta unidad hidrográfica representan el 40%, las diurnas, crepusculares y las catemerales un 20% cada una (Tabla 19). La presencia de especies con distintos patrones de actividad (nocturnas, diurnas,

catemerales) indica que el paisaje aún conserva una estructura ecológica capaz de sostener una diversidad funcional significativa. Esta diversidad de hábitos refleja un ecosistema relativamente estable, en el que las especies pueden ocupar distintos nichos temporales, lo cual favorece la coexistencia y el equilibrio ecológico. Sin embargo, esta estabilidad no es homogénea para todas las especies. La pérdida y fragmentación del hábitat está afectando de forma más intensa a la mastofauna de pequeño porte, particularmente a roedores y marsupiales, que son más vulnerables a la presión de depredadores introducidos, como gatos y perros ferales. Estos animales, al no formar parte del ecosistema natural, alteran las relaciones tróficas, incrementando la presión sobre especies nativas y comprometiendo su supervivencia. La presencia de especies invasoras y el deterioro del hábitat imponen retos que deben abordarse mediante estrategias de conservación enfocadas en el control de especies exóticas, la restauración del paisaje y la educación comunitaria sobre la importancia de la fauna nativa.

Por lo tanto, una distribución más equilibrada (20% de diurna, 20% de catemeral y 20% de crepuscular) sugiere que el ecosistema todavía conserva la diversidad funcional, aunque el bajo porcentaje de especies diurnas podría indicar alguna alteración. El ecosistema podría estar medianamente alterado, ya que la fauna sigue conservando diferentes patrones de actividad.

Tabla 19. Distribución porcentual del patrón de actividad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Patrón de actividad	No. especies	%
Diurna	1	20
Nocturna	2	40
Catemeral	1	20
Crepuscular	1	20

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio-agosto 2024.

Uso de Hábitat

Las distribuciones verticales utilizadas por las especies de mamíferos registradas durante el monitoreo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi corresponden a tres tipos de estratos: aéreo, arborícola y terrestre. De estos, el 80% de las especies se asociaron al estrato terrestre y el 20% al estrato arborícola; no se registraron especies con desplazamiento aéreo (Tabla 20). Esta marcada concentración en el estrato terrestre podría reflejar una simplificación estructural del ecosistema, posiblemente asociada a la pérdida o degradación de la cobertura arbórea, lo cual limita la disponibilidad de hábitats para especies arborícolas y volantes.

Tabla 20. Distribución porcentual del uso de hábitat de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha Huachi (MMH), Tungurahua.

Uso de hábitat	No. especies	%
Aéreo	0	0
Terrestre	4	80
Arborícola	1	20

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio-agosto 2024.

En términos de salud del páramo, esta baja diversidad en el uso vertical del espacio sugiere un ecosistema con cierto grado de alteración, en el que predominan especies que habitan o se desplazan principalmente a nivel del suelo (muchas de ellas más generalistas y tolerantes a perturbaciones), mientras que, las especies que dependen de una estructura vertical más compleja (como árboles y sotobosque desarrollados) están subrepresentadas o ausentes. Esto puede deberse a la fragmentación del hábitat, la intervención humana o la pérdida de elementos clave del ecosistema como la vegetación arbórea, afectando la heterogeneidad del paisaje y reduciendo las oportunidades de nicho para especies más especializadas. Por lo tanto, esta distribución funcional limitada podría ser un indicio de un páramo con baja integridad ecológica y con restricciones para sostener una comunidad faunística estructuralmente diversa.

Especies sensibles

La sensibilidad de las especies es diferencial y no todas son afectadas de la misma manera. Esta se puede manifestar en los cambios que puede presentar una población, independiente de las fluctuaciones naturales por efectos de diferentes variables ambientales o por factores exógenos. El 80% de las especies tuvieron una sensibilidad baja un 20% una sensibilidad alta (Tabla 21). La prioridad debe ser evitar el incremento en el porcentaje de especies con alta sensibilidad, ya que estas se encuentran especialmente expuestas a los impactos de las actividades antrópicas, tales como el avance de la frontera agrícola, la fragmentación del hábitat, las quemadas no controladas y otras formas de presión sobre la vegetación natural. A pesar de estas amenazas, muchas de estas especies sensibles aún persisten en fragmentos de bosque andino y en el ecosistema de páramo, lo cual refleja un cierto grado de plasticidad ecológica, es decir, una capacidad de adaptación a condiciones ambientales alteradas. Sin embargo, esta resiliencia tiene límites, por lo que la conservación de su hábitat y la mitigación de las presiones humanas son fundamentales para evitar su declive poblacional.

Tabla 21. Distribución porcentual de la sensibilidad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha Huachi (MMH), Tungurahua.

Sensibilidad	No. especies	%
Alta	1	20
Moderada	0	0
Baja	4	80
Desconocida	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, Julio-agosto 2024.

Estado de conservación

De acuerdo con la IUCN se reportó: dos especies No evaluada (NE) y tres especies con Preocupación menor (LC). De las especies reportadas publicadas en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, se reporta una especie Vulnerable (VU), una especie En Peligro (EN) y tres especies de Preocupación Menor (LC). De acuerdo con los Apéndices de CITES, una especie figuran dentro del Apéndice II (Tabla 22). *Lycalopex culpaeus*, categorizado como Vulnerable (VU), enfrenta un riesgo elevado de extinción en estado silvestre a mediano plazo. Esta clasificación generalmente se asocia a factores como la pérdida de hábitat, conflictos con humanos (especialmente por depredación de ganado menor), caza indiscriminada y la disminución de presas naturales. A pesar de su relativa adaptabilidad a ambientes modificados, su población muestra signos de disminución en varias regiones. Otra especie severamente amenazado es *Odocoileus virginianus*, registrado como En Peligro (EN) en este contexto regional, se encuentra en una situación aún más crítica. Esta categoría indica un riesgo muy alto de extinción a corto plazo. Las principales amenazas incluyen la fragmentación severa del hábitat, la caza furtiva y la competencia o depredación por especies introducidas. Su baja densidad poblacional en zonas montañas, junto con el aislamiento de sus subpoblaciones, agrava su vulnerabilidad.

Tabla 22. Estado de conservación de las especies de mastofauna en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Especies amenazadas, protegidas, endémicas y de interés local							
N°	Familia	Especie	Categorías de Amenaza		CITES	Endemismo	Interés local
			UICN	Lista Roja			
1	Cricetidae	<i>Akodon mollis</i>	NE	LC	NA	-	-
2	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	LC	VU	II	-	-
3	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	LC	EN	NA	-	-
4	Leporidae	<i>Sylvilagus andinus</i>	NE	LC	NA	-	-
5	Sciuridae	<i>Syntheosciurus granatensis</i>	LC	LC	NA	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, Julio-agosto 2024.CR:

En Peligro Crítico; EN: En Peligro; NT: Casi Amenazada; VU: Vulnerable; LC: Preocupación Menor; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes; NA: No Aplica.

El estado de conservación de estas especies subraya la necesidad de implementar acciones urgentes de monitoreo, protección legal y restauración del hábitat. También es esencial promover la educación ambiental y el manejo de conflictos con comunidades locales, especialmente en el caso del zorro andino, que suele ser perseguido por su interacción con animales domésticos.

La presencia de estas especies en categorías amenazadas también puede ser vista como un indicador de la salud ecológica del ecosistema. Su conservación no solo es importante por su valor intrínseco, sino también por su rol ecológico en la dinámica de los páramos y bosques andinos.

2.2.1.11 Unidad hidrográfica Leito

Riqueza y abundancia

En la unidad hidrográfica Leito se identificaron tres especies correspondientes a tres familias y dos órdenes. Además, se capturó un individuo. En el monitoreo con redes de neblina se logró capturar un individuo y con trampas de captura viva no se logró capturar ningún individuo. En el monitoreo cualitativo en recorridos libres, se registró una especie (Tabla 23).

Tabla 23. Especies registradas en la unidad hidrográfica Leito, en el lado oriental de la Cordillera de los Andes.

N°	Sitio	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Métodos	Individuos	Técnica
1	Leito	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Carollia perspicillata</i>	Murciélago común de cola corta	RN	1	Cuantitativa
2	Leito	Carnivora	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	H	-	Cualitativa
3	Leito	Carnivora	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso anteojos	O	2	Cualitativa
Total							3	

Métodos: C: Captura manual; H: Huella; CT: Cámara Trampa; RN: Redes Neblina; IS: Información secundaria; TS: Trampas Sherman; O: Observación directa; TT: Trampas Tomahawk; R: rescate; I: Indicio.

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, julio-agosto 2024.

Aspectos ecológicos

Gremio Trófico

Durante el monitoreo realizado en la unidad hidrográfica Leito se registraron un total de tres especies de mamíferos, de las cuales el 33% son frugívoras y el 67% carnívoras (Tabla 24). Esta baja riqueza específica, junto con la alta proporción de carnívoros, puede tener varias implicaciones desde el punto de vista ecológico y de conservación. En primer lugar, la escasa diversidad sugiere un ecosistema empobrecido, posiblemente fragmentado o alterado, donde muchas especies (especialmente las más sensibles o especializadas) han desaparecido o no logran establecer poblaciones viables.

La presencia de carnívoros, que suelen ocupar niveles tróficos superiores, podría interpretarse como una señal positiva en cuanto a la permanencia de ciertos componentes funcionales del ecosistema. No obstante, si esta presencia no se complementa con una base trófica diversa y abundante (es decir, presas y productores), puede indicar una comunidad inestable o en desequilibrio. Por otro lado, la baja representación de frugívoros (grupos que dependen de una vegetación bien estructurada) podría reflejar una pérdida o degradación significativa del hábitat, especialmente de áreas con cobertura vegetal natural.

En conjunto, estos datos sugieren que la unidad hidrográfica Leito se encuentra en un estado de conservación deficiente, con una estructura trófica incompleta y una diversidad limitada, lo que compromete la funcionalidad y resiliencia del ecosistema de páramo en esta zona.

Tabla 24. Distribución porcentual del gremio trófico de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito (LP).

Gremio Trófico	No. especies	%
Carnívora	1	67
Frugívora	1	33
Herbívora	0	0
Omnívora	0	0
Insectívora	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, julio-agosto 2024.

Patrones de actividad

En la unidad hidrográfica Leito, los mamíferos registrados presentan dos patrones principales de actividad: nocturnos y catemerales, cada uno representando el 50% de las especies observadas (Tabla 25). La presencia equilibrada de especies nocturnas y catemerales puede reflejar un ecosistema con cierto grado de alteración. Las especies nocturnas suelen ser más comunes en hábitats relativamente conservados, manteniendo sus ciclos naturales de actividad con menor interferencia. Por otro lado, un porcentaje elevado de especies catemerales (que alternan su actividad entre el día y la noche) puede ser indicativo de presión antrópica (agricultura) o alteraciones ambientales, ya que estas especies tienden a modificar sus patrones para adaptarse a cambios en el entorno, como la presencia humana o la disponibilidad variable de recursos. Por tanto, esta combinación sugiere que la unidad hidrográfica presenta un estado de conservación intermedio, donde aún se mantienen características propias de un hábitat funcional, pero que está sometido a ciertas perturbaciones como el cambio de usos de suelo de bosque hacia áreas agrícolas que pueden afectar la dinámica natural de las comunidades de mamíferos.

Tabla 25. Distribución porcentual del patrón de actividad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito.

Patrón de actividad	Nº. especies	%
Diurna	0	0
Nocturna	1	50
Catemeral	1	50
Crepuscular	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio-agosto, 2024.

Uso de Hábitat

En la unidad hidrográfica Leito, las especies de mamíferos registradas utilizaron tres distribuciones verticales: aéreo, arborícola y terrestre, con una distribución predominante entre el estrato terrestre y el aéreo, cada uno representando el 50% (Tabla 26). Esta división equitativa sugiere una diversidad funcional en el uso del espacio vertical, lo cual es positivo para la salud del ecosistema, ya que indica la presencia de hábitats variados y complejos que pueden sostener distintas especies con diferentes requerimientos ecológicos. La ausencia o baja representación del estrato arborícola podría reflejar una menor disponibilidad de vegetación arbórea o sotobosque, posiblemente debido a alteraciones en la estructura del hábitat. En conjunto, esta distribución sugiere que el ecosistema mantiene cierta heterogeneidad espacial que favorece la coexistencia de especies aéreas y terrestres, lo cual es un indicio favorable en términos de conservación, aunque la reducción en el uso del estrato arborícola podría ser señal de áreas a monitorear para preservar la complejidad estructural del hábitat.

Tabla 26. Distribución porcentual del uso de hábitat de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito.

Uso de hábitat	No. especies	%
Aéreo	1	50
Terrestre	1	50
Arborícola	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio-agosto, 2024.

Especies sensibles

La sensibilidad de las especies es diferencial y no todas son afectadas de la misma manera. Esta se puede manifestar en los cambios que puede presentar una población, independiente de las fluctuaciones naturales por efectos de diferentes variables ambientales o por factores exógenos como alteración y fragmentación del hábitat y contaminación debido a los procesos de agricultura. En la unidad hidrográfica evaluada, el 50% de las especies presentaron baja sensibilidad, mientras que el otro 50% mostró alta sensibilidad (Tabla 27). Esta distribución equilibrada indica que, aunque algunas especies resistentes o generalistas logran persistir, existe una proporción significativa de especies vulnerables que podrían verse gravemente afectadas ante cualquier aumento en la presión ambiental. En términos de conservación, esto sugiere que el ecosistema puede estar en un estado de equilibrio precario, donde la permanencia de especies sensibles es posible pero vulnerable, y que cualquier deterioro adicional podría provocar pérdidas significativas en la biodiversidad y funcionalidad del sistema.

Tabla 27. Distribución porcentual de la sensibilidad de la mastofauna en la unidad hidrográfica Leito.

Sensibilidad	No. especies	%
Alta	1	50
Moderada	0	0
Baja	1	50
Desconocida	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. Julio-agosto, 2024.

Estado de conservación

De acuerdo con la IUCN se reportó: dos especies con Preocupación Menor (LC). De las especies reportadas publicadas en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, se reportó dos especies en Peligro (EN) y una especie de Preocupación Menor (LC). De acuerdo con los Apéndices de CITES, una especie figuran dentro del Apéndice I y otras en el Apéndice II (Tabla 28). Se registraron observaciones puntuales de mamíferos de mediano porte, como el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y huellas de puma (*Puma concolor*), lo que evidencia la presencia de estas especies en zonas que combinan vegetación nativa con áreas intervenidas. En el caso del oso de anteojos, su aparición en sectores cercanos a cultivos de *Zea mays* (maíz) indica que esta especie se ha adaptado, al menos parcialmente, a ambientes perturbados, accediendo a cultivos como fuente de alimento debido a la proximidad de estos con remanentes de vegetación nativa. Por su parte, las huellas del puma indican su tránsito a través de corredores que abarcan tanto zonas conservadas como áreas degradadas, lo cual reafirma su rol en la cadena trófica como depredador tope.

No obstante, la cercanía de estas especies a áreas agrícolas representa un riesgo significativo, ya que pueden ser víctimas de caza furtiva o ser eliminadas en represalia o defensa por parte de los pobladores, especialmente ante la pérdida de cultivos o posibles ataques a animales domésticos.

Tabla 28. Estado de conservación de las especies de mastofauna en la unidad hidrográfica Leito (LP), Tungurahua.

Especies amenazadas, protegidas, endémicas y de interés local							
N°	Familia	Especie	Categorías de Amenaza		CITES	Endemismo	Interés local
			UICN	Lista Roja			
1	Phyllostomidae	<i>Carollia perspicillata</i>	LC	LC	NA	-	-
2	Felidae	<i>Puma concolor</i>	LC	EN	II	-	-
3	Ursidae	<i>Tremarctos ornatus</i>	VU	EN	I	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio-agosto, 2024. CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro; NT: Casi Amenazada; VU: Vulnerable; LC: Preocupación Menor; NE: No Evaluada; DD: Datos Insuficientes; NA: No Aplica.

Análisis comparativo entre el 2015 – 2024 de datos de mamíferos

En el 2024 se llevó a cabo el estudio sobre el "Estado de Salud del Páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II en Tungurahua" se registraron un total de 12 especies de mamíferos. Comparado a nivel general con el estudio desarrollado en el 2015 en el estudio "Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua", en el que se registraron 16 especies. En cuanto a la abundancia, en 2015 se registraron 133 individuos, debido a que el muestreo en el 2015 abarcó toda la provincia de Tungurahua. En contraste, en el presente estudio se registraron solo 11 individuos en las cuatro unidades hidrográficas, lo que representa el 14% de la abundancia observada en la totalidad del territorio provincial, reflejando las diferencias en el esfuerzo de muestreo entre ambos estudios. En la riqueza se observa una disminución en la diversidad de mamíferos de 4 especies entre el 2015 y 2024, las especies de mamíferos fueron *Odocoileus virginianus* (venado), *Sturnira erythromos* (murcielago), *Mustela frenata* (comadreja) y *Didelphis pernigra* (raposa). Aunque los sitios de monitoreo fueron diferentes y el esfuerzo de muestreo fue menor en el estudio actual, en 2015 el orden dominante fue *Rodentia*, mientras que en el estudio actual los órdenes dominantes fueron *Rodentia* y *Carnívora*. La presencia de mamíferos de los órdenes Rodentia y Carnívora en el estudio de 2024 sugiere que aún existe una base funcional mínima del ecosistema de páramo, pero también refleja una posible simplificación ecológica. Esta situación demanda atención, ya

que un ecosistema saludable debería tener una mayor diversidad de órdenes y roles funcionales, incluyendo herbívoros grandes, frugívoros y carnívoros especialistas.

También, la ausencia de estas cuatro especies puede ser un indicio de deterioro en la salud ecológica del ecosistema de páramo, ya que cada una cumple funciones ecológicas clave, como la dispersión de semillas, el control de poblaciones de pequeños vertebrados e invertebrados, y la conexión entre distintos hábitats. Es importante destacar que, entre las especies no registradas en 2024, se encuentran tanto especies generalistas como especialistas. Por ejemplo, *Didelphis pernigra* y *Odocoileus virginianus* son considerados generalistas, capaces de adaptarse a diferentes tipos de hábitats, incluyendo áreas intervenidas; su ausencia podría indicar una presión ambiental considerable incluso sobre especies con amplia tolerancia ecológica. Por otro lado, *Sturnira erythromos* y *Mustela frenata* presentan características más especializadas: el primero es un murciélago frugívoro importante en la dispersión de plantas nativas, especialmente en ecosistemas andinos, mientras que la segunda, aunque puede ocupar distintos hábitats, es sensible a la fragmentación debido a sus requerimientos territoriales y de presas.

Desde una perspectiva de salud de páramo, el no registro local de especies generalistas resulta especialmente preocupante, ya que estas suelen ser las últimas en abandonar ecosistemas degradados. Su ausencia puede ser una señal de un umbral crítico de deterioro ambiental. En el caso de los especialistas, su pérdida implica una reducción directa en las funciones ecológicas específicas que cumplen, como la polinización o el control trófico, lo cual puede desencadenar desequilibrios en el ecosistema. Por tanto, esta disminución de riqueza y diversidad no solo refleja una pérdida biológica, sino también funcional, lo que podría comprometer la resiliencia del páramo y su capacidad para sostener los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y la conservación del suelo. Esta situación subraya la necesidad de fortalecer el monitoreo a largo plazo, restaurar corredores ecológicos, y limitar actividades humanas incompatibles con la conservación de estas zonas estratégicas.

2.2.2 AVIFAUNA

2.2.2.1 INTRODUCCIÓN

A nivel global hay aproximadamente 10.721 especies de aves, lo que las convierte en el grupo de vertebrados terrestres más numeroso y estudiado (Billerman et al., 2020). Este grupo ha logrado habitar incluso las áreas más aisladas del planeta (Lovette y Fitzpatrick, 2016). En Sudamérica, más de un tercio de la diversidad mundial de aves se encuentra concentrada y Ecuador destaca como uno de los países con mayor variedad de especies. Según el Comité Internacional de Ornitología (IOC), hasta julio de 2022, Ecuador contaba con alrededor de 1.722 especies de aves, de las cuales 1.673 están confirmadas y 49 no han sido documentadas oficialmente (Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos, 2022).

El monitoreo de aves es una herramienta técnica indispensable para la conservación de la biodiversidad y la gestión de los ecosistemas. La validación meticulosa asegura la calidad y utilidad de los datos recogidos, mientras que la justificación técnica se basa en los múltiples beneficios que aporta a la ciencia, la conservación y la sociedad en general.

Las aves poseen características que las convierten en indicadores eficientes del impacto humano en los ecosistemas. Su gran cantidad, diversidad de necesidades ecológicas y facilidad para ser observadas debido a sus hábitos diurnos facilitan la recolección de datos sobre ellas (Stotz et al., 1996). Además, a pesar de la alta diversidad de especies, la taxonomía de las aves es más comprensible que la de otros grupos tropicales, lo que refuerza su papel clave en la evaluación y monitoreo de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas.

La riqueza y abundancia de aves está directamente relacionada con la estructura de la vegetación. Muchas especies se ven afectadas negativamente por la deforestación y la tala selectiva, que reducen el espacio y la complejidad de sus hábitats (Canaday, 1996; Thiollay, 1999). Además, la creación de áreas despejadas genera efectos de frontera, alterando la disponibilidad de recursos alimenticios y, por ende, modificando tanto la diversidad como la estructura de las comunidades de aves (Laurance et al., 2009). Este fenómeno es más evidente en regiones tropicales, donde ciertas especies están altamente especializadas en sus necesidades alimenticias y de hábitat, lo que permite medir con precisión los impactos de las perturbaciones humanas (Canaday y Rivadeneyra, 2001; Laurance et al., 2004).

Asimismo, el gran tamaño de algunas especies las vuelve vulnerables a la caza, lo que ha reducido notablemente sus poblaciones naturales. Esto afecta especialmente a aves frugívoras como las de las familias Cracidae, Columbidae y Ramphastidae, así como a rapaces y especies granívoras, como loros y pinzones, que a menudo entran en conflicto con los humanos por la pérdida de recursos debido a la destrucción de su hábitat (Thiollay, 1999).

Por lo tanto, el monitoreo de la diversidad de aves es esencial para evaluar la salud de los ecosistemas. Para mayor detalle sobre la metodología empleada para el monitoreo de aves, ver el Anexo 3. Los cambios en la diversidad y estructura de las comunidades de aves proporcionan información crucial sobre el impacto de las actividades humanas en los entornos naturales.

OBJETIVOS

General

Caracterizar la diversidad de especies de aves en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), incluye Toallo-Allobamba (TA) Mocha-Huachi (MH) y Leito (L), en la provincia del Tungurahua para evaluar el estado de conservación de estas áreas.

Específico

- Determinar la abundancia y diversidad de las aves presentes en las áreas de estudio.
- Evaluar el estado de conservación de las aves reportadas en el área.
- Realizar un análisis comparativo de la composición de aves a lo largo del tiempo dentro del área de estudio, en relación con el estudio realizado por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua denominado “Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua” (Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda., 2015) y establecer los posibles cambios en la avifauna

2.2.2.2 RESULTADOS

2.2.2.3 Riqueza total en las tres unidades hidrográficas

La riqueza de especies registradas en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito de la provincia de Tungurahua corresponden a un total de 275 individuos, los mismos que se distribuyen en 40 especies, 23 familias y 11 ordenes (Figura 29). La especie con mayor abundancia corresponde a *Turdus fuscater* con una abundancia absoluta de 39 individuos y una abundancia relativa de 14,6%, mientras que, *Mioborus megalocéfalo* es una de las especies con menor abundancia absoluta (1 individuo) y una abundancia relativa de 0,4%.

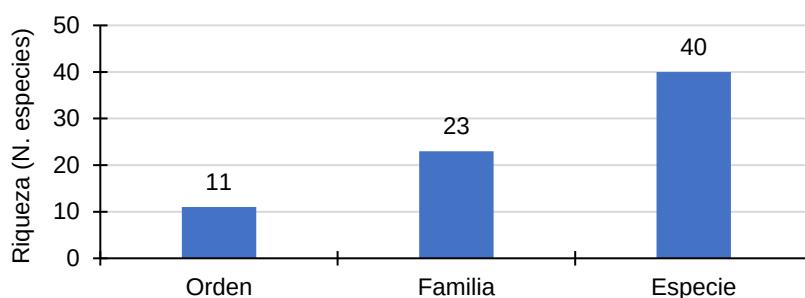


Figura 29. Riqueza de aves por familia para las unidades hidrográficas monitoreadas en los meses de julio-agosto del 2024.

2.2.2.4 Abundancia total

En las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo¹² (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito (L) de la provincia de Tungurahua se registró un total de 275 individuos, en general los órdenes con mayor número de individuos fueron: Passeriformes con 188 individuos y Apodiformes con 38 individuos (Figura 30). La alta abundancia de aves pertenecientes a los órdenes Passeriformes y Apodiformes observada en el estudio se debe a que la mayoría de estas especies son generalistas, es decir, poseen una amplia tolerancia a diversos tipos de hábitat, dietas y condiciones ambientales. Este patrón puede ser un indicador de disturbio ecológico, ya que las especies generalistas suelen prosperar en ambientes alterados, mientras que las especies especializadas tienden a desaparecer ante cambios significativos en el entorno. El predominio de aves generalistas podría reflejar transformaciones en la estructura y composición de la vegetación, posiblemente asociadas a actividades humanas como el pastoreo intensivo, la expansión agrícola y los incendios no controlados. Estas actividades modifican el hábitat natural del páramo, reduciendo la disponibilidad de microhábitats y la diversidad estructural de la vegetación, elementos clave para el mantenimiento de especies especializadas.

Además, se evidenció una disminución en la presencia de familias especializadas típicas del páramo, como Furnariidae, Thamnophilidae y Grallariidae (Tabla 29), lo cual es una señal clara de simplificación ecológica. Esto indica que el ecosistema ha perdido parte de su complejidad estructural y funcional, reduciendo su capacidad de ofrecer nichos específicos y afectando directamente a especies con requerimientos más estrictos.

¹² En la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba, los análisis de datos fueron incluidos en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo por su proximidad y condiciones similares de la vegetación de los sectores estudiados.

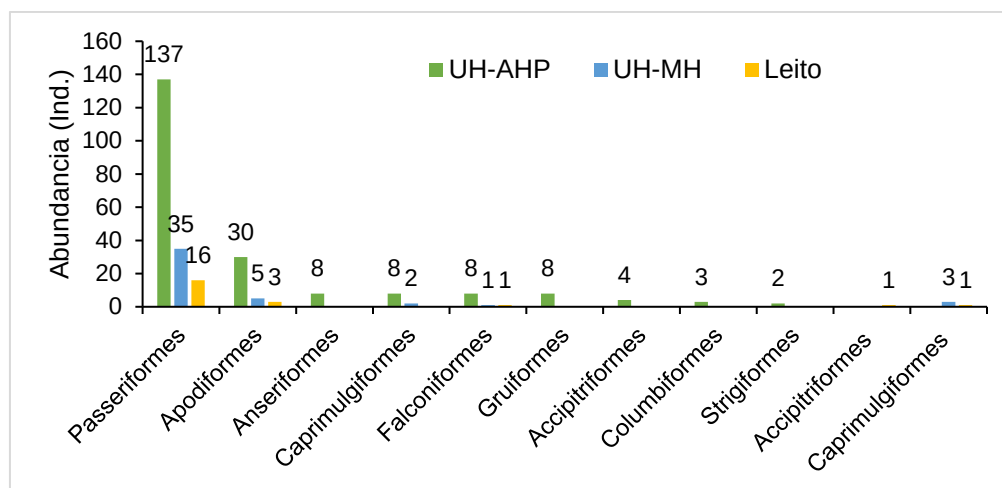


Figura 30. Abundancia de la avifauna por órdenes en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito. Tungurahua.

En cuanto a la composición taxonómica de las aves registradas en las unidades hidrográficas, se observó una mayor diversidad en Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), donde se identificaron 9 órdenes, 20 familias, 31 géneros y 32 especies. En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH) se registraron 4 órdenes, 11 familias, 16 géneros y 17 especies, mientras que en Leito se identificaron 5 órdenes, 11 familias, 11 géneros y 12 especies (Tabla 29). Estos resultados evidencian una variación en la riqueza taxonómica entre las unidades, posiblemente relacionada con diferencias en el estado de conservación del hábitat, el grado de intervención antrópica y la heterogeneidad ecológica de cada zona.

En el monitoreo realizado, *Turdus fuscater* (mirlo grande andino) fue la especie más abundante con un total de 39 individuos registrada en las tres unidades hidrográficas, seguida por *Diglossa humeralis* (pincaflor de antifaz) registradas en las unidades hidrográficas AHP y MH (Tabla 29). La alta representación de ambas especies proporciona información relevante sobre la estructura y funcionalidad del ecosistema de páramo.

La abundancia de *D. humeralis*, una especie nectarívora, indica que el ecosistema cuenta con una buena disponibilidad de plantas con flores, lo cual es un indicador positivo de la diversidad y salud de la vegetación. Este tipo de recurso vegetal, además de sostener a aves nectarívoras, también contribuye a mantener otros procesos ecológicos clave como la polinización y la estructura del sotobosque. Aunque *D. humeralis* consume néctar, no cumple un rol polinizador tan efectivo como los colibríes (orden Apodiformes). Eventualmente puede entrar en competencia por el recurso floral, especialmente cuando abunda, mediante un comportamiento conocido como "*nectar robbing*", en el cual accede al néctar perforando la base de la flor sin contribuir a su polinización. Este comportamiento puede afectar la eficiencia reproductiva de las plantas, limitando su éxito reproductivo si no hay suficientes polinizadores efectivos como los colibríes.

La alta abundancia de *T. fuscater* también debe interpretarse con cautela. Esta especie es un omnívoro generalista que suele adaptarse bien a hábitats alterados. Su éxito poblacional puede indicar una cierta resiliencia del ecosistema, pero si predomina de forma significativa sobre especies especialistas, también podría reflejar un proceso de homogeneización ecológica o perturbación del hábitat. Por lo tanto, su abundancia debe ser analizada junto a la diversidad general de aves presentes.

La presencia abundante de *Diglossa humeralis* señala una vegetación con buena oferta floral, lo cual es un signo de salud estructural del páramo. Sin embargo, su interacción competitiva con colibríes y la dominancia de especies generalistas como *Turdus fuscater* pueden alertar sobre ciertos grados de alteración o desequilibrio en las funciones ecológicas más delicadas del ecosistema. Se recomienda complementar esta información con análisis de riqueza y equidad de especies, así como con datos sobre la florística del área, para obtener una evaluación más precisa del estado del ecosistema.

Tabla 29. Lista de especies de aves registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas en el proyecto “Estado de Salud del Ecosistema Paramo en Tungurahua”.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	TOTAL
Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)				
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto	1
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila Pechinegra	2
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Gavilán Dorsirrojo	1
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas andium</i>	Cerceta Andina	5
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rojizo	3
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayito Brillante	2
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Orejivioleta Parda	2
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro	3
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Colibrí Gigante	7
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuelliblanco	16
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras Alifajeado	8
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	3
Falconiformes	Falconidae	<i>Daptrius carunculatus</i>	Caracara Carunculado	8
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Focha Andina (Pizarrosa)	8
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero Piquinegro	1
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Matorralero Nuquipáldo	4
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Sencillo	2
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Cinclodes (Chungüi) Alicastaño	9
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Soterrey Sabanero	12
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo	6
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflor Negro	14
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Frigilo Plomizo	10
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Gralaria Leonada (Tororoi Leonado)	14
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Pitajo Dorsipardo	2
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé	5
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Picogruoso Ventrioro	2
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azuliblanca	14
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado	2
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande	30
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo (Gorrión Criollo)	10
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho (Cuscungo) Coronado	1
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza Campanaria	1
Mocha Huachi (MH)				
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayito Brillante	2
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Orejivioleta Parda	1
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro	1
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuelliblanco	1
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras alifajeado	5
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano (Quilico)	1
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Soterrey Sabanero	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo	6
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflor Negro	4
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Frigilo Plomizo	6
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocephalo</i>	Candelita de anteojos	1
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus miniatus</i>	Candelita Goliplomiza	2
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafe	3
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Picogruoso Dorsinegro	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja	3
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande	3
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	4

Orden	Familia	Especie	Nombre común	TOTAL
Leito				
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	Gavilán Goliblanco	1
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	Zamarrito Luciente	1
Apodiformes	Troquilidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tiria metalurgica	2
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras alifajeado	1
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano (Quilico)	1
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	Urraca Turqueza	1
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocephalo</i>	Candelita de anteojos	1
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Candelita Goliplomiza	1
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Picogruoso Dorsinegro	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja	1
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande	6
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	5

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

2.2.2.5 Curva de rango abundancia o Whitaker

En la curva de Whitaker o rango – abundancia se evidencia que las especies se agrupan a la izquierda en base a su abundancia relativa (Figura 31), lo cual indica heterogeneidad en las comunidades de aves. Siendo *Turdus fuscater* la más abundante con un total de 39 individuos ($P_i = 14,6\%$), seguida de la especie *Streptoprocne zonaris* con 18 individuos ($P_i = 6,7\%$). cada una de las especies van decreciendo en la abundancia hasta llegar a una especie ($P_i = 0,4$), este análisis nos permite conocer la abundancia de la comunidad).

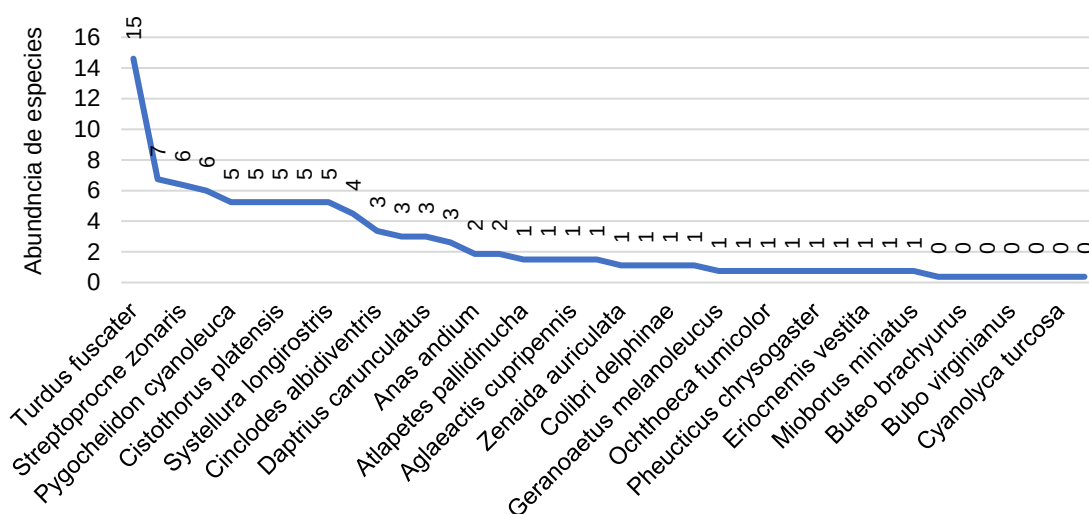


Figura 31. Curva de abundancia de aves, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas.

2.2.2.6 Índice de diversidad

Dentro de las unidades hidrográficas de estudio en total se registra una diversidad alta, el índice de Shannon indica un valor de 3,21, seguida del índice de Simpson con 0,94 existe una buena distribución equilibrada de especies y una dominancia de Simpson de 0,05 indicando que la diversidad de especies en las zonas de estudio no predomina por una sola especie de ave (Tabla 30). La especie más común registrada en las unidades hidrográficas estudiadas fue *Turdus fuscater*, con una mayor abundancia en la unidad hidrográfica AHP. En las demás unidades, su presencia también fue significativa, con más de seis individuos observados, mientras que en la unidad MH se registraron apenas dos individuos. Esta distribución relativamente uniforme sugiere una buena equidad en la composición de especies, lo que puede interpretarse como un indicador de resiliencia en los ecosistemas evaluados.

La alta presencia de *Turdus fuscater*, una especie frugívora, podría estar relacionada con la disponibilidad de alimento, especialmente frutos y semillas, en los páramos y bosques de las unidades hidrográficas. Esto no solo favorece su permanencia, sino que también indica que estos ecosistemas están cumpliendo funciones clave como la dispersión de semillas. Este proceso ecológico es esencial para la regeneración natural y la restauración ecológica, ya que permite la recuperación de especies vegetales claves para la salud y sostenibilidad del ecosistema.

Tabla 30. Índice de diversidad de aves, registradas en las unidades hidrográficas monitoreadas.

Índices	UH-AHP	UM-MH	UH-Leito	General
Riqueza	32	17	12	40
Abundancia	208	46	21	275
Shannon_H	3,01	2,64	2,14	3,21
Índice de Gini-Simpson 1-D	0,95	0,97	0,83	0,94

Índice de Chao 1

El índice de Chao 1, indica que la riqueza esperada de especies fue de 42, en función de las 40 especies observadas, con base a la estructura de las especies registradas (Tabla 31), lo que sugiere que el muestreo fue bastante completo, registrando la mayoría de las especies presentes en el área, con muy pocas especies raras que todavía no se han detectado. Esto indica que los ecosistemas mantienen una diversidad de avifauna relativamente estable, conservando su estructura funcional.

Tabla 31. Análisis del Índice de Chao en las unidades hidrográficas monitoreadas.

Muestreo	Total de especies	Número de especies con un individuo	Número de especies con dos individuos	Chao 1
Sistema General	40	7	33	42

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

2.2.2.7 Índice de similitud de Jaccard

El resultado del índice de Jaccard mostró que la unidad hidrográfica Leito (punto PMML) y la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (punto PMMC) obtuvieron un coeficiente de Jaccard (IJ) = 0,19, es decir, que existe un 19% de similitud en la composición de especies de aves entre los dos sitios de muestreo. Mientras que, la unidad hidrográfica Leito (puntos PMML) y la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (PMAHP) incluyendo la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba (TA) muestran un coeficiente de Jaccard (IJ) = 0,0 es decir, que no tienen similitud en la composición de aves. Así mismo, se puede indicar que la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (puntos PMMH) y la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (PMAHP-TA) presentaron un coeficiente de Jaccard (IJ) = 0, es decir no presentan similitud entre las especies registradas entre estas unidades hidrográficas (Tabla 32; Figura 32).

Tabla 32. Índice de similitud de Jaccard entre las UH Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito.

Jaccard	PML	PMMH	PMAHP
PML	1	0,19	0
PMMH		1	0
PMAHP			1

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

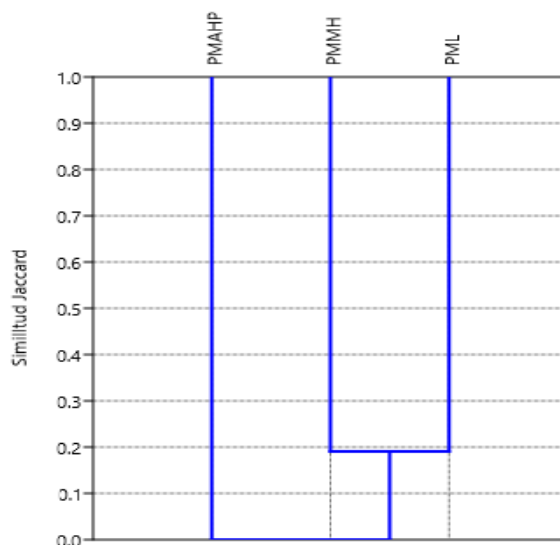


Figura 32. Cluster del índice de similitud de Jaccard de los puntos monitoreados Mocha-Huachi-Pelileo (PMAHP-TA), Mocha-Huachi (PMMH) y Leito (PML).

2.2.2.8 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)

Riqueza y abundancia

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo se registró un total de 208 individuos de aves, los mismos que se encuentran distribuidos en 32 especies pertenecientes a 20 familias distribuidas en nueve ordenes (Figura 33).

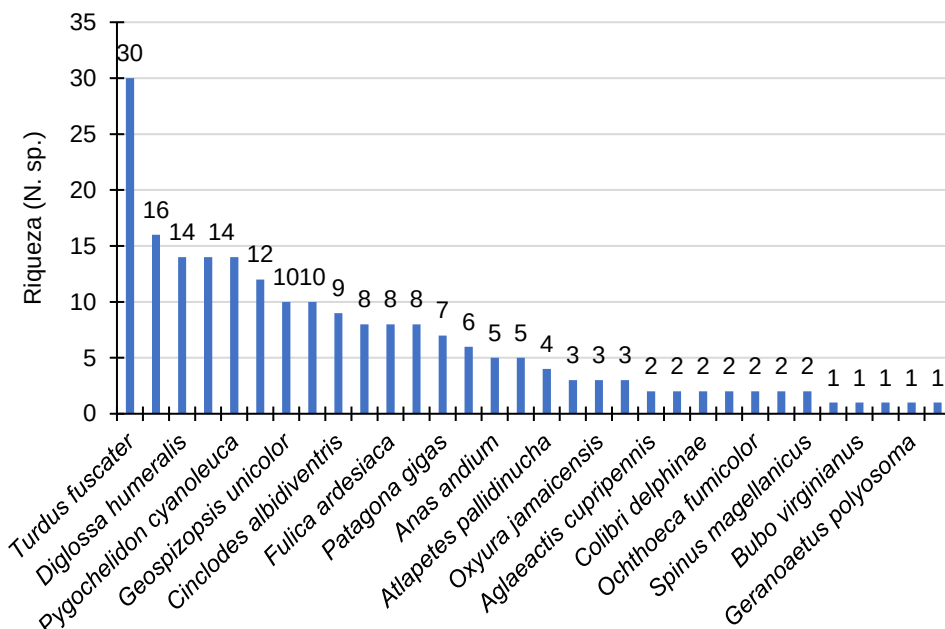


Figura 33. Riqueza de aves, registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluida Toallo-Allobamba.

Se registró un total de 208 individuos, en general el orden con mayor número de individuos fue: Passeriformes con 137 individuos, Apodiformes con 30 individuos, Anseriformes, Caprimulgiformes, Falconiformes y Gruiformes con ocho individuos. Accipitriformes con cuatro individuos. Columbiformes con tres individuos y Strigiformes con dos individuos como podemos observar en la (Figura 34).

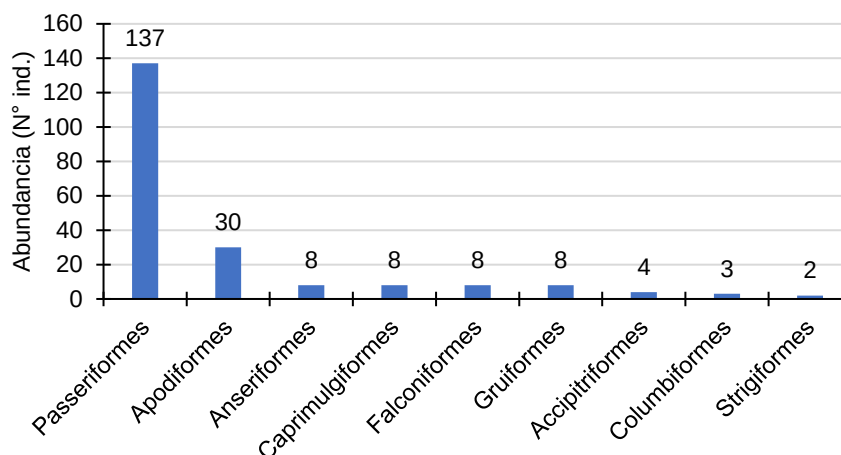


Figura 34. Abundancia de la avifauna por órdenes registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluida Toallo-Allobamba.

La especie con mayor abundancia relativa corresponde a *Turdus fuscater* con el 14,4%, seguida de *Streptoprocne zonaris* con el 7,7%, *Diglossa humeralis*, *Grallaria quitensis* y *Pygochelidon cyanoaleuca* con el 6,7% respectivamente, *Cistothorus platensis* con el 5,8%, la suma de la abundancia de estas especies representa el 48% del total de la abundancia de aves registrada en el área de estudio. Mientras que, el resto de las especies presentan valores por debajo del 5,0%. En la siguiente tabla se describe la composición de la avifauna registrada en el punto de muestreo cuantitativo (Tabla 33).

Tabla 33. Composición de la avifauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluye Toallo-Allobamba.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia (N. ind.)
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande	30
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuelliblanco	16
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflores Negro	14
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Grallaria Leonada (Tororoi Leonado)	14
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoaleuca</i>	Golondrina Azuliblanca	14
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Soterrey Sabanero	12
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Frigilo Plomizo	10
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo (Gorrion Criollo)	10
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Cinclodes (Chungui) Alicastaño	9
Falconiformes	Falconidae	<i>Daptrius carunculatus</i>	Caracara Carunculado	8
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Focha Andina (Pizarrosa)	8
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras Alifajeado	8
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Colibrí Gigante	7
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo	6
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas andium</i>	Cerceta Andina	5
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé	5
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Matorralero Nuquipálido	4
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro	3
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rojizo	3
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	3
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayito Brillante	2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Sencillo	2
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Orejivioleta Parda	2
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila Pechinegra	2
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Pitajo Dorsipardo	2
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Picogrueso Ventriero	2
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado	2
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero Piquinegro	1
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho (Cuscungo) Coronado	1

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia (N. ind.)
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto	1
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Gavilán Dorsirrojo	1
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza Campanaria	1

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Curva de rango abundancia o Whitaker

En la curva de Whitaker o rango – abundancia (Figura 35), las especies se agrupan a la izquierda en base a su abundancia relativa, indica heterogeneidad de las especies. El resultado muestra que *Turdus fuscater* ($P_i = 14,42\%$) y *Streptoprocne zonaris*¹³ ($P_i = 7,69\%$) fueron las especies más abundantes, luego cada una de las especies van decreciendo en la abundancia hasta llegar a una especie. Esta curva es útil porque nos permite visualizar detalladamente la estructura de las especies en la comunidad mediante la abundancia relativa de cada una de las especies presentes (Figura 35).

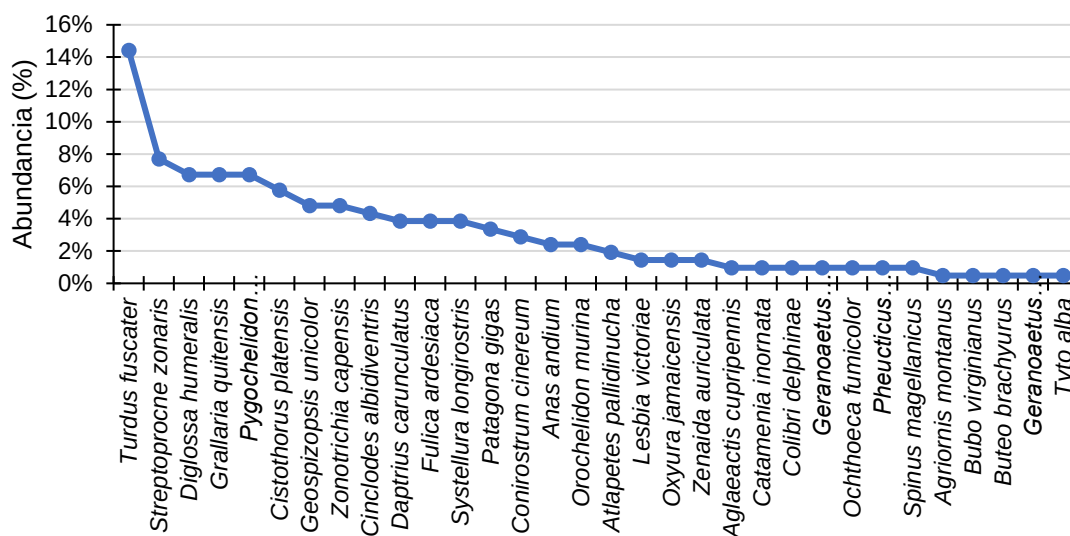


Figura 35. Curva de abundancia de aves para la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.

Índice de diversidad

Los tres índices sugieren que la zona de estudio tiene una alta diversidad de especies. Específicamente no hay dominancia de una sola especie, ya que tanto el índice de Simpson ($1-D = 0,95$) como la dominancia de Simpson ($D = 0,05$) indican que la comunidad es bastante equilibrada. El índice de Shannon-Wiener ($H = 3,01$) respalda esta conclusión, mostrando que la diversidad es bastante alta, con una distribución más equitativa de las especies. En conjunto, estos índices indican una comunidad ecológica saludable y estable, donde las especies coexisten de manera equilibrada, lo que es un indicativo de buena salud ambiental (Tabla 34).

Tabla 34. Índice de diversidad de aves de la heterogeneidad unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.

Índices	valor
Riqueza (Número de especies)	32
Abundancia (Número de Individuos)	208
Dominance_D	0,05
Shannon_H	3,01
Índice de Gini-Simpson 1-D	0,95

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

¹³ Su presencia y abundancia puede indicar un ecosistema con buena disponibilidad de insectos, baja contaminación de los cuerpos de agua y conectividad del paisaje.

Índice de Chao 1

El índice de Chao 1 indica que en el área de muestreo se pudo estimar 33 especies probables, con base a la estructura de las 32 especies registradas (Tabla 35). Un índice de Chao 1 igual a 33 sugiere un ecosistema relativamente estable, donde mantiene su diversidad esperada, lo cual es una buena señal de conservación.

Tabla 35. Índice de Chao en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo incluye Toallo-Allobamba.

Muestreo	Total de especies	No. de especies con un solo individuo	No. de especies con dos individuos	Chao 1
AHP-1; AHP-2; AHP-5	32	5	7	33

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Curva de acumulación de especies - Chao 1

Al comparar la curva de acumulación de especies observadas (32) con la curva de especies estimadas por el índice de *Chao 1* (33) se determinó que con el esfuerzo de muestreo realizado se obtuvo un éxito de muestreo del 96% de la riqueza local de aves. En este caso, se estima que se ha observado el 96% de aves presentes en la zona de estudio (Figura 36).

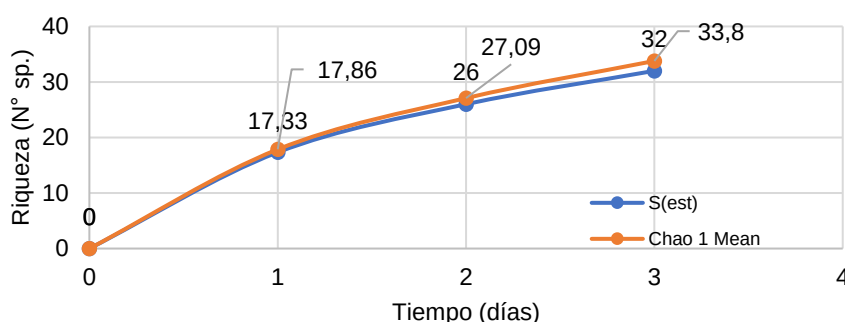


Figura 36. Curva de acumulación de especies en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.

Aspectos ecológicos Ambato- -Huachi- Pelileo (AHP)

Nicho trófico

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo se registró siete nichos tróficos los cuales fueron: omnívoro y carnívoros con el 21% cada una de las especies registradas, los nectívoros con el 17%, los insectívoros y semilleros que representan el 14% cada uno, los frugívoros representan el 10% de las especies registradas. Mientras que, los frugívoros- insectívoros estuvieron representados por el 7% de las especies (Figura 37). Contar con siete nichos tróficos en la avifauna, indica un ecosistema conservado con alta diversidad funcional y estabilidad ecológica, donde existe suficiente oferta de recursos para sostener diversidad de especies de aves.

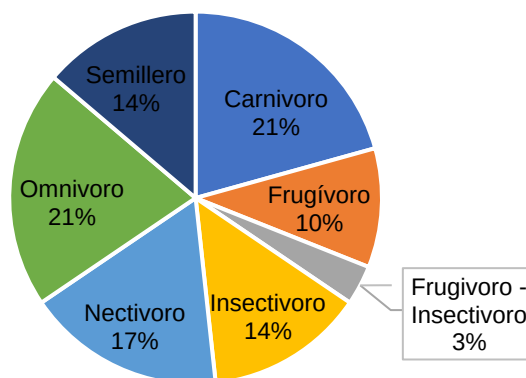


Figura 37. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.

Dentro de las especies más abundantes se destacan *Turdus fuscater* y *Streptoprocne zonaris* pertenecen al nicho trófico frugívora - insectívora e insectívora, respectivamente, *Diglossa humeralis* es una especie nectívora, mientras que la de menor abundancia son especie con nicho trófico carnívoro (Tabla 36).

Tabla 36. Lista de especies según el nicho trófico de las aves registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye las especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.

Orden	Familia	Especie	Nicho
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Frugívoro - Insectívoro
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Insectívoro
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Nectívoros
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Insectívoro
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Insectívoro
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Insectívoro
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Semillero
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Semillero
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Omnívoro
Falconiformes	Falconidae	<i>Daptrius carunculatus</i>	Omnívoro
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Omnívoro
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Insectívoro
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Nectívoros
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Frugívoro
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas andium</i>	Omnívoro
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Insectívoro
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Omnívoro
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Nectívoros
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Omnívoro
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Frugívoro
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Nectívoros
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Nectívoros
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Carnívoro
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Insectívoro
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Frugívoro
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Semillero
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Carnívoro
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Carnívoro
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Carnívoro
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Carnívoro
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Carnívoro

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

Hábito

En las dos unidades hidrográficas se identificaron el 94% de las especies son de hábitos diurnos (30 especies), resultados esperados, puesto que, en muchos ecosistemas, la mayoría de aves dependen de la luz para forrajear y cazar, mientras que tal solo el 6% (2 especies) representan las especies de hábitos nocturnos. Esto puede darse debido a que el páramo y otros ecosistemas altoandinos presentan temperaturas nocturnas muy bajas, limitando la actividad de las aves (Tabla 37). La alta proporción de especies diurnas refleja un ecosistema funcionalmente activo.

Tabla 37. Hábito de las especies registradas de aves en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye Toallo-Allobamba.

Orden	Familia	Especie	Habito
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Diurno
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Diurno
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Diurno
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Diurno
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Diurno
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Diurno
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Diurno
Falconiformes	Falconidae	<i>Daptrius carunculatus</i>	Diurno
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Diurno
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Diurno
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas andium</i>	Diurno
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Diurno
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Diurno
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Diurno
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Diurno
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Diurno
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Diurno
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Diurno
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Diurno
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Diurno
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Nocturno
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Diurno
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Diurno
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Nocturno

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

Estrato vertical

La distribución vertical de las especies registradas mostró que el 41% de las especies reportadas se encuentran en el sotobosque, 31% en el subdosel (arbustos y arbolitos), 19 % en el dosel (arboles) y el 9% fueron acuáticas (Figura 38. Tabla 38). Estos resultados eran esperables, puesto que, en ecosistemas altoandinos, donde la vegetación predominante es herbacea y arbustiva, es común que existan más aves en el subdosel.

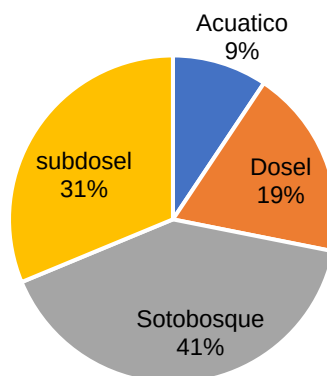


Figura 38. Distribución vertical de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye las especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.

Tabla 38. Lista de especies de aves según la estatificación vertical de las aves registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye las especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.

Orden	Familia	Especie	Estrato vertical
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Sotobosque
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonalis</i>	Dosel
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Subdosel
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Sotobosque
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Dosel
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Sotobosque
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Sotobosque
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Sotobosque
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Sotobosque
Falconiformes	Falconidae	<i>Daptrius carunculatus</i>	Sotobosque
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Acuático
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Subdosel
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Subdosel
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Subdosel
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas andium</i>	Acuático
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Dosel
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Sotobosque
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Subdosel
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Acuático
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Sotobosque
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Sotobosque
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Sotobosque
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Subdosel
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Dosel
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Sotobosque
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Subdosel
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Subdosel
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Sotobosque
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Subdosel
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Dosel
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Dosel
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Subdosel

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

Estado de conservación

En ambas unidades hidrográficas, se determinó que la mayor parte de las especies (31 especies) se encuentran en categoría de Preocupación Menor (LC) y una especie (*Oxyura jamaicensis*) en categoría Casi Amenazada (NT) según el reporte de los libros rojo del Ecuador. Así mismo, se comprobó que las 32 especies registradas se encuentran bajo la categoría de Preocupación Menor para la UICN. Mientras que para la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) se reportan nueve especies (*Patagona gigas*, *Lesbia victoriae*, *Aglaeactis cupripennis*, *Colibri delphinae*, *Geranoaetus melanoleucus*, *Bubo virginianus*, *Buteo brachyurus*, *Geranoaetus polyosoma* y *Tyto alba*) como especies amenazadas (Tabla 39). Las especies incluidas en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) se encuentran allí principalmente por diversas amenazas que afectan su conservación, entre las que destacan:

Una de las principales causas es el tráfico y comercio ilegal. Aunque algunas de estas especies no están directamente en peligro de extinción, su inclusión en CITES permite regular el comercio internacional y prevenir que lleguen a un estado de amenaza. Algunas aves rapaces y colibríes son objeto de comercio por su valor estético o por ser buscadas para colecciones especializadas. Otra causa relevante es la pérdida y fragmentación de hábitat. En el área de estudio se ha registrado deforestación, expansión agrícola, urbanización y construcción de infraestructura, lo cual reduce considerablemente los hábitats naturales. Esta situación afecta especialmente a especies como *Lesbia victoriae*, *Aglaeactis cupripennis* y *Colibri delphinae*, que dependen de ecosistemas específicos como bosques montanos y páramos.

Asimismo, algunas aves rapaces como *Geranoaetus melanoleucus*, *Buteo brachyurus*, *Geranoaetus polyosoma* y *Bubo virginianus* son perseguidas por creencias culturales o por ser consideradas amenazas para aves domésticas o ganado. En ciertas comunidades, también persisten prácticas basadas en usos tradicionales y supersticiones. Especies como *Tyto alba* (lechuza) y *Bubo virginianus* (búho cornudo) son capturadas o eliminadas por mitos locales o por su uso en rituales tradicionales. Finalmente, algunas especies presentan una alta vulnerabilidad ecológica. Es el caso de colibríes como *Patagona gigas* (colibrí gigante), que poseen nichos ecológicos muy específicos y una distribución geográfica limitada, lo que los hace especialmente sensibles a cualquier alteración ambiental.

Tabla 39. Estado de conservación de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.

Familia	Especie	Nombre común	Libros Rojos de Ecuador	Conservación UICN	CITES
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande	LC	LC	NA
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuelliblanco	LC	LC	NA
Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflor Negro	LC	LC	NA
Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Gralaria Leonada (Tororoi Leonado)	LC	LC	NA
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azuliblanca	LC	LC	NA
Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Soterrey Sabanero	LC	LC	NA
Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Frigilo Plomizo		LC	NA
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo (Gorrión Criollo)	LC	LC	NA
Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Cinclodes (Chungüi) Alicastaño	LC	LC	NA
Falconidae	<i>Daptrius carunculatus</i>	Caracara Carunculado	NA	NA	NA
Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Focha Andina (Pizarrosa)	LC	LC	NA
Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras Alifajeado	LC	LC	NA
Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Colibrí Gigante	LC	LC	II
Thraupidae	<i>Cinirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo	LC	LC	NA
Anatidae	<i>Anas andium</i>	Cerceta Andina	LC	LC	NA
Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé	LC	LC	NA
Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Matorralero Nuquipálido	LC	LC	NA
Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro	LC	LC	II
Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rojizo	NT	LC	NA

Familia	Especie	Nombre común	Libros Rojos de Ecuador	Conservación UICN	CITES
Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	LC	LC	NA
Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayito Brillante	LC	LC	II
Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Sencillo	LC	LC	NA
Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Orejivioleta Parda	LC	LC	II
Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila Pechinegra	LC	LC	II
Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Pitajo Dorsipardo	LC	LC	NA
Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Picogrueso Ventriero	LC	LC	NA
Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado	LC	LC	NA
Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero Piquinegro	LC	LC	NA
Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho (Cuscungo)	LC	LC	II
Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto	LC	LC	II
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Gavilán Dorsirrojo	LC	LC	II
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza Campanaria	LC	LC	II

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Especies sensibles

En las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo y Toallo-Allobamba se registró el 69 % de especies de aves con sensibilidad baja (22 especies) y el 31 % de las especies con sensibilidad media (10 especies). Por su parte, no se registró especies de aves con sensibilidad alta para este sistema. Esto se debe a que las aves con sensibilidad baja son más tolerantes a las perturbaciones y cambios en el entorno (deforestación, ganadería, incendios), que aquellos con sensibilidad alta (Figura 39, Tabla 40). Las especies de sensibilidad media requieren condiciones más estables y no se adaptan tan fácilmente a cambios en el hábitat, por tanto, su presencia sugiere que todavía existen fragmentos de hábitat bien conservados en el páramo.

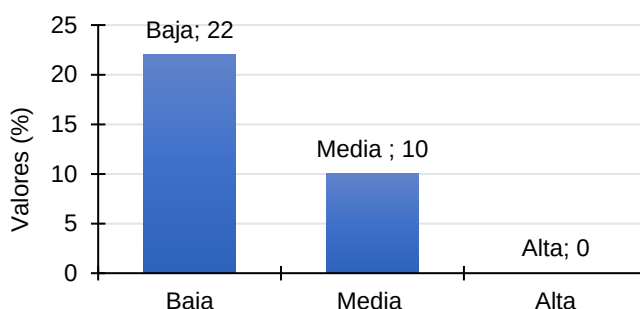


Figura 39. Sensibilidad de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.

Tabla 40. Listado de especies sensibles de aves en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluye especies de la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Sensibilidad
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande	Baja
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuelliblanco	Baja
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflor Negro	Baja
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Gralaria Leonada (Tororoi Leonado)	Baja
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azuliblanca	Baja
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Soterrey Sabanero	Baja
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Frigilo Plomizo	Baja
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo (Gorrión Criollo)	Baja
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albidiventris</i>	Cinclodes (Chungüi) Alicastaño	Baja
Falconiformes	Falconidae	<i>Daptius carunculatus</i>	Caracara Carunculado	Baja
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Focha Andina (Pizarrosa)	Baja
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras Alifajeado	Baja
Apodiformes	Trochilidae	<i>Patagona gigas</i>	Colibrí Gigante	Media
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo	Baja
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas andium</i>	Cerceta Andina	Baja
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé	Baja

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Sensibilidad
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	Matorralero Nuquipálido	Baja
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro	Media
Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rojizo	Media
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola Orejuda	Baja
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayito Brillante	Media
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Sencillo	Baja
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Orejivioleta Parda	Media
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila Pechinegra	Media
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	Pitajo Dorsipardo	Baja
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Picogrueso Ventriero	Baja
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado	Baja
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero Piquinegro	Baja
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho (Cuscungo) Coronado	Media
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán Colicorto	Media
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Gavilán Dorsirrojo	Media
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza Campanaria	Media

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

Especies indicadoras de conservación del ecosistema

En ambas unidades hidrográficas no se registran especies indicadoras del ecosistema, sin embargo, se considera a *Turdus fuscater* (mirlo grande), como especie indicadora, debido a que esta es la más abundante y se ha registrado durante los tres días de monitoreo. Así mismo las áreas monitoreadas tienen las condiciones adecuadas para su supervivencia y reproducción, esto podría ser un indicio de la calidad o el equilibrio ecológico del ecosistema en estudio.

Endemismo, migración y uso del recurso

Dentro de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, incluyendo Toallo-Allobamba, no se registraron especies endémicas y migratorias. Además, no se evidencio indicios de cacería de ninguna especie con fines cinegéticos. Estos resultados reflejan un ecosistema con baja presencia de especies de interés en términos de conservación (endémicas y migratorias), pero con una posible estabilidad relativa debido a la ausencia de caza.

2.2.2.9 Unidad hidrográfica Mocha – Huachi (MH)

Riqueza y abundancia

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se registró un total de 46 individuos de aves, los mismos que se encuentran distribuidos en 17 especies pertenecientes a 11 familias distribuidas en cuatro órdenes, la riqueza de especies reportadas en el área se reporta en la siguiente (Figura 40).

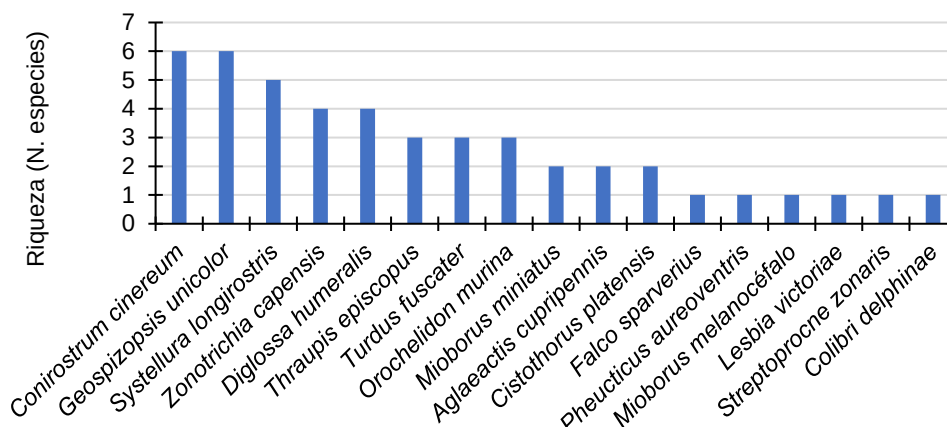


Figura 40. Riqueza de Aves por Familia, registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

En general, el orden con mayor número de individuos registrados fue Passeriformes, con 11 individuos, seguido por Apodiformes con cuatro, y con un solo individuo los órdenes Caprimulgiformes y Falconiformes en la UH MH (Figura 41). Esta distribución sugiere una dominancia de aves generalistas, como es común en ambientes que han experimentado cierto grado de intervención antrópica. La alta representación de Passeriformes, muchas de las cuales son especies adaptables, puede indicar que el ecosistema aún mantiene funciones ecológicas básicas, como la dispersión de semillas y el control de insectos; sin embargo, también puede reflejar una simplificación estructural del hábitat, donde las especies especialistas han disminuido. La presencia de Apodiformes, grupo que incluye colibríes, sugiere que todavía existen recursos florales y microhábitats necesarios para su subsistencia. Por otro lado, la escasa representación de Caprimulgiformes y Falconiformes, órdenes que incluyen especies más sensibles y con roles tróficos superiores, puede indicar una reducción en la disponibilidad de presas o en la complejidad ecológica del ecosistema. En conjunto, estos resultados reflejan un ecosistema con cierto nivel de funcionalidad, pero también con signos de degradación o presión ecológica, lo que destaca la necesidad de implementar medidas de restauración del hábitat y monitoreo continuo.

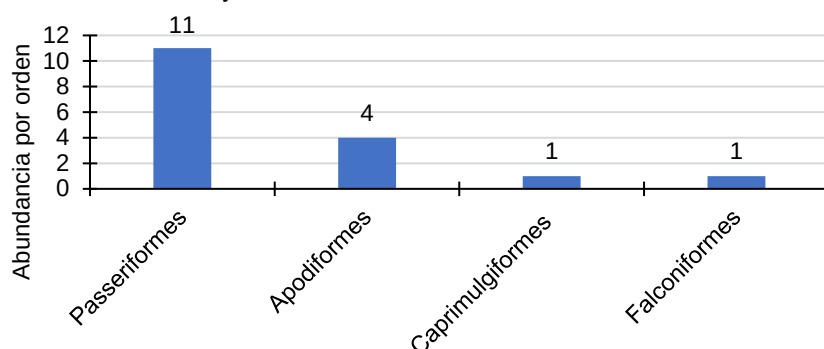


Figura 41. Abundancia de la avifauna por órdenes en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Además, se observó que, en el punto de monitoreo cuantitativo, que la especie con mayor abundancia corresponde a *Conirostrum cinereum*, con un total de seis individuos, seguida de *Geospizopsis unicolor* con seis individuos, las abundancias restantes se encuentran repartidas en cada una de las especies registradas. En la siguiente tabla se describe la composición de la avifauna registrada en el punto de muestreo cuantitativo (Tabla 41). Al ser estas especies más abundantes que otras típicas del páramo, puede ser indicador de que el ecosistema está cambiando hacia una composición dominada por especies más tolerantes a los cambios de uso de suelo, lo cual podría reflejar cierta pérdida de biodiversidad especializada y la transformación del ecosistema debido a factores como fragmentación del hábitat, sobrepastoreo o incendios.

Tabla 41. Composición de la avifauna registrada en el punto de muestreo cuantitativo de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Abundancia
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo	6
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Frigilo Plomizo	6
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras alifajeado	5
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	4
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Pinchaflor Negro	4
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja	3
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Negribrilloso	3
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé	3
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus miniatus</i>	Candelita Goliplomiza	2
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Rayito Brillante	2
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Soterrey Sabanero	2
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano (Quilico)	1
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Picogrueso Dorsinegro	1
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocéfalo</i>	Candelita de anteojos	1
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro	1
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Cuelliblanco	1
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Orejivioleta Parda	1

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Curva de rango abundancia o Whitaker

En la curva de Whitaker o rango – abundancia, en el gráfico, las especies se agrupan a la izquierda en base a su abundancia relativa. Normalmente, en el eje de las Y se muestra la abundancia relativa de las especies transformada en logaritmo base 10 que es lo más normal, pero puede ser la proporción de individuos de cada una de las especies o el porcentaje; mientras que para el eje de las X tenemos al ordenamiento de las especies desde el más abundante al menos abundante con un total de 21 especies a la derecha. Tenemos en primer lugar a *Conirostrum cinereum* ($P_i = 0,13$) y *Geospizopsis unicolor* ($P_i = 0,13$) como las especies más abundantes, cada una de las especies van decreciendo en la abundancia hasta llegar a una especie. Esto es muy útil porque nos permite hacer una descripción detallada de la estructura de especies con base a la abundancia relativa en la comunidad, es importante porque nos permite ver que especies son abundantes en la comunidad (Figura 42).

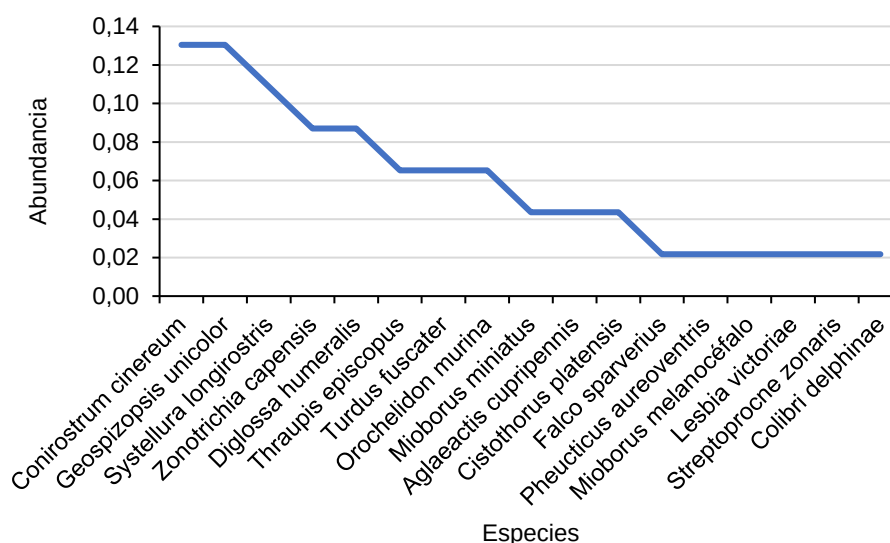


Figura 42. Curva de abundancia de aves, registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Índice de diversidad

Con los datos de las redes de neblina y transecto de banda se obtuvo un registro de 17 especies y 46 individuos, datos con los cuales se calculó una diversidad. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) de 2,64, indica una diversidad moderada, esta diversidad podría estar influenciada por el número de especies presentes y la distribución de los individuos entre ellas. El índice de diversidad de Simpson ($1-D$) fue de 0,97, mostrando una diversidad media, indica que la comunidad tiene una alta diversidad y que no es dominada por unas pocas especies. La Dominancia de Simpson (D) fue de 0,08, lo que indica que no hay dominancia de especies en la zona de estudio, ver la siguiente Tabla 42.

Tabla 42. Índice de diversidad de aves, registradas en la unidad hidrográfica Mocha -Huachi

Índices	valores
Número de especies (Riqueza)	17
Número de Individuos (Abundancia)	46
Dominance_D	0,08
Shannon_H	2,64
Índice de Gini-Simpson 1-D	0,97

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Índice de Chao 1

El cálculo del índice de Chao 1 en el punto de muestreo cuantitativo estima una riqueza esperada de 20 especies, en comparación con las 17 especies observadas durante el muestreo (Tabla 43). Esto indica

que, según este estimador, podrían existir al menos 3 especies adicionales que no fueron detectadas durante el muestreo, este resultado indica que la comunidad presenta cierta proporción de especies poco comunes o difíciles de detectar con el esfuerzo de muestreo aplicado. Desde un punto de vista ecológico, este valor sugiere que el muestreo fue razonablemente representativo, aunque podría haberse subestimado ligeramente la diversidad real. Para capturar con mayor precisión la totalidad de la riqueza, se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo o complementar con otros métodos, especialmente aquellos que permiten detectar especies raras o crípticas.

Tabla 43. Índice de diversidad de Chao, registrada para la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Puntos de Muestreo	Total de Especies	No. de especies con un solo individuo (Sigletons)	No. de especies con dos individuos (Doubletons)	Chao 1	Interpretación
PMH-1 PMH-2	17	6	11	20	Mediante el índice de Chao 1 en el área de muestreo se pudo estimar 20 especies probables, con base a la estructura de las especies registradas.

Fuente: Inforesur Cía. Ltda. agosto – septiembre, 2024.

Aspectos ecológicos en Mocha-Huachi (MH)

Los principales aspectos ecológicos estudiados en el presente informe fueron: nicho trófico, la sensibilidad de especies, especies indicadoras, distribución vertical, endemismo y estado de conservación de las especies. Para realizar los diferentes aspectos ecológicos se va a trabajar con las ocho especies registradas en el punto de muestreo cuantitativo y cualitativo, para este estudio como se detalla a continuación.

Nicho trófico

Se registró seis nichos tróficos en el área de estudio, los cuales se los clasificaron: insectívoros con 41,18% de las especies, semilleros con el 23,53%, nectívoros con el 17,65 %, carnívoros, forrajeros y frugívoros con el 5,88% respectivamente, como se muestra en la siguiente figura (Figura 43). Contar con seis nichos tróficos en la avifauna, indica un ecosistema conservado con diversidad funcional y estabilidad ecológica, donde aun existe suficiente oferta de recursos para sostener diversidad de especies de aves.

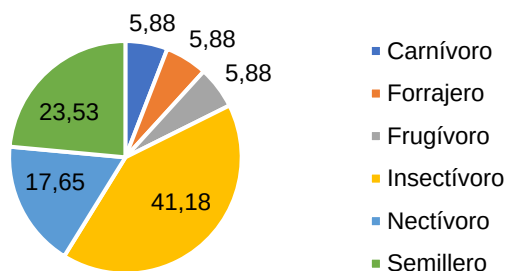


Figura 43. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

A continuación, se muestra el listado de especies de aves con cada nicho trófico reportado en la unidad hidrográfica Mocha Huachi (Tabla 44).

Tabla 44. Nicho trófico de las especies de aves registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Orden	Familia	Nombre Científico	Nicho Trófico
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Insectívoro
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Insectívoro
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Insectívoro
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Insectívoro
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Frugívoro
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Nectívoros
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Semillero
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Insectívoro
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Forrajero

Orden	Familia	Nombre Científico	Nicho Trófico
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Carnívora
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Semillero
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Semillero
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Insectívoro
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocéfalo</i>	Insectívoro
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Semillero
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Nectívoros
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Nectívoros

Fuente: Inforestsur Cía. Ltda. agosto – septiembre, 2024.

Hábito

Se registró a 16 especies de hábitos diurnos, se reporta una especie de hábito nocturno. A continuación, se muestra el listado de especies con cada hábito reportado (Tabla 45). Las 16 especies diurnas abarcan seis grupos tróficos (insectívoros, frugívoros, carnívoros, forrageros, semilleros y nectívoros), lo que indica aun un ecosistema funcional con disponibilidad de alimento y hábitats diversos.

Tabla 45. Hábito de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi

Orden	Familia	Nombre Científico	Habito
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Nocturno
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Diurno
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Diurno
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Diurno
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Diurno
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Diurno
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Diurno
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Diurno
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Diurno
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocéfalo</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Diurno

Fuente: Inforestsur Cía. Ltda. agosto – septiembre, 2024.

Estrato vertical

La distribución vertical de las especies registradas evidencia una mayor presencia de aves asociadas al estrato terrestre, con siete especies que representan el 41,18% del total. Le siguen las especies que utilizan el estrato del sotobosque, con seis especies (35,29%), y finalmente las del estrato aéreo, con cuatro especies, lo que equivale al 23,53%, como se muestra en la Figura 44. Esta distribución sugiere que las aves presentes se concentran en los estratos inferiores del ecosistema, posiblemente debido a cambios en la estructura de la vegetación como resultado de disturbios antrópicos (pastoreo, agricultura, fragmentación del hábitat), que afectan la disponibilidad de microhábitats en los estratos medios y superiores. Una menor representación de especies del estrato aéreo podría reflejar una reducción en la cobertura vegetal alta o la pérdida de elementos estructurales como árboles o arbustos altos, limitando el uso de estos espacios por especies especializadas. Este patrón puede ser indicativo de un ecosistema con cobertura alterada y menor heterogeneidad vertical, lo cual puede impactar negativamente la biodiversidad y funcionalidad ecológica del sistema.

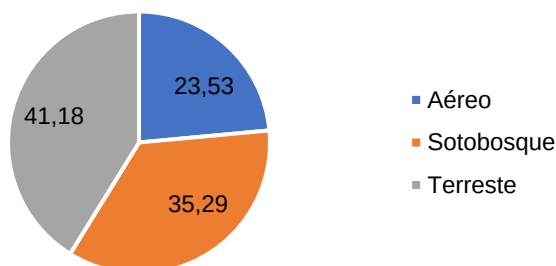


Figura 44. Distribución vertical de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

A continuación, se muestra el listado de especies de aves con cada estratificación vertical reportado en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (Tabla 46).

Tabla 46. Estatificación vertical de las aves registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Orden	Familia	Nombre Científico	Habito
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Terrestre
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Aéreo
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Aéreo
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	Sotobosque
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Terrestre
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Sotobosque
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Terrestre
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Sotobosque
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Sotobosque
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Aéreo
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Sotobosque
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Sotobosque
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Terrestre
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocéfalo</i>	Terrestre
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Aéreo
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Terrestre
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	Terrestre

Fuente: Inforests sur Cía. Ltda. agosto – septiembre, 2024.

Estado de conservación

Dentro de la zona de estudio se registra que la mayor parte de las especies (17 especies) se encuentran en categoría de Preocupación menor (LC) para los libros rojos del Ecuador, no se registran especies bajo ningún tipo de categoría de amenaza para la UICN. Mientras que para los CITES, se reporta cuatro especies que se encuentran bajo el apéndice II¹⁴ (Tabla 47).

Tabla 47. Estado de conservación de las especies registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi

Orden	Familia	Nombre Científico	Libro Rojo Ecuador	UICN	CITES
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	LC	LC	
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	LC	LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	LC	LC	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	LC	LC	
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	LC	LC	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	LC	LC	
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	LC	LC	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	LC	LC	

¹⁴ El Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) incluye especies que no están necesariamente en peligro de extinción, pero que podrían llegar a estarlo si su comercio no se regula adecuadamente.

Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	LC	LC	II
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	LC	LC	II
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	LC	LC	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	LC	LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	LC	LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocéfalo</i>	LC	LC	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	LC	LC	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	LC	LC	II
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	LC	LC	II

Fuente: Inforestsur Cía. Ltda. agosto – septiembre, 2024.

Especies sensibles

En esta área de muestreo, por encontrarse en un sector próximo a áreas alteradas por las actividades agropecuarias, se reportaron especies de aves con sensibilidad baja (13 aves) el mayor porcentaje 76,5% de las especies, no se registraron especies con sensibilidad alta, se identificaron cuatro especies con sensibilidad media que corresponden al 23,5% de las especies (Figura 45). Esto se debe a que las aves con sensibilidad baja y media son más tolerantes a las perturbaciones y cambios en el entorno que aquellos con sensibilidad alta, la sensibilidad media se determinó al apéndice II de CITES, ya que, si no se logra evitar el comercio de las especies, esta sensibilidad puede aumentar. Para realizar este análisis de la sensibilidad de las especies de aves registradas en el área de muestreo se basó en la matriz de DATA de Sensibilidad de Stotz (1996). Además de utilizar las listas de Sensibilidad de Stotz para medir la sensibilidad de aves, se consideró algunos de los criterios utilizados por Domus Consultora Ambiental para fauna terrestre (Domus Consultoría Ambiental SAC, 2009). El hecho de que el 76,5% de las especies de aves registradas tengan sensibilidad baja sugiere que la comunidad avifaunística está dominada por especies generalistas o tolerantes a la perturbación. Estas especies suelen adaptarse bien a entornos modificados por actividades humanas, como la agricultura o el pastoreo. La ausencia total de especies con sensibilidad alta (es decir, aquellas altamente dependientes de hábitats bien conservados y con poca tolerancia a cambios) indica que las condiciones ecológicas del páramo no son óptimas para sostener fauna especializada, lo cual es una señal de alarma ecológica. La presencia de un 23,5% de especies con sensibilidad media sugiere que aún existen fragmentos de hábitat con características parcialmente conservadas, aunque probablemente se encuentren bajo presión. Esto indica que, en general, las aves presentes en estos ecosistemas muestran una buena capacidad de adaptación a las condiciones actuales del entorno, lo cual puede ser un indicio de resiliencia ecológica.

El grado de sensibilidad de las especies actúa como un indicador de la estabilidad y salud del ecosistema. Las especies altamente sensibles suelen responder negativamente ante cambios en el hábitat, contaminación, fragmentación o presión antrópica, y su presencia o ausencia puede alertar sobre deterioros ambientales. En contraste, una comunidad dominada por especies de baja o media sensibilidad puede reflejar que el ecosistema aún conserva condiciones adecuadas para la biodiversidad y que no ha sufrido impactos severos que afecten su estructura y funcionalidad. Sin embargo, la ausencia de especies altamente sensibles también puede interpretarse como una pérdida previa de especies especializadas, por lo que es importante considerar este aspecto en el contexto histórico del área y del uso del suelo.

Los datos sugieren que el área de muestreo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se encuentra en un estado intermedio de conservación, con evidencias de degradación moderada. Aún conserva cierta funcionalidad ecológica, pero ha perdido condiciones esenciales para sostener especies sensibles del páramo.

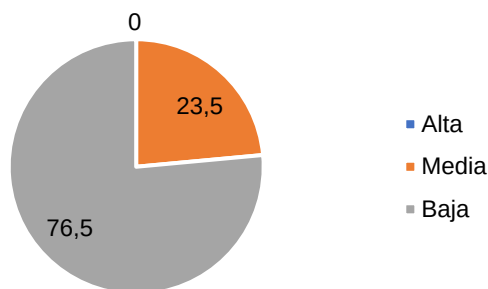


Figura 45. Sensibilidad de las especies de aves registradas en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

A continuación, se muestra el listado de especies de aves con cada sensibilidad reportada en la unidad hidrográfica Mocha Huachi en Tungurahua (Tabla 48).

Tabla 48. Listado de especies sensibles que se registraron en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Orden	Familia	Nombre Científico	Sensibilidad
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Baja
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	
Passeriformes	Parulidae	<i>Mioborus melanocéfalo</i>	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri delphinae</i>	

Fuente: Inforestsur Cía. Ltda. agosto – septiembre, 2024.

Especies indicadoras de conservación del ecosistema

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, no se identificaron especies indicadoras según los criterios ecológicos establecidos (por ejemplo, alta sensibilidad ambiental, especificidad de hábitat o valor bioindicador reconocido). Sin embargo, se destaca a *Conirostrum cinereum* como una especie potencialmente indicadora, ya que fue la más abundante y frecuente durante el monitoreo. Esta designación indica que, aunque no cumpla con todos los criterios clásicos de una especie indicadora, *Conirostrum cinereum* podría funcionar como un referente ecológico local, al reflejar las condiciones actuales del hábitat en esta unidad hidrográfica. Su alta frecuencia y abundancia podrían estar asociadas a ciertas características del ecosistema, como disponibilidad de alimento, estructura del bosque o nivel de perturbación, lo que la convierte en una especie útil para hacer seguimiento de cambios ecológicos en el tiempo.

Endemismo, migración y uso del recurso

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi no se registró endemismo tanto en la revisión de Libro Rojo de Aves del Ecuador, como en la lista determinada por la UICN. Además, en la zona de estudio se registraron 17 especies que no realizan migración, a pesar de que, los páramos de Tungurahua es un indicio de la

relevancia ecológica de la zona como punto de paso o refugio para aves migratorias. Además, se considera a los páramos como corredores biológicos para estas especies durante sus migraciones, lo que resalta la importancia de conservar estos ecosistemas para proteger la biodiversidad y asegurar que las aves puedan continuar su viaje migratorio. En el área de estudio no existe cacería de ninguna especie con fines cinegéticos. A continuación, se muestra el listado de especies con cada uso del recurso reportado.

2.2.2.10 Unidad hidrográfica Leito

Riqueza y abundancia

En la unidad hidrográfica de Leito se registró un total de 21 individuos de aves, los mismos que se encuentran distribuidos en 12 especies pertenecientes a 11 familias distribuidas en cinco órdenes, la riqueza de especies reportadas en el área se muestra en la siguiente (Figura 46).

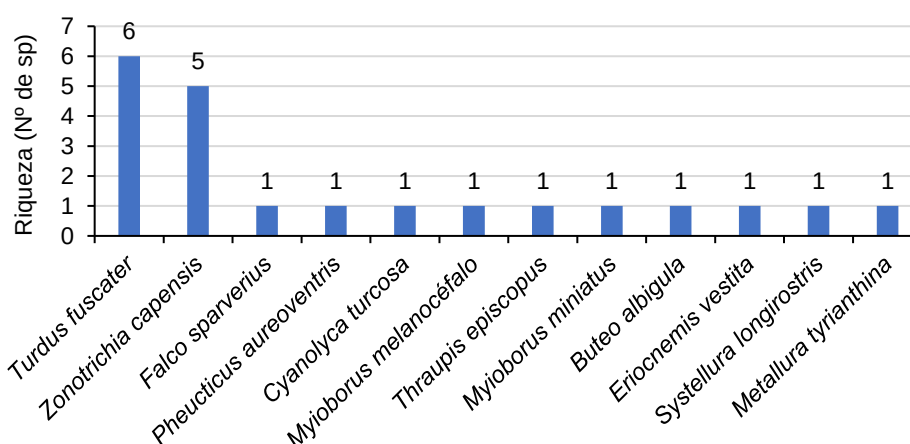


Figura 46. Riqueza de aves por Familia, registradas en la unidad hidrográfica de Leito.

En esta unidad hidrográfica de Leito, en general el orden con mayor número de individuos fue: Passeriformes con siete individuos, seguido de Apodiformes con dos individuos, Caprimulgiformes, Falconiformes y Accipitriformes con un individuo (Figura 47). La alta abundancia de aves pertenecientes a los órdenes Passeriformes y Apodiformes puede atribuirse al hecho de que muchas de estas especies son generalistas, es decir, poseen una amplia tolerancia a distintos tipos de hábitat, dietas variadas y diversas condiciones ambientales. Esta dominancia de aves generalistas puede interpretarse como un posible indicador de disturbio ecológico, ya que estas especies suelen prosperar en ambientes alterados o degradados, donde las condiciones han cambiado a favor de formas de vida más adaptables.

En este contexto, la mayor presencia de aves generalistas podría estar reflejando modificaciones en la estructura y composición de la vegetación, frecuentemente asociadas a actividades humanas como el pastoreo, la agricultura o incendios no controlados. Estos cambios en el uso del suelo tienden a simplificar el ecosistema, disminuyendo la disponibilidad de microhábitats y recursos necesarios para especies especializadas.

Además, la baja representación de órdenes especializados como Caprimulgiformes, Falconiformes y Accipitriformes, así como la escasa presencia de aves nocturnas y rapaces, puede ser un indicio adicional de presión antrópica significativa. Estas especies suelen ser más sensibles a la degradación del hábitat, y su ausencia o baja frecuencia puede reflejar la pérdida de funciones ecológicas importantes, especialmente aquellas relacionadas con el control de poblaciones, la dispersión de semillas y el equilibrio de las redes tróficas. Este escenario subraya la necesidad de implementar un monitoreo continuo, junto con estrategias de restauración ecológica del paisaje, con el fin de recuperar la presencia de especies sensibles y funcionalmente clave para la sostenibilidad del ecosistema de páramo y bosque andino.

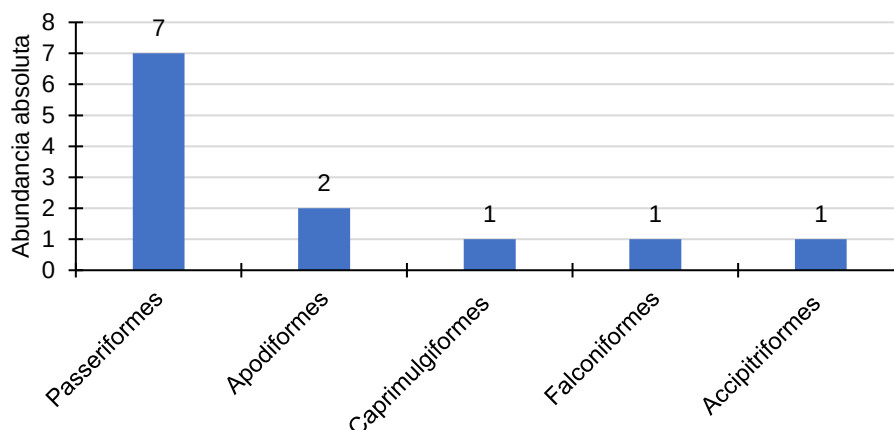


Figura 47. Abundancia de la avifauna por órdenes en la unidad hidrográfica de Leito.

En la Unidad de Hábitat (UH) Leito, en el punto de monitoreo cuantitativo, se observó que la especie con mayor abundancia fue *Turdus fuscater* (mirlo negribriloso), con un total de seis individuos, seguida de *Zonotrichia capensis* (chinguanco común), con cinco individuos. El resto de las especies registradas presentó una abundancia mínima, con apenas un individuo cada una (Tabla 49).

Ambas especies dominantes son consideradas generalistas, lo que significa que tienen una alta capacidad de adaptación a ambientes modificados por actividades humanas. Su notable presencia en el área sugiere una marcada tolerancia e incluso preferencia por hábitats perturbados, como aquellos afectados por pastoreo, agricultura, uso del fuego o cambios en el uso del suelo. Estas especies pueden aprovechar los recursos disponibles en zonas abiertas, fragmentadas o con baja cobertura de vegetación nativa, donde la competencia con especies más especializadas es menor o ha desaparecido.

Por otro lado, la baja representatividad de las demás especies (un solo individuo por especie) indica una riqueza específica reducida y un ecosistema empobrecido en términos de diversidad funcional. Estas especies menos abundantes podrían ser más sensibles a la alteración del hábitat, sobreviviendo únicamente en pequeños remanentes de vegetación o llegando ocasionalmente desde hábitats cercanos mejor conservados. Esto sugiere que el área monitoreada no ofrece las condiciones ecológicas necesarias en términos de alimento, refugio o sitios de reproducción para mantener poblaciones estables de estas especies más exigentes.

En conjunto, el patrón observado indica una comunidad de aves dominada por especies generalistas y una pérdida de complejidad ecológica, típica de ecosistemas fuertemente modificados por la actividad humana.

Tabla 49. Composición de la avifauna registrada en el punto de muestreo cuantitativo en la unidad hidrográfica de Leito.

Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Abundancia
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano (Quilico)	1
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Picogrueso dorsinegro	1
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	Urraca Turqueza	1
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chingolo	5
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocéfalo</i>	Candelita de anteojos	1
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja	1
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo negribriloso	6
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Candelita goliplomiza	1
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	Gavilán goliblanco	1
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	Zamarrito luciente	1
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras alifajeado	1
Apodiformes	Troquílidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tiria metalúrgica	1

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

Curva de rango abundancia o Whitaker

En la curva de Whitaker o rango – abundancia, en el gráfico, las especies se agrupan a la izquierda en base a su abundancia relativa. Normalmente, en el eje de las Y se muestra la abundancia relativa de las especies transformada en logaritmo base 10 que es lo más normal, pero puede ser la proporción de individuos de cada una de las especies o el porcentaje; mientras que para el eje de las X tenemos al ordenamiento de las especies desde el más abundante al menos abundante con un total de ocho especies a la derecha. Tenemos en primer lugar a *Turdus fuscater* ($P_i=29$) y *Zonotrichia capensis* ($P_i=24$) como las especies más abundantes, cada una de las especies van decreciendo en la abundancia hasta llegar a una especie. Esto es muy útil porque nos permite hacer una descripción detallada de la estructura de especies con base a la abundancia relativa en la comunidad, es importante porque nos permite ver que especies son abundantes en la comunidad (Figura 48).

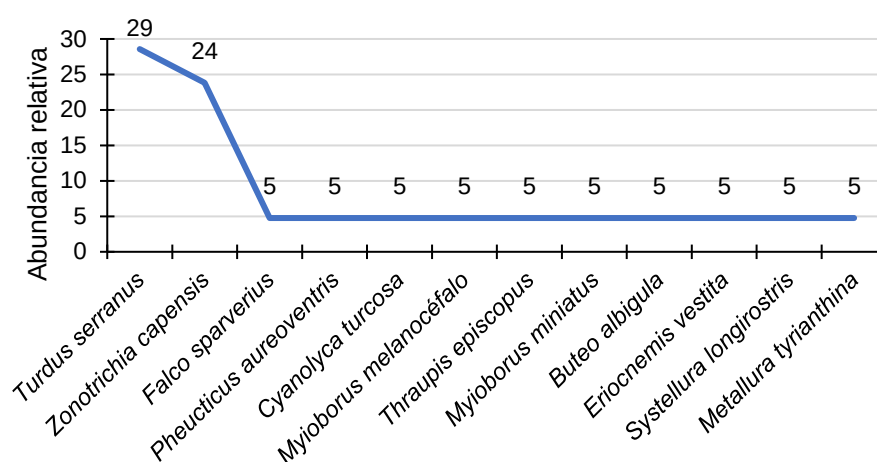


Figura 48. Curva de abundancia de especies, registradas en la unidad hidrográfica de Leito.

Índice de diversidad

Con los datos de las redes de neblina y transecto de banda se obtuvo un registro de 12 especies y 21 individuos, datos con los cuales se calculó una diversidad. El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H) de 2,14, Simpson ($1-D$) fue de 0,83, la Dominancia de Simpson (D) fue de 0,16, lo que indica que no hay dominancia de especies en la zona de estudio (Tabla 50). Los resultados indican que la zona de estudio tiene una comunidad diversa de aves, con una buena distribución de individuos entre las especies. Las especies dominantes en el área de estudio fueron *Turdus fuscater* ($P_i=29$) y *Zonotrichia capensis* ($P_i=24$), lo que indica que el ecosistema puede estar en un estado relativamente equilibrado y saludable. Sin embargo, la diversidad podría ser moderada debido al tamaño de la muestra (12 especies y 21 individuos).

Tabla 50. Índice de diversidad de la avifauna, registrada en la unidad hidrográfica de Leito.

Índices	valores
Número de especies (Riqueza)	12
Número de Individuos (Abundancia)	21
Dominance_D	0,16
Shannon_H	2,14
Índice de Gini-Simpson 1-D	0,83

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Índice de Chao 1

En la tabla se indica los valores obtenidos en el punto de muestreo cuantitativo, mediante el cálculo del índice de Chao 1, indica que la riqueza esperada de especies es de 57, en función de las 12 especies

observadas (Tabla 51). Esto indica que la comunidad probablemente alberga una comunidad más rica de especies, de las cuales se ha detectado un 21% aproximadamente de la riqueza esperada; por lo que se recalca la necesidad de un monitoreo más continuo y refuerza el valor de conservación del área.

Tabla 51. Índice de diversidad de Chao, registrada en la unidad hidrográfica de Leito.

Puntos de muestreo	Total de especies	Número de especies con un solo individuo (sigletons)	Número de especies con dos individuos (doubletons)	Chao 1	interpretación
PMA1					Mediante el índice de Chao 1 en el área de muestreo se pudo estimar 57 especies probables, en base a la estructura de las especies registradas.
PMA2	12	10	2	57	

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Aspectos ecológicos en Leito

Los principales aspectos ecológicos estudiados en el presente informe fueron: nicho trófico, la sensibilidad de especies, especies indicadoras, distribución vertical, endemismo y estado de conservación de las especies. Para realizar los diferentes aspectos ecológicos se va a trabajar con las ocho especies registradas en el punto de muestreo cuantitativo y cualitativo, para este estudio como se detalla a continuación.

Nicho trófico

Se registró seis nichos tróficos en el área de estudio, de los cuales se clasificaron en: Insectívoros representados con el 33% de las especies, Semilleros, Carnívoros y Nectívoros con el 17 % de las especies, Frugívoro y Omnívoro con el 8%, como se muestra en la siguiente (Figura 49).

La composición y abundancia de las especies de aves observadas en la UH Leito indican una comunidad dominada por especies generalistas, lo cual puede ser un reflejo de un ecosistema con cierto grado de degradación o simplificación estructural. En un ecosistema saludable y funcional, se espera encontrar una mayor diversidad de gremios tróficos (insectívoros, carnívoros, frugívoros, nectarívoros, granívoros), con una representación equilibrada entre ellos. Esto es indicativo de una red trófica compleja, donde las interacciones ecológicas como la polinización, el control de insectos, la dispersión de semillas y la depredación se encuentran activas y en equilibrio.

La dominancia de pocas especies, como *Turdus fuscater* y *Zonotrichia capensis*, ambas de hábitos generalistas y gran tolerancia a la perturbación, sugiere que el ecosistema ha perdido parte de su integridad ecológica. La escasa presencia de otras especies, especialmente de aquellos grupos más sensibles como insectívoros especializados, carnívoros o nectarívoros, puede indicar una pérdida de funciones ecológicas clave y una reducción en la complejidad estructural del hábitat.

En contraste, cuando existe un balance entre diferentes tipos de aves, especialmente con una representación significativa de especies insectívoras, carnívoras, frugívoras y nectarívoras, se interpreta como un fuerte indicador de buen estado ecológico. Esto refleja que el bosque conserva su estructura vertical (estratos arbóreos, sotobosque, hojarasca) y funcionalidad, permitiendo el sostenimiento de distintas especies con requerimientos ecológicos específicos.

Por tanto, los datos obtenidos en este punto de monitoreo sugieren que el ecosistema evaluado presenta señales de simplificación ecológica, probablemente debido a la presión antrópica (pastoreo, agricultura, fuego o cambio de uso del suelo). Aunque aún pueden encontrarse algunas especies, la dominancia de generalistas y la baja abundancia de otras, indica una pérdida de salud ecológica y una necesidad de acciones de restauración o conservación.

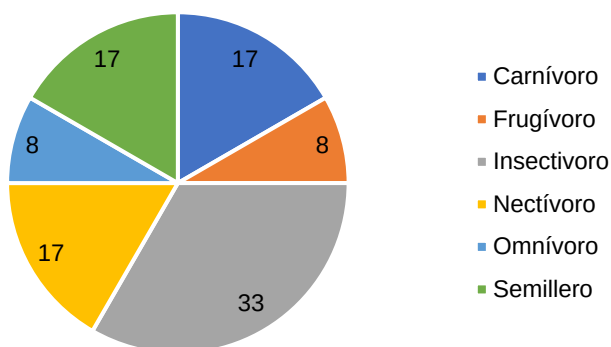


Figura 49. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica de Leito.

A continuación, se muestra el listado de especies de aves con cada nicho trófico reportado en la unidad hidrográfica Leito (Tabla 52).

Tabla 52. Nicho trófico de las especies registradas en la unidad hidrográfica de Leito.

Orden	Familia	Nombre Científico	Nicho Trófico
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Carnívoro
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Frugívoro
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	Omnívoro
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Semillero
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocéfalo</i>	Insectívoro
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Semillero
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>	Insectívoro
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Insectívoro
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	Carnívoro
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	Nectívoros
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Insectívoro
Apodiformes	Troquílidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	Nectívoros

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Hábito

Se registró a 16 especies de hábitos diurnos, se reporta una especie de hábito nocturno. A continuación, se muestra el listado de especies con cada hábito reportado (Tabla 53). Esta marcada predominancia de especies diurnas es coherente con la composición típica de comunidades de aves en ecosistemas altoandinos, donde la mayoría de especies están activas durante el día. La baja representación de aves nocturnas puede deberse a factores como el tipo de muestreo empleado, la limitada cobertura de horarios nocturnos o la escasez de hábitats adecuados para especies nocturnas, como sitios de refugio o alimentación. Este patrón también puede estar relacionado con la presión antrópica y la fragmentación del hábitat, que afectan con mayor intensidad a las especies de hábitos crepusculares o nocturnos, las cuales suelen ser más sensibles a la perturbación. En términos de conservación, estos resultados resaltan la necesidad de considerar horarios de muestreo más amplios y métodos complementarios para evaluar de manera más completa la diversidad funcional del ecosistema.

Tabla 53. Hábito de las especies registradas de aves en la unidad hidrográfica Leito.

Orden	Familia	Nombre Científico	Hábito
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Diurno
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Diurno
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	Diurno
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Diurno
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocéfalo</i>	Diurno
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Diurno
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>	Diurno

Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Diurno
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	Diurno
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	Diurno
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Nocturno
Apodiformes	Troquílidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	Diurno

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. Julio - agosto 2024.

Estrato vertical

La distribución vertical de las especies registradas fue: 12 especies se reconocen con distribución vertical en sotobosque con el 92%, tres especies con estrato vertical aéreo con el 8% como se muestra en la Figura 50. Este patrón indica que la mayoría de las aves se encuentran asociadas a estratos bajos de la vegetación, posiblemente debido a que las condiciones estructurales del hábitat favorecen la disponibilidad de alimento, refugio y sitios de anidación en este nivel. La baja representación del estrato aéreo podría estar vinculada a una escasa cobertura arbórea o arbustiva alta, lo que limita el uso de estos espacios por parte de especies especializadas en forrajeo en el dosel o vuelo abierto. En términos de conservación, esta distribución sugiere un ecosistema con estructura vertical simplificada, lo cual puede ser un indicador de alteración o pérdida de complejidad del hábitat, afectando la diversidad funcional del sistema y reduciendo su resiliencia ecológica.

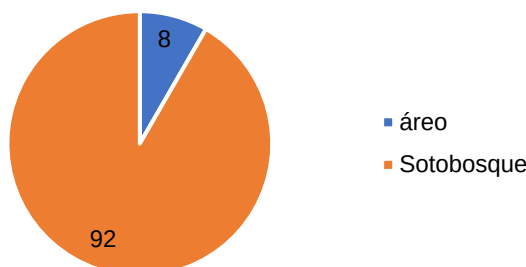


Figura 50. Distribución vertical de las especies registradas en la unidad hidrológica de Leito.

A continuación, se muestra el listado de especies con cada estratificación vertical reportado (Tabla 54).

Tabla 54. Estatificación vertical de las aves registradas en el monitoreo de la unidad hidrológica de Leito.

Orden	Familia	Nombre Científico	Habito
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Aéreo
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Sotobosque
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocéfalo</i>	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>	
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	
Apodiformes	Troquílidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Estado de conservación

Dentro de la zona de estudio se registra que la mayor parte de las especies (12 especies) se encuentran en categoría de Preocupación Menor (LC) registrados en los libros rojos del Ecuador, no se registran especies bajo ningún tipo de categoría de amenaza por la UICN, como se muestra en la siguiente (Tabla 55).

Tabla 55. Estado de conservación de las especies registradas en la unidad hidrológica de Leito.

Orden	Familia	Nombre Científico	Libros Rojos Ecuador	UICN	CITES
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocéfalo</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>	LC	LC	NA
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	LC	LC	NA
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	LC	LC	NA
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	LC	LC	NA
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	LC	LC	NA
Apodiformes	Troquílidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	LC	LC	NA

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Especies sensibles

En el área de estudio se registraron 10 especies de aves con sensibilidad media, las cuales representan el 100% de las especies observadas, sin registrar especies con sensibilidad baja ni alta. Esto se debe a que las aves con sensibilidad baja y media suelen ser más tolerantes a las perturbaciones y cambios en su entorno, a diferencia de aquellas con alta sensibilidad. Además, se menciona que el hábitat de estas especies es limitado, ya que se desarrollan principalmente en áreas de difícil acceso, con pendientes pronunciadas. La mayor parte de la cobertura vegetal nativa ha sido transformada para actividades agrícolas y pecuarias, lo que ha generado un disturbio moderado en las zonas cercanas a la vegetación natural.

Para realizar este análisis de la sensibilidad de las especies de aves registradas en el área de muestreo se base a la matriz de DATA de Sensibilidad de Stotz, 1996. Además de utilizar las listas de Sensibilidad de Stotz para medir la sensibilidad de aves se consideró algunos de los criterios utilizados por Domus Consultora Ambiental para fauna terrestre (Domus Consultoría Ambiental SAC. 2009) (Figura 51).

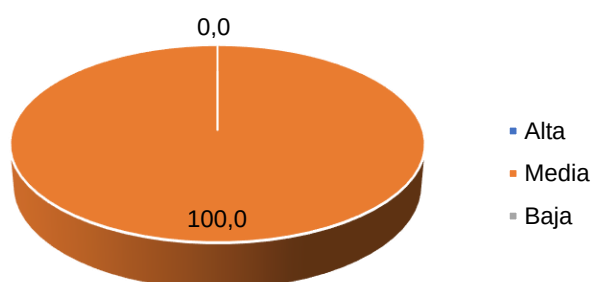


Figura 51. Sensibilidad de las especies registradas en la unidad hidrográfica de Leito.

A continuación, se muestra el listado de especies aves con cada sensibilidad reportado en la unidad hidrográfica de Leito (Tabla 56).

Tabla 56. Listado de especies sensibles de aves, registradas en la unidad hidrológica de Leito.

Orden	Familia	Nombre Científico	Sensibilidad
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Media
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	Media
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	Media
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Media
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocéfalo</i>	Media

Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	Media
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus serranus</i>	Media
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	Media
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albigula</i>	Media
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	Media
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Media
Apodiformes	Troquilidos	<i>Metallura tyrianthina</i>	Media

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio – agosto, 2024.

Especies indicadoras de conservación del ecosistema

En la Unidad Hidrográfica Leito no se registraron especies indicadoras; sin embargo, se propone considerar a *Myiothlypis luteoviridis* como especie indicadora local, debido a su presencia constante durante los tres días de monitoreo y su relativa abundancia en comparación con otras especies. Esta especie es reconocida por ser altamente sensible a la perturbación antrópica y por preferir hábitats con bosques bien conservados, donde existe una estructura vertical compleja, con buena cobertura de sotobosque, estratos intermedios y dosel continuo. Su presencia repetida en el área sugiere que, al menos en ciertos sectores de la UH Leito, el bosque mantiene características de integridad ecológica, con condiciones adecuadas para sustentar especies especializadas.

Por tanto, *Myiothlypis luteoviridis* puede interpretarse como un indicador del buen estado de conservación del bosque, especialmente en términos de estructura vertical y disponibilidad de microhábitats. Su presencia refuerza la hipótesis de que, aunque existen señales de perturbación en la zona (evidenciada por la dominancia de especies generalistas), aún persisten remanentes boscosos con condiciones ambientales apropiadas para especies más exigentes ecológicamente

Endemismo, migración y uso del recurso

La ausencia de especies endémicas en la unidad hidrográfica Leito sugiere que las aves presentes en esta zona son, en su mayoría, especies generalistas, caracterizadas por su alta capacidad de adaptación a una amplia gama de hábitats, incluidos aquellos que han sido degradados o modificados por actividades humanas (zonas agrícolas). Esta condición indica que el ecosistema ha experimentado alteraciones significativas, lo que ha reducido la disponibilidad de hábitats específicos y de alta calidad requeridos por especies más especializadas o endémicas, que dependen de condiciones ecológicas estables y poco perturbadas. La dominancia de especies generalistas puede interpretarse como un síntoma de simplificación ecológica, donde la biodiversidad local se reduce y se pierde parte de la riqueza natural característica del bosque original. No obstante, la presencia de una comunidad de aves activa, aunque compuesta mayoritariamente por especies tolerantes, indica que el ecosistema aún conserva cierta funcionalidad ecológica, permitiendo procesos clave como la dispersión de semillas, el control biológico y el reciclaje de nutrientes.

Adicionalmente, se determinó que ninguna de las 12 especies registradas es migratoria, lo cual sugiere que se trata de una comunidad residente, posiblemente adaptada a las condiciones locales. También es importante destacar que no se evidenció cacería con fines cinegéticos en el área de estudio, lo cual representa un factor positivo para la conservación, ya que la presión directa sobre la fauna silvestre es baja.

En conjunto, aunque la ausencia de endemismos refleja cierto grado de degradación del hábitat, el ecosistema aún mantiene una base funcional que puede servir como punto de partida para acciones de restauración ecológica y manejo sostenible, orientadas a recuperar su complejidad estructural y promover el retorno de especies más sensibles y representativas del páramo andino.

Análisis cualitativos

Durante los recorridos realizados en las unidades hidrográficas evaluadas, se registraron un total de 40 especies de aves, distribuidas de la siguiente manera: 15 especies en las unidades hidrográficas Ambato-

Huachi-Pelileo y Toallo-Allobamba, 16 especies en Mocha-Huachi, y 18 especies en Leito. Además, se identificó que 12 especies están presentes en al menos dos de las tres unidades hidrográficas evaluadas (Tabla 57), lo cual indica un grado moderado de similitud en la composición avifaunística entre estas áreas.

Esta superposición parcial de especies sugiere que, a pesar de las diferencias en condiciones ecológicas, altitud, y grado de intervención antrópica entre las unidades, existe un conjunto de especies comunes que se adaptan a una variedad de hábitats del ecosistema de páramo (Tabla 57). Estas especies compartidas suelen ser aves generalistas con amplia tolerancia ecológica, capaces de habitar áreas tanto conservadas como perturbadas. El análisis de similitud en la composición de especies también puede ser un indicador de conectividad ecológica entre las unidades hidrográficas, lo cual es positivo desde el punto de vista de la conservación, ya que permite el intercambio genético y el desplazamiento de fauna silvestre. Sin embargo, la presencia de especies exclusivas en cada unidad también resalta la importancia de conservar cada una de estas áreas, ya que cada una contribuye con elementos únicos a la biodiversidad regional.

Tabla 57. Riqueza de especies registradas de manera cualitativa en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo/Toallo-Allobamba (AHP-TA), Mocha-Huachi (MH), Leito.

Especie	AHP	MH	Leito
<i>Turdus fuscater</i>	x		
<i>Diglossa humeralis</i>		x	x
<i>Streptoprocne zonaris</i>			
<i>Geospizopsis unicolor</i>			x
<i>Pygochelidon cyano-leuca</i>	x		
<i>Grallaria quitensis</i>	x		
<i>Cistothorus platensis</i>			
<i>Zonotrichia capensis</i>		x	
<i>Systellura longirostris</i>			x
<i>Conirostrum cinereum</i>			x
<i>Cinclodes albidiventris</i>			
<i>Fulica ardesiaca</i>		x	
<i>Daptrius carunculatus</i>	x		
<i>Patagonas gigas</i>		x	
<i>Anas andium</i>			x
<i>Orochelidon murina</i>			x
<i>Atlapetes pallidinucha</i>		x	
<i>Lesbia victoriae</i>			x
<i>Aglaeactis cupripennis</i>	x	x	
<i>Thraupis episcopus</i>	x	x	x
<i>Zenaida auriculata</i>	x		x
<i>Oxyura jamaicensis</i>			x
<i>Colibri delphinae</i>	x	x	
<i>Pheucticus aureoventris</i>			
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>		x	x
<i>Spinus magellanicus</i>			
<i>Ochthoeca fumicolor</i>	x		x
<i>Catamenia inornata</i>		x	
<i>Pheucticus chrysogaster</i>	x		x
<i>Metallura tyrianthina</i>		x	x
<i>Eriocnemis vestita</i>	x		
<i>Falco sparverius</i>	x		x
<i>Mioborus miniatus</i>		x	
<i>Geranoaetus polyosoma</i>			
<i>Buteo brachyurus</i>			x
<i>Tyto alba</i>		x	
<i>Bubo virginianus</i>	x		
<i>Agriornis montanus</i>		x	x
<i>Cyanolyca turcosa</i>	x	x	
<i>Mioborus melanocéfalo</i>	x	x	x

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. Julio - agosto 2024.

Análisis comparativo entre el 2015 – 2024 de datos de aves

La comparación entre los estudios de 2015 y 2024 muestra una disminución en la diversidad de aves a nivel de especies, con 86 especies registradas en 2015 frente a 40 en 2024, y un descenso en el número

de individuos observados, de 859 en 2015 a 267 en 2024. Sin embargo, esta diferencia numérica puede explicarse en parte por la metodología de muestreo, así como el área de estudio. En 2015, se realizaron más puntos de muestreo distribuidos a lo largo de toda la provincia de Tungurahua, lo que permitió abarcar una mayor variedad de hábitats y, por ende, registrar una mayor diversidad de especies. En contraste, en 2024 se centraron los muestreos en cuatro unidades hidrográficas específicas, lo que redujo el área total muestreada y, por lo tanto, la cantidad de especies observadas (Figura 52).

A pesar de la disminución en la diversidad de especies, se observa una similitud en el número de familias y órdenes de aves entre ambos estudios, lo que indica que, aunque la diversidad a nivel de especies ha disminuido, la composición taxonómica general (familias y órdenes) se mantiene relativamente constante. Esto podría indicar que las especies más comunes o generalistas dentro de esas familias y órdenes han mantenido su presencia en las unidades hidrográficas seleccionadas en 2024, mientras que las especies más especializadas o menos adaptables podrían haber disminuido o desaparecido de las áreas estudiadas.

En resumen, los resultados reflejan que, si bien ha habido una reducción en el número total de especies y de individuos, la estructura general de los grupos de aves (familias y órdenes) no ha cambiado drásticamente, lo que podría ser indicativo de que ciertas especies generalistas han persistido, pero con una notable pérdida de biodiversidad a nivel específico.

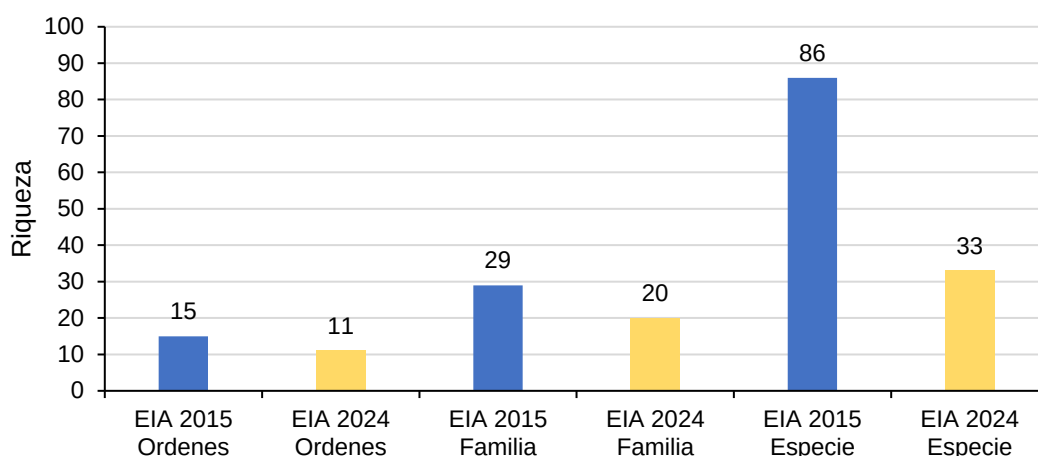


Figura 52. Análisis multitemporal EslA 2015 - Monitoreo de las unidades hidrográficas 2024.

En el estudio de 2015, se registraron ocho gremios alimenticios: carnívoros, frugívoros, insectívoros, nectarívoros, omnívoros, granívoros, insectos y semillas, e invertebrados y plantas acuáticas. En cambio, en el estudio de 2024, realizado en las unidades hidrográficas monitoreadas, se registraron siete gremios alimenticios: carnívoros, forrajeros, frugívoros, insectívoros, nectarívoros, omnívoros y granívoros. En cuanto a la sensibilidad de las especies, en 2015 se reportaron 46 especies con sensibilidad baja, 37 con sensibilidad media y 3 con sensibilidad alta. En el monitoreo de 2024, realizado en las cuatro unidades hidrográficas, se registraron 36 especies con sensibilidad baja y 4 con sensibilidad media, sin observarse especies con sensibilidad alta. Esto indica que las especies con alta sensibilidad tienden a habitar hábitats más específicos, como zonas húmedas, lagunas o turberas, que no fueron cubiertas por el monitoreo de 2024, lo que podría explicar la ausencia de estas especies en el estudio reciente.

Respecto al estado de conservación de las especies, en el estudio de 2015, se registró una especie de categoría Vulnerable (VU), una especie bajo la categoría En Peligro (EN), tres especies en la categoría Casi Amenazado (NT) y 82 especies en Preocupación Menor (LC) y se reportaron 19 especies bajo el Apéndice II. En cuanto a las especies registradas en el monitoreo del 2024 en las cuatro unidades hidrográficas se registró una especie de categoría Casi Amenazado (NT) y 32 especies en Preocupación Menor (LC), también se registraron 11 especies bajo el Apéndice II. En el 2024 no se reporta ningún uso de las aves como recurso por parte de la población en la actualidad, aunque en el monitoreo de 2015 se registró el uso de algunas aves como fuente de alimentación (Tinamidae y Cracidae).

2.2.3 HERPETOFAUNA

2.2.3.1 INTRODUCCIÓN

Los anfibios y reptiles son componentes esenciales de la biodiversidad global, nacional y local; jugando roles cruciales en la regulación de ecosistemas y en la cadena alimentaria. Su importancia radica en su capacidad para controlar plagas, servir como indicadores de salud ambiental y contribuir a la estabilidad de los ecosistemas. La riqueza en especies de anfibios y reptiles no solo refleja la evolución y adaptación a diferentes nichos ecológicos, sino que también destaca la necesidad de conservar estos grupos frente a amenazas como la pérdida de hábitat y el cambio climático (Muñoz et al., 2019).

La región Andina de Ecuador constituye un componente crucial de la diversidad ecológica; la presencia de la cordillera de los Andes, que atraviesa el territorio ecuatoriano genera una amplia gama de climas y ecosistemas que van desde bosques de neblina hasta páramos. Esta región exhibe características fisiográficas predominantes que han influido de manera directa en la evolución, diversidad y endemismo de la herpetofauna. Este tipo de ecosistemas son ideales para anfibios y reptiles ya que proporcionan condiciones climáticas favorables, microhábitats y recursos de alimento. Sin embargo, estos organismos son amenazados por la pérdida de hábitat, actividades antropogénicas, expansión de la frontera ganadera y agrícola, en anfibios la mayoría de las especies amenazadas se distribuyen en bosques montanos (Muñoz y Ramos, 2006).

El Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad especialmente en anfibios y reptiles, pese a ser un país con poca extensión de terreno, cuenta con el mayor número de especies por unidad de área para estos dos grupos. Se tiene el registrado 510 especies de reptiles y de 676 especies de anfibios, mientras que para los bosques montanos orientales existen 257 especies de anfibios y 145 especies de reptiles (Delgado et al., 2023). El monitoreo fue cuantitativo y cualitativo realizados en las unidades hidrográficas.

OBJETIVOS

General

Caracterizar la diversidad de herpetofauna presentes en el páramo y bosque altoandino de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito (L) en la provincia de Tungurahua para evaluar el estado de conservación de estas áreas.

Específicos

- Determinar la abundancia y la diversidad de anfibios y reptiles presentes en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito (L) en la provincia de Tungurahua.
- Evaluar el estado de conservación de los anfibios y reptiles e identificar las especies indicadoras de calidad de hábitat presentes en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito en la provincia de Tungurahua.

2.2.3.2 RESULTADOS

Durante los días de monitoreo de herpetofauna en las unidades hidrográficas monitoreadas, se utilizó la metodología cualitativa (grabación de cantos), debido a las condiciones climáticas no fue posible monitorear con metodología cuantitativa (colecta de los anfibios) (Anexo 4), sin embargo, se contabilizó 1 orden, 2 familias y 4 especies. Estos datos son esenciales para comprender la dinámica de las comunidades herpetológicas y el impacto de las variables ambientales sobre ellas.

2.2.3.3 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)

Riqueza

El monitoreo cualitativo llevado a cabo en la unidad hidrográfica de Ambato-Huachi-Pelileo, utilizando la metodología de recorridos libres, permitió registrar la presencia de una especie, la cual pertenece a la familia Strabomantidae y a la orden Anura (Tabla 58). El registro de estos cantos proporciona información valiosa sobre la presencia y actividad vocal de esta especie en el área de estudio.

Tabla 58. Composición taxonómica total de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Sitio	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Método
PM5CTH PM7CTH	Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	Cutín de Quito	Canto

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Aspectos Ecológicos

Nicho Trófico

En la unidad hidrográfica de Ambato-Huachi-Pelileo se identificó una sola especie la misma que representa el 100% de la población registrada (Tabla 59), la cual posee una dieta insectívora, es decir que se alimentan principalmente de insectos; lo que destaca su rol específico dentro del ecosistema en términos de control de poblaciones de insectos. El registro de esta especie proporciona información valiosa sobre la estructura trófica del área estudiada.

Tabla 59. Nicho trófico herpetológico de las especies registradas en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Gremio Trófico	Nº de especies	%
Insectívoro	1	100
Herbívoro	-	-
Omnívoro	-	-
Carnívoro	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio – agosto, 2024.

Estado de conservación

Durante el registro de campo se identificó que la especie de rana *Pristimantis unistrigatus* se encuentra en la categoría de Preocupación Menor (LC) como se indica en la (Tabla 60), revelando que, hasta ahora, no enfrenta amenazas significativas, aunque su estado debe seguir siendo monitoreado para detectar posibles cambios en su población o hábitat (unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo). Estas clasificaciones subrayan la importancia de monitorear y conservar las diferentes especies con distintos niveles de riesgo. Además, la especie registrada dentro de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo no se encuentra incluida dentro de los Apéndices I y II del CITES.

Tabla 60. Estado de conservación de herpetofauna de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Familia	Especie	Lista Roja	Endemismo
Strabomanidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	LC	No

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Patrón de actividad

En el monitoreo herpetológico realizado en la localidad de Ambato-Huachi-Pelileo, se documentó un canto de rana correspondiente a la especie *Pristimantis unistrigatus*. La cual mostró un patrón de actividad exclusivamente nocturno, con una frecuencia del 100%, como se detalla en la Tabla 61. La detección a través de cantos nocturnos confirma su comportamiento típicamente crepuscular y su dependencia de condiciones ambientales específicas como humedad elevada y temperaturas moderadas, comunes durante la noche. La presencia activa de esta especie sugiere que aún existen microhábitats adecuados, como hojarasca húmeda y cobertura vegetal baja, necesarios para su reproducción y supervivencia. En términos de conservación, su registro indica una cierta integridad ecológica del sitio, ya que especies como *P. unistrigatus* pueden ser sensibles a la alteración del microclima y la fragmentación del hábitat. Estos resultados resaltan la importancia de conservar la cobertura vegetal nativa y los ciclos naturales de humedad para mantener las poblaciones de anfibios nocturnos.

Tabla 61. Patrón de actividad de la herpetofauna de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo

Patrón de actividad	Nº de especies	%
Diurna	-	-
Nocturna	1	100
Caternal	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Sensibilidad

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, el único anfibio observado se encuentra dentro de la categoría de sensibilidad baja (Tabla 62), con lo cual se puede asumir una posible falta de diversidad y abundancia de anfibios en la zona de estudio, provocando desequilibrios ecológicos. Esta baja diversidad y abundancia de anfibios sugiere una posible alteración del ecosistema, ya que los anfibios son altamente dependientes de condiciones ambientales específicas, como humedad constante, cobertura vegetal y calidad del suelo y agua. La ausencia de especies más sensibles o especializadas puede reflejar procesos de degradación del hábitat, pérdida de microhábitats clave, o condiciones ambientales inadecuadas para su supervivencia. Desde el punto de vista ecológico, esta situación puede generar desequilibrios en las redes tróficas, dado que los anfibios cumplen roles esenciales como controladores de insectos y presas para otros vertebrados. Por lo tanto, la escasa presencia y baja sensibilidad ecológica de la especie observada constituye un indicador de vulnerabilidad ambiental, lo que subraya la necesidad de implementar acciones de conservación y restauración que favorezcan la recuperación de hábitats apropiados para anfibios más exigentes.

Tabla 62. Sensibilidad de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo

Sensibilidad	Nº de especies	%
Baja	1	100
Media	-	-
Alta	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Especies indicadoras de conservación del ecosistema

Durante el monitoreo llevado a cabo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, no se identificaron especies indicadoras de conservación del ecosistema. Esto se debe a que *Pristimantis unistrigatus*, posee un amplio rango de distribución geográfica y se considera común en diversas zonas del país. La ausencia de especies con requerimientos ecológicos más estrictos o con áreas de distribución restringidas refleja un entorno posiblemente alterado o con condiciones que favorecen la presencia de especies generalistas. Esta situación destaca la necesidad de conservar hábitats más específicos para asegurar la supervivencia de especies indicadoras y vulnerables que podrían estar ausentes debido a la intervención humana.

Distribución vertical

Durante el monitoreo de anfibios en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo se identificó cuatro tipos de distribución: terrestre, subdosel, dosel y acuático. Sin embargo, *Pristimantis unistrigatus* ocupa el hábitat terrestre. En la (Tabla 63) se hace referencia a que no se detectó actividad de los anfibios en las áreas de subdosel, dosel o en medios acuáticos. Esto sugiere que las especies monitoreadas prefieren exclusivamente el entorno terrestre, descartando el uso de otros estratos o ambientes acuáticos en la zona de estudio. Además, la predominancia absoluta del hábitat terrestre es un dato relevante sobre el comportamiento de estos anfibios.

Tabla 63. Distribución vertical de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo

Distribución vertical	Nº de especies	%
Terrestre	1	100
Subdosel	-	-
Dosel	-	-
Acuático	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Uso del recurso

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, no se identificó ningún uso humano relacionado con la especie *Pristimantis unistrigatus* (Tabla 64). No se hallaron evidencias de que esta especie fuera empleada en actividades domésticas, alimenticias o medicinales por la comunidad local. Esto sugiere que, en esta unidad hidrográfica, las especies registradas no forman parte de las prácticas tradicionales ni cumplen funciones directas dentro de la vida cotidiana de los pobladores.

Tabla 64. Uso del recurso de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Familia	Especie	Uso del recurso
Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	No

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

2.2.3.4 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)

Riqueza

El monitoreo cualitativo realizado en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi permitió registrar tres especies de anfibios, pertenecientes a dos familias y un orden (Tabla 65). De estas, dos especies (*Gastrotheca riobambae* y *Pristimantis gloria*) se destacan por ser endémicas de la zona de estudio, lo que refuerza la importancia ecológica de esta área en términos de conservación de biodiversidad local. El registro de los cantos emitidos por estas especies aporta información clave sobre su presencia y actividad vocal, lo que sugiere condiciones ambientales adecuadas para su reproducción o comportamiento territorial.

Este resultado podría estar asociado con la proximidad de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, un área protegida que cumple un papel fundamental en la conservación de los ecosistemas altoandinos. La reserva actúa como un refugio de biodiversidad, protegiendo hábitats relativamente bien conservados que benefician a especies sensibles y endémicas. Es probable que la conectividad ecológica entre esta reserva y la unidad hidrográfica Mocha-Huachi favorezca la presencia de estas especies endémicas, al mantener condiciones microclimáticas y estructurales adecuadas que les permiten sobrevivir en un entorno cada vez más fragmentado por actividades humanas.

Por tanto, la presencia de estas especies en Mocha-Huachi podría interpretarse como una extensión del efecto positivo de conservación de la reserva, lo cual resalta la importancia de mantener corredores ecológicos funcionales y fortalecer medidas de protección en zonas aledañas a áreas protegidas.

Tabla 65. Composición taxonómica total de la herpetofauna de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Sitio	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Método
PM3CLH PM4CLH	Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	Cutín de Quito	Canto
PM4CLH	Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis gloria</i>	Cutín de Gloria	Canto
PM4CLH	Anura	Hemiphractidae	<i>Gastrotheca riobambae</i>	Rana marsupial de Quito	Canto

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Aspectos Ecológicos

Nicho Trófico

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi se identificaron un total de tres especies de anfibios, todas ellas con dietas insectívoras, es decir que se alimentan principalmente de insectos; lo que destaca su rol específico dentro del ecosistema en términos de control de poblaciones de insectos. El registro de estas especies proporciona información valiosa sobre la estructura trófica del área estudiada (Tabla 66).

Tabla 66. Nicho trófico herpetológico de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Gremio Trófico	Nº de especies	%
Insectívoro	3	100
Herbívoro	-	-

Gremio Trófico	N° de especies	%
Omnívoro	-	-
Carnívoro	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Estado de conservación

Durante el registro de campo realizado en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, se identificó que la especie de rana *Pristimantis gloria* está clasificada como En Peligro (EN) según los criterios de la lista roja de anfibios del Ecuador, lo que resalta la necesidad urgente de implementar medidas de conservación para proteger su hábitat. Por su parte, *Gastrotheca riobambae* ha sido categorizada como Casi Amenazada (NT), lo que sugiere que, si bien aún no enfrenta un riesgo inmediato, podría estarlo si las condiciones del entorno continúan deteriorándose. En contraste, la especie *Pristimantis unistrigatus* se encuentra en la categoría de Preocupación Menor (LC), sus poblaciones se han adaptado a los ambientes disturbados, aunque su estado debe seguir siendo monitoreado para detectar posibles cambios en su población o hábitat (Tabla 67). Estas clasificaciones subrayan la importancia de monitorear y conservar las diferentes especies con distintos niveles de riesgo. Las tres especies registradas durante el monitoreo biótico llevado a cabo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, no se encuentran incluidas en los apéndices I y II del CITES.

Tabla 67. Estado de conservación de herpetofauna de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Familia	Especie	Lista Roja	Endemismo
Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	LC	No
Strabomantidae	<i>Pristimantis gloria</i>	EN	Si
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca riobambae</i>	NT	Si

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Patrón de actividad

En el monitoreo herpetológico realizado en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, se documentaron tres cantos de ranas correspondientes a las especies *Pristimantis unistrigatus*, *P. gloria* y *Gastrotheca riobambae*. Todas las especies mostraron un patrón de actividad exclusivamente nocturno, con una frecuencia del 100 %, como se detalla (Tabla 68).

Tabla 68. Patrón de actividad de la herpetofauna de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Patrón de actividad	N° de especies	%
Diurna	-	-
Nocturna	3	100
Caternal	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Sensibilidad

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, se registró que el 75% de los anfibios presenta una sensibilidad clasificada en la categoría de sensibilidad media, mientras que el otro 25% se ubica en la categoría de sensibilidad baja, lo cual se menciona (Tabla 69). Esto refleja una distribución equitativa entre las especies con respuestas moderadas y aquellas menos sensibles a las condiciones ambientales o perturbaciones.

Tabla 69. Sensibilidad de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi

Sensibilidad	N° de especies	%
Baja	1	25
Media	2	75
Alta	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Especies indicadoras de conservación del ecosistema

Durante el monitoreo en la unidad hidrográfica Mocha- Huachi, se registró la presencia de *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae*, como especies indicadoras de conservación del ecosistema que destacan por su rango de distribución extremadamente reducido y porque sus poblaciones se encuentran fuera de

áreas protegidas. Los hábitats donde se distribuyen estas especies están siendo fuertemente impactados por actividades humanas, como la agricultura y la ganadería, lo que agrava su situación. La falta de protección oficial y la presión antropogénica hacen de *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae* indicadores clave de la salud ecológica de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi. Su presencia subraya la necesidad urgente de implementar acciones de conservación, ya que su vulnerabilidad refleja el deterioro de la biodiversidad local debido a las actividades humanas.

Distribución vertical

Durante el monitoreo de anfibios realizado en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, se identificaron cuatro tipos de distribución: terrestre, subdosel, dosel y acuático. Sin embargo, todas las especies registradas (*Pristimantis unistrigatus*, *P. gloria* y *Gastrotheca riobambae*) utilizaron únicamente el hábitat terrestre, representando el 100% de la distribución observada. Se puede observar en la Tabla 70 que no se detectó actividad de los anfibios en las áreas de subdosel, dosel o en medios acuáticos. Esto indica que las especies monitoreadas prefieren exclusivamente el entorno terrestre, descartando el uso de otros estratos o ambientes acuáticos en la zona de estudio. Además, la predominancia absoluta del hábitat terrestre es un dato relevante sobre el comportamiento de estos anfibios.

Tabla 70. Distribución vertical de herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Distribución vertical	N° de especies	%
Terrestre	3	100
Subdosel	0	0
Dosel	0	0
Acuático	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Uso del recurso

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, no se identificó ningún uso humano relacionado con las tres especies de anfibios que fueron registradas (Tabla 71). No se hallaron evidencias de que estas especies fueran empleadas en actividades domésticas, alimenticias o medicinales por la comunidad local. Durante el monitoreo, no se observaron interacciones entre los habitantes y los anfibios en términos de aprovechamiento o manejo. Esto sugiere que, en esta unidad hidrográfica las especies registradas no forman parte de las prácticas tradicionales ni cumplen funciones directas dentro de la vida cotidiana de los pobladores.

Tabla 71. Uso del recurso de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi.

Familia	Especie	Uso del recurso
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca riobambae</i>	No
Strabomantidae	<i>Pristimantis gloria</i>	
Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

2.2.3.5 Unidad hidrográfica Leito

Riqueza

El monitoreo cualitativo llevado a cabo en la unidad hidrográfica Leito, permitió registrar los cantos de 4 especies, distribuidas en dos familias y un orden (Tabla 72). El registro de estos cantos proporciona información valiosa sobre la presencia y actividad vocal de las especies monitoreadas.

Tabla 72. Composición taxonómica total de las especies de herpetofauna en la unidad hidrográfica de Leito.

Sitio	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Método
PM1CLH PM2CLH	Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	Cutín de Quito	Canto
PM2CLH	Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis gloria</i>	Cutín de Gloria	Canto
PM2CLH	Anura	Strabomantidae	<i>Pristimantis peruvianus</i>	Cutín del Perú	Canto
PM1CLH PM2CLH	Anura	Hemiphractidae	<i>Gastrotheca riobambae</i>	Rana marsupial de Quito	Canto

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Aspectos Ecológicos

Nicho Trófico

En la unidad hidrográfica de Leito se identificaron un total de cuatro especies (Tabla 73), todas ellas con dietas insectívoras, es decir que se alimentan principalmente de insectos; lo que destaca su rol específico dentro del ecosistema en términos de control de poblaciones de insectos. El registro de estas especies proporciona información valiosa sobre la estructura trófica del área estudiada.

Tabla 73. Nichos tróficos herpetológicos de la unidad hidrográfica de Leito.

Gremio Trófico	N° de especies	%
Insectívoro	4	100
Herbívoro	-	-
Omnívoro	-	-
Carnívoro	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio - agosto 2024.

Estado de conservación

Durante el monitoreo en campo en la unidad hidrográfica Leito, se identificó que la rana *Pristimantis gloria* está clasificada como En Peligro (EN), de acuerdo con los criterios de la Lista Roja de Anfibios del Ecuador, lo que indica un alto riesgo de extinción si no se toman medidas de conservación inmediatas. Por otro lado, la especie *Gastrotheca riobambae* se encuentra categorizada como Casi Amenazada (NT), esto indica que, aunque no está actualmente en peligro, podría enfrentar riesgos si las condiciones de su hábitat se deterioran (Tabla 74). En contraste, las especies *Pristimantis unistrigatus* y *P. peruvianus* están catalogadas como de Preocupación Menor (LC), lo que indica que sus poblaciones son más estables y menos vulnerables en el corto plazo. La diversidad de categorías de conservación subraya la importancia de realizar un seguimiento continuo de estas especies para evitar que aquellas en riesgo sufran mayores declives. Además, mencionar que de las cuatro especies registradas durante el monitoreo en la unidad hidrográfica de Leito, las mismas no se encuentra incluidas en los Apéndices I y II del CITES.

La presencia de *Pristimantis gloria*, una especie categorizada como En Peligro (EN) según los criterios de la UICN, en el ecosistema de páramo evaluado, es altamente significativa desde el punto de vista ecológico y de conservación. Esta categoría indica que la especie enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre, principalmente por su distribución restringida, baja densidad poblacional y alta sensibilidad a los cambios en su hábitat. El hecho de que esta especie haya sido registrada en el área sugiere que aún persisten condiciones mínimas necesarias para su supervivencia, tales como microhábitats con adecuada humedad, cobertura vegetal nativa y temperatura estable, características propias de páramos relativamente bien conservados. Esto puede interpretarse como una señal positiva, ya que implica que el ecosistema aún mantiene elementos clave de funcionalidad ecológica, al menos en algunos sectores.

Sin embargo, su presencia también sirve como alerta sobre la vulnerabilidad del ecosistema. El páramo, a pesar de su apariencia de vastedad y resiliencia, es extremadamente frágil ante las perturbaciones humanas como el sobrepastoreo, la quema, la expansión agrícola y el cambio climático. La permanencia de especies amenazadas como *Pristimantis gloria* depende directamente de la integridad de este ecosistema, por lo que su hallazgo debe reforzar los argumentos para la protección, restauración y monitoreo continuo del páramo y sus especies asociadas.

Tabla 74. Estado de conservación de herpetofauna del monitoreo a la unidad hidrográfica de Leito. Tungurahua.

Familia	Especie	Lista Roja	Endemismo
Strabomantidae	<i>Pristimantis nistrigatus</i>	LC	No
Strabomantidae	<i>Pristimantis gloria</i>	EN	Si
Strabomantidae	<i>Pristimantis peruvianus</i>	LC	No
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca riobambae</i>	NT	Si

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio - agosto 2024.

Patrón de actividad

En el monitoreo herpetológico realizado en la unidad hidrográfica de Leito, se documentaron cuatro cantos de ranas correspondientes a las especies *Pristimantis unistrigatus*, *P. gloria*, *P. peruvianus* y *Gastrotheca riobambae*. Todas las especies mostraron un patrón de actividad exclusivamente nocturno, con una frecuencia del 100% (Tabla 75).

Tabla 75. Patrón de actividad de herpetofauna perteneciente a la unidad hidrográfica de Leito. Tungurahua.

Patrón de actividad	Nº de especies	%
Diurna	-	-
Nocturna	4	100
Caternal	-	-

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Sensibilidad

En la unidad hidrográfica de Leito, se observó que el 50% de los anfibios evaluados muestra una sensibilidad clasificada en la categoría de sensibilidad media (*Gastrotheca riobambae* y *Pristimantis Gloria*), mientras que el otro 50% (*Pristimantis peruvianus* y *Pristimantis unistrigatus*) se encuentra en la categoría de sensibilidad baja. Esta distribución equilibrada sugiere que las especies presentes tienen una respuesta variada ante las condiciones ambientales y las perturbaciones. Las especies con sensibilidad media pueden estar moderadamente afectadas por los cambios en el entorno, mientras que las menos sensibles parecen adaptarse mejor a las alteraciones. Este patrón subraya la necesidad de monitorear cómo las distintas especies reaccionan a factores como la degradación del hábitat, ya que un cambio significativo en las condiciones podría alterar este balance (Tabla 76).

El hecho de que no se encuentren representadas especies de alta sensibilidad en la zona de estudio indica que el ecosistema ha sido sometido a un grado significativo de perturbación. Las especies altamente sensibles suelen estar asociadas a hábitats bien conservados, con baja intervención humana y características ecológicas específicas, como estructura vegetal compleja, microclimas estables y disponibilidad de recursos particulares. Estas especies, por lo general, no logran adaptarse a ambientes alterados o fragmentados.

Su ausencia indica que las condiciones actuales del ecosistema no son suficientemente adecuadas para sustentar a estas especies especializadas. Esto puede deberse a la degradación del hábitat por actividades humanas como el pastoreo intensivo, la agricultura, el uso del fuego o la cercanía de asentamientos humanos. Incluso en áreas que podrían parecer no degradadas, la proximidad o influencia humana puede alterar la calidad del hábitat de forma sutil pero significativa (ruido, contaminación, fragmentación del paisaje, etc.), impidiendo el establecimiento o permanencia de especies más exigentes ecológicamente.

En síntesis, la ausencia de especies de alta sensibilidad puede interpretarse como un indicador de disminución en la calidad ecológica del sitio y una señal de advertencia sobre la necesidad de implementar acciones de conservación o restauración para recuperar la funcionalidad y biodiversidad del ecosistema.

Tabla 76. Sensibilidad de herpetofauna de la unidad hidrográfica de Leito, Tungurahua.

Sensibilidad	Nº de especies	%
Baja	2	50
Media	2	50
Alta	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda. julio - agosto 2024.

Especies indicadoras de conservación del ecosistema

Durante el monitoreo realizado en la unidad hidrográfica de Leito, se identificó dos especies indicadoras de conservación de ecosistema como *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae*. Estas especies se caracterizan por tener un rango de distribución muy limitado y por el hecho de que sus poblaciones no se

encuentran dentro de áreas protegidas. Los hábitats donde reside están siendo significativamente afectados por actividades humanas como la ganadería y la agricultura. La ausencia de protección oficial y las presiones antropogénicas convierten a *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae* en un indicador clave de la salud ecológica de la zona. Su presencia resalta la urgencia de implementar medidas de conservación. La situación de esta especie refleja los impactos negativos que las actividades humanas pueden ejercer sobre la biodiversidad local.

Distribución vertical

Durante el monitoreo de anfibios realizado en la unidad hidrográfica de Leito, se identificaron cuatro tipos de distribución: terrestre, subdosel, dosel y acuático. Sin embargo, todas las especies registradas utilizaron únicamente el hábitat terrestre, representando el 100% de la distribución observada (Tabla 77). No se detectó actividad de los anfibios en las áreas de subdosel, dosel o en medios acuáticos. Esto sugiere que las especies monitoreadas prefieren exclusivamente el entorno terrestre, descartando el uso de otros estratos o ambientes acuáticos en la zona de estudio. Además, la predominancia absoluta del hábitat terrestre es un dato relevante sobre el comportamiento de estos anfibios.

Tabla 77. Distribución vertical de herpetofauna de la unidad hidrográfica de Leito.

Distribución vertical	N° de especies	%
Terrestre	4	100
Subdosel	0	0
Dosel	0	0
Acuático	0	0

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio - agosto 2024.

Uso del recurso

En la unidad hidrográfica de Leito, no se identificó ningún uso humano relacionado con las cuatro especies de anfibios que fueron registradas (Tabla 78). No se hallaron evidencias de que estas especies fueran empleadas en actividades domésticas, alimenticias o medicinales por la comunidad local. Durante el monitoreo, no se observaron interacciones entre los habitantes y los anfibios en términos de aprovechamiento o manejo. Esto sugiere que, en esta unidad hidrográfica, las especies registradas no forman parte de las prácticas tradicionales ni cumplen funciones directas dentro de la vida cotidiana de los pobladores.

Tabla 78. Uso del recurso de la herpetofauna registrada en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Familia	Especie	Uso del recurso
Hemiphractidae	<i>Gastrotheca riobambae</i>	No
Strabomantidae	<i>Pristimantis gloria</i>	No
Strabomantidae	<i>Pristimantis peruvianus</i>	No
Strabomantidae	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	No

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda. julio - agosto 2024.

III.COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

3.1 INTRODUCCIÓN

Los páramos del Ecuador integran un bioma complejo y heterogéneo cuya composición y estructura varía ampliamente en función de los gradientes de elevación, clima, sustrato geológico e historia biogeográfica. Sus ecosistemas son considerados frágiles y amenazados debido a las presiones generadas por las actividades antropogénicas tradicionales. Sin embargo, esta dinámica surge por la influencia de las políticas agrarias de los años sesenta que limitaron las oportunidades para que los habitantes de estos paisajes altoandinos mejoren su calidad de vida en comparación con los de las zonas bajas (Camacho, 2013; Chuncho y Chunco, 2019; Suárez et al., 2023).

Los páramos constituyen importantes reservorios que abastecen a las cuencas hidrográficas, donde el agua no solamente tiene uso doméstico, sino que también se utiliza en los sistemas de riego, abrevaderos de animales e industria, procurando el desarrollo económico, social y cultural de la población. No obstante, la falta de manejo sostenible de la producción en estas áreas de sensibilidad ecológica ha incrementado la fragmentación del páramo y pérdida de biodiversidad, quemas e incendios de pajonal, compactación y erosión del suelo, contaminación y disminución de los caudales, restando calidad a los servicios ecosistémicos propios del páramo (Chuncho y Chunco, 2019; Suárez et al., 2023).

En Tungurahua se han realizado diferentes estudios e investigaciones relacionadas con el páramo y se han implementado acciones de conservación y restauración financiadas por el Fondo de Páramos del Tungurahua y Lucha Contra la Pobreza (FMPLPT) y el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) en el marco de los Planes de Manejo (PMP) en sus tres componentes: ambiental, productivo y socio-organizativo. Adicionalmente, el Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua (PACT II) ha generado un estudio para conocer el estado actual de la salud del páramo y plantear medidas que contribuyan a la gestión sostenible de las cuencas hidrográficas (PACT II, 2023).

En este sentido, parte fundamental del estudio es realizar un diagnóstico de las condiciones socioeconómicas de la población que se ubica en las zonas altas de las unidades hidrográficas consideradas en el PACT II: Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi, Toallo-Alobamba y Leito, con la finalidad de obtener una visión más integradora de la transformación del paisaje y desarrollar estrategias y/o medidas acorde a la situación actual y requerimientos de las comunidades, consolidando los esfuerzos generados en la provincia para lograr el éxito en la conservación y restauración de los páramos.

OBJETIVOS

General

Realizar un diagnóstico del componente socioeconómico con relación al estado de salud del páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos del PACT II.

Específicos

- Levantar información socioeconómica de las comunidades anexas a los páramos en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi, Toallo-Alobamba y Leito.
- Analizar las condiciones socioeconómicas de la población de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi, Toallo-Alobamba y Leito en función del uso de los recursos naturales del páramo.

3.2 RESULTADOS

El proceso de levantamiento de información para conocer la situación socioeconómica, institucional y soci ecológica de la población de las zonas altas, anexas al bosque/páramo, tuvo su muestreo en varios sectores y comunidades de la provincia de Tungurahua (Anexo 5). Para la UH AHP/TA, se abarcó el cantón Ambato, parroquias Pilahuín y San Fernando, con un total de 15 y 5 comunidades/sectores, respectivamente; para la UH MH se consideró el cantón y parroquia Mocha con 3 sectores, y el cantón

Quero, parroquia Yanayacu-Mochapata, con 4 sectores. Finalmente, en la UH Leito, se levantó información del cantón y parroquia Patate, específicamente del sector San Jorge. A continuación, en la Tabla 79, se puede observar el número de encuestas aplicadas por sitio.

Tabla 79. Sectores, comunidades y asociaciones muestreadas en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Cantón	Parroquia	Comunidad/Sector	N° encuestas	N° mujeres	N° hombres
Ambato (104 encuestas)	Pilahuín (70 encuestas)	Chaqui Estancia	5	3	2
		Cunuyacu Centro	2	0	2
		Diez de Octubre	2	1	1
		El Lindero	5	1	4
		El Salado	8	4	4
		Escaleras	7	3	4
		La Esperanza Centro	3	2	1
		Loma Gorda	14	6	8
		Nueva Vida	2	0	2
		Pucará Grande	5	3	2
		Río Blanco	1	1	0
		Río Colorado	2	2	0
		San Antonio	5	5	0
		Tamboloma	5	5	0
		Yatzaputzán Centro	4	4	0
	San Fernando (34 encuestas)	Calamaca Central	10	5	5
		La Estancia	5	1	4
		Manzana Huaycu	2	2	0
		San Isidro de Tambaló	6	3	3
		Santa Ana de Calamaca	11	6	5
Mocha	Mocha (21 encuestas)	Atillo - Piedra Blanca	10	7	3
		Atillo Bajo	7	4	3
		Mauca Corral	4	1	3
Quero	Yanayacu-Mochapata (19 encuestas)	Doce de Octubre	6	3	3
		Jalao La Playa	4	3	1
		Luis López	4	3	1
		Mochapata	5	4	1
Patate	Patate (33 encuestas)	San Jorge	33	16	17
TOTAL			177	98	79

3.2.1 Dimensión socioeconómica

3.2.1.1 Contexto general de los hogares encuestados

Se aplicó un total de 177 encuestas a jefes/as de hogares pertenecientes a las tres unidades UH de estudio (Figura 53). En la UH AHP/TA, el 55 % de las personas encuestadas corresponden a mujeres, mientras que el 45% restante a hombres. En la UH MH, el 62% fueron mujeres y 38% hombres. Y en UH Leito, se encuestó al 48% de mujeres y 52% de hombres.

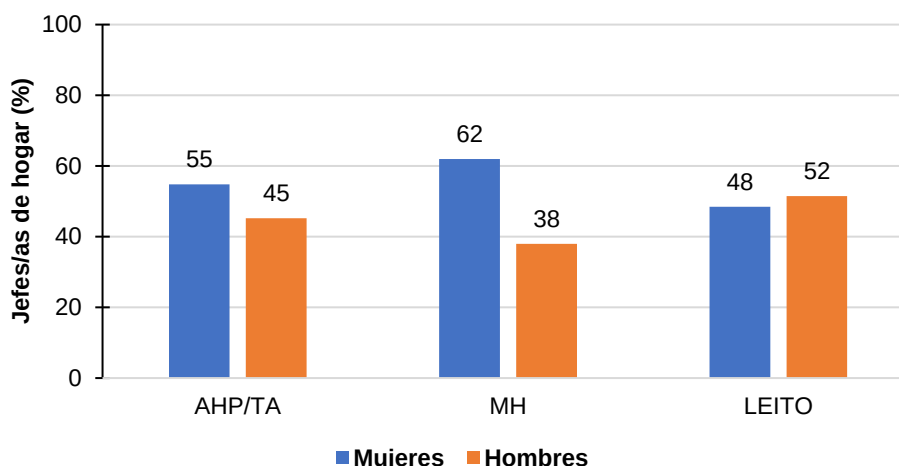


Figura 53. Porcentaje de mujeres y hombres encuestados en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

La edad presentó una mediana de 42 y 52 años para mujeres y hombres respectivamente, en las UH AHP/TA y Leito. En cambio, en la UH MH, la mediana se localizó en los 56 años para mujeres y 64 años para hombres. La diferencia entre las medianas de edad sugiere que en la UH MH existe una población más envejecida, lo que podría reflejar diversas realidades direccionadas por factores socioeconómicos y demográficos. Por lo que, si bien la UH MH presenta un alto envejecimiento, también refleja una baja incorporación de jóvenes a las actividades productivas del sector y posiblemente una menor transmisión de conocimientos entre generaciones. En cambio, en las UH AHP/TA y Leito se observa una mayor participación de adultos en edad productiva donde es posible que existan mejores condiciones para fortalecer los procesos de relevo generacional. A partir de ello, es importante concluir que se requieren políticas diferenciadas para cada unidad de manejo: incorporación juvenil, educación técnica rural, acceso a recursos y apoyo a mujeres en transición generacional. A continuación, en la Tabla 80, se pueden observar los rangos de edad y las diferencias entre el género femenino y masculino de la población encuestada.

Tabla 80. Rangos de edad por género de la población encuestada en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

UH	MUJERES (años)			HOMBRES (años)		
	Mediana	Máximo	Mínimo	Mediana	Máximo	Mínimo
AHP/TA	42	80	20	52	80	28
MH	56	80	25	64	78	25
LEITO	42	77	24	52	83	27

Respecto al estado civil, en todas las UH, el porcentaje de personas casadas sobrepasó el porcentaje de los demás estados. En la UH AHP/TA, le siguieron los estados soltero/a (17%) y viudo/a (12%); y, en la UH Leito, los estados unión libre y viudo/a en igual porcentaje (12%) cada uno. Todos los demás estados civiles representaron menos del 10% de la población encuestada por cada UH (Figura 54a).

El estado civil diferenciado por género mostró que en la UH AHP/TA, las mujeres sobresalieron en el estado viudo/a y soltero/a con el 67 % y 83% respectivamente, mientras que los hombres destacaron con el 54% en el estado casado/a. En la UH MH existió mayor porcentaje de mujeres en todos los estados civiles, a excepción del estado unión libre, donde la proporción de hombres y mujeres fue la misma. En cambio, en la UH Leito, las mujeres destacaron en el estado unión libre (75%) y casado/a (52%), y los hombres en su totalidad (100%) en el estado divorciado/a y soltero/a (Figura 54b).

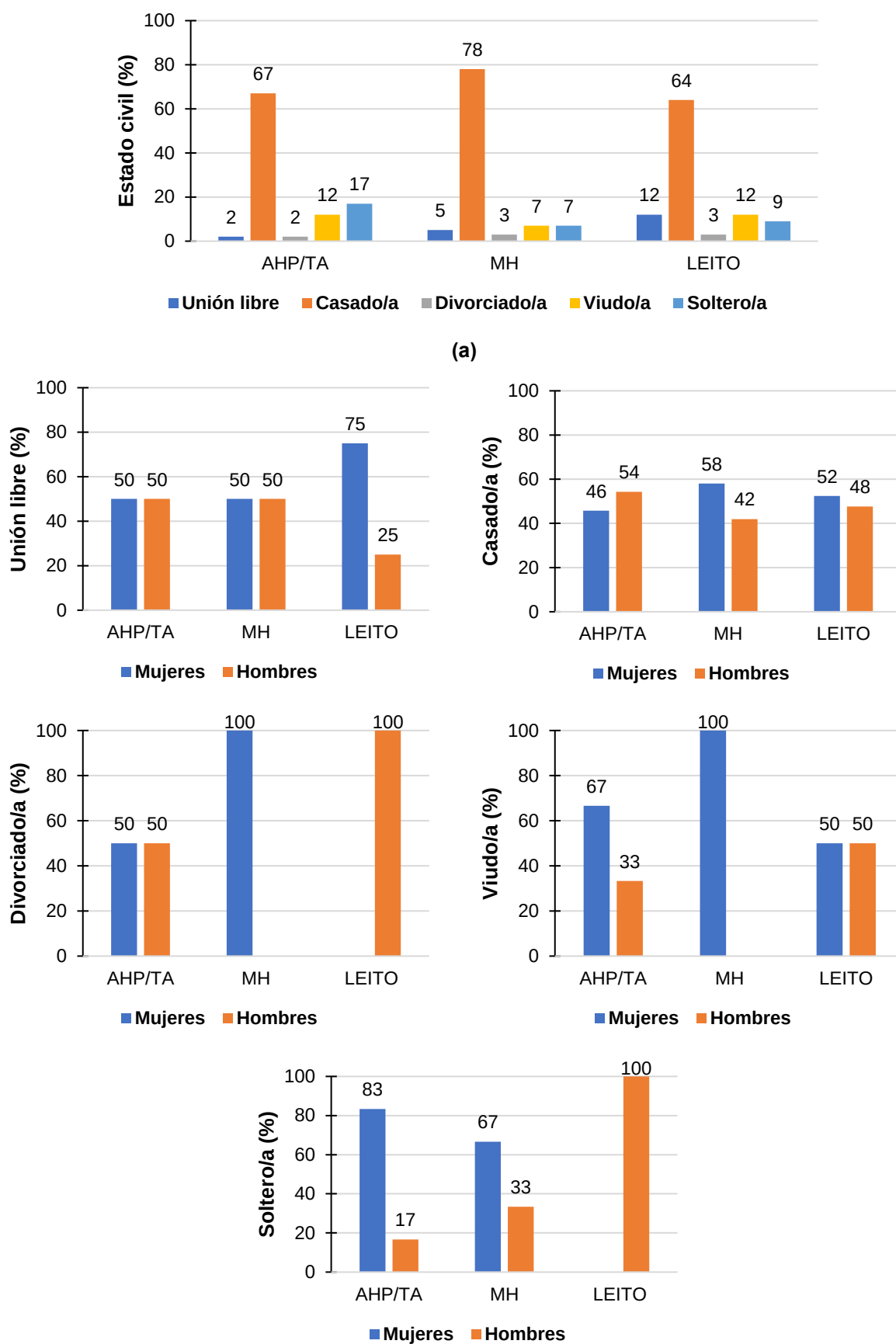


Figura 54. Estado civil de la (a) población general encuestada y (b) por género, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

La identidad cultural de los/las jefes/as de hogar se ubicó entre indígenas y mestizos. Lográndose observar, en la Figura 55a, que el porcentaje de mestizos fue mayor en la UH Leito (91%) y total (100%) en la UH MH; mientras que, en la UH AHP/TA, la cantidad de población indígena sobrepasó altamente (96%) a la población mestiza. En cuanto al género, en la UH AHP/TA las mujeres representaron el porcentaje mayoritario tanto en el grupo de indígenas (54%) como en el de mestizos (75%), en la UH Leito las mujeres sobresalieron en el grupo de indígenas (100%) y los hombres en el de mestizos (57%); mientras que, en la UH MH, con población encuestada netamente mestiza, las mujeres sobrepasaron a los hombres con el 63 % (Figura 55b).

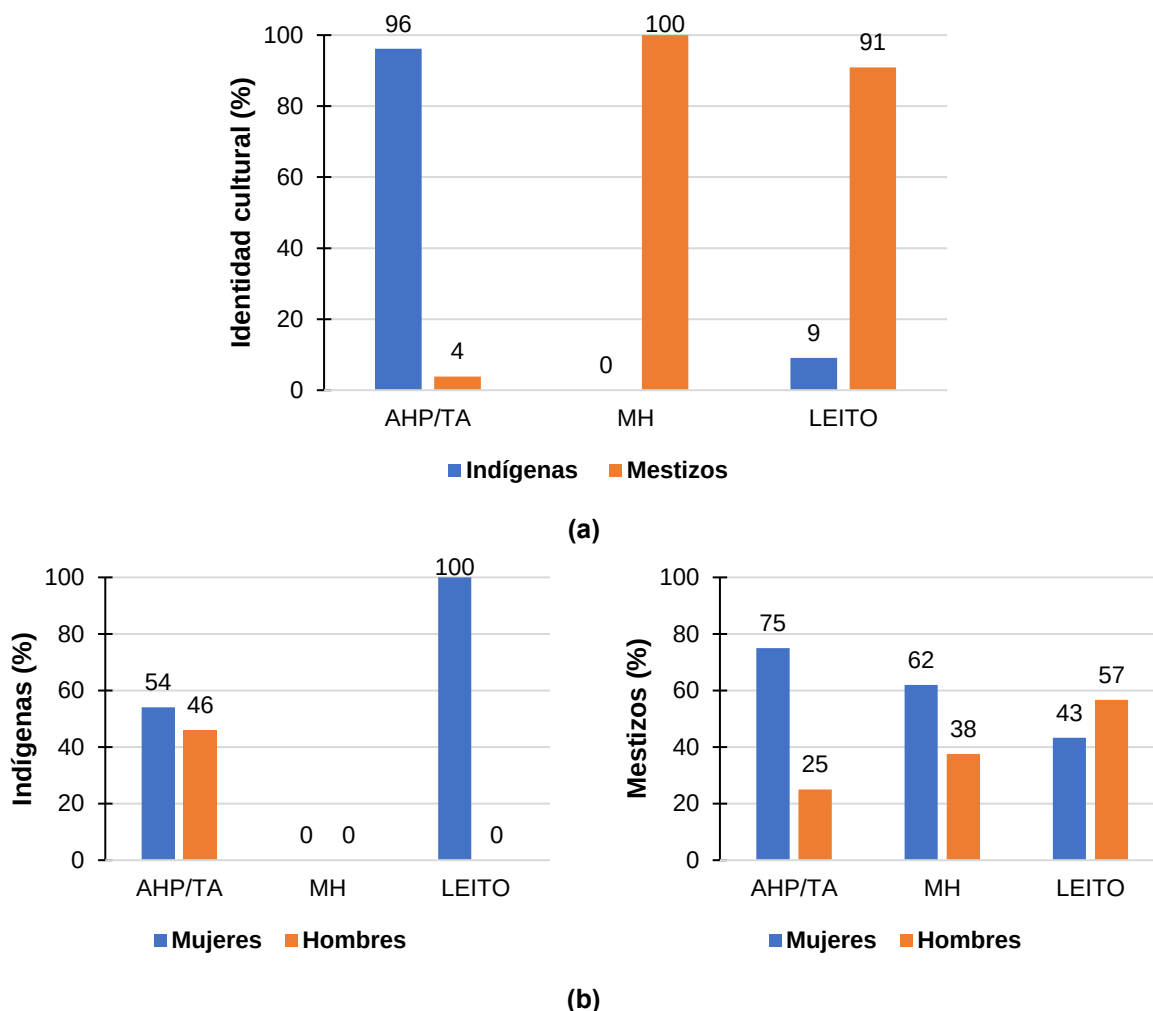
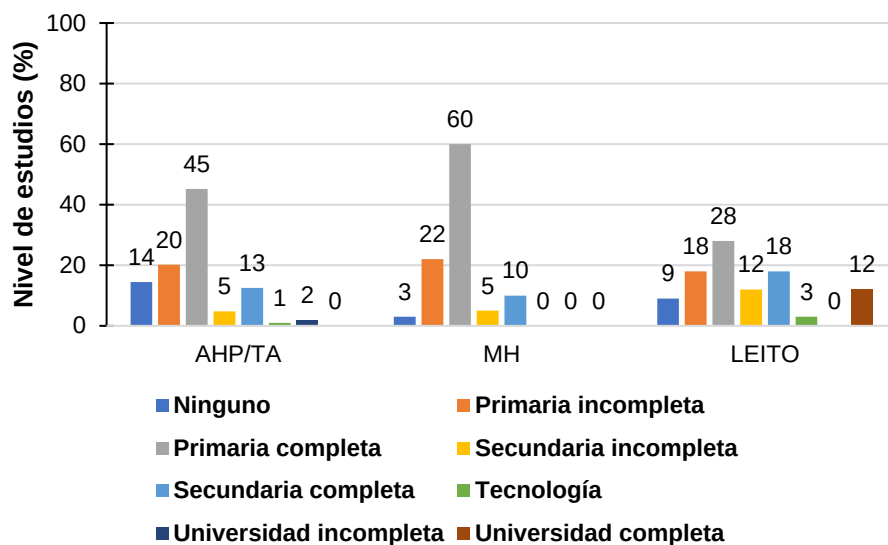


Figura 55. Identidad cultural de la (a) población general encuestada y (b) por género en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

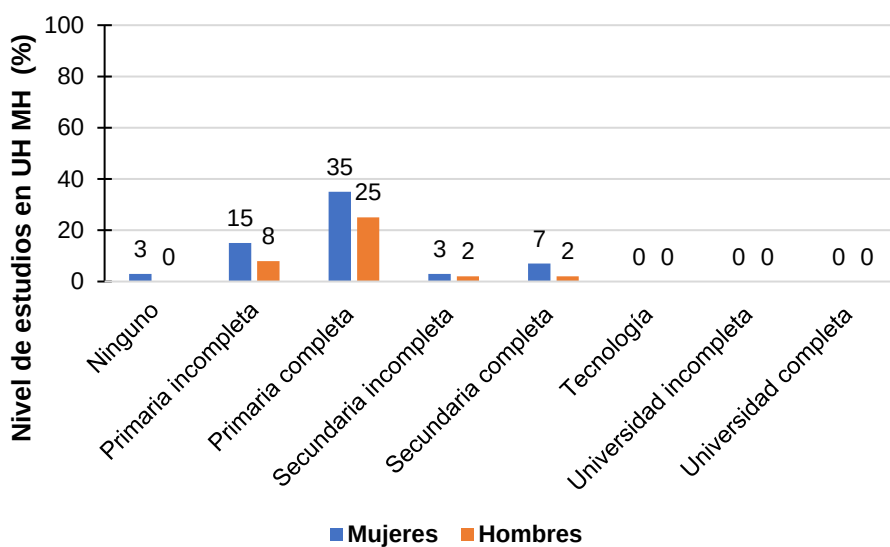
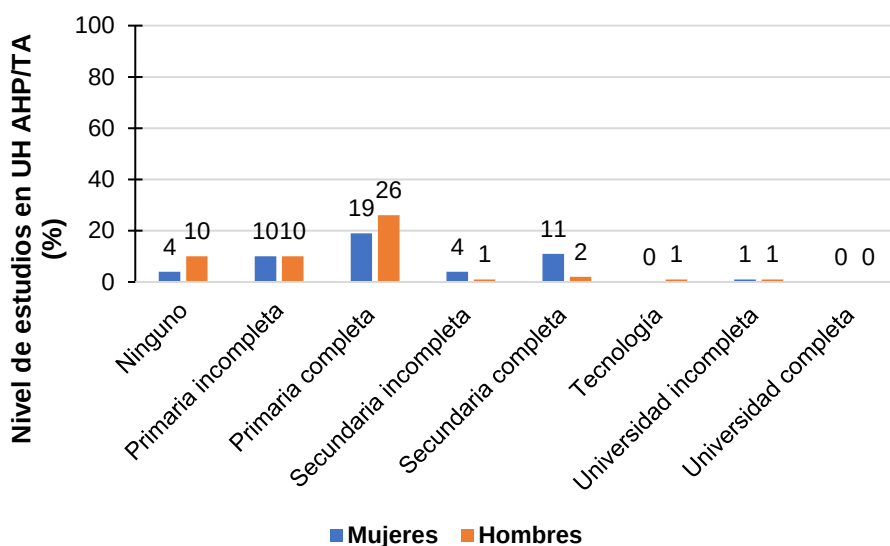
En cuanto a la formación académica o nivel de estudios alcanzados por los/las jefes/as de hogar, en todas las UH prevaleció la primaria completa (Figura 56a). Respecto al porcentaje de mujeres y hombres preparados académicamente se encontró que en la UH AHP/TA, el género femenino predominó en secundaria completa e incompleta, mientras que el género masculino en primaria completa, ninguno y tecnología. En la UH MH, existió mayor cantidad de mujeres preparadas hasta la secundaria completa. Finalmente, en la UH Leito, las mujeres destacaron en secundaria completa, ninguno y tecnología, en tanto que los hombres en primaria completa e incompleta, y universidad completa (Figura 56b).

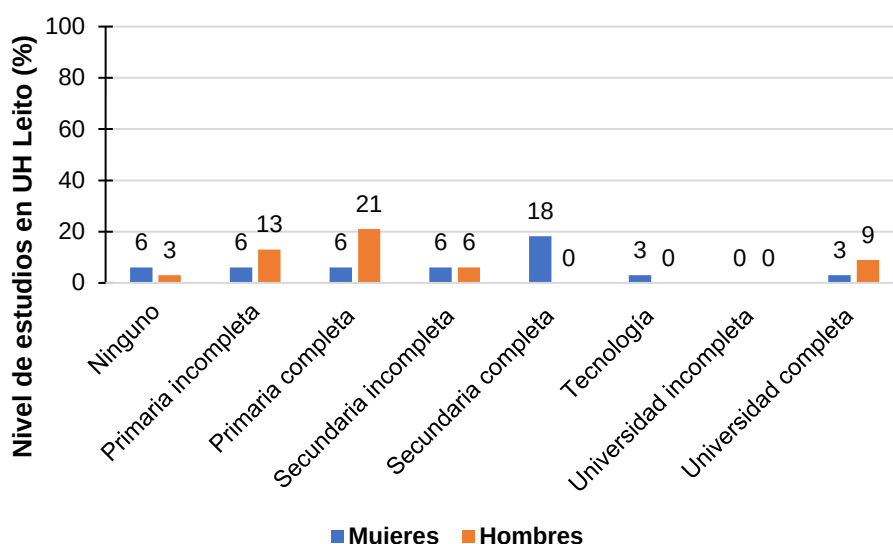
Esto refleja que existe una mayor preparación académica de las mujeres al menos hasta la secundaria en comparación con los hombres, ya que en educación superior sigue siendo mayor el número de hombres en las tres UH. Esta dinámica de instrucción académica está relacionada directamente con la participación y desenvolvimiento de cada género en los espacios de toma de decisiones. Más adelante, en el apartado de "Dimensión institucional", se puede observar como la participación en cada hogar está liderada en su mayoría por ambos géneros, seguido por los hombres y, por último, por las mujeres de forma independiente. Es importante mencionar que, aunque existen algunos resultados positivos respecto a la

incorporación de las mujeres en los PMP, aún persisten limitantes originadas en la cultura machista para que estas puedan culminar sus estudios hacia niveles superiores y que, al lograrlo, tengan la oportunidad de participar activamente y sean tomadas en cuenta sus propuestas para el desarrollo comunitario y conservación del páramo.



(a)





(b)

Figura 56. Nivel de estudios de la (a) población general encuestada y (b) por género en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

3.2.1.2 Ocupaciones principales y complementarias

En cada una de las unidades hidrográficas, el uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales es imprescindible para el desarrollo y sostenibilidad de la calidad de vida de la población, no solamente del sector sino también de las zonas destino que dependen de la producción agropecuaria de las comunidades y sectores estudiados. Con el incremento de la demanda, tanto hombres como mujeres, se han ido involucrando en actividades diversas y complementarias (Tabla 81).

En la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP), el uso de los recursos naturales varía según el género. Las mujeres utilizan el agua principalmente para el consumo humano y animal, incluyendo la preparación de alimentos y el aseo. En cuanto a los recursos vegetales, consumen y venden productos agrícolas como papa, melloco, zanahoria, haba y cebolla. Además, crían animales menores como cuyes, conejos y gallinas, y aprovechan la leche y la carne para el consumo y la venta. Los hombres, por su parte, usan el agua para riego y fumigación, además del consumo doméstico. También se dedican a la venta de pastos y productos agrícolas, así como a la crianza y comercialización de toros, terneros, peces y leche. En cuanto al manejo en AHP de estos recursos implica la participación activa de las mujeres en actividades de mantenimiento de huertos familiares, incluyendo la siembra, el aporque y la cosecha. También se encargan de la vacunación y el cuidado del ganado de leche. Los hombres participan en mingas de limpieza de fuentes hídricas y realizan actividades agrícolas a mayor escala, como la compra y aplicación de abonos y fumigación de cultivos. También manejan la crianza de ganado de carne y piscicultura, garantizando la producción de proteínas animales. El aprovechamiento de estos recursos en AHP beneficia tanto a nivel económico como alimentario. Las mujeres transforman los productos agrícolas y pecuarios en alimentos para sus familias y generan ingresos con la venta de excedentes. Los hombres, al comercializar productos agrícolas y pecuarios a mayor escala, generan mayores ingresos económicos, fortaleciendo la economía familiar y comunitaria (Tabla 81).

En la unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH), las mujeres usan el agua para el consumo humano y animal, mientras que los hombres también la utilizan para actividades agrícolas. En cuanto a los recursos vegetales, las mujeres consumen y venden productos agrícolas como papa y cebolla, mientras que los hombres comercializan pastos y cultivos agrícolas. En el ámbito pecuario, las mujeres crían ganado para la producción de leche y comercializan terneros, mientras que los hombres se dedican a la venta de toros y terneros, además de la producción lechera. El manejo de estos recursos naturales en la UH MH incluye la asistencia de las mujeres a reuniones de juntas de agua y el mantenimiento de huertos familiares, con actividades como la siembra, el aporque y la cosecha. En el sector pecuario, se encargan de la crianza y vacunación del ganado lechero. Los hombres, por su parte, participan en mingas de limpieza de tanques

de agua y en la compra y aplicación de abonos. También manejan cultivos comerciales como la papa y el pasto, además de encargarse de la crianza del ganado de carne y leche. El aprovechamiento de los recursos naturales en MH se refleja en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos. Las mujeres destinan los productos agrícolas y pecuarios al consumo familiar y a la venta en menor escala, mientras que los hombres generan ingresos a través de la comercialización de productos en mercados más amplios (Tabla 81).

En la unidad hidrográfica Leito, las mujeres también utilizan el agua principalmente para el consumo humano y animal. Además, aprovechan los recursos vegetales mediante el consumo y venta de cultivos como maíz y papa; y utilizan el pasto como alimento para el ganado. En el caso de los recursos pecuarios, crían ganado lechero y comercializan leche. Los hombres, además de los usos domésticos del agua, participan en la venta de productos agrícolas, con un enfoque mayor en el maíz, y en la comercialización de ganado de carne. El manejo de los recursos en esta unidad implica la participación de las mujeres en reuniones comunitarias sobre el agua y en actividades agrícolas como la siembra, el aporque y la cosecha. En el sector pecuario, se encargan de la crianza del ganado lechero y su vacunación. Los hombres contribuyen con la limpieza de tanques y ojos de agua en mingas comunitarias. También manejan los cultivos de maíz y pastos mediante la compra y aplicación de abonos, además de encargarse de la crianza de ganado de carne y, en menor medida, de ganado lechero. El aprovechamiento de los recursos naturales en esta unidad genera beneficios tanto para la alimentación como para la economía. Las mujeres utilizan los productos agrícolas y pecuarios para el consumo familiar y venden excedentes a pequeña escala. Los hombres, por otro lado, generan ingresos mediante la venta de productos agrícolas y de carne, lo que contribuye al desarrollo económico de sus hogares y comunidades (Tabla 81).

Tabla 81. Matriz de uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales por género en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

		UH AHP/TA	
Gen	Uso	Manejo	Aprovechamiento
Mujeres	Agua: Consumo humano (beber, cocinar, aseo) y consumo animal (abrevaderos). Plantas: Consumo y venta de productos agrícolas (papa, melloco, zanahoria, haba y cebolla). Animales: Consumo y venta de leche, venta de terneros, cuyes y conejos; consumo de gallinas.	Agua: Asistencia a reuniones de la junta de agua. Plantas: Actividades de mantenimiento de cultivos o huertos familiares (siembra, aporque y cosecha). Animales: Crianza de animales menores (ovejas, cuyes, conejos y gallinas) y de ganado de leche (vacunación).	Agua: Ingrediente para preparación de comida, hidratación humana y animal, y limpieza. Plantas: Alimento humano, animal y réditos económicos. Animales: Alimento humano y réditos económicos.
	Agua: Consumo humano (beber, cocinar, aseo) y animal (abrevaderos), y para riego (fumigación). Plantas: Venta de pasto y de productos agrícolas (papa, melloco, zanahoria, haba y cebolla). Animales: Venta de toros, terneros, pescado y leche.	Agua: Asistencia a reuniones de la junta de agua y participación en mingas de limpieza. Plantas: Actividades de mantenimiento de cultivos comerciales (siembra, aporque y cosecha) y pasto. Compra y aplicación de abono. Fumigación. Animales: Crianza de ganado de carne (vacunación) y piscicultura.	Agua: Ingrediente para preparación de comida, hidratación humana y animal, producción de cultivos y limpieza. Plantas: Réditos económicos. Animales: Réditos económicos.
		UH MH	
Gen	Uso	Manejo	Aprovechamiento
Mujeres	Agua: Actividades de consumo humano (beber, cocinar, aseo) y consumo animal (abrevaderos). Plantas: Consumo y venta de productos agrícolas (papa y cebolla). Animales: Consumo y venta de leche, y venta de terneros.	Agua: Asistencia a reuniones de la junta de agua. Plantas: Actividades de mantenimiento de cultivos o huertos familiares (siembra, aporque y cosecha). Animales: Crianza de ganado para leche (vacunación).	Agua: Ingrediente para preparación de comida, hidratación humana y animal, y limpieza. Plantas: Alimento humano y réditos económicos. Animales: Alimento humano y réditos económicos.

Hombres	Agua: Actividades de consumo humano (beber, cocinar, aseo) y animal (abrevaderos). Plantas: Venta de pasto y de productos agrícolas (papa y cebolla). Animales: Venta de toros, terneros y leche.	Agua: Participación en mingas de limpieza de los tanques de agua. Plantas: Actividades de mantenimiento de cultivo de papa (siembra, aporque y cosecha) y pasto. Compra y aplicación de abono. Animales: Crianza de ganado de carne y leche (vacunación).	Agua: Ingrediente para preparación de comida, hidratación humana y animal, y limpieza. Plantas: Réditos económicos. Animales: Réditos económicos.
Gen	Uso	UH Leito Manejo	Aprovechamiento
Mujeres	Agua: Consumo humano (beber, cocinar, aseo) y animal (abrevaderos). Plantas: Venta y consumo menor de productos agrícolas (maíz y papa) y consumo de pasto por el ganado. Animales: Consumo y venta de leche.	Agua: Asistencia a reuniones de la junta de agua. Plantas: Actividades de mantenimiento de cultivos (siembra, aporque y cosecha) y pasto. Animales: Crianza de ganado de leche (vacunación).	Agua: Ingrediente para preparación de comida, hidratación humana y animal, y limpieza. Plantas: Alimento humano y animal, y réditos económicos. Animales: Alimento humano y réditos económicos.
Hombres	Agua: Consumo humano (beber, cocinar, aseo) y animal (abrevaderos). Plantas: Venta de productos agrícolas (sobre todo de maíz y en menor medida, papa). Animales: Venta de ganado (carne).	Agua: Participación en mingas de limpieza de los tanques y ojos de agua. Plantas: Actividades de mantenimiento de cultivos (siembra, aporque y cosecha) y pasto. Compra y aplicación de abono. Animales: Crianza de ganado de carne y en menor medida, de leche (vacunación).	Agua: Ingrediente para preparación de comida, hidratación humana y animal, y limpieza. Plantas: Alimento animal y réditos económicos. Animales: Réditos económicos.

Según la disponibilidad de recursos humanos, técnicos, financieros, materiales y tecnológicos, cada UH presentó inclinación por ciertas actividades. Por ejemplo, en la UH AHP, el acceso a riego, así como la presencia constante de lluvias han favorecido en gran manera el establecimiento de cultivos comerciales (papa, melloco, zanahoria, haba y cebolla) y mantenimiento de pastos para la crianza de ganado tanto de leche como de carne. Mientras que, en la UH MH, el número de actividades productivas va disminuyendo (cultivo de papa y ganado de leche) por no contar con suficiente riego; sin embargo, la presencia de lluvias aún se considera alta. En contraste, en la UH Leito, las actividades se han restringido en su mayoría a la agricultura (monocultivo de maíz), y esta con pérdidas significativas debido a los períodos de sequía que se han presentando durante los últimos años, situación que se agrava con la falta de riego en el sector.

Por tanto, los ingresos económicos de los hogares están supeditados a las oportunidades que se han logrado identificar en el territorio o fuera del mismo. En la Figura 57a se visualiza la ocupación principal de cada jefe/a de hogar encuestado y en la Tabla 82, los ingresos mensuales derivados del conjunto de actividades laborales ejecutadas por hogar. Además, en la Figura 58 se muestra la posibilidad de movilidad ocupacional y en la Figura 59, el porcentaje de migración de la población.

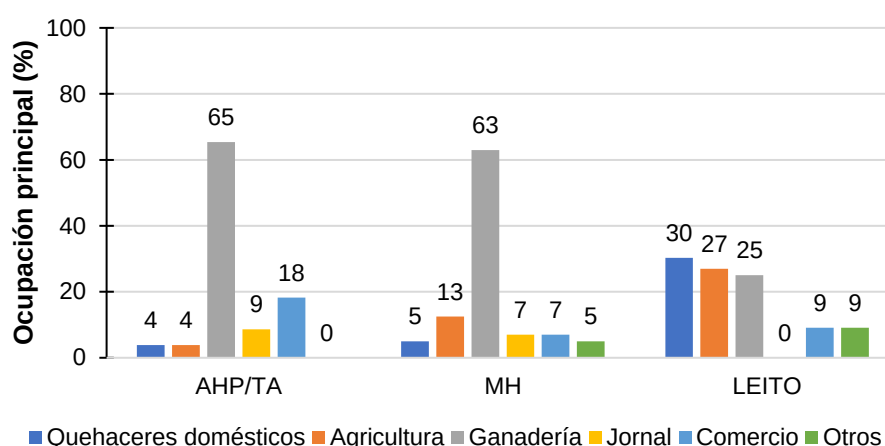
En relación a la ocupación principal, la ganadería (leche y carne) es la que más destacó en las UH AHP/TA (65 %) y MH (63 %), con más del 60 % de la población dedicada a esta labor (Figura 57a). Este predominio refleja la importancia de la ganadería como fuente de ingresos y sustento en estas regiones, donde la cría de ganado no solo proporciona productos para el autoconsumo, sino que también impulsa la economía local a través de la comercialización de leche, carne y derivados. La disponibilidad de pastos y el acceso al agua en estas unidades pueden haber favorecido el desarrollo de esta actividad sobre otras opciones económicas. Sin embargo, esto también se traduce en una mayor extensión de la frontera pecuaria que generará presiones hacia el páramo y afectará a sus servicios ecosistémicos. El análisis multitemporal de la cobertura vegetal indica que los pastos son el principal impulsor de cambio de uso del suelo en estas

UH, por lo que es imperante considerar nuevas estrategias y consolidar las ya existentes para mantener e incrementar la salud del páramo.

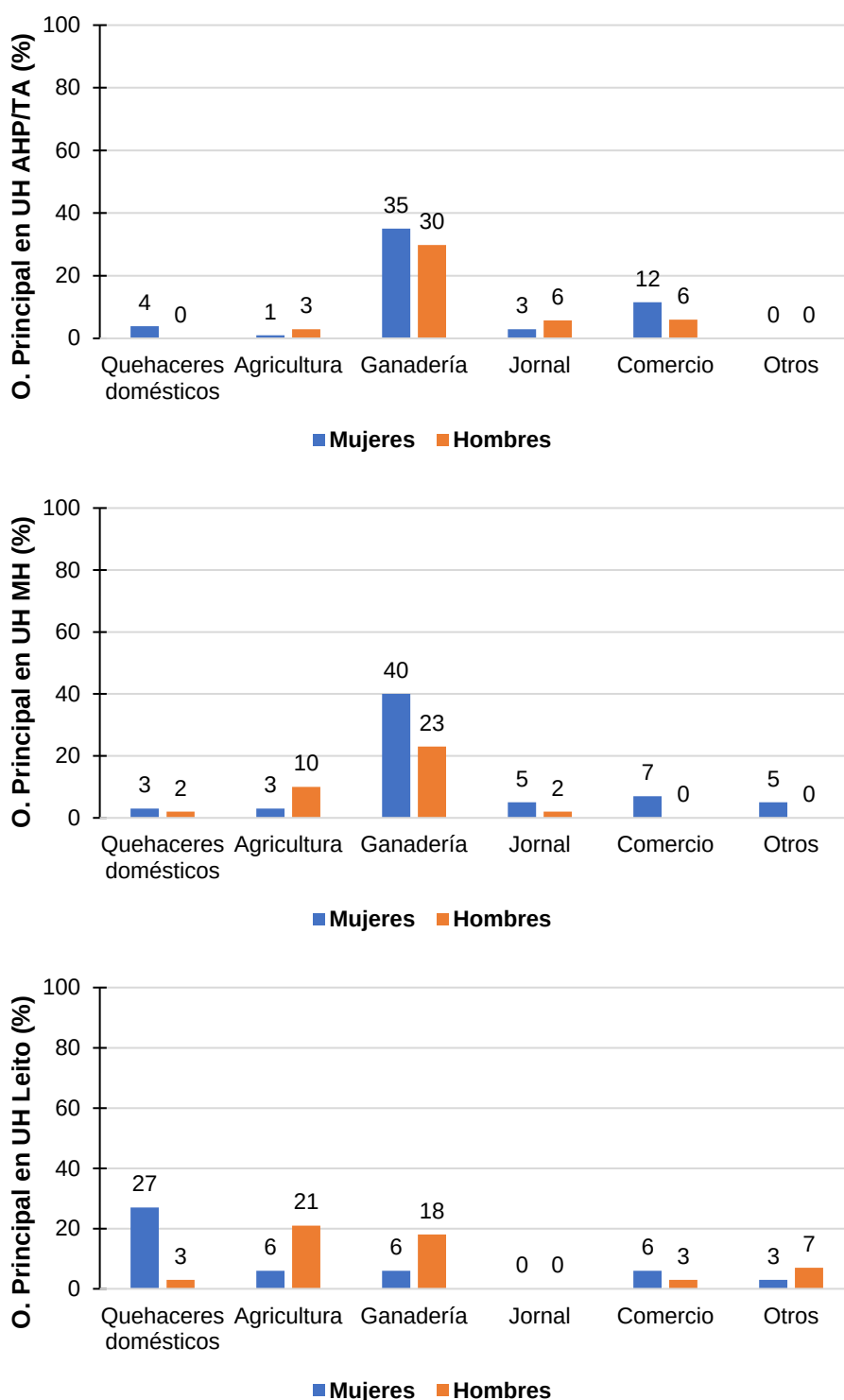
Mientras tanto en Leito, los valores más altos se encontraron en las actividades de quehaceres domésticos (30%), agricultura (27%) y ganadería (25 %) (Figura 57a). Todas las demás actividades se localizaron con un valor menor al 20%. Esto sugiere una diversificación de actividades en comparación con las otras unidades hidrográficas, lo que puede estar relacionado con factores como el acceso a tierras agrícolas, las condiciones climáticas o las dinámicas socioculturales de la zona. La mayor proporción de personas dedicadas a los quehaceres domésticos indica un enfoque en el trabajo no remunerado dentro del hogar, lo que podría estar asociado a la distribución de roles de género en la comunidad.

Finalmente, la presencia de ocupaciones catalogadas dentro del apartado "otros", como costura, estilismo, cocina y empleo privado, en las unidades MH y Leito, sugiere la existencia de una diversificación económica en estos territorios. Estas actividades pueden representar alternativas viables para quienes no se dedican a la ganadería o la agricultura, evidenciando una mayor dependencia de fuentes de ingresos fuera del sector primario en comparación con AHP/TA. Esto podría estar relacionado con un mayor acceso a mercados, oportunidades de empleo o cambios en las dinámicas productivas locales.

En la UH AHP/TA, las mujeres sobresalieron en la ganadería (35 %), comercio (12 %) y quehaceres domésticos (4 %), mientras que los hombres en el jornal (6 %) y agricultura (3 %). En la UH MH, la mayoría de las mujeres indicaron que se dedican principalmente a la ganadería (40 %), comercio (7%), jornal (5 %) y quehaceres (3 %), y los hombres a la agricultura (10 %). Por último, en la UH Leito, las mujeres destacaron en quehaceres domésticos (27 %) y comercio (6 %), en cambio los hombres en agricultura (21%) y ganadería (18 %), tal y como se observa en la Figura 57b. Según los resultados obtenidos en relación a las ocupaciones principales por género, la mayoría de las mujeres se quedan en casa, mientras que, los hombres salen a trabajar a la ciudad para complementar los ingresos, lo que implica un mayor número de responsabilidades productivas y domésticas (trabajo no remunerado) a cargo de la mujer provocando jornadas más largas de trabajo, mayor desgaste físico y mental, y menor tiempo libre o de descanso para capacitarse. En este contexto se pueden proponer programas específicos para mujeres ganaderas: formación técnica, asociatividad, acceso a mercados; además de fomentar la corresponsabilidad en el hogar y el trabajo familiar, incluyendo el análisis de carga global del trabajo en diagnósticos rurales participativos.



(a)



(b)

Figura 57. Ocupación principal de los/las jefes/as de hogar (a) en total por UH y (b) por género, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocho Huachi (MH), Leito.

Los ingresos mensuales por hogar se establecieron en un rango de \$ 2160 a \$ 100 con una mediana de \$ 250 para la UH AHP/TA, en MH desde los \$ 6500 hasta los \$ 100 con una mediana de \$ 550; mientras que, en Leito, desde \$ 1300 hasta \$ 100 y una mediana de \$ 350 (Tabla 82). Los mayores ingresos mensuales se identificaron en la UH MH, donde varios habitantes cuentan con grandes extensiones de terreno para la producción agropecuaria, y, por ende, el ingreso de su comercialización es mayor que la de otros hogares. Estos resultados muestran que la tenencia de tierras y la capacidad de producción agropecuaria juegan un papel determinante en la generación de ingresos. Mientras que en MH se identifican ingresos significativamente más altos gracias a la comercialización de productos en mayor

escala, en las otras unidades los ingresos son más limitados, lo que sugiere posibles restricciones en el acceso a recursos productivos o en las oportunidades de mercado.

Con respecto a los valores del ingreso mensual por hogar y el costo mensual de la canasta básica familiar para Ambato (\$782,73) en el periodo de levantamiento de información (INEC, agosto 2024), las familias de la UH MH se encontraron en condiciones de cubrir el 70% de la canasta básica, mientras que las de Leito el 45% y las de AHP solo el 32%. De esta manera, MH cuenta con mayor seguridad económica, Leito presenta una condición de pobreza por ingresos, limitada capacidad de ahorro, inversión o manejo de emergencias, en tanto que AHP un mayor riesgo económico o vulnerabilidad económica lo que implica que probablemente las familias no consigan satisfacer sus necesidades básicas y exista un alto nivel de endeudamiento informal. Por lo tanto, al tratarse de zonas clave de recarga hídrica, es fundamental la aplicación de medidas como incentivos por conservación, mecanismos de compensación, y subsidios para alimentos, salud y educación que logren reducir la presión sobre los ecosistemas de páramo y bosque.

Tabla 82. Ingresos mensuales por hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito en Tungurahua.

UH	Promedio	Máximo	Mínimo	Mediana	Moda
AHP/TA	\$ 340	\$ 2160	\$ 100	\$ 250	\$ 200
MH	\$ 1393	\$ 6500	\$ 100	\$ 550	\$ 300
LEITO	\$ 455	\$ 1300	\$ 100	\$ 350	\$ 250

Los resultados en cuanto a la movilidad ocupacional mostraron que, en las tres UH, la mayor parte de los/las jefes/as de hogar indicaron no tener la posibilidad u oportunidad para cambiar de actividad laboral, ya sea por falta de recursos económicos y de sistemas de riego, tamaño de terreno, accesibilidad (vías) y capacitaciones en el área productiva, e incluso por la edad avanzada, en algunos casos. Por otro lado, la población restante que indicó que si puede cambiar su actividad laboral en la UH AHP/TA se inclinó por la agricultura y ganadería comercial, piscicultura (trucha) y porcicultura, venta de animales menores (cuyes y conejos), empleo en subcentros, veterinarias, centros comerciales, centros de acopio y de enfriamiento de leche; o, establecimiento de restaurantes, talleres de costura y tiendas. En la UH MH, se propendió a la fabricación de productos lácteos; y, en Leito, al desarrollo de la agricultura comercial (frutas), crianza de animales menores (cuyes) y actividades de conservación en áreas protegidas ligadas al turismo.

En este sentido, se puede visualizar en la Figura 58 los porcentajes de movilidad ocupacional por género y UH, donde la mayor parte de las mujeres de AHP/TA (37%) y MH (60%) expusieron que se les dificulta cambiar de actividad laboral debido a la falta de mantenimiento de los sistemas de riego, de mejoramiento de vías y diversificación de capacitaciones en el eje productivo, además de no contar con los recursos económicos suficientes; mientras que, en Leito se les dificulta más a los hombres (37%) por razones como la falta de recursos económicos, ausencia de sistemas de riego y limitantes para acceder a terrenos de mayor tamaño, principalmente.

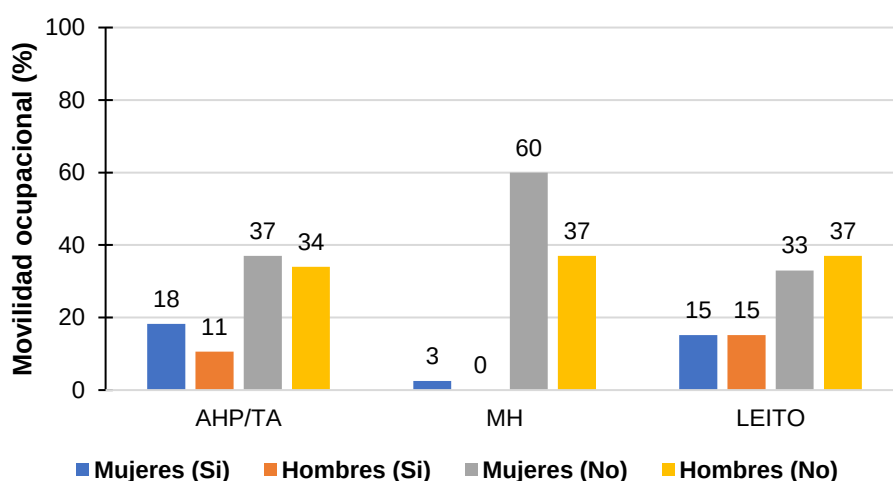
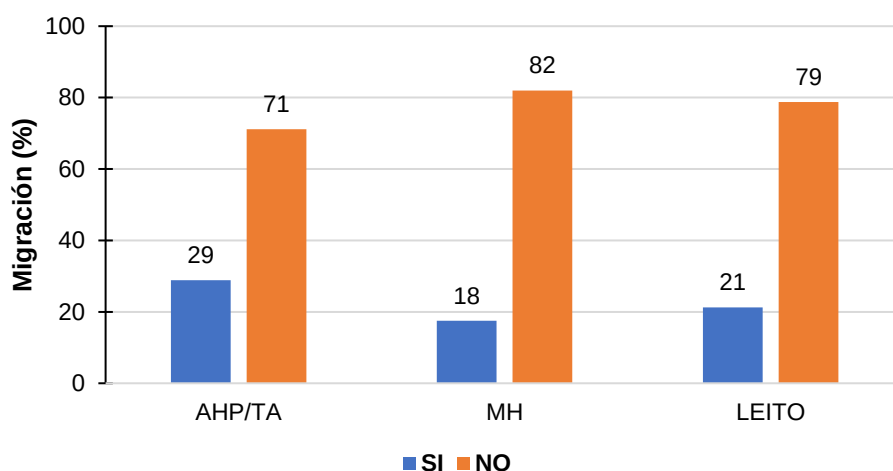
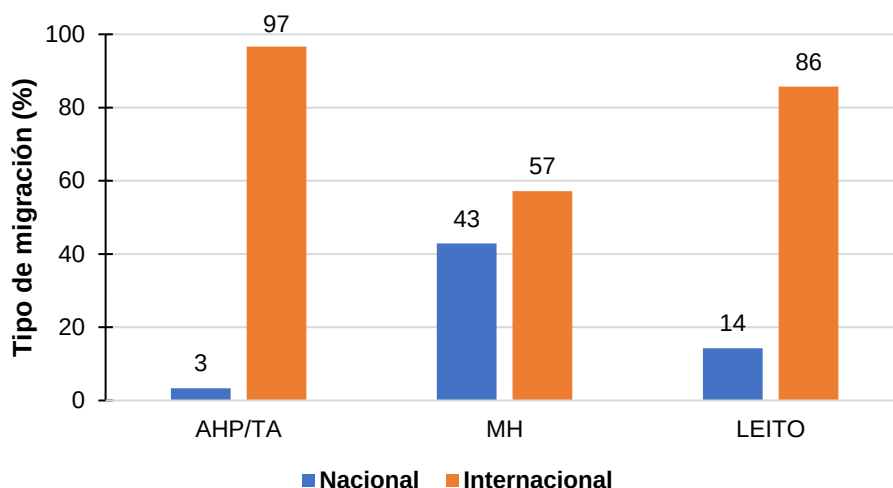


Figura 58. Movilidad ocupacional de los/las jefes/as de hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

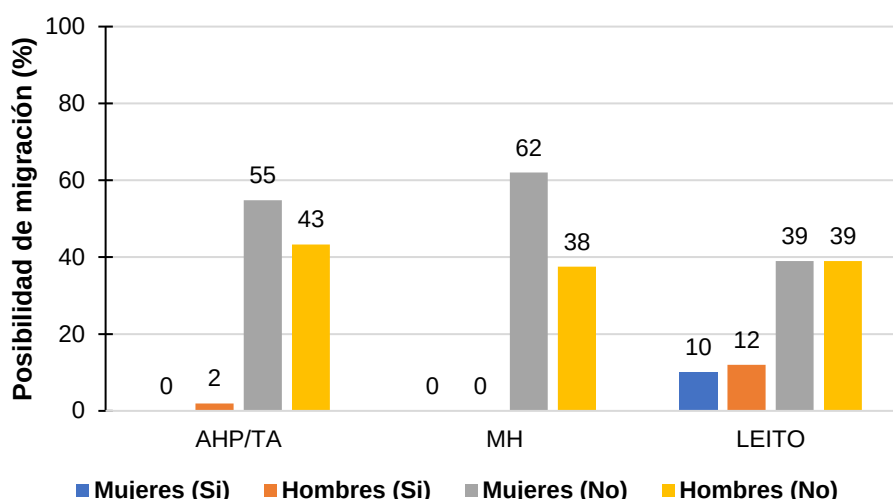
La migración también fue evaluada y se encontró que en la UH AHP/TA se registra la migración más alta con un 29%, en comparación con la de Leito (21%) y MH (18%). Estos resultados confirman que los hogares de AHP al percibir menos ingresos económicos no han logrado satisfacer sus necesidades básicas y por ende han migrado más que sus homólogos (Figura 59a). Las actividades en las que más se han empleado los migrantes corresponden a trabajos de construcción, mecánica, fábricas de alimentos, hoteles, limpieza, empleo doméstico y cocina. El porcentaje de migración nacional (Los Ríos, Esmeraldas, Santo Domingo, Pichincha y Galápagos) fue menor que la internacional (EE.UU. y España) para cada una de las unidades hidrográficas (Figura 59b). Además, la posibilidad de migración manifestada por los/las jefes/as de hogar fue mínima en la UH AHP/TA (2%), nula para la UH MH y mayor (22 %) para Leito. Tanto en la UH AHP/TA como en la de Leito, fue mayor la cantidad de hombres que de mujeres dispuestos a migrar (Figura 59c).



(a)



(b)



(c)

Figura 59. Migración, tipo de migración y posibilidad de migración por género en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), b) Mocha Huachi (MH), y c) Leito.

3.2.1.3 Tenencia de la tierra

Con respecto a la tenencia de la tierra se evaluaron cuatro categorías: privada, comunitaria, rentada y otra. Se obtuvo que la mayor parte de la población cuenta con terrenos privados o propios en las tres unidades hidrográficas en estudio. Este resultado sugiere una estabilidad en el acceso a la tierra para la producción agropecuaria y la vivienda. La propiedad privada permite a las familias tomar decisiones autónomas sobre el uso de sus tierras, lo que influye directamente en su capacidad de producción y en la planificación a largo plazo.

En las unidades hidrográficas AHP/TA y Leito, la presencia de terrenos rentados y prestados es mínima, lo que indica que la mayoría de los productores trabajan en sus propias tierras sin depender de terceros. Este factor puede contribuir a una mayor seguridad económica y productiva, ya que evita costos adicionales por arrendamiento y reduce la incertidumbre sobre el acceso a los terrenos. La categoría "otra", que incluye terrenos prestados, sugiere que algunas familias pueden estar utilizando tierras sin una tenencia formal, lo que podría generar limitaciones en términos de inversión y aprovechamiento del suelo.

Adicionalmente, un aspecto distintivo de la UH AHP/TA es la presencia de terrenos de propiedad comunitaria, lo que refleja un sistema de gestión colectiva de la tierra en algunos sectores (Tabla 83). Este tipo de tenencia está relacionado con prácticas tradicionales de organización comunal, donde la tierra es compartida y administrada colectivamente para beneficio de la comunidad. Sin embargo, la ausencia de este tipo de propiedad en las otras unidades sugiere que la estructura de tenencia ha evolucionado hacia un modelo más individualizado.

Tabla 83. Tipo de tenencia de los/las jefes/as de hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

UH	Privada (%)	Comunitaria (%)	Rentada (%)	Otra (%)
AHP/TA	60	38	0	2
MH	100	0	0	0
LEITO	94	0	12	3

Entre las ventajas de contar con tierras comunales se encuentra la facilidad de manejo en zonas estratégicas, como las unidades hidrográficas en estudio, ya que se estará evitando la fragmentación del páramo/bosque, caso contrario a lo que sucede con propiedades individuales. Además, a través de las normas colectivas se puede regular el uso del agua, pastoreo, carga animal, quemadas y tala, con la aplicación de sanciones por incumplimiento. Todo aquello puede llevarse a cabo con éxito siempre que exista

una organización comunitaria sólida, con reglas claras y acatadas por todos los miembros, incluyendo mecanismos de vigilancia, monitoreo y resolución de conflictos, así como el reconocimiento legal del derecho sobre la tierra.

El tamaño de los terrenos en la UH AHP/TA en mediana fue de 2 ha (máx. 57 ha y mín. 0,004) (Tabla 84) este dato evidencia una fuerte disparidad en la tenencia de tierras, donde algunas familias tienen propiedades extensas, mientras que otras apenas cuentan con espacios mínimos, posiblemente destinados a huertos o pequeñas actividades productivas. La presencia de terrenos extremadamente pequeños puede limitar la autosuficiencia y la generación de ingresos, lo que sugiere la necesidad de estrategias que permitan optimizar el uso del suelo en estos casos.

En la UH MH el rango de tamaño de los terrenos es amplio, fueron desde 0,3 ha hasta 80 ha con una mediana de 2 ha (Tabla 84). La existencia de grandes extensiones de tierra sugiere que algunos productores cuentan con condiciones favorables para la ganadería y la agricultura a gran escala, lo que podría explicar los mayores ingresos en esta unidad hidrográfica. Sin embargo, la presencia de terrenos pequeños también indica que hay familias con acceso limitado a la tierra, lo que podría generar desigualdades en la producción y comercialización de bienes agropecuarios. Además, es significativo acotar que los resultados obtenidos en el análisis multitemporal corroboran que la UH MH presenta la tasa más alta en el cambio de uso de suelo, donde el páramo ha sido reemplazado por las zonas agropecuarias.

En Leito la mediana del tamaño de los terrenos es mayor, con 4 ha (máx. 13 ha y mín. 0,01), aunque el tamaño promedio de los terrenos es superior al de las otras unidades, sigue existiendo una brecha significativa entre los propietarios de grandes y pequeñas extensiones. El hecho de que Leito presente la mediana más alta podría estar relacionado con su diversificación de actividades económicas, donde la agricultura y los quehaceres domésticos tienen una mayor representación en comparación con MH y AHP/TA, donde predomina la ganadería (Tabla 84).

Tabla 84. Tamaño de terrenos en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

UH	Promedio (ha)	Máximo (ha)	Mínimo (ha)	Mediana (ha)	Moda (ha)
AHP/TA	5	57	0,004	2	1
MH	7	80	0,3	2	2
LEITO	5	13	0,01	4	7

En relación con la obtención legal del terreno, en la Figura 60 se puede observar el porcentaje de jefes/as de hogar que contaron con título de propiedad. En la UH MH, toda la población posee título; mientras que, en las UH AHP/TA y Leito, el 50 % y 6 % respectivamente, no lo tiene. Esto debido a que son terrenos subdivididos por herencia, les pertenecen legalmente a otras personas (arrendados o prestados), o son de propiedad comunal o de alguna asociación. Además, del total de personas que poseen título de propiedad en la UH MH, la mayoría de las mujeres legalizaron sus terrenos (62%); mientras que, en la UH Leito sucedió lo contrario, los hombres sobrepasaron con un 48 % a las mujeres. Finalmente, en la UH AHP/TA, el porcentaje de hombres y mujeres con título de propiedad fue el mismo (25 %).

La diferencia entre el porcentaje de hombres y mujeres que han legalizado sus tierras se puede explicar en el caso de MH, donde las mujeres predominan como titulares, que al ser una zona altamente ganadera para la comercialización de leche principalmente, se han establecido instalaciones comunitarias como los centros de acopio como un punto de conexión entre los productores y las plantas procesadoras de lácteos. Es por ello que sus habitantes, donde la mayor parte de las mujeres tienen a cargo las actividades ganaderas (mientras que los hombres se dedican a la agricultura), tratan de mantener sus documentos en regla para seguir participando de estos procesos productivos.

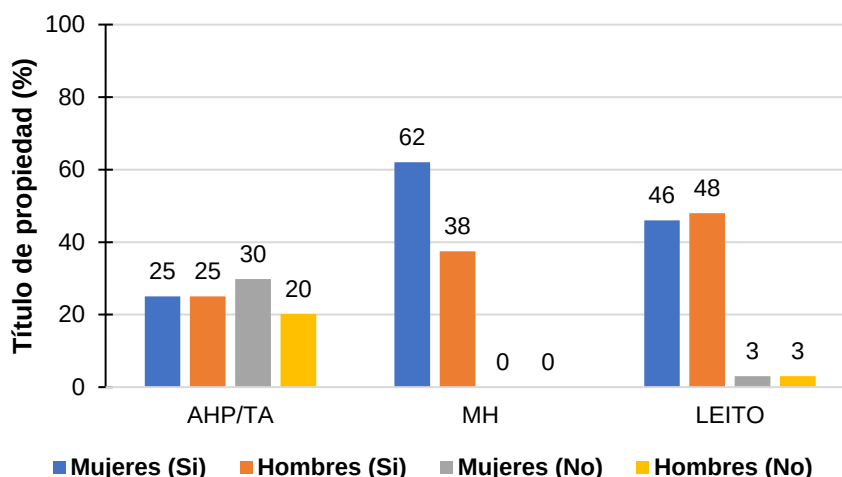
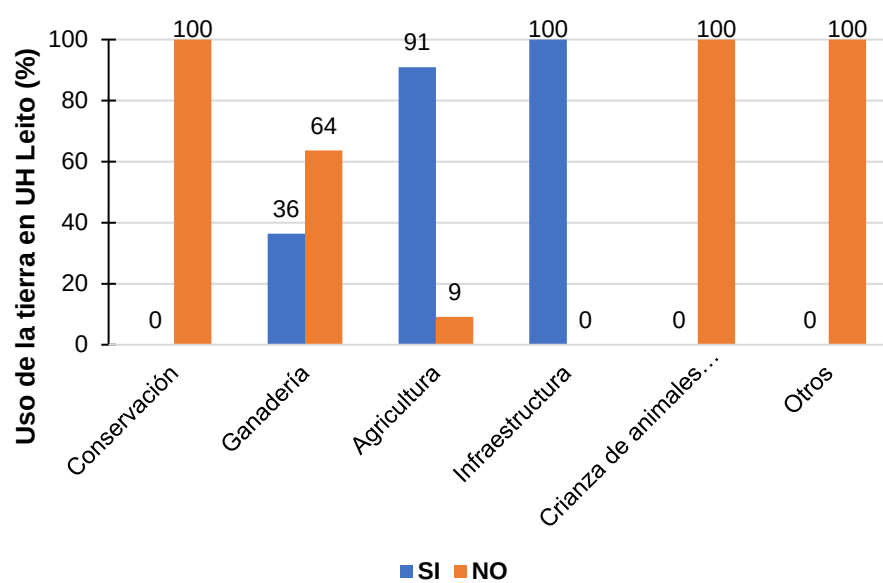
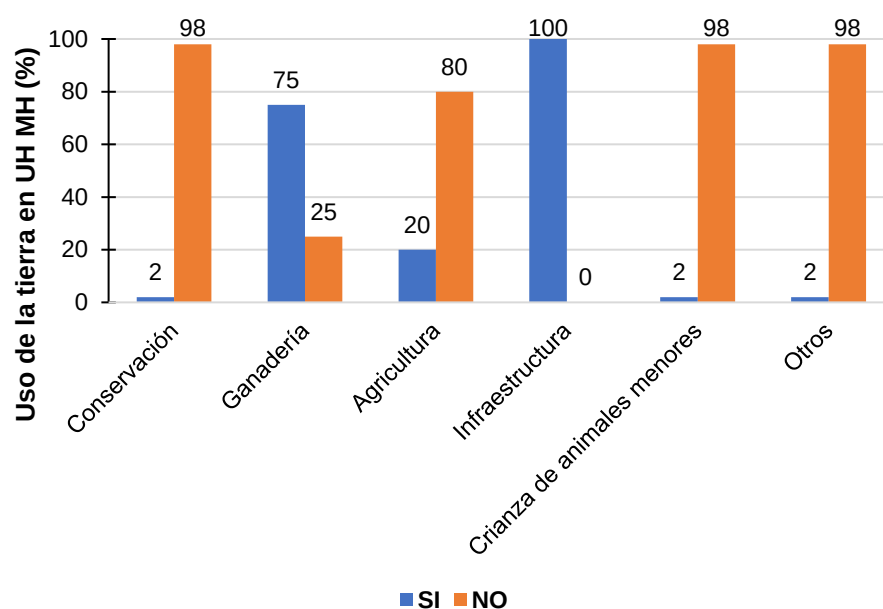
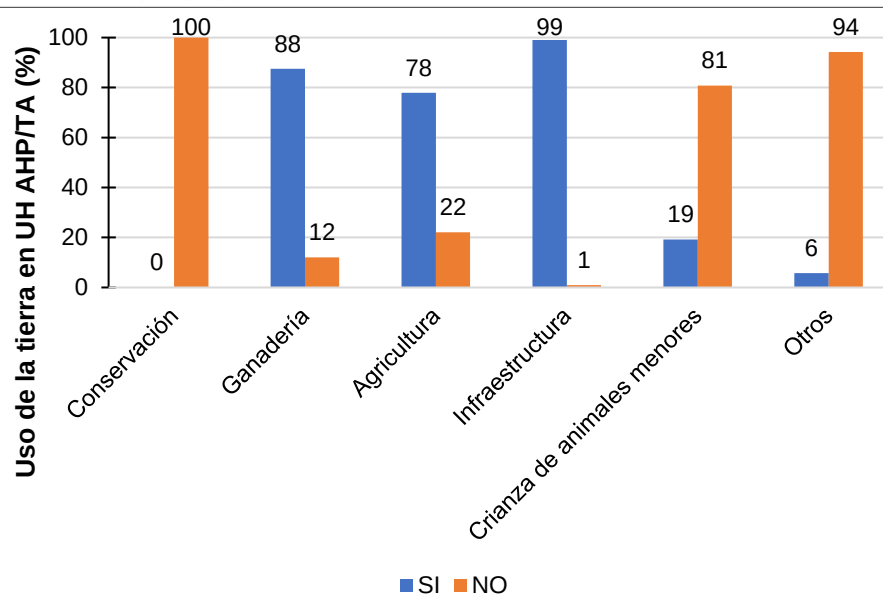


Figura 60. Posesión de título de propiedad de los/las jefes/as de hogar en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

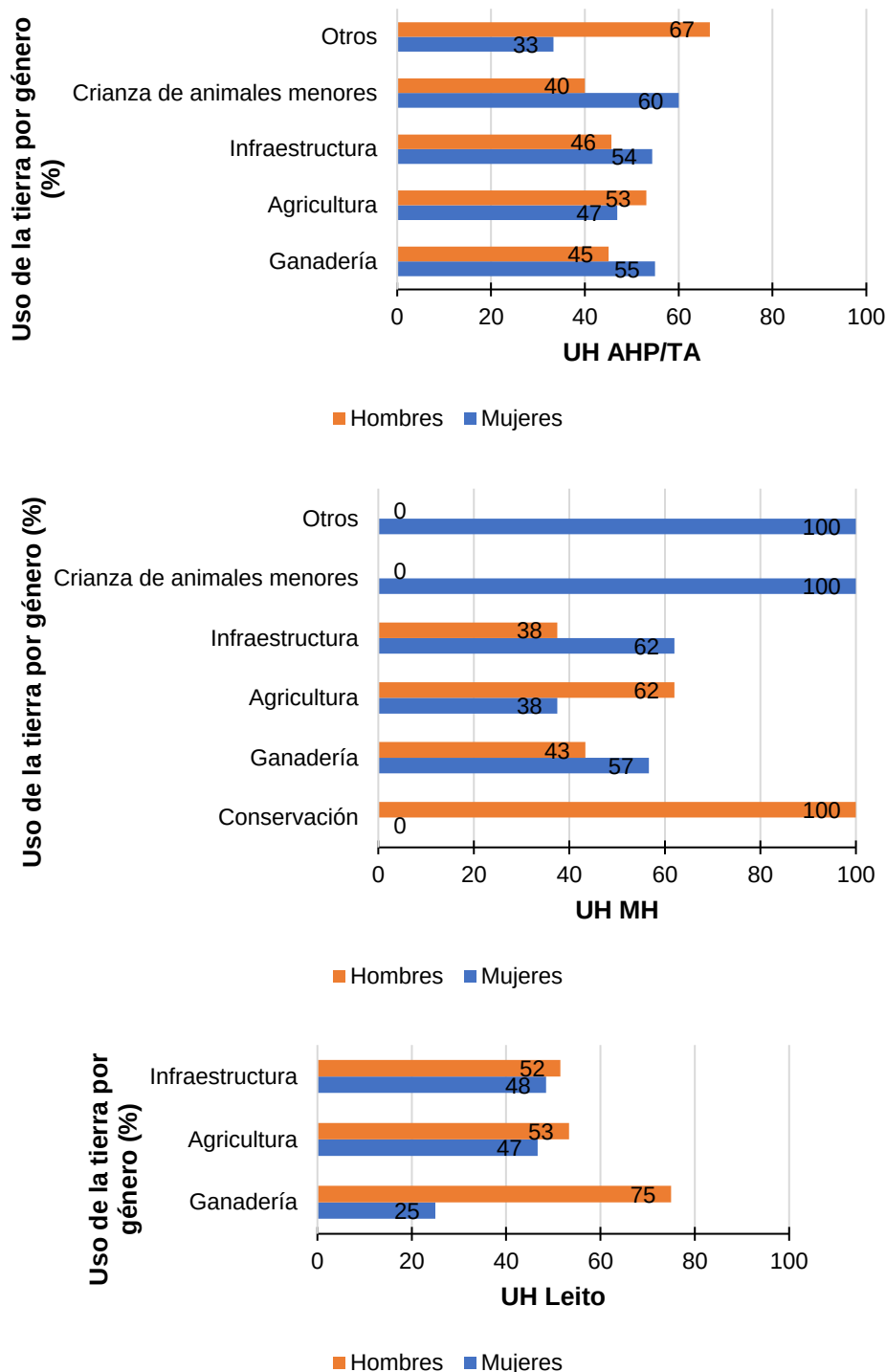
3.2.1.4 Usos de la Tierra

Los diferentes usos que los/las jefes/jefas de hogar dan a sus terrenos, depende de la planificación y la disponibilidad de recursos, considerando aspectos como el tamaño del terreno y la aptitud del suelo. A continuación, en la Figura 61a, se muestra la proporción de la población de las UH relacionada con cada uso de la tierra, donde la columna de color azul refleja el porcentaje de los hogares que indicaron tener determinado uso de la tierra, mientras que la columna naranja muestra aquellos hogares que no cuentan con ese uso. De esta manera, los usos que más impacto tuvieron sobre el territorio de la UH AHP/TA fueron la infraestructura (99%), ganadería (88%) y agricultura (78%); mientras que, en MH, los usos mayoritarios correspondieron a infraestructura (100%) y ganadería (75%); y, en Leito sobresalieron, la infraestructura (100%) y agricultura (91%). Cabe indicar que la categoría otros incluyen pastizales cultivados y piscicultura principalmente, y la categoría infraestructura, las propiedades residenciales e instalaciones para la producción agropecuaria (sistemas de riego, bodegas, corrales, establos, etc.).

A partir de los usos de la tierra seleccionados en cada UH, se obtuvieron los siguientes resultados desagregados por género, en la UH AHP/TA el porcentaje de mujeres que han dedicado sus terrenos a la crianza de animales menores, ganadería e infraestructura sobrepasa al de los hombres, en tanto que la mayoría de los hombres han ocupado su territorio para la agricultura, pastizales, piscicultura, y crianza de caballos y burros. En la UH MH, el uso de la tierra destacado por las mujeres corresponde a la crianza de animales menores, pastizales, infraestructura y ganadería; mientras que el de los hombres, a la conservación y agricultura. Por último, en la UH Leito, la mayor parte de los hombres han utilizado sus terrenos para la ganadería, agricultura e infraestructura (Figura 61b).



(a)



(b)

Figura 61. Usos de la tierra en las UH de la (a) población general encuestada y (b) por género, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

3.2.2 Dimensión institucional

3.2.2.1 Pertenencia a los Planes de Manejo del Páramo (PMPs)

Con relación a la estructura organizativa de la población en cada UH, en la Tabla 79 se pudo observar los sectores, comunidades y asociaciones muestreados en este estudio. De todos/as los/as jefes/jefas de hogar encuestados, el 88% (92 hogares) de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (UH AHP) identificó a su organización como beneficiaria de algún Plan de Manejo de Páramo (PMP); a diferencia de las UH MH y Leito, donde se desconoció el tema.

Acerca del porcentaje de la población beneficiaria, a continuación, en la Figura 62, se presenta su distribución por tipo de PMP. La mayor cantidad de la población (37%) se concentró dentro de la Corporación de Organizaciones Campesinas de Pilahuin "COCAP" y la menor (5%) en el PMP autónomo de la comunidad Tambaló, parroquia San Fernando. Cabe indicar que en la unidad hidrográfica UH AHP las organizaciones en función de PMP se dividen en la: COCAP, Corporación de Organizaciones Cristóbal Pajuña "COCP", San Fernando, Tambaló (Figura 62).

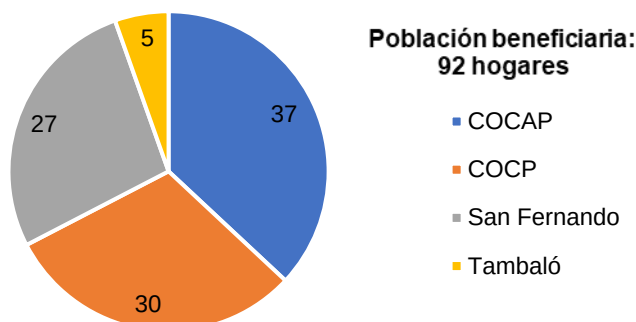


Figura 62. Organizaciones beneficiarias en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMPs).

Los resultados reflejan una capacidad de gestión relativamente sólida en las organizaciones encargadas de administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración en el marco de los Planes de Manejo de Páramos (PMP) dentro de la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (Figura 63a). En términos generales, la calificación de gestión varía entre media y alta, lo que indica que las organizaciones tienen un desempeño aceptable en la implementación de estrategias de conservación y restauración de los páramos, contribuyendo además al manejo efectivo de las tierras comunales que al formar parte de las zonas de recarga hídrica, requieren priorizar acciones de sostenibilidad y equidad para la conservación de los recursos naturales a largo plazo.

En la COCAP, el predominio del nivel alto de gestión (59%) sugiere que esta organización cuenta con estructuras organizativas bien establecidas, recursos adecuados y una experiencia consolidada en la administración de los PMP. Su capacidad para coordinar, monitorear e implementar medidas efectivas de conservación y restauración parece ser más fuerte en comparación con las demás organizaciones evaluadas. Por otro lado, en COCP, San Fernando y Tambaló, el nivel de gestión predominante es medio (57%, 60% y 80%, respectivamente), seguido por el nivel alto. Esto indica que, si bien estas organizaciones tienen un desempeño aceptable en la gestión de los PMPs, aún enfrentan ciertos desafíos que les impiden alcanzar un nivel de excelencia. Estos desafíos pueden incluir limitaciones en recursos financieros, técnicos o humanos, así como dificultades en la coordinación interinstitucional o en la implementación de estrategias de conservación a largo plazo. El hecho de que Tambaló tenga el porcentaje más alto en la categoría media (80%) y el más bajo en la categoría alta (20%) sugiere que su capacidad de gestión es más limitada en comparación con las otras organizaciones. Esto podría estar relacionado con un menor acceso a financiamiento, menor experiencia en la implementación de proyectos ambientales o dificultades en la participación comunitaria.

La mayoría de las mujeres de la COCAP percibieron que las organizaciones a las que pertenecen poseen una capacidad de gestión entre media (73%) y alta (65%), mientras que los hombres opinaron que esta ha sido baja (100%). En la COCP, fueron más los hombres los que consideraron que la capacidad de gestión ha sido alta (73%), mientras que la mayor parte de mujeres la calificó como baja (100%) y media (56%). En San Fernando, la mayoría de los hombres evaluó la capacidad de gestión como baja (100%) y media (67%), y las mujeres como alta (75 %). Por último, en Tambaló, esta variable fue percibida como alta por más mujeres que hombres (Figura 63b).

La percepción de una mejor gestión en la aplicación de estrategias para la protección del páramo es manifestada por más mujeres que hombres, a excepción de la COCP, donde la relación es inversa. Esto puede ser un indicador de la forma en que las mujeres se han ido involucrando paulatinamente en los espacios de participación; además de poseer una relación más cercana con los servicios ambientales derivados del páramo, especialmente con el agua, la cual utilizan diariamente para preparar los alimentos y realizar los quehaceres del hogar. Cabe indicar también que mientras se levantaba la información en campo, la mayoría de las mujeres no vinculaban las acciones de conservación aplicadas con el COCP, lo que refleja el nivel de alcance de la socialización y/o participación activa en las reuniones de la organización.

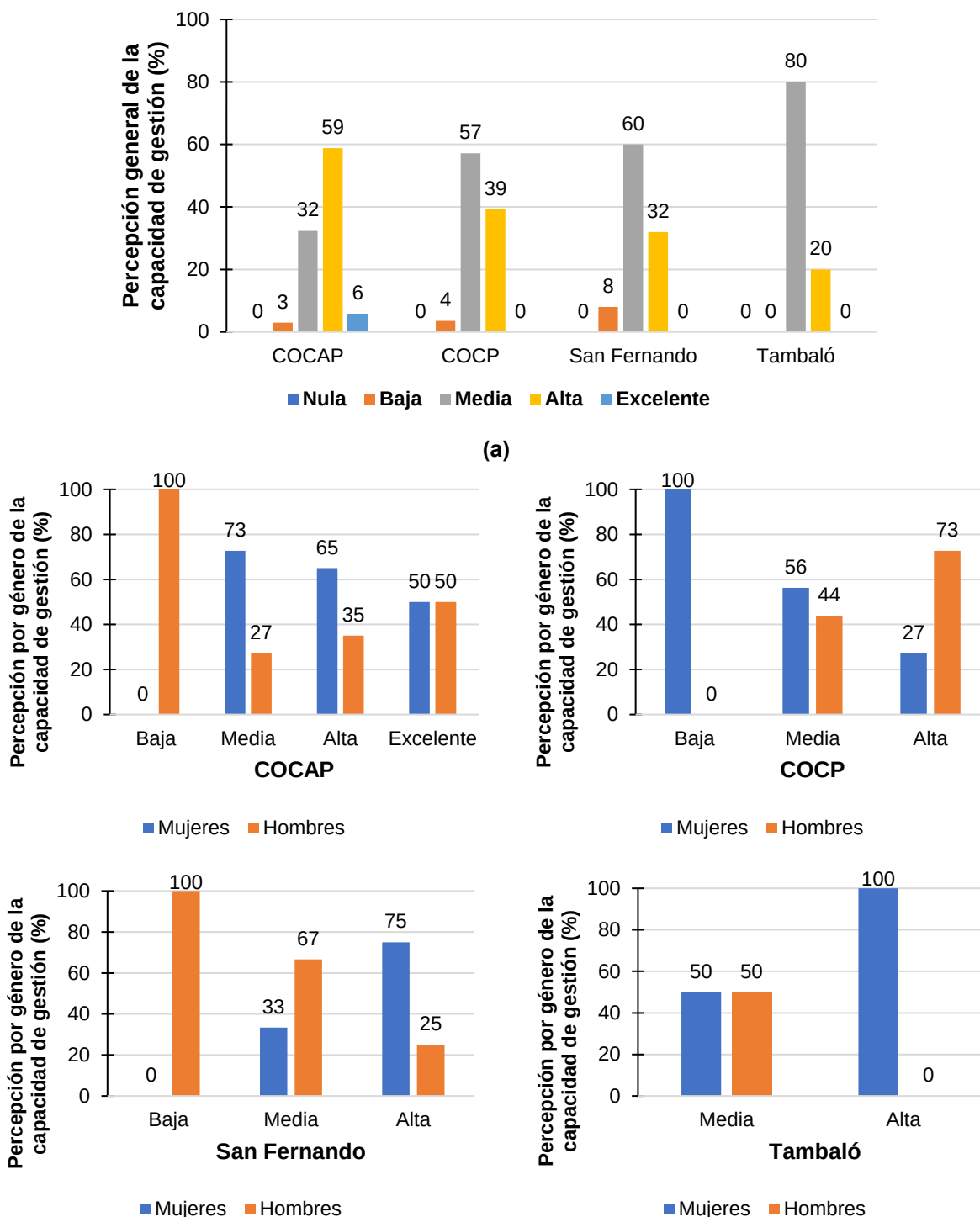


Figura 63. (a) Percepción general y (b) por género del nivel de capacidad de gestión en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMPs).

Según el conocimiento de la población beneficiaria, se evaluó la cantidad de hombres y mujeres contratadas en iniciativas desarrolladas dentro de los Planes de Manejo de Páramos (PMP); así como también, el número de hombres y mujeres que a partir de aquellas iniciativas en la actualidad tienen empleo por cuenta propia. Del total de la población beneficiaria, el 9% ha sido contratado temporalmente en los PMP. Este porcentaje está representado por 8 personas, todos hombres. Por otro parte, solo el 4% contó con empleo propio, tres hombres y una mujer (Figura 64). Las actividades del contrato laboral, desde 2022 al 2024, comprenden la función de promotor y empleo en una microempresa de cuidado del páramo en Tamboloma, ambas actividades financiadas por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT); mientras que, los empleos sostenibles se han direccionado en la crianza de animales menores (pollos y cuyes), actividad desarrollada por la mujer; fabricación de jabones y shampoo; secado de hierbas; cultivo de uvilla; y, ocupación en el cabildo a partir del desempeño como promotor en el año 2023.

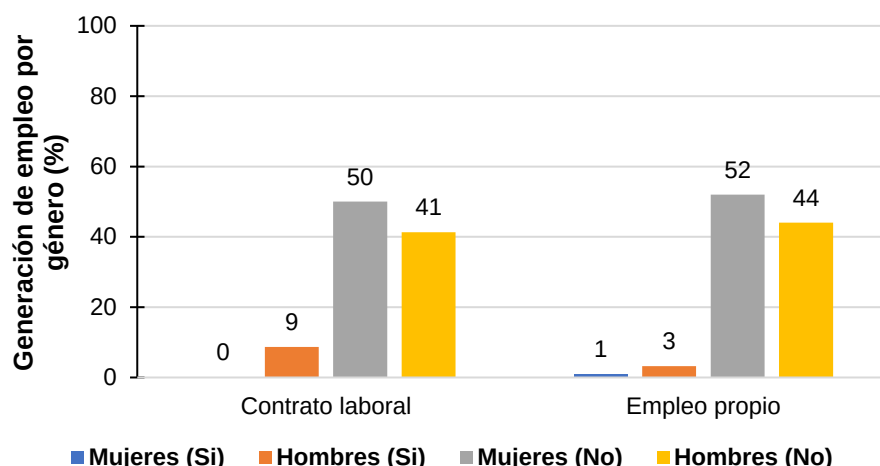


Figura 64. Generación de empleo por género a partir de las iniciativas de los PMP en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).

3.2.2.2 Participación en los Planes de Manejo del Páramo (PMP)

Además del conocimiento sobre los PMP por parte de los/las jefes/as de hogar, también se evaluaron variables como la participación directa, motivaciones y actividades desarrolladas en el marco de los PMP. En este apartado, se muestran los resultados con base a la población que se reconoce beneficiaria, es decir, con los 92 hogares de la UH AHP/TA como el 100%. De esta manera, se encontró que el 72% (66 hogares) se ha involucrado en actividades de conservación y/o restauración de páramos. En cada hogar, la participación fue liderada, bien por el hombre, la mujer o por ambos géneros (Figura 65), siendo mayor el porcentaje (41%) donde los dos géneros participaron seguido por la lideranza de hombres. De forma general, se han registrado 101 participantes (48 mujeres y 53 hombres) mayores de 18 años.

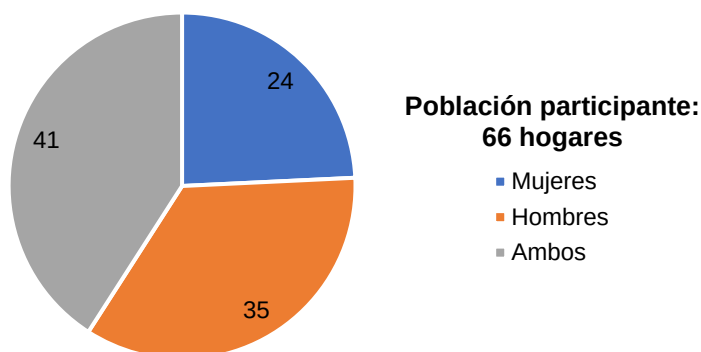


Figura 65. Participantes en los Planes de Manejo de Páramos (PMP) por género en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).

Los resultados evidencian que la principal motivación para la participación en los Planes de Manejo de Páramos (PMP) es la conservación del ecosistema, ya que un 80% de los participantes busca mantener la salud del páramo (Figura 66). Esto refleja una conciencia ambiental fuerte dentro de las comunidades, lo que puede estar vinculado a la dependencia de este ecosistema para la provisión de agua y otros servicios ecosistémicos esenciales, así como de sus valores culturales, espirituales y de cosmovisión, diferentes a los de la sociedad mestiza. Las motivaciones secundarias, como la recepción de beneficios ambientales (6%) y la obligación organizativa (6%), sugieren que, aunque algunos participantes ven ventajas directas en la conservación, otros pueden estar involucrados por normativas internas o compromisos institucionales. La baja participación motivada por capacitaciones (4%) y la entrega de insumos, equipos o beneficios económicos (2%) indica que la participación no está impulsada principalmente por incentivos materiales, sino por la necesidad de preservar el páramo y sus funciones ecológicas.

En cuanto a las medidas implementadas en los PMP durante el 2024, la restricción de acceso al páramo y la vigilancia por parte de promotores se mantuvieron en los cuatro planes, lo que evidencia una estrategia común de protección del ecosistema. La restricción del acceso es una medida clave para evitar el sobrepastoreo, la degradación del suelo y la contaminación, mientras que la vigilancia permite monitorear y reforzar estas restricciones, asegurando su cumplimiento. Sin embargo, en algunas zonas se han implementado medidas adicionales. En COCAP, se añadió la reforestación del páramo, lo que indica un esfuerzo adicional para restaurar áreas degradadas y mejorar la capacidad del ecosistema para retener agua y capturar carbono. En San Fernando, se implementó la formación de una línea antifuego, lo que sugiere que esta área enfrenta un mayor riesgo de incendios y que la comunidad ha tomado medidas preventivas para evitar daños al ecosistema (Tabla 85).

En general, estos resultados destacan el compromiso de las comunidades con la conservación del páramo, priorizando su salud y sostenibilidad a largo plazo sobre incentivos económicos directos. Además, las estrategias implementadas reflejan una combinación de medidas preventivas (restricción y vigilancia) y de restauración (reforestación y prevención de incendios), lo que demuestra un enfoque integrado en la gestión del páramo.

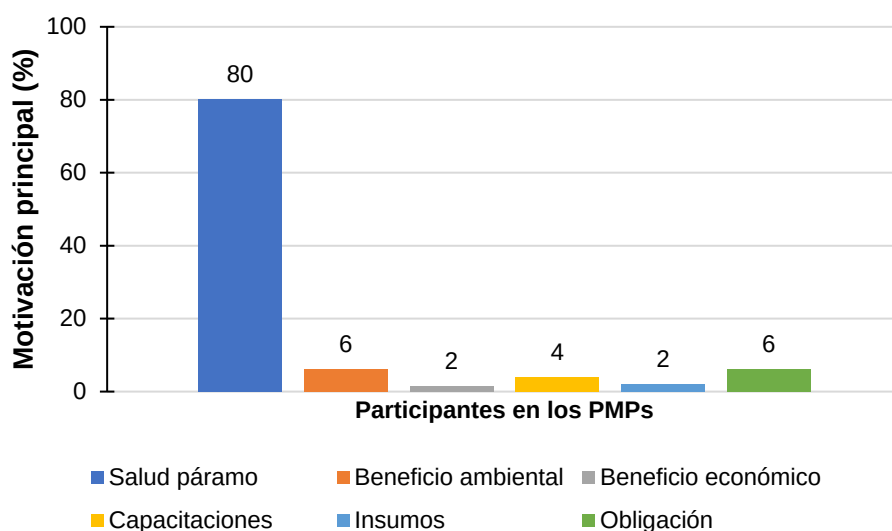


Figura 66. Motivación principal para la participación en los Planes de Manejo de Páramos (PMP) en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).

Tabla 85. Acciones de cuidado del páramo con la participación de la población beneficiaria en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMP).

PMPs	Actividades y/o medidas
COCAP	- Restricción de intervención al páramo (no botar basura y no ingresar ganado)
	- Cercado del páramo (alambrado)
	- Reforestación del páramo (coronación y desmalezado)

PMPs	Actividades y/o medidas
	- Creación de senderos turísticos - Disminución de la carga animal - Capacitaciones en mejoramiento de pastos y tratamiento de la leche (pasteurización y enfriamiento) - Vigilancia (promotor o promotores encargados)
COCP	- Restricción de intervención al páramo (no botar basura, no quemar, no cazar y no ingresar ganado) - Cercado del páramo (alambrado) - Reforestación del páramo con yagual (hace 20 años) - Vigilancia (promotor o promotores encargados)
San Fernando	- Restricción de intervención al páramo (no quemar, no ingresar ganado y no deforestar) - Cercado del páramo y de vertientes de agua (alambrado) - Reforestación del páramo - Formación de línea antifuego (despajar) - Vigilancia (promotor y promotores encargados)
Autónomo (Comuna Tambaló)	- Educación (charlas sobre el páramo) - Restricción de intervención al páramo (no quemar y no ingresar ganado) - Reforestación del páramo con yagual (en 2015) - Creación de sendero ecoturístico comunitario - Vigilancia (promotor y promotores encargados)

El éxito de las medidas de conservación y/o restauración del páramo involucra una comunicación efectiva, en donde los niveles de claridad y comprensión por parte de los ejecutores deben ser elevados en cuanto a la información que se trasmite durante la planificación e implementación de las actividades. En la Figura 67, se visualiza el grado de comprensión de los participantes sobre las medidas desarrolladas en cada PMP, mostrando que ha existido una alta comprensión en todos los PMP, ha excepción de la COCP, donde el grado de comprensión fue medio (64%).

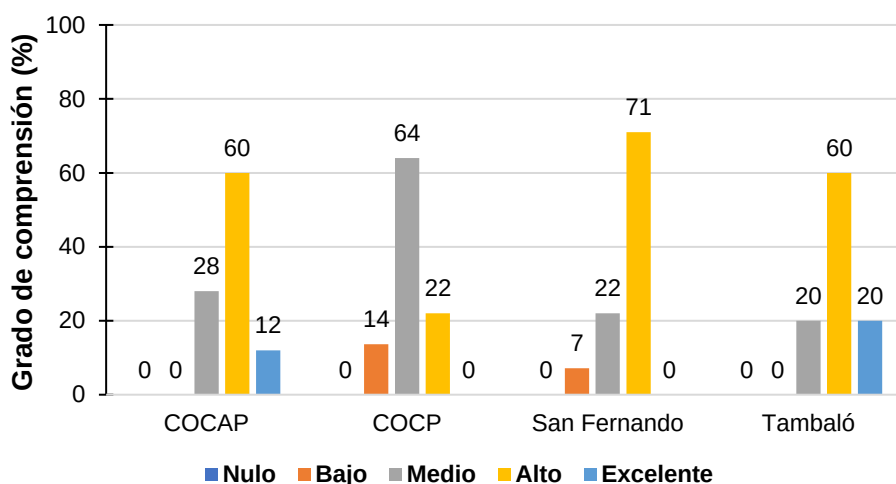


Figura 67. Grado de comprensión de medidas por Plan de Manejo de Páramo (PMP) en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).

Es importante mencionar, que además de generar esfuerzos para la implementación de medidas de cuidado y/o restauración del páramo, también se deben planificar y desarrollar actividades de seguimiento que apunten a la sostenibilidad de las mismas. Asimismo, poder contar con información clara y suficiente para los procesos de retroalimentación y ajuste en la formulación de medidas complementarias, adaptadas a la realidad del contexto y que logren incrementar el grado de satisfacción de la población participante.

En la Figura 68, se muestra el porcentaje de conocimiento y desconocimiento acerca de las actividades de monitoreo en cada PMP. Cabe señalar que la COCP, a más de haber tenido una comprensión media de las medidas desarrolladas, también presentó un alto grado de desconocimiento (77%) sobre actividades

de seguimiento y/o monitoreo; en tanto que, sus homólogos (COCAP, San Fernando y Tambaló), en su mayoría, si identificaron estas actividades en sus territorios. Añadido a esto, los promotores designados por cada PMP han sido quienes se han ocupado exclusivamente de gestionar las actividades de monitoreo.

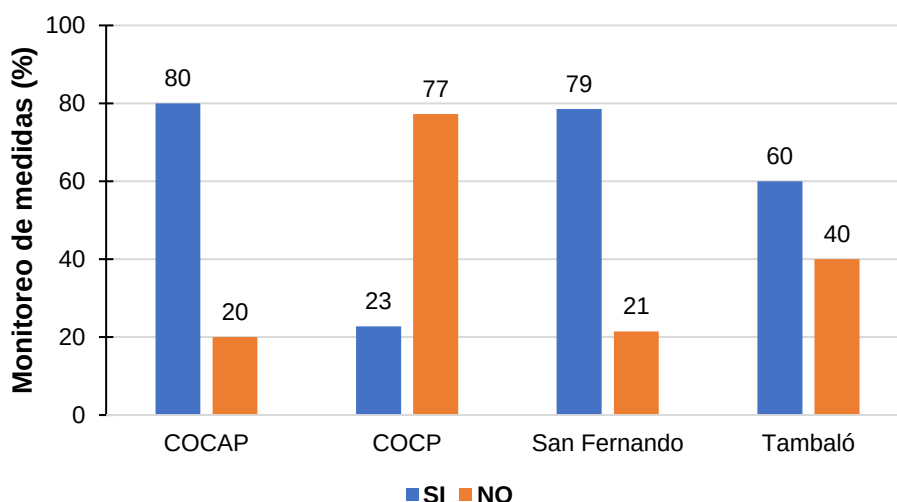


Figura 68. Reconocimiento de actividades de monitoreo en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT) en relación a los Planes de Manejo de Páramos (PMP).

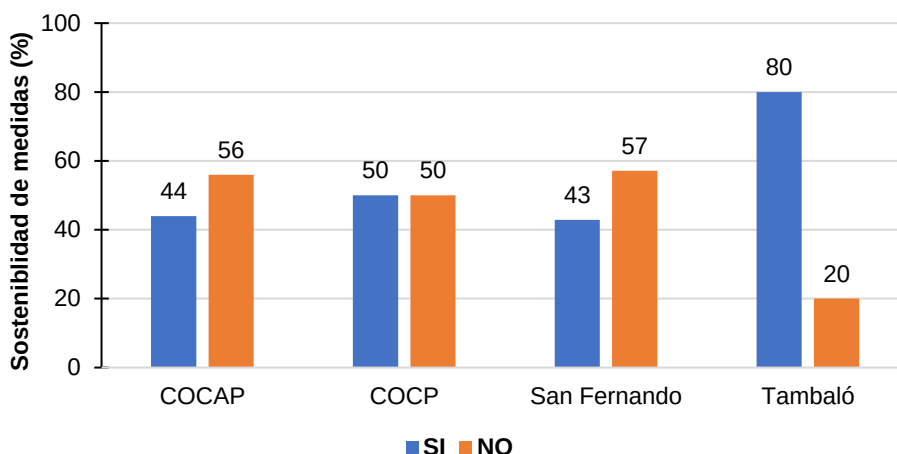
Considerando el grado de comprensión de medidas y el conocimiento de actividades de monitoreo, también se encuestó la perspectiva de la población participante sobre la sostenibilidad de las medidas. En la Figura 69a, se logra apreciar que solamente Tambaló consideró en su mayoría (80%) que las acciones de conservación y/o restauración del páramo desarrolladas en sus territorios, han sido sostenibles; en la COCP existió una opinión dividida en igual proporción (50%); y, en la COCAP y San Fernando, la mayor parte de la población afirmó que no son sostenibles. Los motivos que sustentan las respuestas en cada PMP, se describen en la Tabla 86.

Hasta este punto, y en virtud de los resultados obtenidos, es necesario que se refuercen los conocimientos de las organizaciones sobre la gestión sostenible de los páramos a través de talleres y capacitaciones adaptados al contexto de cada comunidad, para incentivar la participación de la población en acciones de conservación y restauración del páramo, especialmente la de la COCP. Asimismo, es importante establecer un sistema de monitoreo participativo orientado a la generación de información estratégica, que respalde la gestión de financiamiento externo y la obtención de incentivos basados en resultados de conservación, con el objetivo de incrementar y mantener la salud del páramo, además de mejorar las condiciones socioeconómicas de las organizaciones vinculadas.

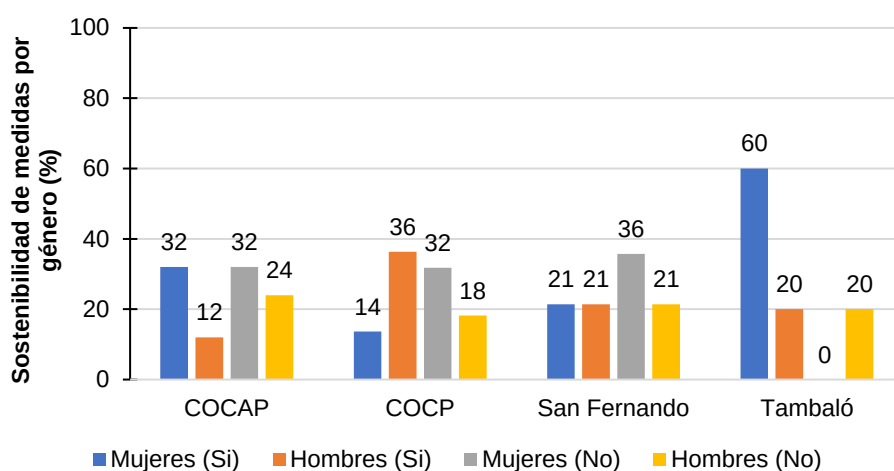
La perspectiva de cada género sobre la sostenibilidad de las medidas, reflejó que la mayor parte de las mujeres de Tambaló y de hombres de la COCP están de acuerdo con que las medidas han sido viables; sin embargo, en San Fernando, la mayoría de las mujeres discreparon con este criterio, y consideraron que se requieren proyectos innovadores. Finalmente, en la COCAP, existió una opinión dividida entre la mayoría de las mujeres acerca de la sostenibilidad de las medidas aplicadas (Figura 69b).

La diferencia entre las opiniones sobre la sostenibilidad de las medidas de conservación está ligada principalmente a las experiencias obtenidas por cada organización, las cuales se reflejan en las Tablas 85 y 86. La COCAP y San Fernando solicitan nuevos proyectos que les permitan generar empleo, como los emprendimientos ligados al ecoturismo; sin embargo, reportan inconsistencias en la entrega de financiamiento, así como la falta de apoyo para dar a conocer sus servicios a la población en general. Por otro parte, la población de la COCP no presenta mayor interés en nuevas medidas de conservación y considera a las existentes como suficientes, mencionando que los promotores son los principales encargados de las acciones de conservación ya que perciben réditos económicos por ello. Mientras tanto, Tambaló, a pesar de que mantiene una perspectiva positiva sobre la viabilidad de las medidas de

conservación, reconoce que podría mejorar si se incrementan capacitaciones en el aspecto productivo e implementa riego tecnificado en el sector.



(a)



(b)

Figura 69. Perspectiva general (a) y por género (b) sobre la sostenibilidad de las medidas en cada Plan de Manejo de Páramo (PMP) en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).

Tabla 86. Motivos de la no sostenibilidad de las medidas de conservación del páramo en la unidad hidrográfica Amabato Huachi Pelileo (UH AHP/AT).

PMPs	No sostenible	Motivos
COCAP	56 %	- Falta de proyectos que propicien la generación empleo - Deficiencia en el mantenimiento del Centro Turístico Michahuasca - Financiamiento atrasado para realizar actividades conservación
COCP	50 %	- Falta de socialización y/o capacitaciones sobre las actividades de conservación - Falta de participación directa de la población - Falta de mejoramiento de la vigilancia en las zonas de intervención al páramo
San Fernando	57 %	- Falta de diversidad de proyectos - Falta de ampliación del área de reforestación
Tambaló	20 %	- Falta de capacitaciones para mejorar la producción - Falta de implementación de riego tecnificado

3.2.3 Capacidades organizacionales

En esta sección, se muestran los resultados vinculados con el fortalecimiento de capacidades organizacionales y participación en los procesos de toma de decisiones, tanto a nivel local como en otros niveles de gobernanza. En relación con la conservación y/o restauración de páramos, también se presenta información acerca de la existencia y aplicación de acuerdos vinculantes.

De todos los hogares muestreados (177 hogares), 35 afirman haber recibido alguna capacitación dentro de su organización. En la UH AHP/TA participaron un total de 35 personas (28%) que corresponden a 22 hombres y 13 mujeres, de las cuales siete son jóvenes (entre 18 y 35 años); en la UH MH, se reportó solamente una persona capacitada de género femenino (3%); y, en Leito, 5 personas (15%), todos hombres (Figura 70).

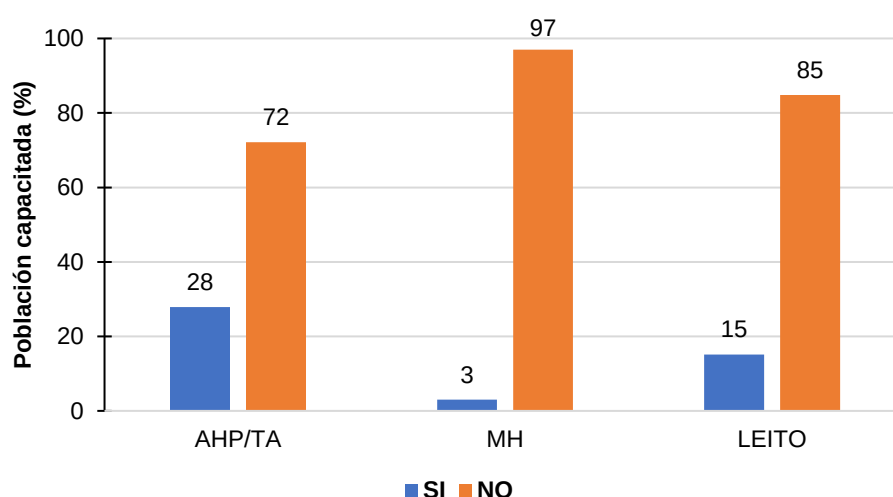
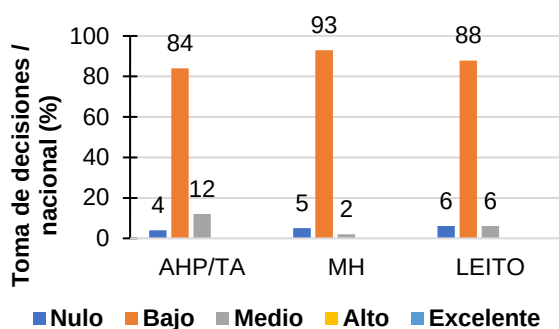
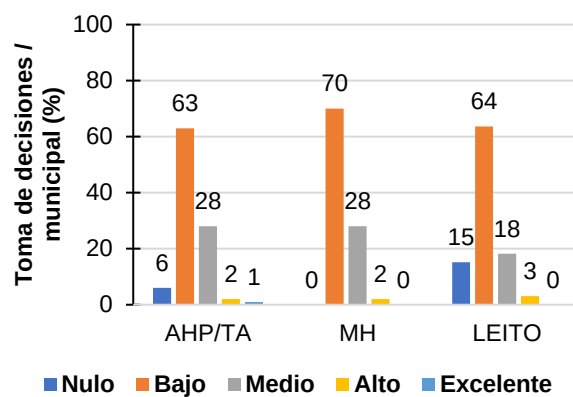
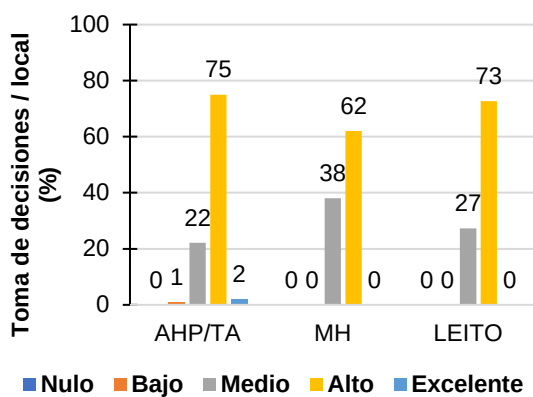


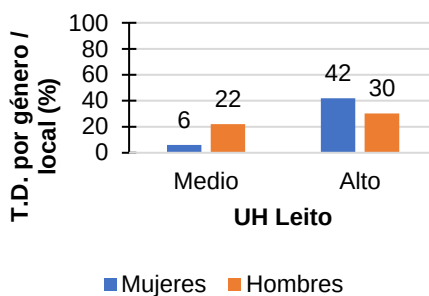
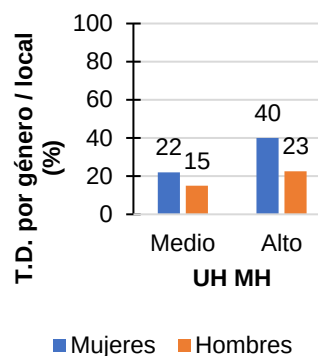
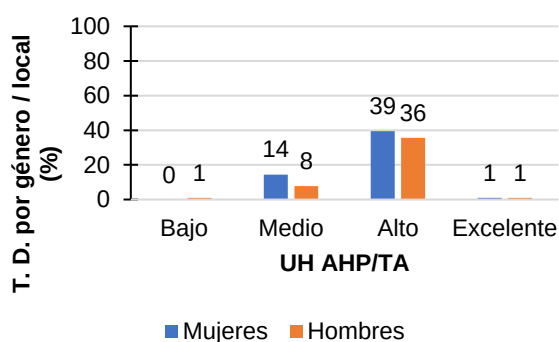
Figura 70. Hogares capacitados en las organizaciones sociales en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Respecto a la capacidad de las organizaciones para participar activamente en los procesos de toma de decisiones a nivel local, municipal y nacional, se obtuvo una dinámica similar entre las tres UH, tal y como se observa en la Figura 71a. A nivel local, sobresalió el nivel alto en todas las UH, esto indica que la población considera que existe una adecuada socialización interna de las actividades y en las que pueden intervenir al respecto. Sin embargo, la participación declinó hacia la categoría bajo a nivel municipal y nacional, con valores superiores al 60% y 80%, correspondientemente.

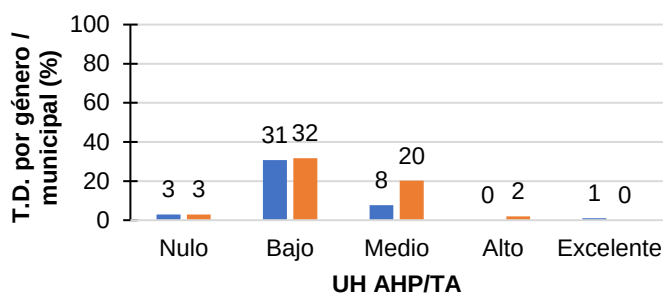
Los resultados descritos anteriormente también se diferenciaron por género (Figura 71 b, c y d), obteniéndose que la mayor parte de las mujeres calificaron como alta la capacidad de las organizaciones para tomar decisiones a nivel local en las tres UH. En cambio, a nivel municipal, la mayoría de los hombres de la UH AHP/TA opinó que la capacidad para la toma de decisiones es baja, mientras que en las UH MH y Leito, fueron más mujeres las que la consideraron baja. Por último, a nivel nacional, esta capacidad se mantuvo en el nivel bajo por la mayoría de las mujeres de todas la UH.



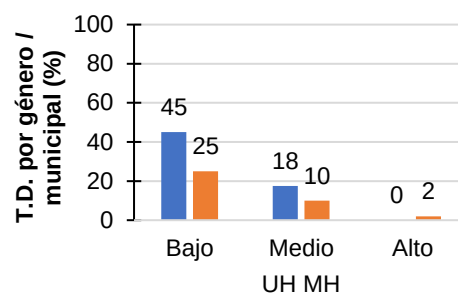
(a)



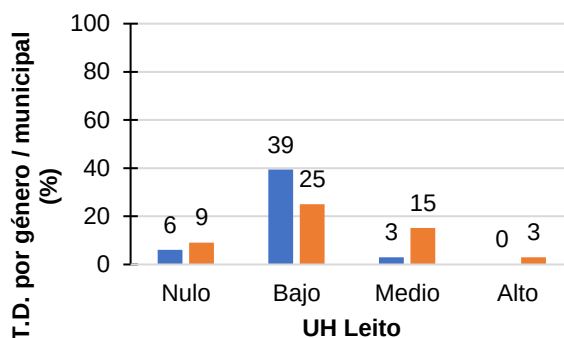
(b)



■ Mujeres ■ Hombres

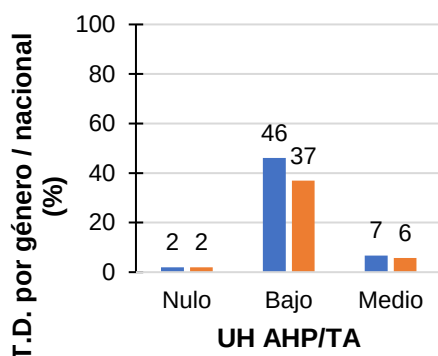


■ Mujeres ■ Hombres

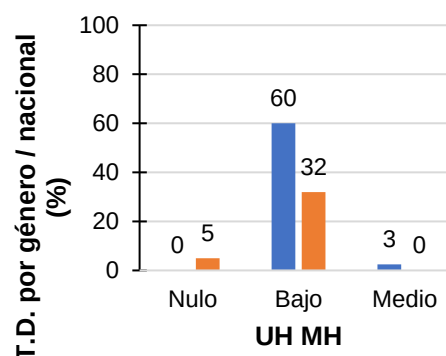


■ Mujeres ■ Hombres

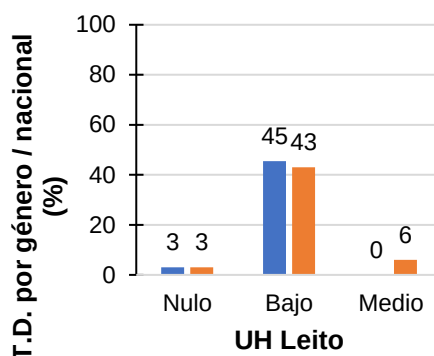
(c)



■ Mujeres ■ Hombres



■ Mujeres ■ Hombres



■ Mujeres ■ Hombres

(d)

Figura 71. (a) Participación general, y por género en la toma de decisiones a nivel: (b) local, (c) municipal y (d) nacional en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Con relación al conocimiento de la población sobre acuerdos de carácter obligatorio para la conservación del páramo de su sector, se encontró que en la UH AHP/TA, el 53% de los/las jefes/jefas de hogar reconoció que no se debe intervenir el páramo, y que al no cumplirse este acuerdo, se tendrá que pagar una multa; además, dependiendo de la falta, se recurrirá a la justicia indígena y se lo/la desvinculará de los beneficios comunitarios. En Leito, el 39% de los encuestados informó que la regulación de acceso al páramo se ha socializado en las reuniones de las juntas de agua potable, y en el caso de que se llegare a alterar este ecosistema, la multa será inminente. Cabe señalar que en esta UH se localiza el Área de Protección Hídrica San Jorge. Por otra parte, MH desconoció sobre acuerdos obligatorios, propios del sector, a favor de la conservación de los páramos (Figura 72).

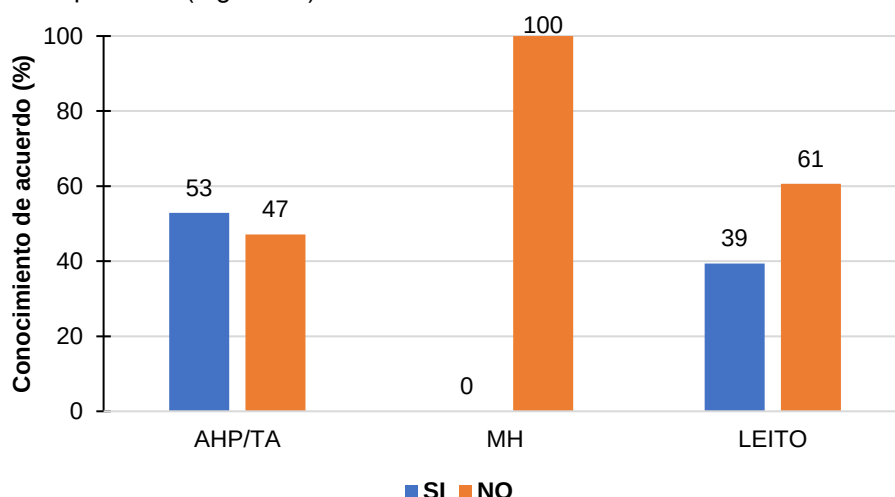


Figura 72. Conocimiento sobre acuerdos de conservación vinculantes en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Adicional a la existencia de acuerdos de conservación y/o restauración de los páramos, también se evaluó el nivel de cumplimiento y aplicación de los reglamentos para su funcionamiento. En la Figura 73 se visualiza que en las UH AHP/TA y Leito (donde se identificaron acuerdos), el reglamento se ha cumplido en un nivel alto, con porcentajes de 62% y 54%, respectivamente. La categoría contigua para la UH AHP/TA, fue excelente (22%); y, para la UH Leito, medio y bajo, en igual porcentaje (15%). No obstante, a pesar de que los acuerdos de conservación cuentan con un alto nivel de aceptación comunitaria, persiste un grupo minoritario que incumple dichos compromisos, realizando cambios en el uso del suelo previamente destinado a la protección. Por lo tanto, se requiere establecer y consolidar acuerdos vinculantes para garantizar su sostenibilidad y el flujo de incentivos económicos. Asimismo, el esquema actual de distribución de incentivos, que otorga beneficios de manera uniforme a todas las comunidades, podría generar descontento entre aquellas comunidades que realizan mayores aportes en términos de recursos y superficie destinada a la conservación.

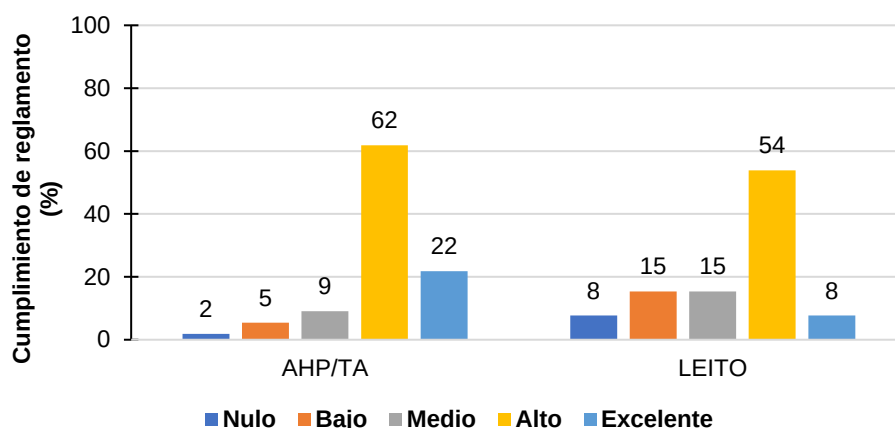
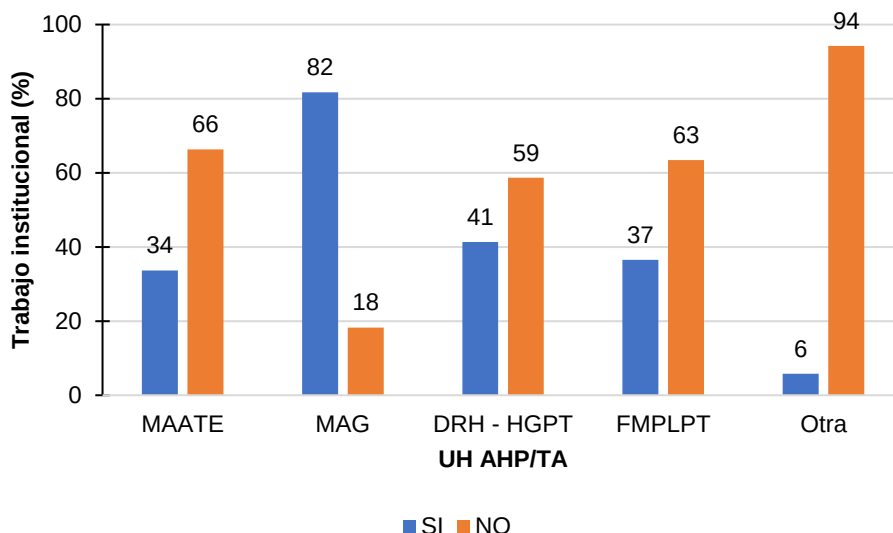


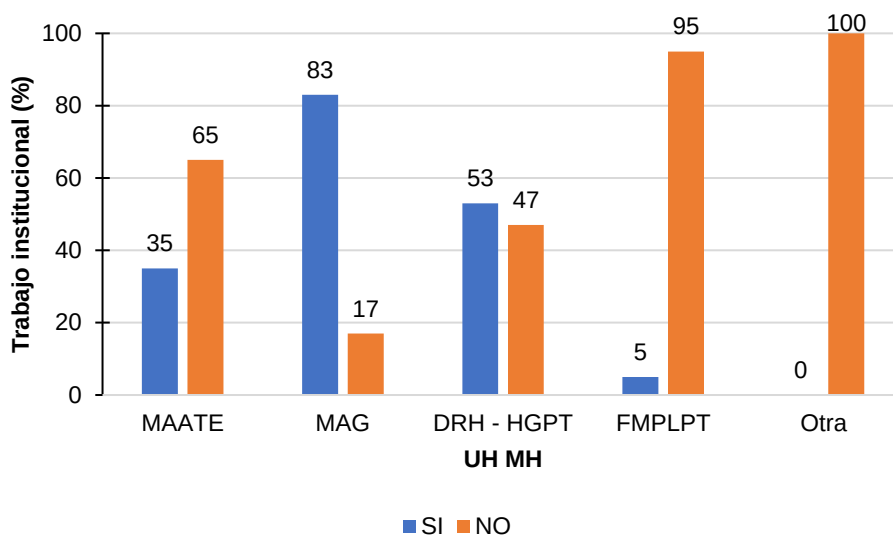
Figura 73. Nivel de cumplimiento del reglamento de los acuerdos en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

3.2.4 Trabajo interinstitucional

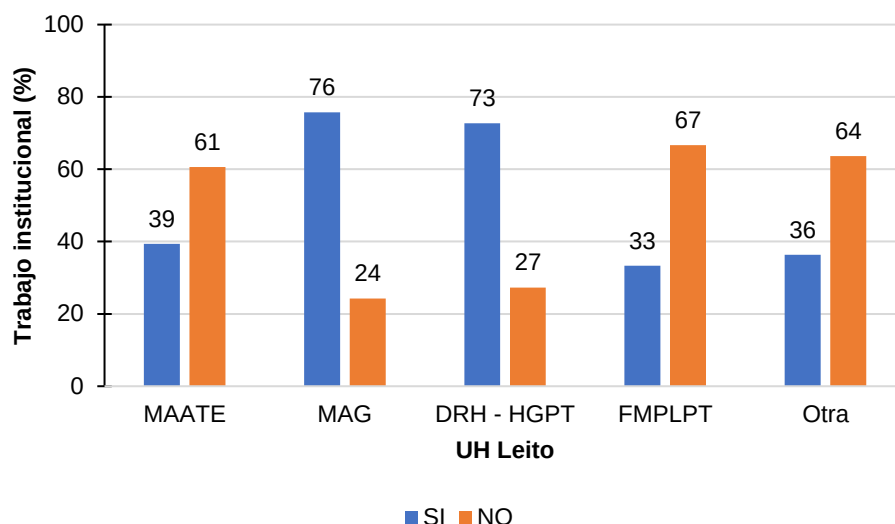
El conocimiento de la población acerca del trabajo desarrollado en territorio por las diferentes instituciones relacionadas con el páramo también se evaluó por unidad hidrográfica (UH). De esta manera, fue posible identificar el grado de impacto y reconocimiento que tiene la gestión institucional en cuanto a la prestación de servicios en los distintos componentes de las UH. A continuación, en la Figura 74 (a, b y c), se refleja que la institución que más se ha dado a conocer en la UH AHP/TA es el MAG, debido a actividades de vacunación al ganado principalmente; y, menor proporción le han sucedido la DRH-HGPT, FMPLPT, MAATE y otras instituciones como Fundyvida, Fundación Humana, IEDECA y EMAPA. En las UH MH y Leito, este apoyo fue representado fundamentalmente por el MAG y la DRH-HGPT. Específicamente, en MH le siguieron el MAATE y el FMPLPT; mientras que, en Leito, el MAATE, otras instituciones (SWISSAID, WWF, Fundación Oso Andino, Cooperativas OSCUS y San Francisco) y por último, el FMPLPT.



(a)



(b)



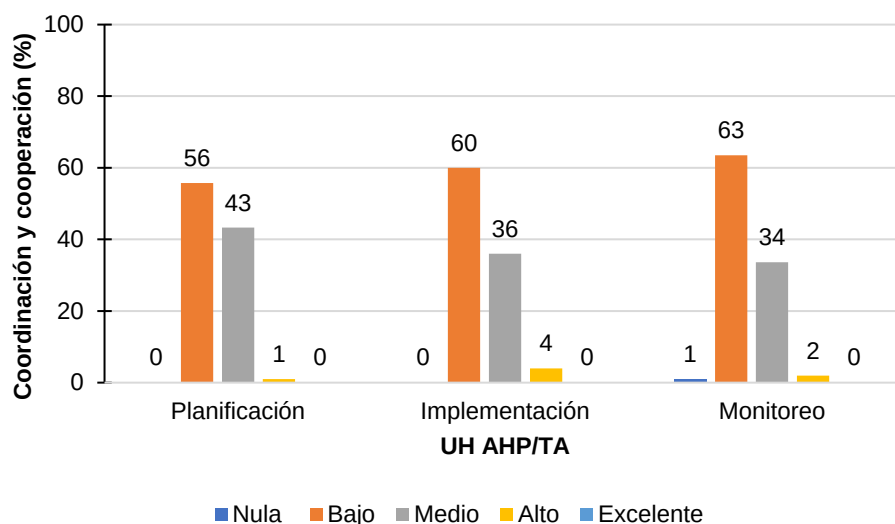
(c)

Figura 74. Trabajo institucional en las en las unidades hidrográficas (a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), (b) Mocha Huachi (MH), (c) Leito.

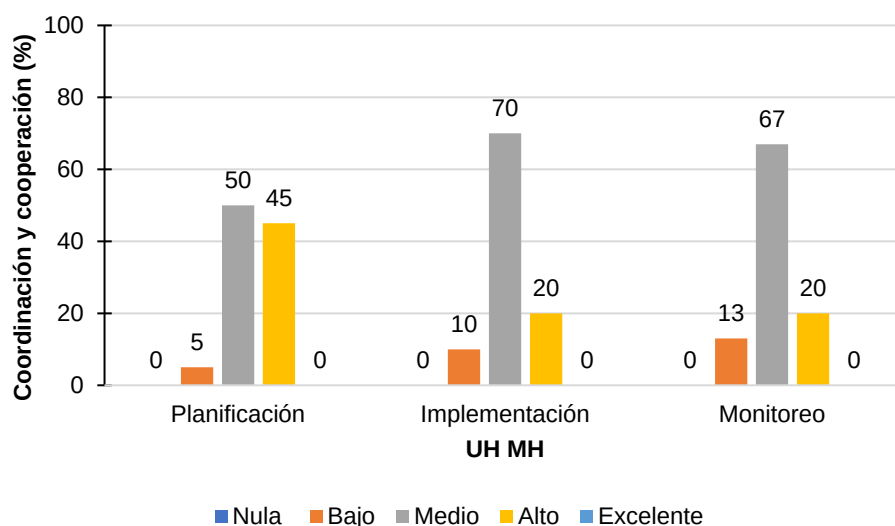
En la UH AHP/TA, el nivel de coordinación y cooperación interinstitucional en términos de planificación, implementación y monitoreo de medidas de conservación y/o restauración del páramo fue calificada como bajo, lo que indica dificultades en la articulación entre actores institucionales y comunitarios (Figura 75a). Esta baja calificación sugiere que la planificación y ejecución de las medidas pueden haberse llevado a cabo con poca integración de las partes involucradas, lo que podría afectar la efectividad y sostenibilidad de las acciones. Factores como falta de recursos, debilidades en la organización comunitaria o una escasa presencia institucional pueden estar influyendo en esta situación.

Por otro lado, en la UH MH, el nivel de coordinación y cooperación se calificó como medio, lo que implica una articulación parcial entre instituciones y comunidades (Figura 75b). Si bien hay una interacción en la planificación y ejecución de medidas, aún existen oportunidades de mejora en la gestión conjunta de los páramos. Este resultado puede estar relacionado con la existencia de ciertos acuerdos interinstitucionales y la participación activa de algunas organizaciones, aunque posiblemente con limitaciones en términos de seguimiento y apoyo técnico. Tanto en la UH AHP/TA como en MH, es prioritario fortalecer la coordinación interinstitucional para incrementar el impacto de las medidas de conservación en el páramo, a través de espacios de gobernanza que favorezcan el diálogo, intercambio de información, planificación conjunta y la resolución de conflictos.

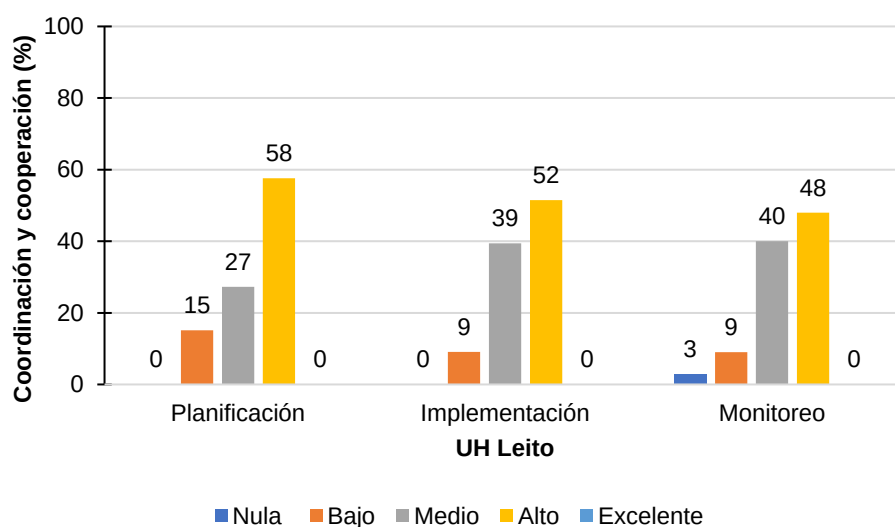
En la UH Leito, el nivel de coordinación y cooperación fue alto en todas las etapas del proceso, lo que indica una fuerte articulación entre instituciones, comunidades y otros actores clave en la gestión del bosque/páramo (Figura 75c). Este alto nivel de cooperación sugiere que en Leito se han establecido mecanismos efectivos para la planificación, implementación y monitoreo de las medidas de conservación, lo que podría traducirse en una mejor protección del ecosistema y un mayor impacto positivo a largo plazo.



(a)



(b)



(c)

Figura 75. Coordinación y cooperación interinstitucional en las unidades hidrográficas (a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), (b) Mocha Huachi (MH), (c) Leito.

Con base al apoyo percibido por las diferentes instituciones se evaluó en cinco niveles el éxito que ha tenido la inversión destinada al cuidado de los páramos. En la UH MH, el 97% de la población considera que la inversión ha tenido un éxito bajo, lo que indica una insatisfacción generalizada con las acciones implementadas (Figura 76). Esto puede deberse a una deficiente ejecución de los proyectos, falta de seguimiento o a que las inversiones realizadas no han generado impactos visibles o sostenibles en la comunidad. Además, la baja coordinación interinstitucional observada en esta unidad podría haber afectado la efectividad de las medidas, limitando los beneficios esperados.

En la UH AHP/TA, la percepción está más dividida: el 48% califica el éxito como bajo, pero un 33 % lo considera medio (Figura 76). Esto sugiere que, aunque existen críticas sobre la efectividad de la inversión, también hay un sector de la población que ha percibido ciertos beneficios. Este resultado podría estar relacionado con una implementación parcial de medidas que han tenido un impacto moderado en algunas comunidades, pero que aún requieren mejoras en planificación y ejecución.

Por el contrario, en la UH Leito, el 58% de la población percibe un éxito alto y el 36% medio, lo que indica que la mayoría considera que la inversión en conservación del páramo ha sido efectiva (Figura 76). Este resultado puede estar vinculado a la alta coordinación y cooperación interinstitucional observada en esta unidad, lo que ha permitido una mejor implementación y monitoreo de las medidas de conservación. Además, una comunicación más efectiva de los resultados y una mayor participación comunitaria pueden haber generado un mayor sentido de apropiación y satisfacción con los proyectos.

La diferencia entre las percepciones sobre la efectividad de la inversión puede involucrar una variedad de factores, como la calidad de la implementación, la comunicación de los resultados y el nivel de participación de los pobladores de las zonas altas que se relacionan directamente con el páramo.

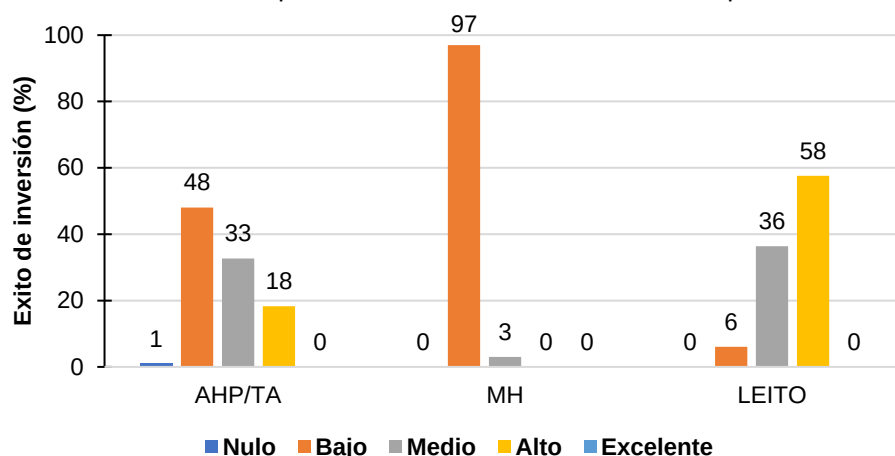


Figura 76. Éxito de la inversión institucional en la conservación de páramos en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

3.2.5 Dimensión socioecológica

3.2.5.1 Conocimientos individuales sobre la conservación y/o restauración del páramo

En esta sección, se expone el nivel de desarrollo de habilidades y conocimientos individuales sobre la conservación y/o restauración del páramo, y sus servicios ecosistémicos. En este contexto, todos los jefes y jefas de hogar indicaron que comprenden la importancia de proteger los páramos. En la Figura 77, se muestran los beneficios del páramo más significativos en cada UH. La población encuestada en las UH MH y Leito aseguró que todos los beneficios o servicios generados por el páramo son importantes; sin embargo, en la UH AHP/TA, a más del 57% de la población que también consideró que todos los servicios tienen la misma importancia, un 34% escogió la provisión de agua dulce como principal motivo para ejecutar medidas de conservación y/o restauración del páramo.

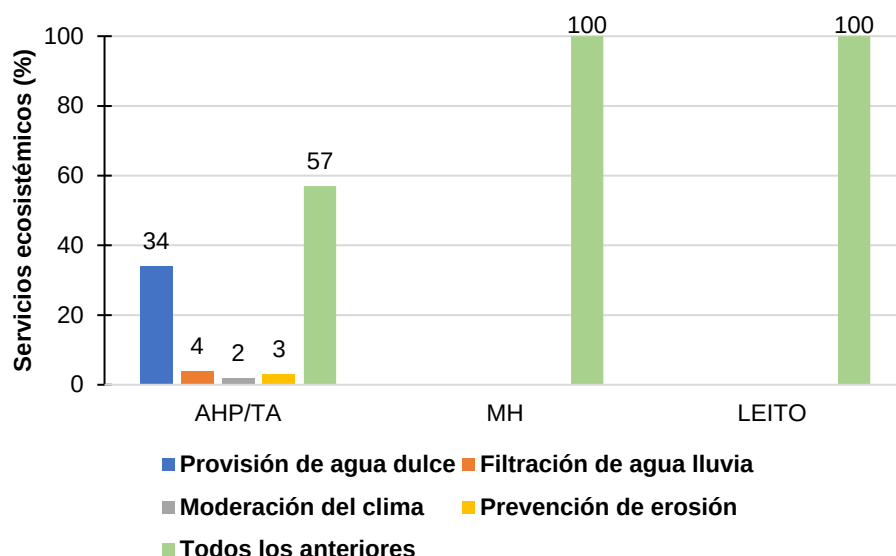


Figura 77. Nivel de importancia de los servicios ecosistémicos del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

El nivel de conocimientos y habilidades con las que cuenta la población sobre actividades de cuidado del páramo y su nivel de participación en las mismas, se evaluó en cinco categorías, tal y como se muestra en la Figura 78 y Figura 79. Los resultados muestran diferencias en el nivel de conocimientos y habilidades que tiene la población sobre el cuidado del páramo en las distintas unidades hidrográficas, lo que puede influir directamente en la efectividad de las estrategias de conservación y en la participación comunitaria de estas actividades.

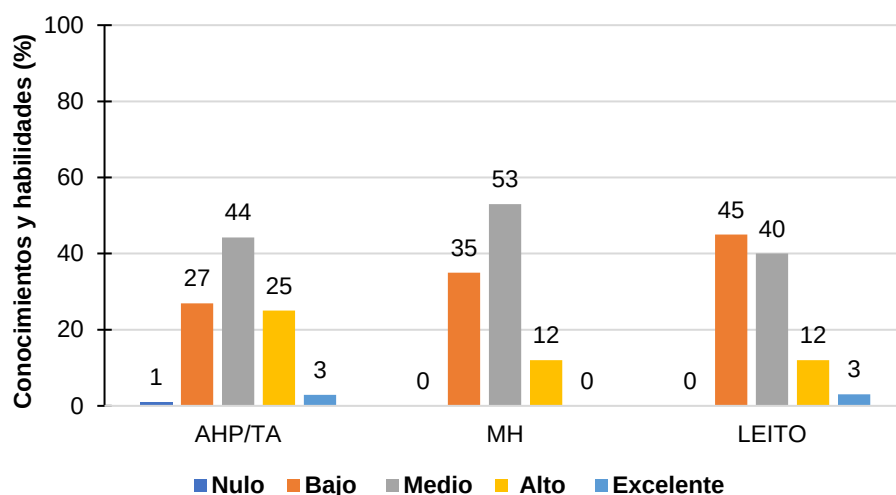


Figura 78. Nivel de conocimientos y habilidades sobre medidas de conservación en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

En la UH AHP/TA y MH, la mayoría de la población percibe que su nivel de conocimientos y habilidades es medio (44% y 53% respectivamente) (Figura 78). Esto indica que, si bien existe cierta comprensión sobre la importancia del páramo y las acciones necesarias para su conservación, aún hay margen para mejorar la capacitación y fortalecer las habilidades prácticas de la comunidad. La presencia de un conocimiento moderado puede ser el resultado de esfuerzos de formación y divulgación parcial, donde algunas personas han logrado asimilar conceptos básicos, pero aún no cuentan con una preparación técnica suficiente para participar de manera activa y eficiente en la gestión del páramo.

Por otro lado, en la UH Leito, el 45% de la población reporta tener un nivel bajo de conocimientos y habilidades (Figura 78), lo que sugiere que en esta zona existe una mayor necesidad de programas de educación ambiental y capacitación. Esta deficiencia podría estar limitando la participación efectiva de la comunidad en actividades de conservación, lo que, a largo plazo, podría afectar la sostenibilidad de los recursos del páramo. La percepción de bajo conocimiento también puede estar relacionada con la menor cantidad de capacitaciones reportadas en esta unidad hidrográfica y con la falta de acceso a información o espacios de formación adecuados.

Los niveles de participación en actividades de conservación del páramo reflejan una relación directa entre la existencia de Planes de Manejo de Páramos (PMP) y el grado de involucramiento de la población en su protección. En la UH AHP/TA, la participación en la restricción de acceso y la prevención de alteraciones en el páramo es alta (48%), lo que sugiere que la comunidad está activamente comprometida con su conservación (Figura 79). Este nivel de participación puede estar influenciado por la implementación de los PMP, que han establecido medidas claras y han promovido la organización comunitaria para el cumplimiento de estas normas. La existencia de estos planes facilita la integración de los pobladores en actividades de monitoreo y control, promoviendo un sentido de corresponsabilidad en la protección del ecosistema.

En la UH MH, la participación es media (42%), lo que indica que, si bien hay un compromiso con la conservación del páramo (Figura 79), no es tan fuerte como en AHP/TA. A pesar de que en algunos sectores también se han implementado PMP, la efectividad de estos planes puede verse afectada por factores como la comunicación, la disponibilidad de recursos o la falta de incentivos para la comunidad. Es posible que aún haya sectores donde la población no se involucra completamente en las acciones de protección o que la implementación de los PMP no haya alcanzado a toda la unidad hidrográfica de manera uniforme.

Por otro lado, en la UH Leito, la participación es baja (45%), lo que se alinea con la ausencia de un Plan de Manejo de Páramos en esta unidad (Figura 79). La falta de un instrumento de gestión puede estar limitando el compromiso de la población, ya que no existen lineamientos formales ni estrategias estructuradas que fomenten la participación en la conservación del páramo. Sin un PMP, es posible que la comunidad no perciba con claridad la importancia de estas acciones o que no haya instancias organizadas para incentivar su involucramiento en la restricción del acceso y el monitoreo del ecosistema.

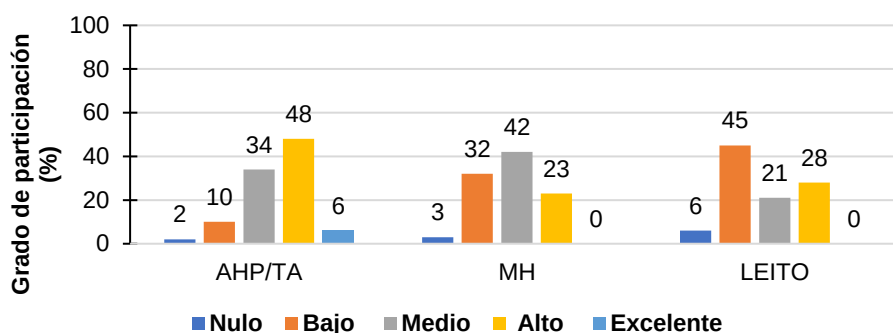


Figura 79. Grado de participación en la conservación del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

La perspectiva acerca del estado de conservación actual del páramo en cada una de las UH se refleja en la Figura 80. En la UH AHP/TA, el 55% de la población consideró que la salud del páramo es alta y el 34 %, media. En MH, el 55% estimó que la salud es media y el 32%, alta. En tanto que, en Leito existió más diversidad de opiniones, pues el 55% sostuvo que es media, el 24% baja y el 21% alta. Resulta conveniente mencionar lo sucedido en la UH Leito, donde las actividades ganaderas anexas a los páramos causaron que los osos descendieran a las zonas habitadas, generando controversias sobre su exterminación. Actualmente, la Fundación Oso Andino se encuentra trabajando en el monitoreo de especies y a su vez, ayudando a generar mayor conciencia ambiental en la población.

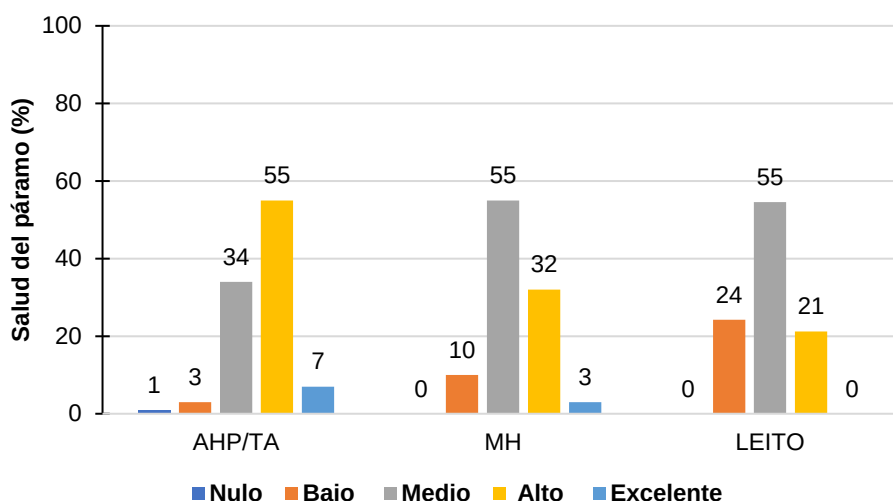


Figura 80. Estado de conservación del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

3.2.6 Disponibilidad de recursos naturales

También se levantó información referente a la disponibilidad de recursos naturales, específicamente del agua y suelo, para mejorar la comprensión de la dinámica socioecológica en las UH de estudio. En la Figura 81a, se observa que el 53% de los hogares en la UH AHP/TA contaron con servicio de agua potable; en MH, el 70%; y, en Leito únicamente el 18% de la población. El porcentaje restante que no dispuso del servicio informó que solo tiene agua entubada. Por otro lado, en la Figura 81b, se muestra la disponibilidad de riego, la cual fue nula para las UH MH y Leito; mientras que, en AHP/TA se encontró disponible para el 74% de la población. Este porcentaje comprendió 77 hogares, de los cuales, 63 tienen riego por acequia, 12 por aspersión y 2 por gravedad. Cabe mencionar que los 100 hogares (26%) de AHP/TA que no contaron con riego suplieron sus necesidades a partir del agua de consumo (14 hogares) o dependieron netamente de la lluvia (86 hogares), así como lo hicieron en MH y Leito.

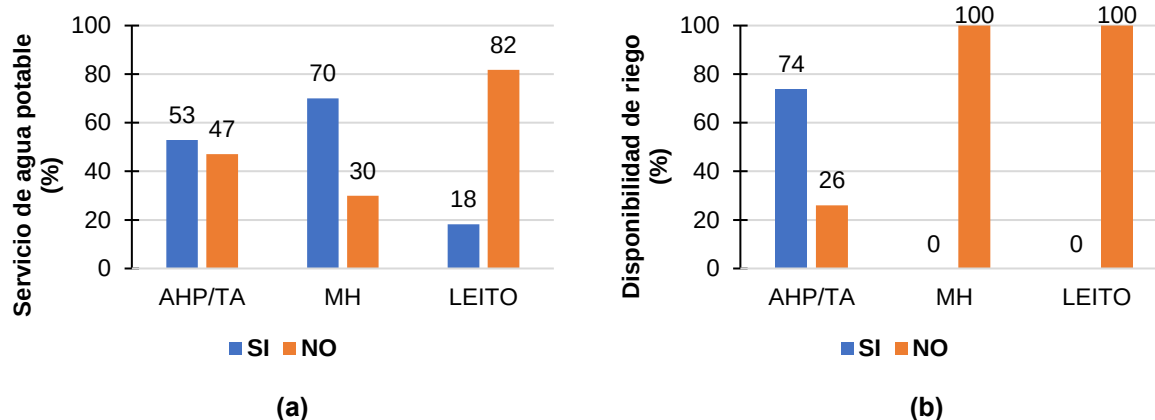


Figura 81. Disponibilidad de (a) agua potable y (b) para riego, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Los resultados indican que la mayoría de la población en las tres unidades hidrográficas percibe que la calidad del agua es buena (Figura 82a), aunque existen diferencias en las valoraciones entre las unidades y dentro de la UH Leito, donde se presentan criterios divididos sobre el tratamiento del agua.

En la UH MH, el 95% de la población considera que el agua es de buena calidad, lo que indica que esta unidad hidrográfica tiene fuentes hídricas relativamente bien conservadas y posiblemente cuenta con un sistema de tratamiento y distribución eficiente. En la UH AHP/TA, el 77% de la población también califica

el agua como buena, lo que sugiere que la percepción de calidad sigue siendo positiva, aunque con cierto margen de mejora en comparación con MH.

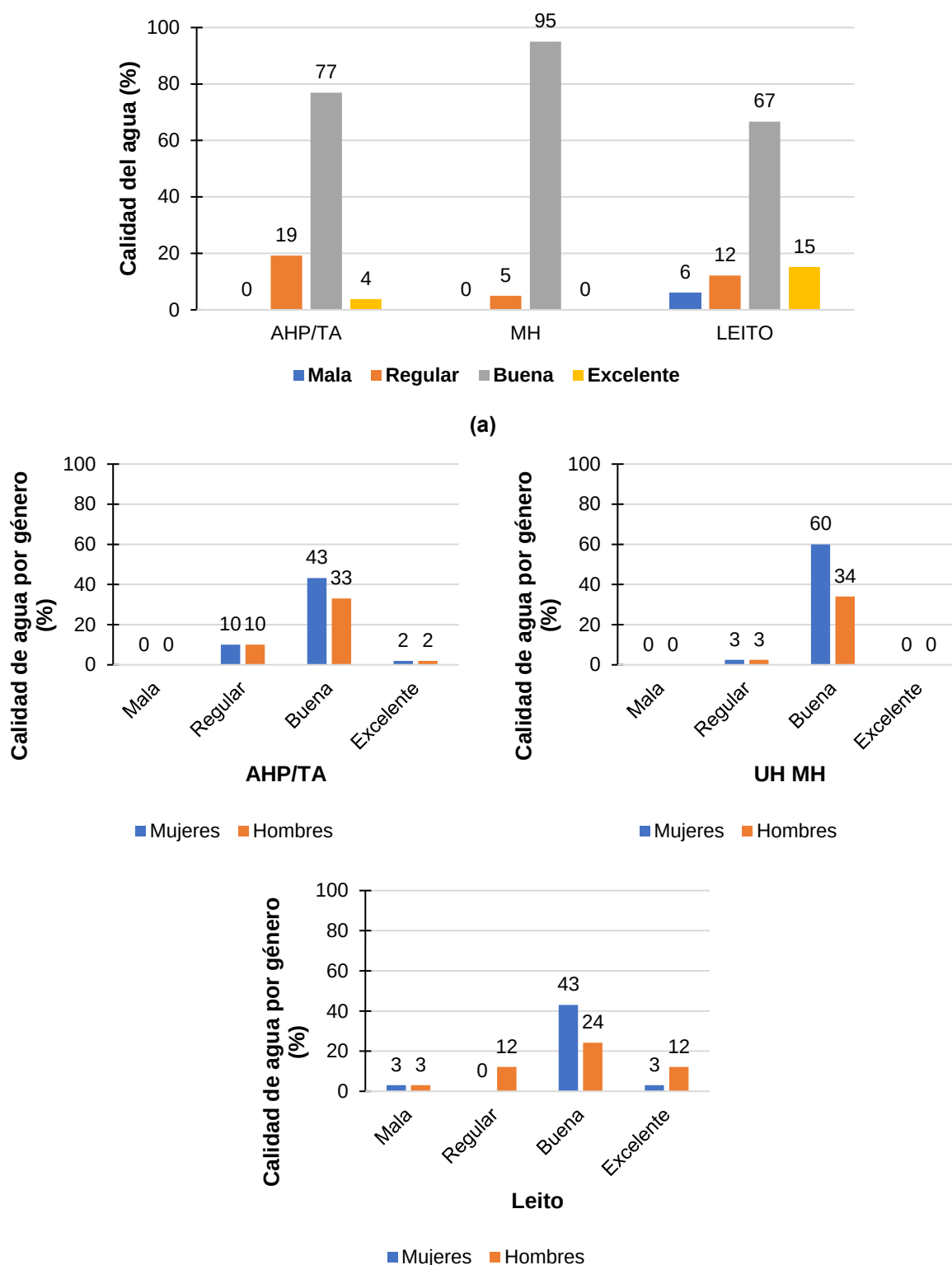


Figura 82. Perspectiva (a) general y (b) por género de la calidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

En la UH Leito, aunque el 67% califica el agua como buena, existe un porcentaje significativo de personas que tienen dudas o preocupaciones sobre su calidad (Figura 82a). La división de opiniones en esta unidad sugiere que hay una falta de consenso sobre la seguridad del agua, lo que puede estar relacionado con el acceso a información sobre el tratamiento del agua y la confianza en las medidas de potabilización.

Algunos pobladores consideran que la cloración perjudica la salud, lo que refleja una desconfianza hacia los procesos de tratamiento del agua potable, mientras que otros advierten que el agua sin tratamiento no es segura, lo que indica que existe un sector de la población con mayor conciencia sobre los riesgos del consumo de agua sin potabilizar. Esta discrepancia puede estar relacionada con factores culturales, educativos o con experiencias previas sobre el uso y tratamiento del agua en la comunidad.

Desde una perspectiva de género, se destaca que, en todas las unidades hidrográficas, fueron más las mujeres que calificaron el agua como de buena calidad (Figura 82b). Esto podría estar relacionado con el hecho de que, tradicionalmente, las mujeres suelen estar más involucradas en las actividades domésticas que dependen directamente del agua, como la preparación de alimentos, el aseo y el cuidado de la familia. Por esta razón, su percepción puede estar influenciada por la experiencia cotidiana con el recurso y por su conocimiento práctico sobre sus usos y características.

Los resultados reflejan que, aunque la mayoría de la población en las tres unidades hidrográficas considera que actualmente la cantidad de agua es suficiente, también existe una percepción preocupante de que esta disponibilidad ha disminuido en comparación con años anteriores.

En la UH MH, el 95% de la población indica que la cantidad de agua es suficiente (Figura 83), lo que sugiere que esta unidad hidrográfica cuenta con una buena disponibilidad del recurso hídrico. Sin embargo, un 5% menciona que el agua ha disminuido, lo que, aunque es un porcentaje bajo, podría indicar que ciertos sectores de la población ya están notando cambios en la disponibilidad del agua.

En la UH AHP/TA, el 68% de la población considera que el agua es suficiente (Figura 83), pero un 26% reporta que ha disminuido. Esto indica una mayor preocupación en comparación con MH, lo que podría estar relacionado con factores como el crecimiento poblacional, el aumento en la demanda del recurso o posibles alteraciones en las fuentes de agua debido a actividades humanas o cambios climáticos.

La situación más crítica se observa en la UH Leito, donde, aunque el 58% de la población menciona que el agua es suficiente, el 42% indica que ha disminuido (Figura 83). Este porcentaje es el más alto entre las tres unidades hidrográficas, lo que sugiere que en esta zona la percepción de reducción del recurso es mucho más evidente. Esto podría deberse a la falta de medidas de conservación y gestión del agua, dado que en Leito aún no se ha implementado un Plan de Manejo de Páramos (PMP), lo que podría estar afectando la capacidad de protección de las fuentes hídricas.

En este contexto, cabe señalar que la percepción de la población respecto a la cantidad de agua se encuentra en congruencia con los resultados obtenidos en los análisis del componente hídrico y de suelo, los cuales indican que en la UH MH existe mayor caudal en relación con las demás UH, seguido por AHP/TA y Leito, respectivamente; y que la retención del agua en el suelo, es proporcional al tipo de cobertura vegetal y de su estado de conservación. Lo que claramente indica que existe una tendencia de que el recurso hídrico siga disminuyendo si no se refuerzan las estrategias de conservación y recuperación de los páramos.

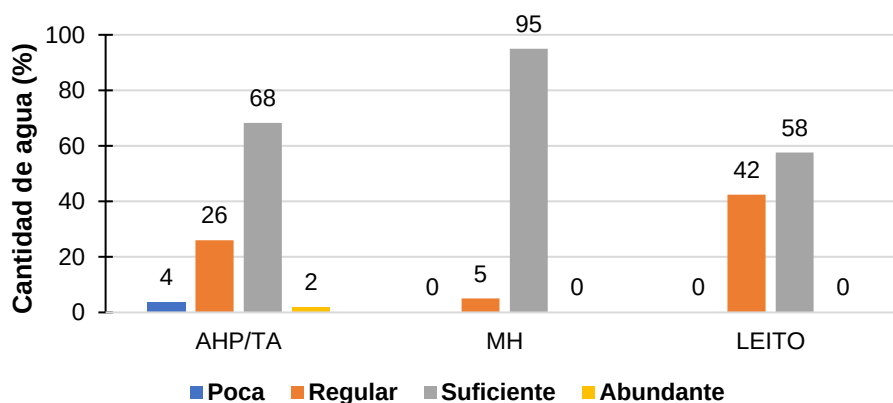


Figura 83. Perspectiva general de la cantidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Específicamente, se evaluó la percepción de los cambios en la cantidad de agua durante la última década, y se encontró que, la mayoría de las mujeres (75%) de la UH MH considera que el agua no ha presentado cambios significativos. Por otro lado, existió un porcentaje mayoritario de mujeres (33%) de la UH AHP/TA y de hombres (52%) de Leito, que indicaron que la disminución del agua es evidente (Figura 84). En este sentido, el argumento sugerido por la población de cada UH acerca de la disminución del agua se detalla en la Tabla 87.

De manera general, la población señala como principales causas la intervención de los páramos/bosques y el incremento de la demanda de agua, la cual se agrava durante los intensos períodos de sequía. Cabe indicar que la percepción social también se corrobora con el gran número de concesiones del uso de agua, especialmente para riego agrícola en la UH AHP, seguido por el consumo humano y actividades como la acuicultura y abrevaderos, lo cual constituye una presión constante sobre el recurso hídrico. De modo que, la asignación de caudales en las unidades hidrográficas sin priorizar medidas de conservación y manejo sostenible de las fuentes hídricas pone en riesgo la disponibilidad del agua en el futuro.

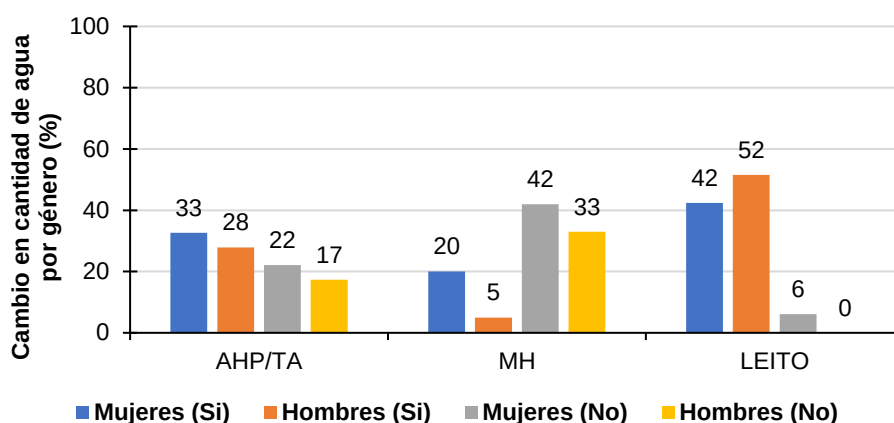


Figura 84. Cambios en la cantidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

Tabla 87. Razones de disminución de la cantidad de agua en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

UH	Disminución de agua	Razones
AHP/TA	61 % (63 hogares)	- Fuertes períodos de sequía vinculados con el cambio climático - Intervención del páramo (incendios y pastoreo) - Incremento de la demanda de agua - Daño de la tubería por deslizamientos de tierra en períodos de lluvias
MH	25 % (10 hogares)	- Fuertes períodos de sequía - Intervención del páramo - Incremento de la demanda de agua
Leito	94 % (31 hogares)	- Fuertes períodos de sequía vinculados con el cambio climático - Deforestación del páramo - Tala de bosques - Incremento de la demanda de agua - Uso desigual del agua - Falta de reservorios
Total	104 hogares con problemas de disminución de agua	

En relación a la época lluviosa, también se evaluó el número de deslizamientos de tierra en cada UH, dando como resultado un máximo de 10 deslizamientos en la UH AHP/TA, 4 en MH y 5 en Leito de diferente magnitud durante el último año; mientras que, en otros sectores de las UH no se los ha evidenciado. Considerando el área total de cada UH, en Leito se han ocasionado el mayor número de deslizamientos, lo cual coincide con lo reportado en el Estado del Arte (PACT II, 2023), donde se señala que las UH AHP y MH, al ser más alargadas que anchas, presentan menos riesgo a las crecidas; mientras que Leito, al tener una forma más circular y mayores pendientes, incrementa las posibilidades de crecidas y

deslizamientos, intensificando la erosión existente, ya que la zona es mayoritariamente agrícola y cuenta con menos cobertura vegetal natural.

Adicionalmente, en la Figura 85 (a, b y c), se muestra la frecuencia de los deslizamientos observados por cada género. En las tres UH la mayor parte de las mujeres opinó que este evento es raro; mientras que, la mayoría de los hombres de la MH lo consideró frecuente, en Leito, raro y en AHP/TA, ausente o nulo. Cabe destacar que la frecuencia de los deslizamientos en la UH MH, según los encuestados, responde a la sinergia generada entre las fuertes lluvias de la zona y la falta de mantenimiento de la infraestructura vial principalmente.

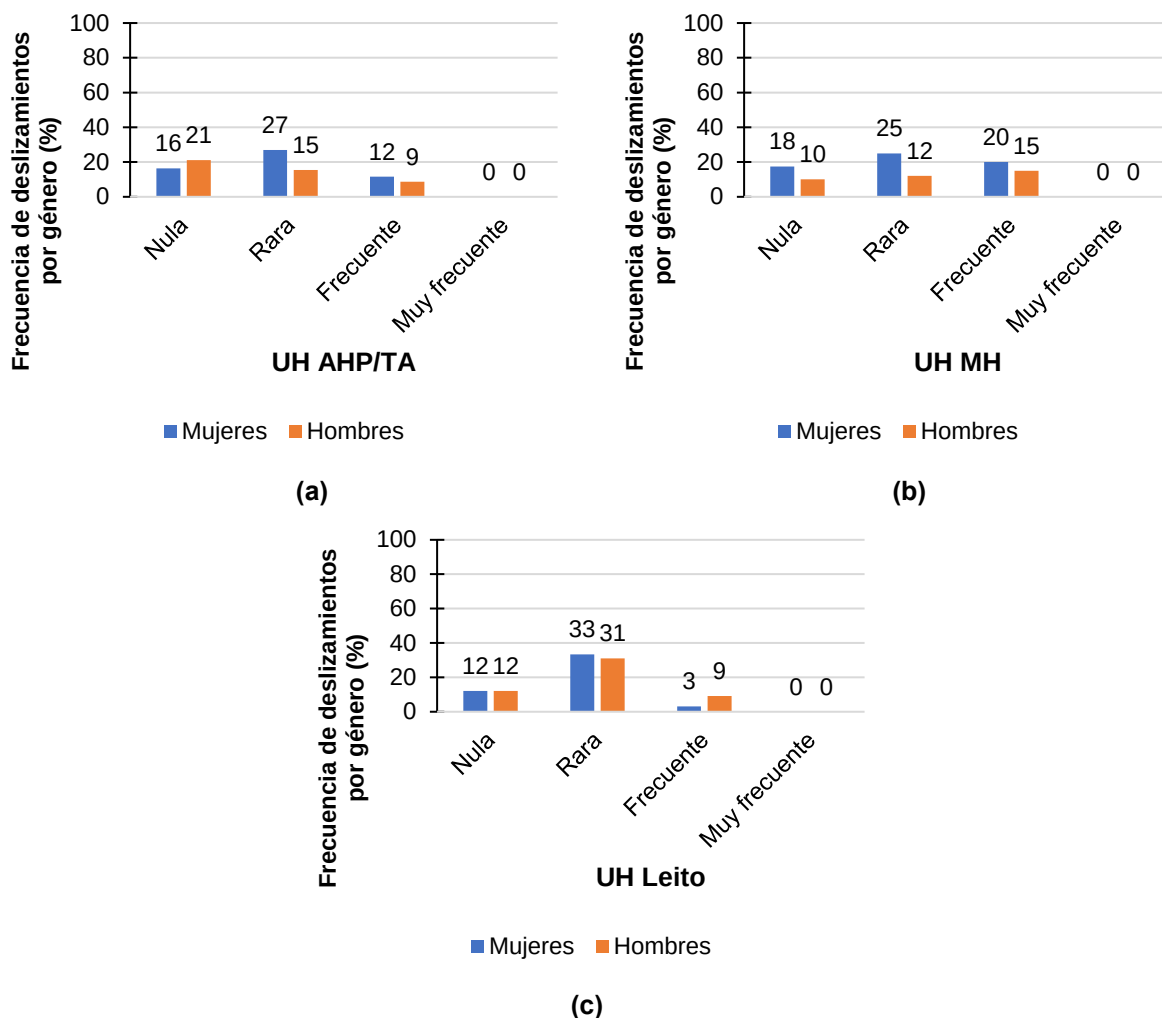


Figura 85. Evidencia por género de la frecuencia de deslizamientos en las unidades hidrográficas (a) Ambato Huachi Pelileo (AHP), (b) Mocha Huachi (MH), (c) Leito.

Sobre la calidad productiva del suelo durante el último año, se obtuvo que la mayoría de los encuestados en AHP/TA (61%), MH (92%) y Leito (91%) considera que el suelo cuenta con buena fertilidad, pero no la suficiente para garantizar la estabilidad productiva de sus cultivos y pastos. Además, el 31% de los encuestados en AHP/TA calificó la calidad del suelo como regular, haciendo hincapié en que los períodos de sequía agravan la situación (Figura 86a). En cuanto a la percepción de cada género respecto a la calidad del suelo, la mayoría de las mujeres y de los hombres de todas las UH señalaron que el suelo aún presenta buena calidad para la producción doméstica especialmente y una comercial limitada (Figura 86b).

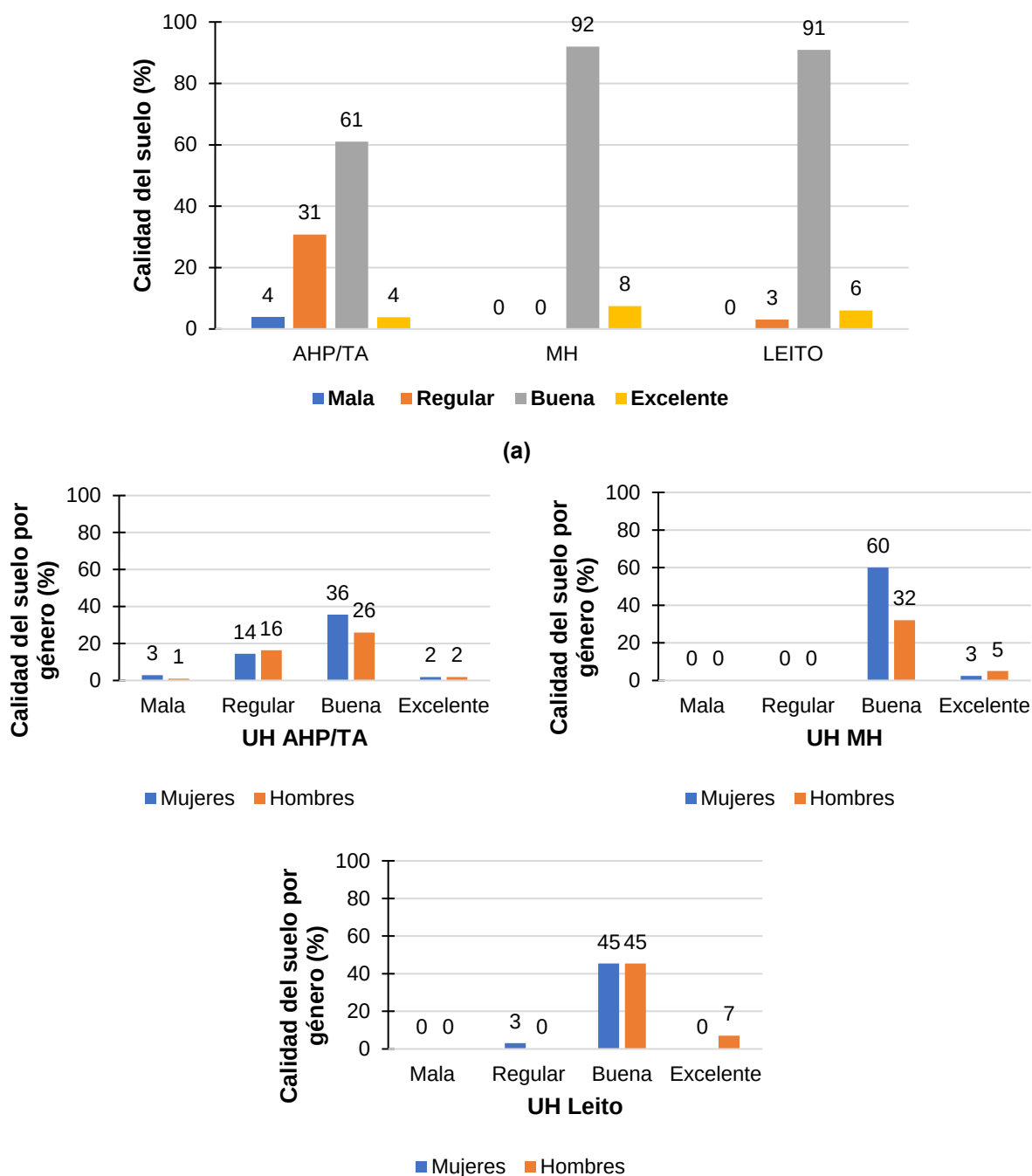


Figura 86. Perspectiva (a) general y (b) por género de la calidad del suelo, en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

De los/las 177 jefes/jefas de hogar encuestados, 167 contaron con terreno para realizar actividades productivas para el consumo familiar y la venta. En este contexto, solo 20 hogares afirmaron no haber aplicado tratamientos durante el último año para mejorar la calidad del suelo; mientras que, los 147 hogares restantes, sí. Esta situación se muestra en la Figura 87, donde el 64% de la población en MH, el 93% de AHP/TA y el 100% de Leito se han apoyado de algún tipo de actividad complementaria para garantizar los resultados de su producción.

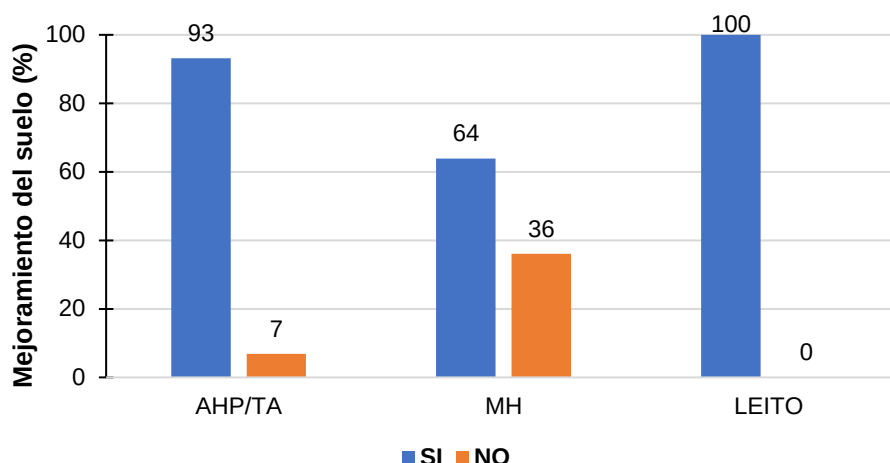


Figura 87. Aplicación de tratamientos para mejorar la calidad del suelo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

En relación a los tipos de tratamientos aplicados al suelo, en la Figura 88 se puede observar que, de manera prioritaria, la población en la UH Leito (62%) ha utilizado fertilizantes químicos; mientras que, en la UH AHP/TA con el 51% y en MH con el 40%, fertilizantes químicos y abonos orgánicos en conjunto. Es pertinente resaltar que en la UH Leito, donde se registró el mayor uso de fertilizantes químicos, predomina la producción comercial de maíz.

El hecho de que en todas las UH aún se empleen fertilizantes químicos para incrementar la productividad del suelo, pone en riesgo la calidad del agua para consumo humano y riego, debido a que los nitratos y fosfatos desprendidos de los fertilizantes se filtran en el suelo y se escurren con las lluvias hacia las quebradas y los ríos, generando procesos de contaminación que afectan tanto la vida acuática como a la salud humana, especialmente cuando el agua se utiliza para consumo.

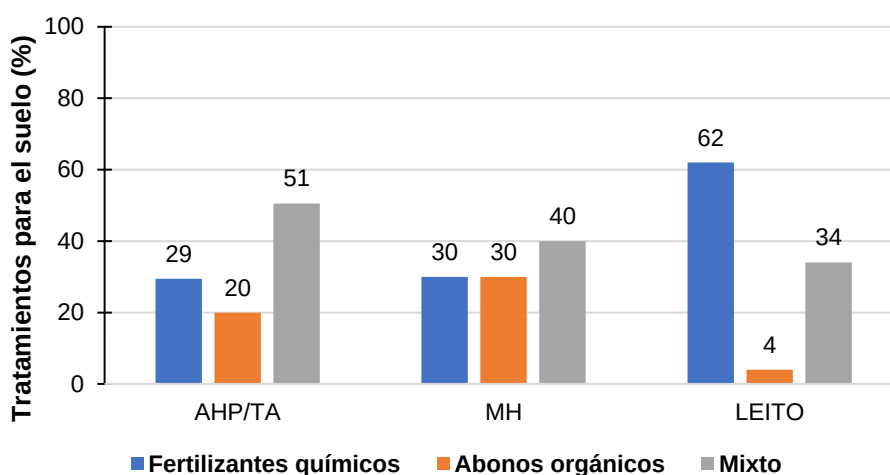


Figura 88. Tipos de tratamiento para la producción del suelo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

El análisis del gasto en insumos para mejorar la fertilidad del suelo es variado entre las Unidades Hidrográficas (UH), dependiendo del tipo de tratamiento aplicado y de la disponibilidad de materia prima para la producción de abonos orgánicos. En la UH AHP/TA y MH, los valores anuales destinados a la compra de fertilizantes químicos (urea, 18-46-0, 10-30-10, 8-20-20), y abonos orgánicos (gallinaza, excremento de ganado y cuy, biol, cachaza) varían ampliamente, desde ningún costo hasta los \$8.000 y \$7.000, respectivamente. La mediana del gasto es relativamente baja (\$100 en AHP/TA y \$300 en MH), lo que indica que muchos productores no destinan grandes sumas a la compra de insumos (Tabla 88). Esto se debe a que en estas UH predomina la actividad ganadera, lo que les permite aprovechar los desechos

del ganado para producir abonos orgánicos de manera casera y, por lo tanto, reducir los costos de adquisición.

Por otro lado, en la UH Leito, los gastos en insumos oscilan entre \$ 150 hasta \$6.000, con una mediana significativamente más alta de \$2.000 al año (Tabla 88). Esto sugiere que los productores de esta zona dependen en mayor medida de la compra de fertilizantes químicos y abonos orgánicos comerciales. Este comportamiento puede explicarse por el modelo productivo predominante en Leito, donde la agricultura comercial, especialmente el cultivo de maíz, es más relevante que la ganadería. Al no contar con una fuente interna de materia orgánica para elaborar sus propios abonos, los productores deben recurrir a la compra de insumos, lo que eleva los costos de producción.

Tabla 88. Gastos en insumos para mejorar la producción del suelo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP), Mocha Huachi (MH), Leito.

UH	Promedio	Máximo	Mínimo	Mediana	Moda
AHP/TA	\$ 417	\$ 8.000	\$ 0	\$ 100	\$ 0
MH	\$1.687	\$ 7.000	\$ 0	\$ 300	\$ 0
LEITO	\$ 2.220	\$ 6.000	\$ 150	\$ 2.000	\$ 2.000

IV. INSTITUCIONALIDAD Y GOBERNANZA

4.1 INTRODUCCIÓN

La gobernanza e institucionalidad de los recursos naturales es un factor clave para el desarrollo sostenible y la gestión eficiente de los páramos. Este componente abarca el conjunto de normas, políticas, instituciones y actores involucrados en la toma de decisiones sobre el uso, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. Una gobernanza efectiva garantiza un equilibrio entre el aprovechamiento racional de los recursos y la preservación del ambiente, promoviendo el bienestar de las comunidades y la sostenibilidad a largo plazo. Prins (2009) engloba dentro del concepto de institucionalidad la asociatividad y la normatividad. La asociatividad se refiere a la organización, cooperación y acción colectiva de grupos de personas para obtener un resultado de interés común. Normatividad se refiere a las reglas del juego en el seno de la organización: arreglos y contratos (escritos o no); reciprocidad; incentivos; sanciones; control; confianza. Estas dos dimensiones son indivisibles, la una no puede existir sin la otra.

En Tungurahua en cuanto a normativa existe la Ordenanza Provincial de Manejo y Conservación del Ecosistema de Páramo de la Provincia de Tungurahua aprobada en enero de 2013, donde se declara al ecosistema páramo y a las fuentes de agua de la provincia de Tungurahua como áreas estratégicas de interés colectivo y político para el desarrollo sostenible: ambiental, económico y social de toda la población. Plantea como ejes fundamentales: la elaboración y ejecución de los planes de manejo de páramos, la inclusión en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial, el manejo sustentable del ecosistema páramo y las fuentes de agua, el fomento de la investigación y la elaboración y ejecución de los planes de educación ambiental (HGPT, 2013).

Así mismo, respecto a la asociatividad, a nivel provincial, del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua ha desarrollado un Modelo de Gestión inclusivo y dinámico que busca coordinar esfuerzos entre entidades gubernamentales, organizaciones comunitarias y el sector privado para una administración eficiente del agua (HGPT, 2024). Este modelo promueve la participación activa de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con la gestión hídrica, reconociendo la importancia de una gobernanza colaborativa. La colaboración entre entidades gubernamentales, sector privado, organizaciones comunitarias y la sociedad civil permite la implementación de estrategias que integren el desarrollo económico con la conservación ambiental. Además, el fortalecimiento de la institucionalidad y la aplicación de normativas claras son esenciales para reducir conflictos socioambientales y asegurar el cumplimiento de principios de equidad y transparencia en la gestión de los recursos.

En Tungurahua donde la demanda hídrica crece constantemente debido a factores como el aumento poblacional, la expansión agrícola y el cambio climático, es imprescindible contar con un marco de gobernanza sólido que regule su gestión y distribución de manera justa y sostenible. Según Vega (2020) la importancia de fortalecer la gobernanza hídrica mediante la participación ciudadana y la colaboración entre instituciones, especialmente ante los desafíos que impone el cambio climático es primordial para garantizar la sostenibilidad del páramo. Por lo tanto, para garantizar las fuentes proveedoras de agua como son los páramos se requiere de la participación de diversos actores, incluyendo entidades gubernamentales, organizaciones comunitarias, el sector privado y la sociedad civil. La colaboración entre estos sectores es clave para promover una gestión integrada del recurso, fortalecer la resiliencia ante eventos extremos como sequías o inundaciones y prevenir conflictos por el acceso al agua.

En este contexto, el análisis de la gobernanza e institucionalidad permite evaluar la efectividad de los marcos regulatorios y las políticas públicas, identificar desafíos en la gestión del recurso y proponer estrategias que favorezcan su uso equitativo y sostenible. Fortalecer la institucionalidad y fomentar la participación activa de la comunidad son aspectos esenciales para garantizar una administración del agua que responda a las necesidades ambientales, económicas y sociales.

OBJETIVOS

- Elaborar un mapeo de actores que aporte insumos al análisis de la institucionalidad, gobernanza y mecanismos de participación comunitaria en la gestión del páramo, para el estudio “Estado de Salud del Páramo, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II”.
- Identificar posibles actores institucionales relacionados al estado de salud del páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II.
- Recoger información de los actores preidentificados, mediante instrumentos que motiven su involucramiento; y esquematizar el mapeo de los actores institucionales señalados en el levantamiento de información, para visualizar su importancia e influencia.

4.2 RESULTADOS

4.2.1 Mapeo de actores

El mapeo de actores de la institucionalidad y gobernanza vinculadas al estado de salud del páramo (Anexo 6), se lo plantea en el siguiente esquema (Figura 89), en el que figuran los actores según su tipo o categoría: social, gobierno, cooperación y educación; ámbito territorial de acción: provincial, microcuenca, área de recarga hídrica del sistema de riego e importancia frente al estado de salud del páramo las áreas estudiadas.

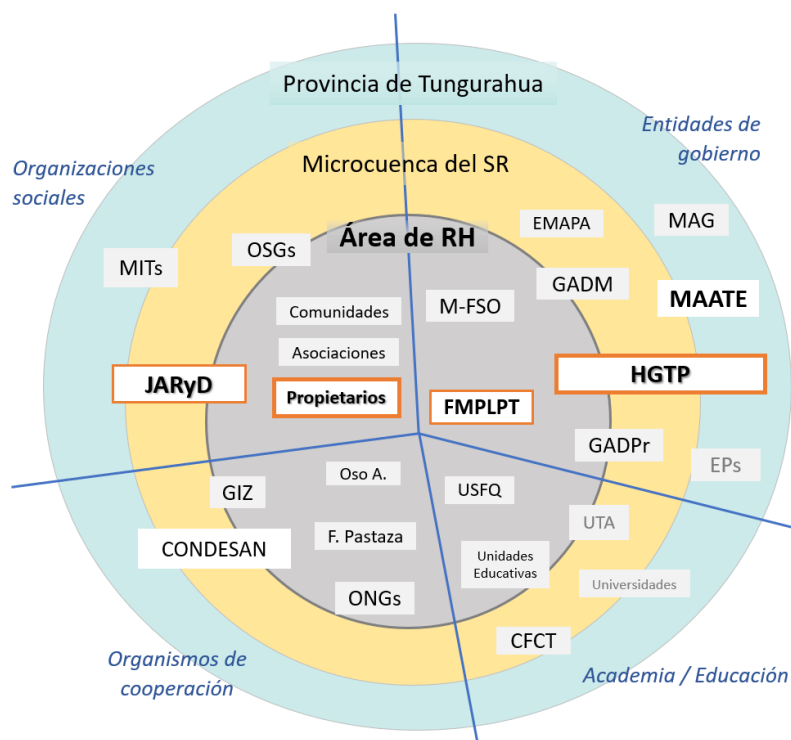


Figura 89. Diagrama del Mapeo de actores para análisis de institucionalidad y gobernanza en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.

4.2.2 Descripción de los actores

De los actores identificados, hay algunos que se destacan. En cuanto a organizaciones sociales, los propietarios de la tierra, sean privados o comunitarios, son determinantes para el estado de salud del páramo. Por su parte, las juntas administradoras de agua de riego tienen un rol importante por su capacidad de convocatoria, organización de usuarios, autogestión de recursos económicos y relación con entidades públicas.

En entidades de gobierno, el Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAATE) es la autoridad ambiental y del agua. Está el Gobierno Provincial a través de su dirección de recursos hídricos (HGTP)

con un rol ampliamente reconocido, el Fondo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT) también se destaca por financiar PMP. Ambos, son parte del equipo impulsor del Componente 2 del PACT II con apoyo de la cooperación técnica alemana (GIZ).

La Mancomunidad de municipios del Frente Sur Occidental (M-FSO) es específica para el sistema Mocha – Huachi y para el sistema Toallo - Alobamba, al ser la instancia para gestionar la protección y cuidado de los páramos de Mocha, Quero y Tisaleo.

De los organismos de cooperación, el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) se posiciona por su asesoramiento para la conservación de páramos. Del sector académico se aprecian trabajos de investigación, como el de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) y convenios como el de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) con la Universidad de Educación de Ludwigsburg para movilidad e investigación.

4.2.3 Mapa de influencia de los actores institucionales

El mapa de influencia muestra que los principales actores con un valor ≥ 7 fueron: Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT), Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAATE), Fondo de Manejo de Páramos y Lucha contra la Pobreza de Tungurahua (FMPLPT), GIZ (Tabla 89). Por lo tanto, dado el alto nivel de influencia de estas instituciones en la gestión ambiental y territorial de la provincia, resulta fundamental fortalecer la coordinación y articulación entre ellas, con el fin de potenciar sinergias, evitar duplicidad de esfuerzos y garantizar una planificación más eficiente y sostenible de las intervenciones. Esta colaboración estratégica contribuirá a una gobernanza más efectiva y al cumplimiento de los objetivos de conservación y desarrollo territorial sostenible en Tungurahua. Estos actores fueron categorización por la suma de importancia e influencia en actores claves, primarios y secundarios.

Tabla 89. Importancia en influencia de los actores identificados en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.

ACTORES	IMPORTANCIA	INFLUENCIA	SUMA
HGPT	5	5	10
MAATE	5	4	9
FMPLPT	5	4	9
GIZ	4	3	7
MAG	3	3	6
RPFCh	3	3	6
Propietarios, Comunidades	4	2	6
OSG	3	3	6
UNOCAN	3	3	6
UCIT	3	3	6
GADM Patate	3	3	6
KFW	3	3	6
GAD Municipales	3	2	5
FSO	3	2	5
GAD Parroquiales	3	2	5
CONDESAN	3	2	5
PNLI	3	2	5
Junta Mocha-Huachi	2	3	5
Junta AHP	2	3	5
GADM Mocha	2	3	5
GADM Tisaleo	2	3	5
GADM Quero	2	3	5
GADPr San Fernando	2	2	4
GADPr Pilahuín	2	2	4
CELEC	2	1	3
Fundación Pastaza	1	2	3
MIT	1	2	3

ACTORES	IMPORTANCIA	INFLUENCIA	SUMA
GADPr Santa Rosa	1	2	3
GADPr Quisapincha	1	2	3
GADPr Pasa	1	2	3
USFQ	1	2	3
UTA	1	2	3
Acción Andina	1	2	3
Fundación Oso Andino	1	1	2
Otros organismos de cooperación	1	1	2
Otras Universidades	1	1	2
ARCA	1	1	2
EMAPA	1	1	2

*Elaborado a partir de las entrevistas realizadas.

Los actores claves son quienes pueden influir significativamente en el proyecto, los primarios pueden ser influidos positiva o negativamente por el proyecto; y, los actores secundarios son los que tienen algún interés o un rol intermediario de la actividad (Tabla 90).

Tabla 90. Clasificación de los actores identificados en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.

Actores Clave (7,8,9,10)	Actores Primarios (4,5,6)	Actores Secundarios (1,2,3)
HGPT	MAG	CELEC
MAATE	RPFCh	MIT
FMPLPT	Propietarios, Comunidades	F. Pastaza
GIZ	OSG	GAD Santa Rosa
	UNOCAN	GADPr Quisapincha
	UCIT	GADPr Pasa
	GADM Patate	USFQ
	KFW	
	Municipios	UTA
	FSO	Acción Andina
	Parroquiales	Fundación Oso Andino
	CONDESAN	Otros de cooperación
	PN Llanganates	Otras Universidades
	Junta Mocha-Huachi	ARCA
	Junta AHP	EMAPA
	GADM Mocha	
	GADM Tisaleo	
	GADM Quero	
	GADPr San Fernando	
	GADPr Pilahuín	

Elaborado a partir de las entrevistas realizadas.

Los actores institucionales identificados como clave para la conservación del páramo según su alta importancia y alta influencia fueron Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT), Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAATE), Fondo de Manejo de Páramos y Lucha contra la Pobreza de Tungurahua (FMPLPT) (Figura 90).

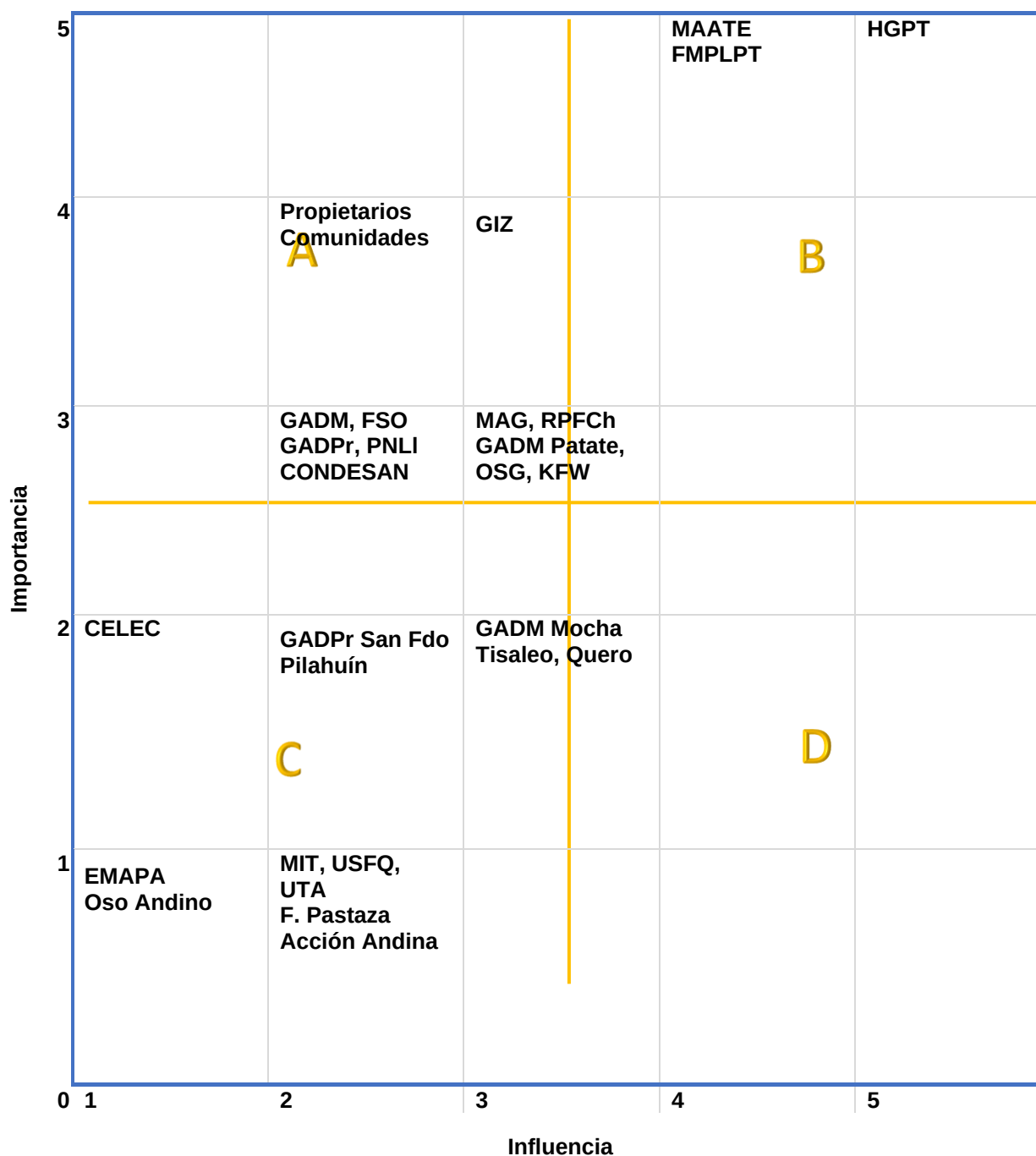


Figura 90. Diagrama del Mapa de influencia de los actores involucrados en las unidades hidrográficas estudiadas en Tungurahua.

4.2.4 Percepción de los actores institucionales

Los resultados de las 46 entrevistas a los actores claves en cuanto a institucionalidad y gobernanza se detallan a continuación en donde fueron abordados temas de institucionalidad y gobernanza como: capacidades institucionales, participación colaborativa, coordinación y cooperación intra e interinstitucional, monitoreo y evaluación, acuerdos de conservación y comunicación (Anexo 6).

Según Reino (2011), hay diferencias culturales importantes, propias de los pobladores que habitan en zonas altas, y de los habitantes de zonas de valle de Tungurahua. Los “hombres de minga” como les llama, se han adaptado frente a muy duras condiciones de clima, mientras que aguas abajo donde hay mayor prisa por la producción y la alimentación, están quienes, ante la necesidad de agua, se han organizado

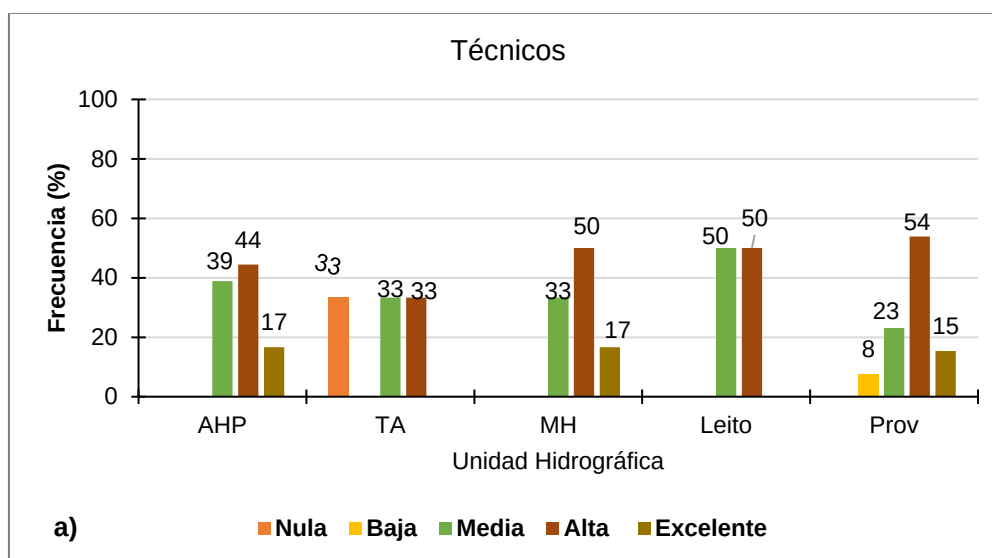
entorno a los canales de riego. En la etapa de entrevistas se evidenció amplia variedad de conocimientos, con casos de profundo dominio técnico - científico, otros valiosos propios de la experiencia y cultura local; así, los conceptos se manejan e interpretan de maneras diversas.

4.2.5 Capacidades Institucionales

¿Qué nivel de avance en habilidades y conocimientos considera tener usted sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo?

La pregunta busca conocer el nivel de avance que una persona posee en relación con sus habilidades y conocimientos sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo. Este enfoque permite evaluar la percepción individual respecto a su preparación y entendimiento en temas clave para la gestión y protección de este ecosistema, promoviendo un diagnóstico que podría orientar estrategias de capacitación, sensibilización o fortalecimiento técnico en estas áreas.

Al respecto, el nivel de conocimientos y habilidades técnicas de los encuestados sobre medidas de conservación y restauración del páramo varió entre las Unidades Hidrográficas (UH). En Ambato Huachi Pelileo (AHP), las frecuencias más altas corresponden a las categorías alta (44%) y media (39%), mientras que baja alcanza el 17%. En Toallo Alobamba (TA), las categorías nula, media y alta comparten una frecuencia uniforme del 33%. En Mocha Huachi (MH), alta y media destacan con un 50% cada una, y baja alcanza el 17%. En Leito, las categorías media y alta presentan el 50% cada una, sin datos significativos en las demás. Finalmente, a nivel provincial (Prov) la categoría alta predomina con un 54%, seguida de media con 23% y excelente con 15% (Figura 91a). En términos de gestión en la unidad hidrográfica AHP, media y alta tienen la misma frecuencia (44%), mientras que nula y baja registran solo el 6% cada una. En TA, el 100% corresponde exclusivamente a la categoría media. En MH, la categoría media predomina con el 50%, seguida de alta (33%) y baja (17%). En Leito, las categorías alta y media presentan una frecuencia del 50% y 25%, respectivamente, con 17% para baja. En Prov, la categoría alta lidera con el 54%, seguida de media (31%) y baja y nula con un 8% cada una (Figura 91b).



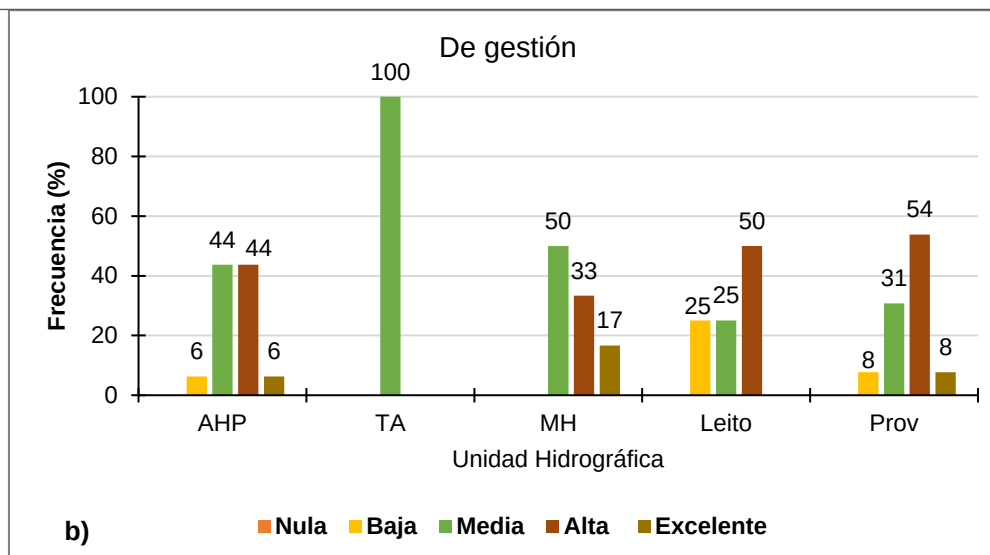


Figura 91. Habilidades y conocimientos sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov), en los niveles: a) Técnico y b) De gestión.

En general, se observa que las categorías media y alta predominan en todas las unidades hidrográficas analizadas tanto en el conocimiento y habilidades de los técnicos como de las instituciones respecto a las medidas de conservación del páramo. Esta tendencia puede interpretarse como una fortaleza en términos de institucionalidad y gobernanza, ya que evidencia la existencia de capacidades técnicas y conocimientos relevantes para la gestión sostenible del ecosistema. No obstante, es importante consolidar y fortalecer estas capacidades mediante procesos continuos de formación, intercambio de experiencias y articulación interinstitucional, con el fin de asegurar la implementación efectiva y sostenida de las medidas de conservación en el territorio. Además, este resultado podría estar relacionado con la disponibilidad de programas educativos, la proximidad a proyectos de conservación, o diferencias culturales y sociales entre las unidades hidrográficas.

¿Qué nivel de avance en habilidades y conocimientos presenta la organización/ institución sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo?

La pregunta está dirigida a evaluar el nivel de avance que una organización o institución posee en términos de habilidades y conocimientos relacionados con la implementación de medidas de conservación y/o restauración del páramo. Este enfoque permite identificar la capacidad institucional para gestionar acciones efectivas de protección, recuperación y sostenibilidad del páramo, proporcionando una base para analizar fortalezas, debilidades y necesidades de mejora en su desempeño respecto a la gestión y manejo técnico del ecosistema.

Al respecto de las habilidades y conocimientos de las organizaciones o instituciones a nivel *técnico* sobre medidas de conservación y restauración del páramo, en AHP fueron valoradas entre media (39%) y alta (33%). En TA, MH y Leito el nivel alto predominó con 67%, mientras media y baja comparten el 33% cada una. Finalmente, a nivel Prov, la categoría alta alcanza el 54%, media el 23%, excelente un 15% y baja el 8% (Figura 92a). Estos resultados reflejan una variabilidad notable en el grado de preparación técnica, siendo especialmente destacable el predominio del nivel medio y alto en las unidades hidrográficas y a nivel provincial, lo que evidencia un potencial significativo para la implementación de estrategias de conservación más eficaces.

Mientras que, en las habilidades y conocimientos de las organizaciones a nivel de *gestión* los entrevistados indicaron en AHP un nivel medio (53%). Para TA, mencionaron dichos conocimientos y habilidades de gestión en las categorías nula, media y alta con 33% cada una. En MH, se observa una distribución equitativa entre las categorías media y alta, ambas con un 50%. En Leito, destaca un alto porcentaje en la

categoría alta (67%), mientras que la categoría baja registra un 33%. Finalmente, en lo Prov, la gestión se concentra mayoritariamente en la categoría alta (62%) (Figura 92b).

El nivel de avance que presentan las organizaciones e instituciones en habilidades y conocimientos sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo varía significativamente entre las unidades hidrográficas. MH y Prov presentan un enfoque más equilibrado hacia niveles altos en conocimientos y habilidades de gestión, mientras que AHP y TA muestran menor incidencia en las categorías altas. Por otro lado, Leito se destaca por su gestión predominantemente alta, lo que podría indicar un esfuerzo prioritario o mejores recursos en esa unidad. Estos resultados podrían ser útiles para identificar áreas y oportunidades de mejoras en su gestión.

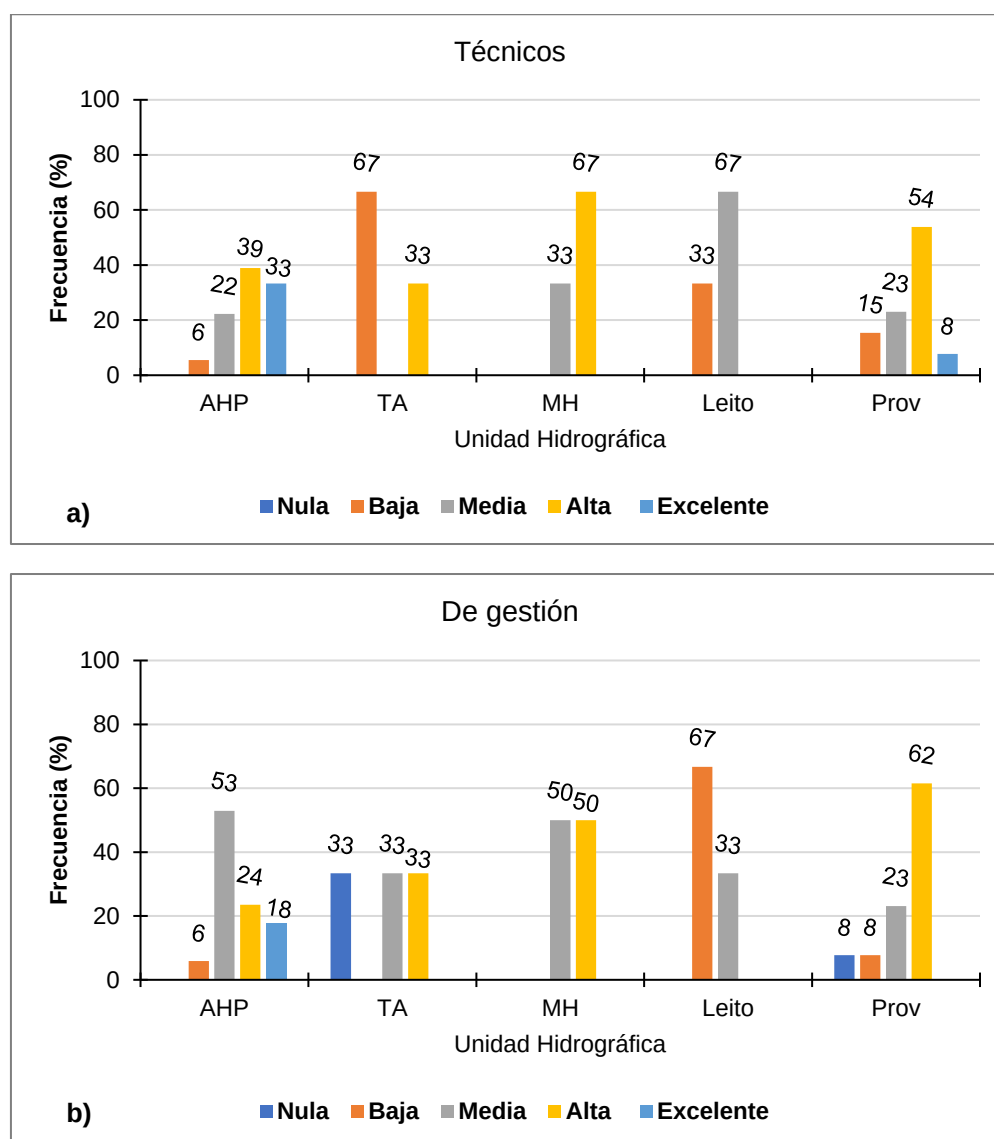


Figura 92. Habilidades y conocimientos que tienen las organizaciones o instituciones sobre medidas de conservación y/o restauración del páramo en las unidades hidrográficas Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov), a nivel: a) Técnico y b) De gestión.

¿Su organización/institución lleva a cabo o está involucrado directamente en Planes de Manejo del Páramo (PMP)?

Las Unidades Hidrográficas (UH) en las que organizaciones o instituciones están involucradas directamente en Planes de Manejo del Páramo (PMP) presentan los siguientes niveles de participación: la UH AHP registra el porcentaje más alto con un 90%, seguida del nivel Prov. con un 77%, la UH TA y MH con un 67%, y finalmente la UH Leito con un 25% (Figura 93).

Este resultado refleja una variabilidad significativa en el grado de involucramiento de las organizaciones o instituciones en la elaboración y ejecución de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las diferentes Unidades Hidrográficas (UH). La UH AHP destaca con el mayor porcentaje de participación (90%), lo que sugiere que en esta área existe un compromiso considerable con la conservación de los páramos debido a la importancia que se le otorga a mantener las fuentes de agua. Además, en esta Unidad hidrográfica las organizaciones de esa zona iniciaron con el modelo de los PMP en la provincia y llevan varios años recibiendo recursos económicos a cambio de “conservar” del páramo. Asimismo, puede estar relacionado con la mayor conciencia sobre la relevancia hídrica de esta zona y, posiblemente, con políticas o proyectos más establecidos de manejo y restauración ambiental. En cambio, la UH Leito, con una participación del 25%, presenta una situación contrastante. La baja implicación en los PMP parece deberse a la falta de interés por parte del equipo técnico del HGPT con el MAG, lo que se debe, según los entrevistados, a sus propios objetivos específicos para los páramos de la zona. Además, la ausencia de un Plan de Manejo del Páramo en esta unidad subraya una brecha importante en las estrategias de conservación del agua de la Provincia.

También, los datos sugieren que las iniciativas de conservación no están igualmente distribuidas entre las diferentes unidades hidrográficas, lo que podría implicar la necesidad de ajustar las políticas, redistribuir recursos y profundizar enfoques de manejo, dependiendo de las características y necesidades específicas de cada área. La disparidad en el nivel de participación entre las diferentes Unidades Hidrográficas refleja tanto factores socio-culturales como técnicos, lo que requiere una evaluación más específica y atención diferenciada para asegurar una implementación efectiva y equitativa de los Planes de Manejo del Páramo.

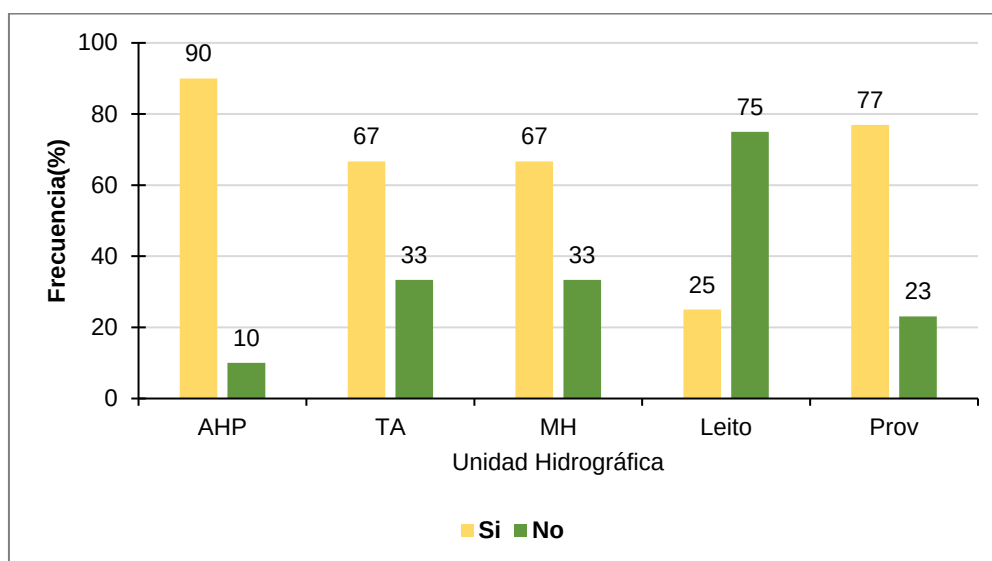


Figura 93. Frecuencia de participación de la organización en Planes de Manejo del Páramo en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo calificaría la capacidad de gestión de su organización/institución para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración del páramo en el marco de los PMP?

Los resultados muestran una considerable variabilidad en la capacidad de gestión de las organizaciones o instituciones para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación o restauración del páramo en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP), según las diferentes Unidades Hidrográficas (UH). La UH MH destaca con un 100% de los entrevistados señalando que existe una alta capacidad de gestión (Figura 94), lo que sugiere que en esta área hay un fuerte enfoque institucional hacia la administración, coordinación e implementación de los Planes de Manejo del Páramo (PMP), lo cual podría estar relacionado con una mayor infraestructura, recursos o compromiso con las políticas ambientales.

Por otro lado, a nivel Provincial (Prov) presenta una capacidad de gestión alta en el 55% de los casos (Figura 94), lo que indica una gestión sólida, pero con cierta variabilidad, posiblemente debido a diferencias en la disponibilidad de recursos o enfoques de las instituciones. En TA, solo el 50% considera que hay una capacidad de gestión alta, mientras que el 50% restante reporta una capacidad de gestión nula, lo que refleja un desafío importante en la implementación efectiva de las estrategias de conservación en esta área, posiblemente debido a limitaciones en la infraestructura o la coordinación institucional.

Finalmente, la UH AHP, donde se concentra la mayor cantidad de PMP, tiene una capacidad de gestión alta en el 44% (Figura 94), lo que puede indicar que, aunque el manejo es relativamente bueno, aún se requieren mejoras para fortalecer la eficacia en la implementación de los PMP. En la UH Leito, donde el 100% de los entrevistados indica una capacidad de gestión mediana, esto sugiere que la gestión en esta zona es funcional, pero presenta limitaciones significativas que impiden una participación más efectiva o eficiente en la implementación de los planes de manejo, posiblemente por factores como falta de recursos o apoyo técnico insuficiente.

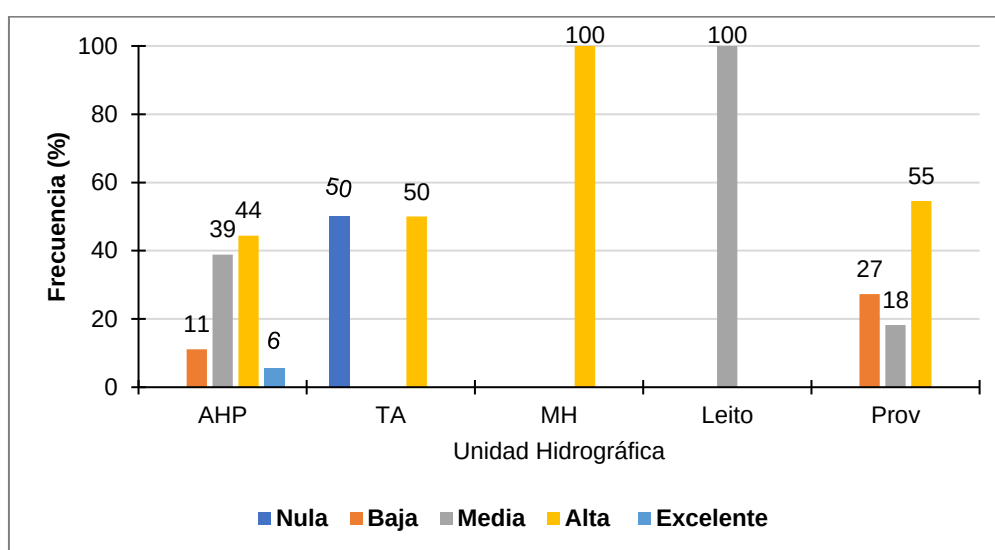


Figura 94. Frecuencia de la capacidad de gestión de la organización/institución para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración del páramo en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo calificaría la capacidad de gestión de los beneficiarios de los PMP para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración del páramo en el marco de los PMP?

En cambio, la capacidad de gestión de los beneficiarios de los PMP para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación o restauración del páramo, presentó un nivel medio en todas las UH, siendo AHP la más sobresaliente con 65%, seguido de lo Prov con 55%, TA y Leito con 50% y MH con el 25%. Cabe mencionar que, la UH que tuvo un nivel alto en la capacidad de gestión de los beneficiarios fue MH con 75%, ya que los encuestados mencionaron que los proyectos si tienen acogida por la agilidad de los proyectos y las nuevas generaciones tienen más interés de conservar el páramo (Figura 95).

Este resultado pone en evidencia una disparidad notable en cómo se percibe la capacidad de gestión de los beneficiarios de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar las medidas de conservación o restauración del páramo. A nivel general, se observa que todas las Unidades Hidrográficas (UH) presentan una capacidad de gestión a un nivel medio (Figura 95), lo que sugiere que, los beneficiarios están algo preparados, pero existen brechas importantes en cuanto a la efectividad de la gestión por parte de los beneficiarios. Esta apreciación coincide con los

resultados obtenidos en los talleres participativos, donde también se evidenció una percepción generalizada de gestión media. Esta convergencia en la percepción de los actores locales refuerza la necesidad de implementar estrategias que fortalezcan las capacidades organizativas, técnicas y de articulación de los beneficiarios, para avanzar hacia una gestión más efectiva y sostenible de los recursos en las UH.

La UH AHP destaca por su capacidad de gestión relativamente alta, con un 65% (Figura 95), lo que puede reflejar una participación activa y un compromiso fuerte de los beneficiarios en la conservación y restauración del páramo, quizás respaldada por iniciativas educativas o políticas locales, además el tiempo que los PMP están siendo implementados en esta unidad hidrográfica ha sido importante para la conservación. En segundo lugar, el nivel provincial (Prov) se percibe un 55%, lo que indica una buena capacidad de gestión entre los beneficiarios, aunque no exenta de desafíos, como la coordinación y la disponibilidad de recursos. En las unidades TA y Leito, la capacidad de gestión es algo más baja, con un 50%, lo que podría señalar que las estrategias de conservación en esas áreas aún no son tan eficaces o están experimentando dificultades en cuanto a la participación activa y el compromiso de los beneficiarios.

Lo más relevante de este resultado es que en la UH MH se distingue por un porcentaje del 75% de los beneficiarios que perciben una alta capacidad de gestión (Figura 95). Esta alta capacidad de gestión en MH se explica, según los encuestados, por la acogida que han tenido los proyectos de conservación, que se consideran ágiles y apoyados por la participación de las nuevas generaciones, con mayor interés en la conservación del páramo, vale indicar que en esta zona existe adicionalmente la Mancomunidad del FSO que se encarga de la gestión de estos planes, a diferencia de las otras áreas. Esto señala un factor positivo en el contexto de la gestión, destacando la relevancia del involucramiento de las personas y la rapidez en la implementación de proyectos como elementos clave para una gestión más efectiva. Sin embargo, se debe indicar que es preocupante que los jóvenes no quieren participar de estos espacios buscando otras oportunidades en la ciudad.

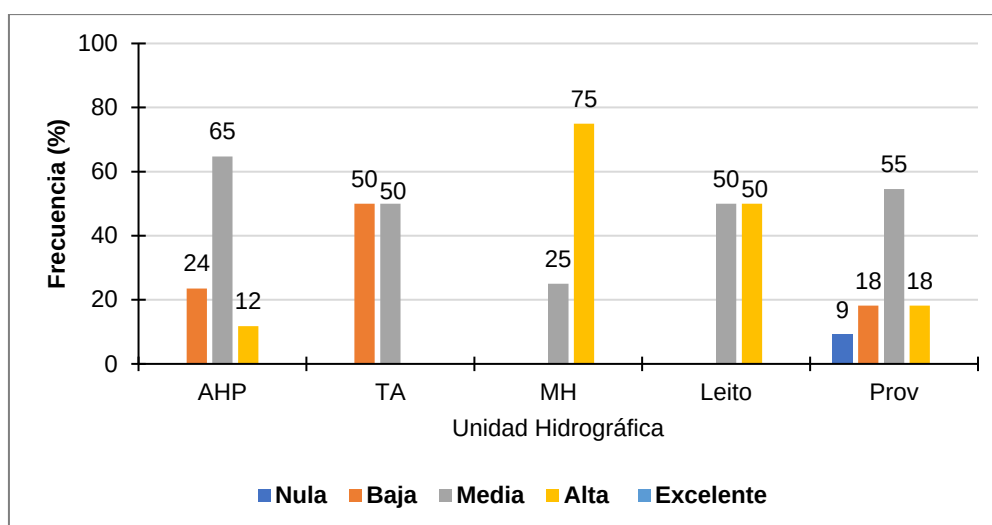


Figura 95. Frecuencia de la percepción sobre la capacidad de gestión de los beneficiarios de los PMP para administrar, coordinar, implementar, monitorear y evaluar medidas de conservación y/o restauración del páramo en el marco de los Planes de Manejo de Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Cuáles son las ventajas y desventajas del PMP?

Este resultado destaca las principales ventajas percibidas de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las distintas Unidades Hidrográficas (UH), con la UH AHP como la más destacada, al enumerar seis ventajas principales (Tabla 91), lo que refleja un entendimiento más amplio del impacto positivo de estos planes en dicha región. Este reconocimiento, y el tiempo significativo de manejar esta dinámica en la zona, sugieren una mayor sensibilización de los actores locales hacia la importancia de los PMP como instrumentos para el desarrollo sostenible y la conservación ambiental.

En todas las UH, la conservación del ambiente y la protección de las fuentes de agua se posicionaron como la principal ventaja de los PMP (Tabla 91). Este enfoque común resalta la relevancia del páramo como un ecosistema clave, no solo para la biodiversidad, sino también para garantizar la disponibilidad de agua, un recurso esencial para las comunidades locales. Esta perspectiva muestra cómo los beneficiarios entienden y valoran el impacto a largo plazo de cuidar el páramo. Otras ventajas importantes mencionadas incluyen el incentivo a la organización (Tabla 91), que fortalece las capacidades comunitarias y promueve una gestión colectiva más eficiente. Esto está relacionado con la provisión de recursos, materiales y compensaciones económicas, beneficios tangibles que pueden ser decisivos para motivar a los beneficiarios a comprometerse activamente en la implementación de los PMP. Estos elementos, aunque con limitaciones, no solo refuerzan el compromiso comunitario, sino que también pueden ayudar a mitigar posibles conflictos por la disponibilidad de recursos o la implementación de políticas.

Por una parte, la percepción positiva reflejada en estas ventajas subraya que los PMP no solo se enfocan en objetivos ambientales, sino también en generar beneficios sociales y económicos que contribuyen a un desarrollo sostenible. Sin embargo, las diferencias en la cantidad de ventajas reconocidas por cada UH también reflejan variaciones en la percepción de los beneficiarios, influenciadas por factores como la implementación de los planes, el acceso a recursos o el nivel de organización local.

En general, los resultados sugieren que los PMP tienen un impacto multifacético y son reconocidos como herramientas importantes para la conservación y el desarrollo sostenible en el páramo, especialmente en regiones con mayor comprensión y participación activa como la UH AHP. Esto indica que replicar las mejores prácticas de esta unidad en otras áreas podría fortalecer la eficacia de los PMP en todas las UH.

Tabla 91. Ventajas de los Planes de Manejo del Páramo PMP en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

Unidad hidrográfica	Ventaja	Frecuencia (%)
AHP	Conservación del ambiente y protección de las fuentes de agua	35
	Ayuda de proyectos	24
	Compensaciones económicas por cuidar el páramo	24
	Incentiva a la organización	6
	Ayudan a la comunidad	6
	Ayudar a los miembros de escasos recursos económicos	
Subtotal		100
TA	Conservación del ambiente y protección de las fuentes de agua	67
	Aporte de recursos y materiales	33
Subtotal		100
MH	Aporte de recursos y materiales	25
	Incentiva a la organización	25
	Compensaciones económicas por cuidar el páramo	25
	Conservación del ambiente y protección de las fuentes de agua	25
Subtotal		100
Leito	Conservación del ambiente y protección de las fuentes de agua	67
	Incentiva a la organización	33
Subtotal		100
Prov	Conservación del ambiente y protección de las fuentes de agua	60
	Incentiva a la organización	20
	Compensaciones económicas por cuidar el páramo	10
	Beneficios para los comuneros que viven en zonas de páramo	10
Subtotal		100

Por otro lado, las principales desventajas percibidas de los Planes de Manejo del Páramo (PMP), destacan que en la UH AHP se concentran el mayor número de desventajas (12), seguida del nivel provincial (7), mientras que en MH, Leito y TA se identificaron solo tres desventajas en cada una (Tabla 92). Esta

variabilidad sugiere que la percepción de desventajas podría estar influenciada por la presencia de este modelo de gestión en las diferentes zonas, la intensidad de las actividades, el nivel de participación o los desafíos específicos de implementación en cada área.

Entre las desventajas más comunes destacan:

- Falta de organización: esta limitación indica deficiencias en la coordinación y cohesión entre los actores involucrados, lo que refleja una débil gobernanza por falta de normas claras o su difusión, lo que afecta directamente la implementación y el éxito de los PMP.
- Descuido de los recursos naturales: este problema podría estar relacionado con la insuficiente aplicación de medidas de monitoreo o la falta de concienciación en algunos sectores, lo cual contradice los objetivos fundamentales de los PMP.
- Implementación lenta de los planes: las demoras en ejecutar los proyectos sugieren obstáculos administrativos, logísticos o financieros que dificultan que las estrategias de conservación se traduzcan en acciones concretas y oportunas.
- Incumplimiento de proyectos: esto refleja una falta de compromiso o seguimiento efectivo, lo que disminuye la credibilidad y la efectividad de los planes frente a las comunidades.
- Presupuesto insuficiente: esta es una limitación crítica, ya que la falta de recursos económicos puede restringir gravemente la capacidad de ejecutar proyectos de manera efectiva y sostenida.
- Falta de asesoramiento en finanzas: los beneficiarios pueden carecer de las habilidades necesarias para gestionar adecuadamente los fondos asignados, afectando la sostenibilidad financiera de las iniciativas.

La predominancia de desventajas en la UH AHP, a pesar de ser una unidad con alto nivel de participación en los PMP, podría estar vinculada con una mayor sensibilización de los participantes respecto a las carencias y áreas de mejora. Por su parte, en las UH con menor número de desventajas identificadas, como MH, TA y Leito, esto podría reflejar tanto una menor complejidad de los planes implementados como un desconocimiento o limitada participación en ellos (Tabla 92).

Los entrevistados reconocen que la entrega de recursos sin un adecuado acompañamiento puede generar conflictos, ya que su distribución suele ser deficiente y provoca descontento. Además, este tipo de beneficios puede abrir espacio a la corrupción entre algunos dirigentes y fomentar una cultura de dependencia, donde la conservación solo se valore si hay una compensación. De lo contrario, la expansión de la frontera agrícola avanza sin control ni consideraciones ambientales.

Tabla 92. Desventajas de los Planes de Manejo del Páramo PMP en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

Unidad hidrográfica	Desventaja	Frecuencia (%)
AHP	No dan cumplimiento los proyectos	18
	Falta de organización	12
	Descuido de los recursos naturales	12
	Escaso presupuesto	6
	Falta de asesoramiento en finanzas	6
	Falta de capacitación a los beneficiarios	6
	La estrategia de sostenibilidad es débil	6
	La implementación de los planes es lenta	6
	No todos somos beneficiarios de los proyectos	6
	Poca cobertura a nivel de territorio y población	6
	Riesgo del patrimonio	6
	Se baja la carga de los animales	6
Subtotal		100
TA	Descuido de los recursos naturales	33
	No existe ayuda frente a desastres naturales	33
	Dan recursos para proyectos, pero no garantiza resultados o empoderamiento	33
Subtotal		100
MH	Descuido de los recursos naturales	75
	La implementación de los planes es lenta	25
Subtotal		100
Leito	Falta de organización	33

Unidad hidrográfica	Desventaja	Frecuencia (%)
	La implementación de los planes es lenta	33
	No se trabaja totalmente	33
Subtotal		100
Prov.	Falta de organización	30
	La implementación de los planes es lenta	20
	Los proyectos no incluyen la rentabilidad	10
	No se da apertura a técnicas nuevas	10
	No responden a intereses de los líderes comunitarios	10
	Falta de asesoramiento en finanzas	10
	Escaso presupuesto	10
Subtotal		100

4.2.5.1 Participación colaborativa

¿Considera que en la Provincia de Tungurahua hay espacios suficientemente participativos, en donde los miembros de la comunidad pueden exponer sus necesidades e intereses, así como de otros actores vinculados al páramo, y definir en conjunto las acciones estratégicas?

En las Unidades Hidrográficas (UH) evaluadas, las personas encuestadas señalaron su percepción sobre la existencia de espacios participativos que permiten a los miembros de la comunidad expresar sus necesidades e intereses relacionados con la conservación del páramo. Además, estos espacios facilitan la colaboración con otros actores vinculados al páramo para definir acciones estratégicas. La UH Leito presentó el porcentaje más alto de manifestar la presencia de espacios de participación, alcanzando el 100%, seguida del nivel provincial (Prov) con un 77%. En contraste, la UH MH registró el porcentaje más bajo, con un 50%. Cabe destacar que esta Unidad también mostró el porcentaje más elevado de no participación (50%), atribuido principalmente a la falta de comunicación y socialización. Esta deficiencia ha provocado declive en los espacios de participación en dicha unidad (Figura 96).

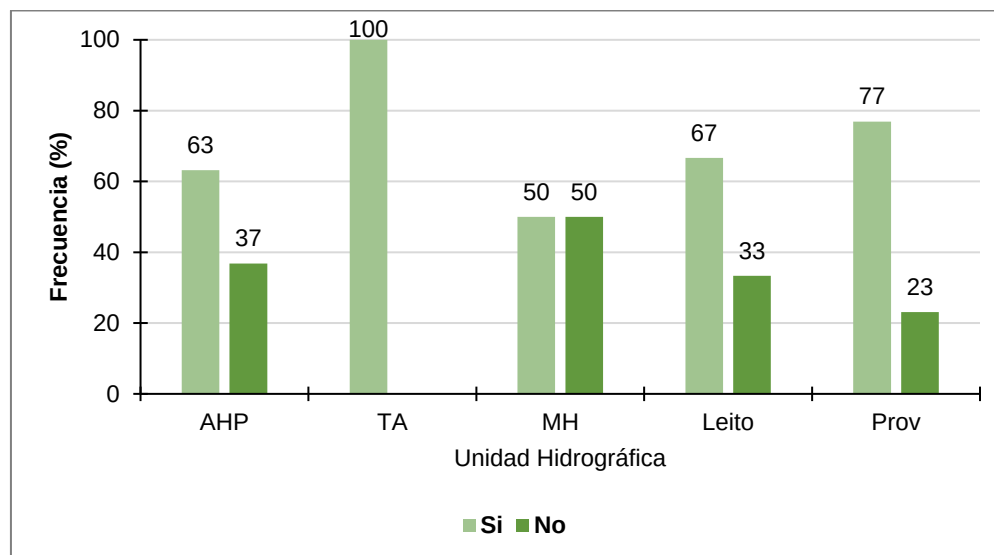


Figura 96. Frecuencia de la percepción sobre “sí” o “no” hay espacios suficientemente participativos en la Provincia de Tungurahua, en donde los miembros de la comunidad pueden exponer sus necesidades e intereses, así como de otros actores vinculados al páramo, y definir en conjunto las acciones estratégicas en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

Estos resultados revelan la influencia de la comunicación y la gestión de espacios participativos en la conservación del páramo y la implicación comunitaria. La participación del 100% en la UH Leito indica un entorno altamente inclusivo y comprometido, aunque no hay presencia del modelo de gestión de los PMP en la zona. Esto refleja una efectiva comunicación y organización comunitaria que fomenta la expresión de intereses y la cooperación para acciones estratégicas relacionadas con la conservación del páramo. Aunque el nivel Prov muestra un porcentaje elevado, aún queda espacio para mejorar la inclusión y la

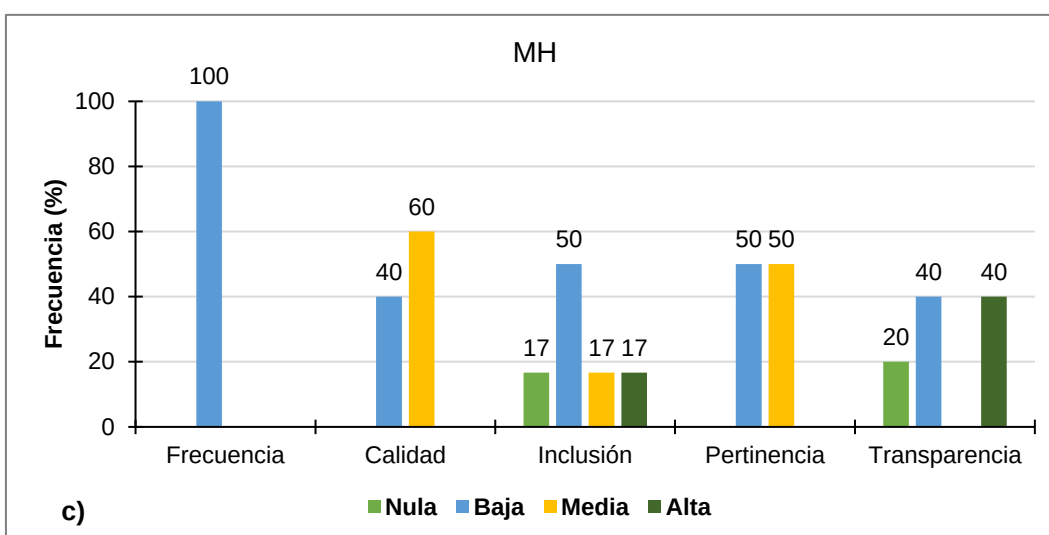
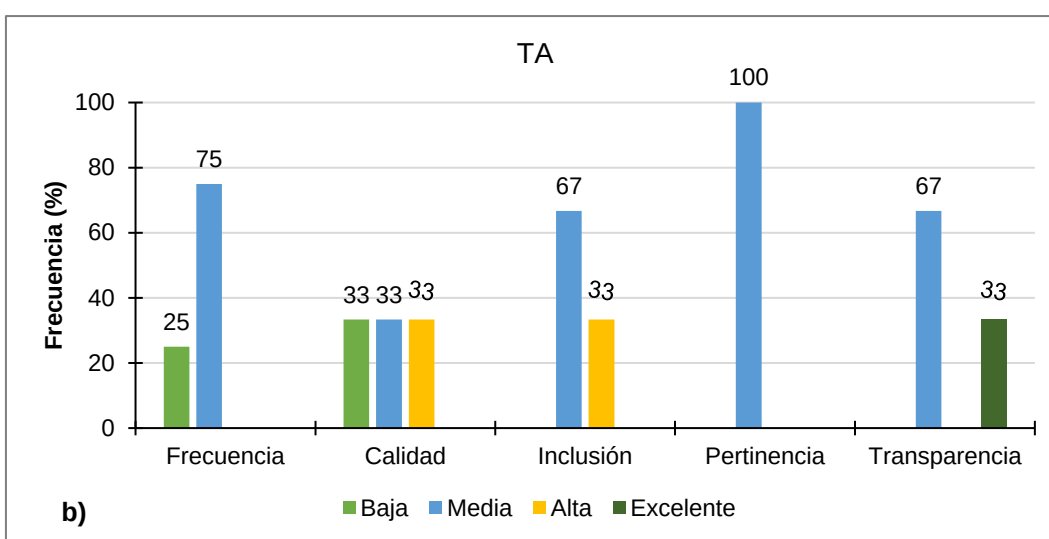
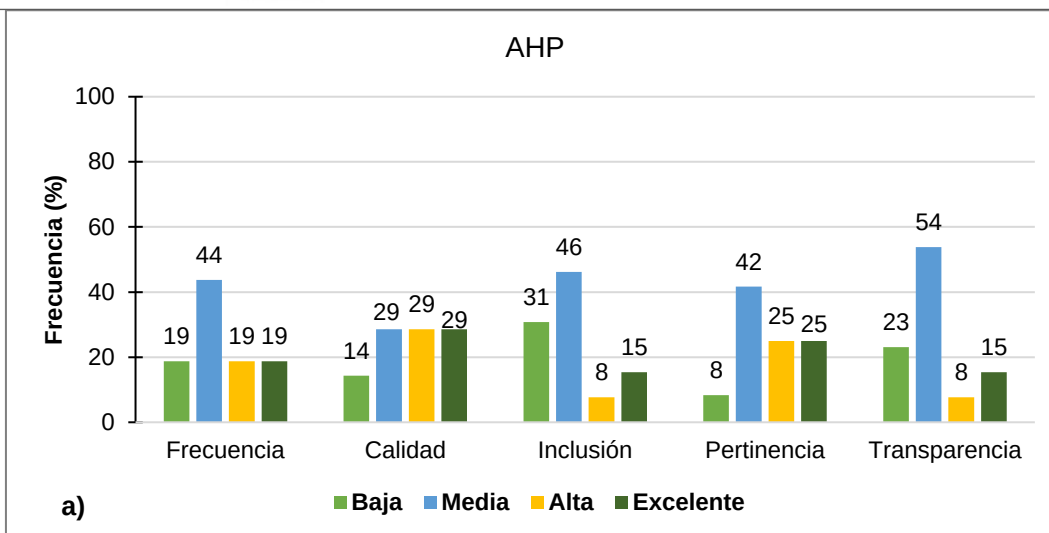
participación comunitaria. Por otro lado, la mitad de la comunidad percibe que no hay espacios participativos en la UH MH, lo que representa una barrera significativa para alcanzar una gobernanza equitativa y efectiva en esa área. Los datos apuntan a que la falta de comunicación y socialización es el principal factor detrás de esta falta de participación. Esto podría deberse a deficiencias en los mecanismos de convocatoria, carencia de transparencia en los procesos o desinterés derivado de experiencias negativas previas. Comparativamente, la UH Leito demuestra cómo una comunidad puede beneficiarse de un entorno participativo y colaborativo. Este modelo puede ser replicado en la UH MH con estrategias adaptadas para superar los retos de comunicación y participación.

¿Cómo califica la participación de los diversos actores institucionales en la toma de decisiones sobre conservación y/o restauración de páramos?

En la participación de los diversos actores institucionales en la toma de decisiones sobre conservación y/o restauración de páramos se tomó en cuenta la frecuencia, calidad, inclusión, pertinencia y transparencia. En la UH AHP la frecuencia tuvo una participación media con 44%, calidad excelente con 29%, inclusión media con 46 %, pertinencia media con 42% y transparencia de 54% (Figura 97a). En TA la frecuencia y pertinencia tuvieron una participación media de 100% y 75% respectivamente, y una transparencia e inclusión de 67% (Figura 97b). En cambio, en MH la frecuencia tuvo una participación baja de 100% e inclusión y pertinencia de 50%, mientras que calidad tuvo una participación media de 60% (Figura 97c). En Leito se tuvo una participación baja en inclusión con 100%, pertinencia con 75%, transparencia, calidad y frecuencia 50% (Figura 97d) y a nivel Prov. la calidad tuvo una participación media de 62%, inclusión de 54%, mientras que los encuestados manifestaron que la transparencia en la toma de decisiones es media con 38% (Figura 97e).

Estos resultados muestran disparidades significativas en la percepción de la participación de los actores institucionales en la toma de decisiones sobre la conservación y restauración de los páramos en diferentes Unidades Hidrográficas (UH). En la UH AHP la frecuencia e inclusión con valoración media sugiere que los actores tienen oportunidades moderadas para participar regularmente y que ciertos sectores podrían no estar representados de manera óptima. Si bien la transparencia se percibe como adecuada, un mejor enfoque en la relevancia de los temas abordados podría incrementar la eficacia. En la UH TA la frecuencia y pertinencia media denotan una participación regular que abarca ciertos temas efectivos para la conservación. En cuanto a la transparencia e inclusión (67% cada una), aunque ambos aspectos son positivos, aún existe margen para fomentar la representación de más sectores y asegurar una mayor claridad y difusión de los procesos. En UH MH la percepción de baja frecuencia implica una participación esporádica, lo que, combinado con una calidad media, puede limitar resultados significativos en la toma de decisiones. Existe una participación reducida de diversos actores y falta de alineación entre las decisiones tomadas y las necesidades relevantes para la comunidad y el ecosistema.

En la UH Leito la inclusión y pertinencia bajas sugiere la exclusión de este sector y que ciertos temas tratados pueden no ajustarse a las prioridades de la comunidad o el páramo. A nivel Prov. se refleja la necesidad de garantizar una representación más amplia y equitativa en la gestión provincial.



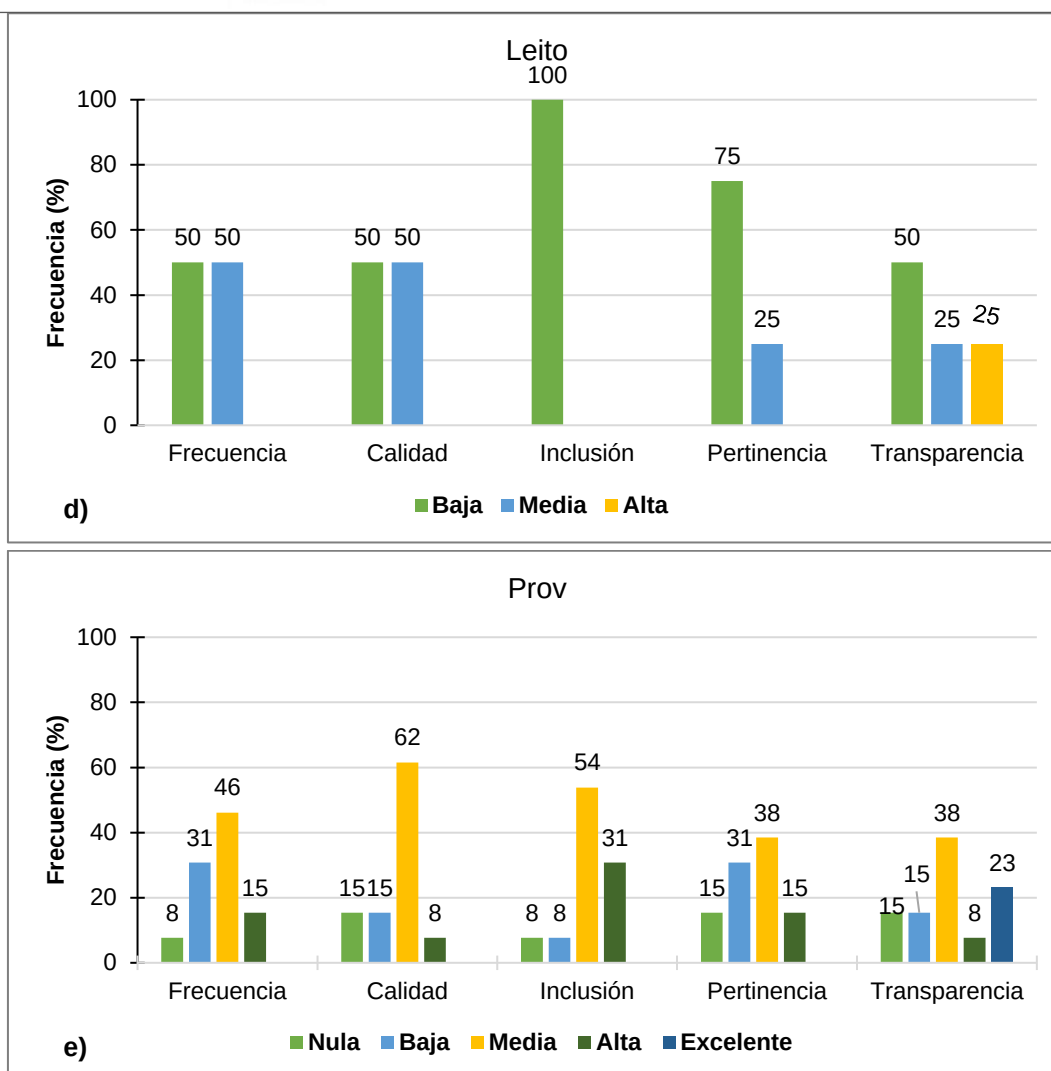


Figura 97. Frecuencia de la participación de los diversos actores institucionales en la toma de decisiones sobre conservación y/o restauración de páramos en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); b) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; y, e) Nivel Provincial (Prov).

¿Cuántos miembros de su organización/institución participan en alguna actividad de conservación y restauración de páramos? ¿En qué actividades?

Los miembros de las organizaciones o instituciones que mayormente participaron en actividades de conservación y restauración de páramos son hombres. Esto refleja una tendencia común en algunas áreas rurales o ámbitos institucionales donde las dinámicas tradicionales pueden limitar la inclusión activa de las mujeres en estos procesos. Sin embargo, se puede indicar que en la UH TA y a nivel Prov. existe una mayor percepción de participación de las mujeres en actividades de conservación y restauración del páramo. Este hecho sugiere un avance hacia la equidad de género en estas áreas. Podría atribuirse a factores como políticas locales inclusivas, la naturaleza de las actividades (que pueden alinearse más con las responsabilidades percibidas de las mujeres), o proyectos específicos que promueven la participación femenina. Además, los entrevistados en la UH TA indicaron que participan en proyectos de riego y capacitaciones con actividades de conservación del páramo (Figura 98). Este resultado pone de manifiesto desigualdades de género en la participación en actividades de conservación y restauración del páramo, a la vez que destaca la importancia de promover espacios inclusivos y las oportunidades que las actividades específicas ofrecen para mayor participación.

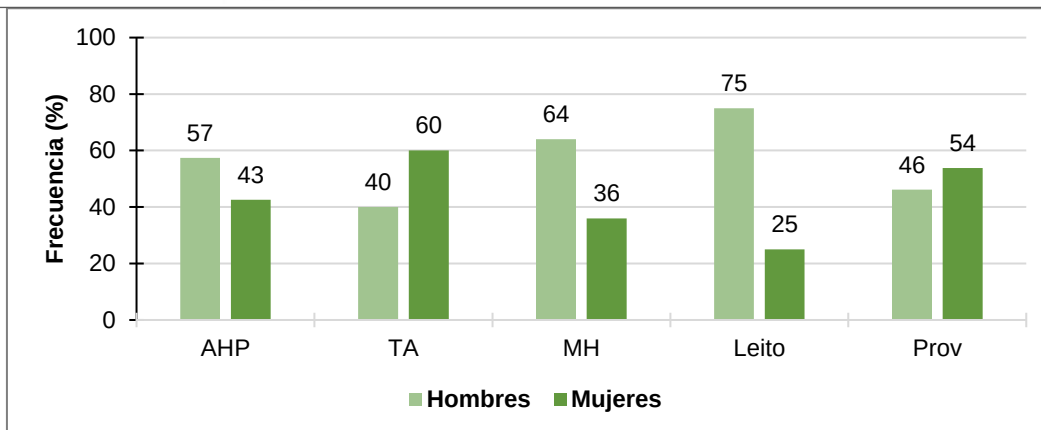


Figura 98. Frecuencia de los miembros que participan en alguna actividad de conservación y restauración del páramo en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo considera la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMP en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos?

Los niveles de participación (nula, baja, media, alta y excelente) de los hombres y mujeres beneficiarios del PMP en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos es variada en las unidades hidrográficas estudiadas. La frecuencia y calidad de participación de hombres en la UH AHP fue alta en relación a las mujeres (Figura 99). Esto refleja una tendencia hacia un predominio masculino en actividades asociadas al manejo de los páramos, lo que puede estar influenciado por factores sociales, culturales o estructurales que favorecen su acceso y participación. La menor frecuencia y calidad de la participación de las mujeres sugiere que existen barreras de acceso que podrían incluir roles tradicionales de género, menor representación en espacios de decisión, o falta de mecanismos que garanticen una mayor inclusión y equidad.

La brecha en la participación puede tener implicaciones para la gobernanza inclusiva del páramo, limitar la diversidad de perspectivas en las medidas de manejo del ecosistema, especialmente considerando que las mujeres suelen tener roles importantes en actividades locales relacionadas con la conservación de recursos naturales y el uso sostenible del suelo.

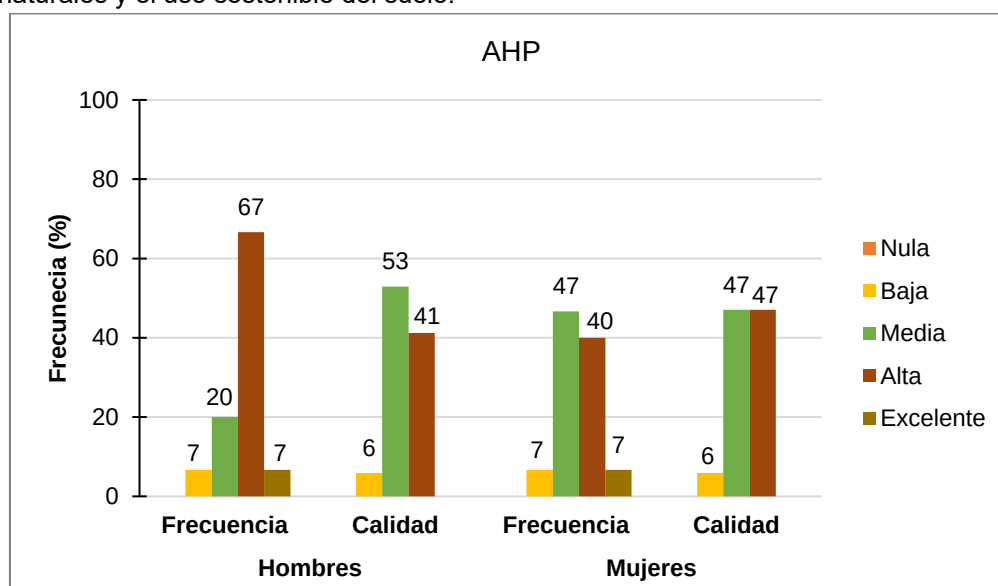


Figura 99. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMP en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP).

En la UH TA las mujeres presentan una frecuencia ligeramente mayor (75%) en comparación con los hombres (67%) en la categoría de participación media. Esto podría reflejar una mejora en la inclusión

femenina en procesos relacionados con la conservación y restauración, donde tradicionalmente los hombres han sido los principales actores (Figura 100). Tanto hombres como mujeres presentan un valor del 33% en términos de calidad de participación en la escala de baja a alta. Esto indica que, aunque su presencia en las actividades puede variar ligeramente, ambos géneros están contribuyendo de manera similar en términos del impacto y valor de sus aportaciones. La similitud en la calidad y la participación media de ambos géneros sugiere que la UH TA podría estar logrando un enfoque más inclusivo y representativo en comparación con otras áreas. Esto representa una percepción de avance hacia la equidad en los espacios de manejo del páramo, aunque queda trabajo por hacer para incrementar los niveles de calidad y frecuencia en general.

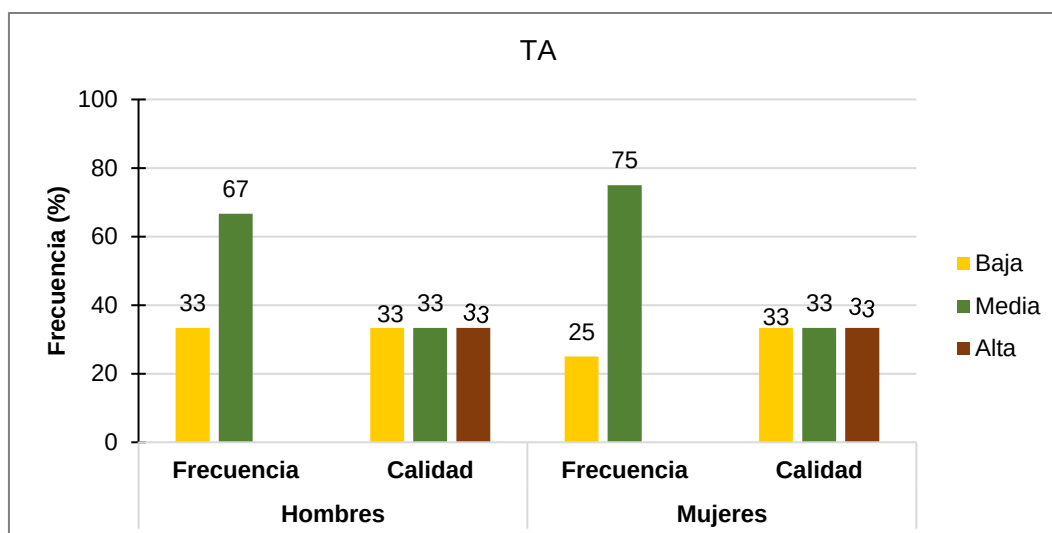


Figura 100. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMP en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA).

La participación de hombres y mujeres en la Unidad Hidrográfica (UH) MH, evaluada en términos de frecuencia y calidad, presenta para los hombres, una frecuencia media (50%) y calidad alta (83%), con un pequeño porcentaje de calidad media (17%) (Figura 101). La calidad de participación de los hombres destaca por ser significativamente alta (83%), lo que sugiere que ellos tienen un rol más consistente y sustancial en las actividades evaluadas en comparación con las mujeres. Por otro lado, la participación de las mujeres presenta una frecuencia alta (50%), sin evaluación de su calidad. Las mujeres tienen menos frecuencia de participación, lo que indica posibles barreras de acceso o menor involucramiento en estas actividades.

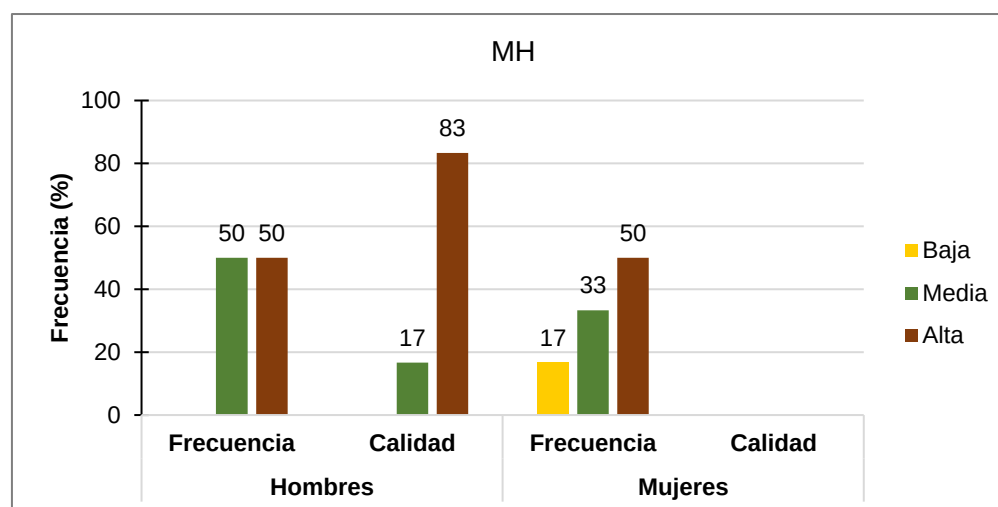


Figura 101. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMPs en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH).

En Leito los hombres tuvieron una mayor frecuencia de participación con 67%, esto podría estar relacionado con factores culturales o estructurales que facilitan su participación activa. Mientras que, en las mujeres se registró un porcentaje de 33% en frecuencia (Figura 102). La calidad de participación es consistente entre hombres y mujeres, con un nivel bajo-alto del 33%. Esto indica que, aunque las mujeres tienen una menor frecuencia de participación, su contribución tiene un valor equiparable al de los hombres en términos de calidad. Sin embargo, este porcentaje puede interpretarse como una necesidad de fomentar la participación de ambos géneros en actividades con mayor nivel de calidad.

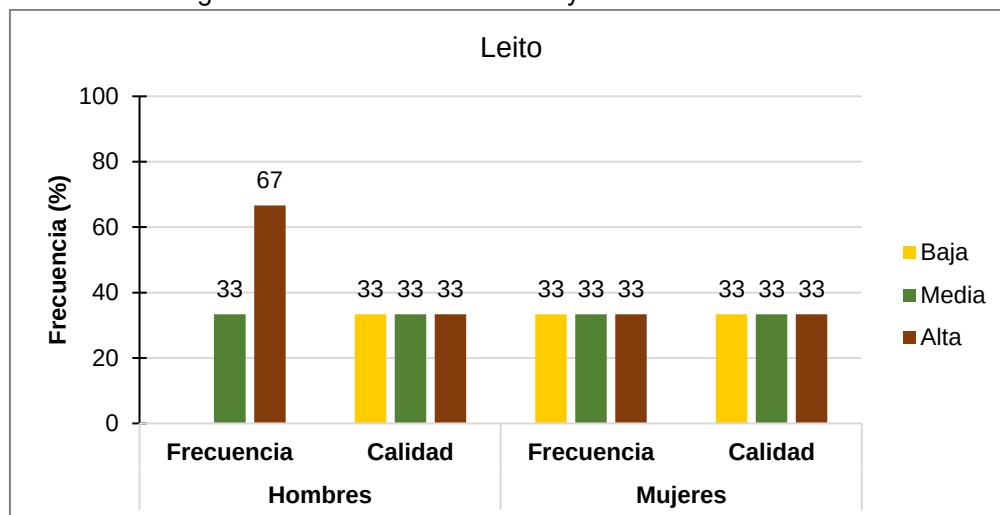


Figura 102. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMPs en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos en la unidad hidrográfica Leito.

A nivel Prov. los hombres tienen una mayor frecuencia de participación alta con 45% en comparación con las mujeres que tuvieron 36% con valoración media. Sin embargo, la calidad de la participación de las mujeres y hombres fue media (Figura 103). Esto sugiere que, aunque las mujeres están participando en actividades relacionadas con la conservación del páramo, su nivel de involucramiento aún es menor que el de los hombres, lo que podría reflejar desigualdades persistentes en acceso u oportunidades. Sin embargo, la calidad de la participación para ambos géneros es uniforme y media, indicando que cuando las mujeres participan, sus aportaciones tienen un impacto similar al de los hombres. Este resultado pone de manifiesto la necesidad de fomentar una mayor frecuencia de participación femenina y asegurar que ambos géneros tengan acceso equitativo a roles más activos en estas actividades a nivel provincial.

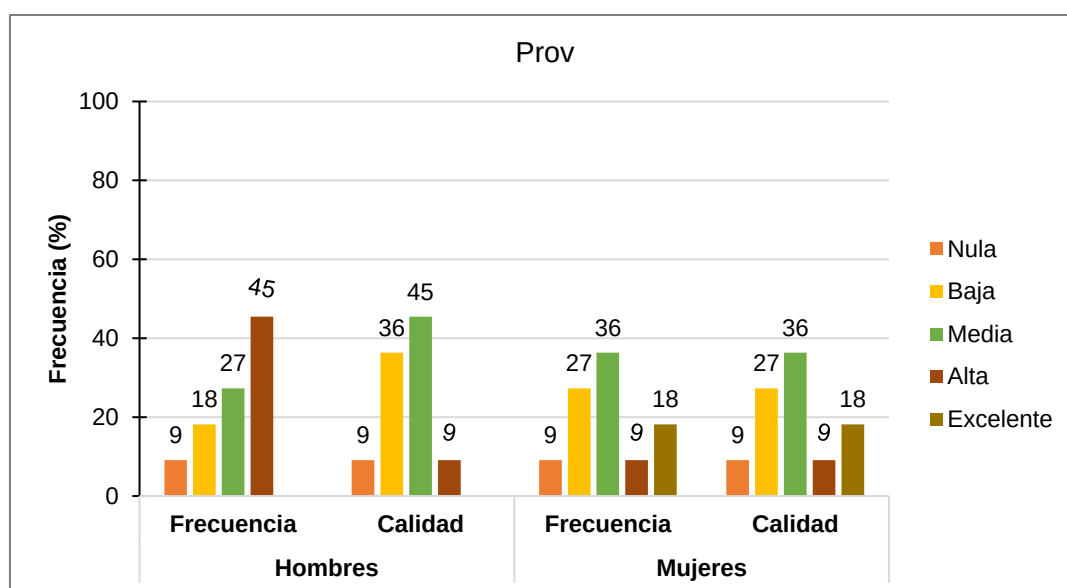


Figura 103. Frecuencia de la participación de los hombres y mujeres beneficiarios de PMPs en el diseño, implementación y monitoreo de las medidas de manejo de páramos a nivel provincial (Prov).

Califique la relación entre los habitantes de la zonas alta y baja, respecto al acceso, uso, manejo y beneficios de las áreas de recarga hídrica de los proyectos de riego

En la evaluación de la relación social o interacción entre los habitantes de las zonas alta y baja respecto al acceso, uso, manejo y beneficios de las áreas de recarga hídrica asociadas a los proyectos de riego, se observaron resultados variados según las unidades hidrográficas estudiadas. En la UH AHP, el 47% de los encuestados calificaron la relación como adecuada. En TA, la relación entre los habitantes de las zonas alta y media fue considerada predominantemente alta, con un 67%. Por otro lado, en la UH MH, el 67% de los entrevistados indicaron que la relación social entre los habitantes de las zonas alta y baja es baja en lo que respecta a los beneficios de las áreas de recarga hídrica. En la unidad Leito, el 50% de los encuestados evaluaron las relaciones sociales como adecuadas. Finalmente, a nivel provincial, el 38% de los encuestados consideraron baja la relación social entre las comunidades de las zonas alta y baja de las áreas de recarga hídrica de los proyectos de riego (Figura 104).

Estos resultados muestran que en las UH AHP y Leito, la mayoría de los encuestados calificaron las relaciones como adecuadas, lo que indica un grado aceptable de colaboración y entendimiento entre estas comunidades. En contraste, en la UH MH, la relación social es percibida como baja por el 67 % de los encuestados, evidenciando posibles tensiones o limitaciones en la equidad de acceso y uso de los beneficios de los proyectos. En la UH TA, la relación entre las zonas alta y media es predominantemente alta (67%), destacando un posible modelo de interacción positiva. Sin embargo, a nivel provincial, el 38% de los encuestados perciben una relación baja entre las zonas alta y baja, lo que refleja retos importantes para consolidar la colaboración y distribución justa de los recursos y beneficios en un ámbito más amplio. Este resultado subraya la necesidad de fortalecer el diálogo y las acciones de gestión conjunta para mejorar las relaciones sociales en torno a los proyectos de recarga hídrica.

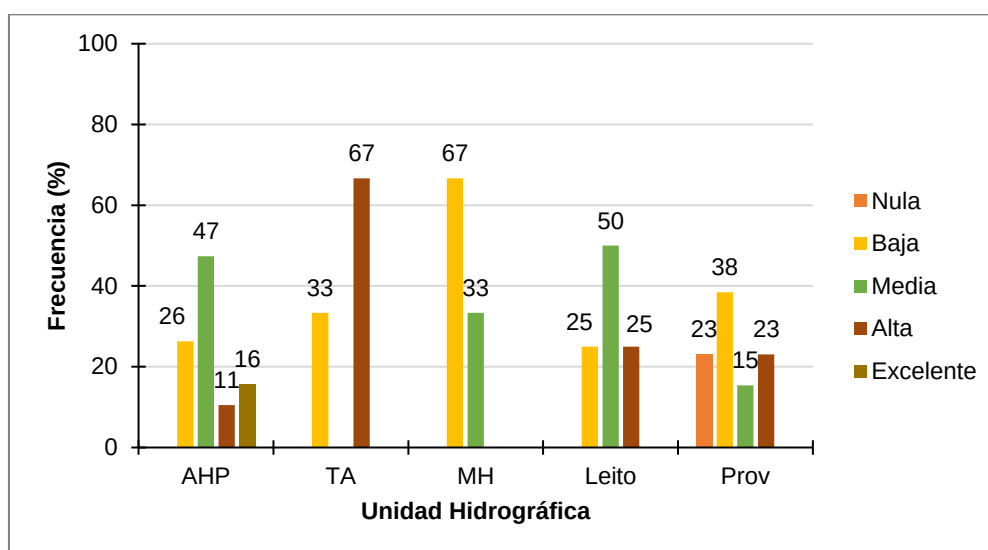


Figura 104. Frecuencia de la evaluación de la relación entre los habitantes de la zonas alta y baja, respecto al acceso, uso, manejo y beneficios de las áreas de recarga hídrica de los proyectos de riego en cada unidad hidrográfica: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Conoce algún mecanismo para resolver conflictos relacionados con el uso y manejo del páramo?

El resultado muestra que los mecanismos más utilizados para resolver conflictos relacionados con el uso y manejo del páramo son diversos y reflejan la importancia de la mediación y la comunicación como herramientas principales (Tabla 93). La mediación, con un 26,67%, se posiciona como la estrategia más frecuente, destacando la relevancia de intervenciones neutrales para llegar a acuerdos. La comunicación, con un 20%, también juega un papel fundamental en la prevención y resolución de disputas, al facilitar el entendimiento entre las partes. Otros mecanismos como los acuerdos, la justicia indígena y las mesas técnicas (13,33% cada uno) resaltan la presencia de enfoques estructurados y tradicionales adaptados a las dinámicas locales. Finalmente, las conversaciones y reuniones informales (10%) reflejan el valor de los

espacios de diálogo directo en la construcción de soluciones. Este panorama indica que la gestión de conflictos en el páramo depende de una combinación de enfoques formales e informales que valoran tanto las prácticas comunitarias como las institucionales.

Tabla 93. Mecanismos de resolución de conflictos relacionados con el uso y manejo del páramo en cada unidad hidrográfica.

Mecanismo	Frecuencia (N)	Frecuencia (%)
Mediación	8	26,67
Comunicación	6	20,00
Acuerdos, justicia indígena	4	13,33
Mesas técnicas	4	13,33
Conversaciones	3	10,00
Reuniones	3	10,00
Aplicación de normativas	1	3,33
Asambleas generales	1	3,33

4.2.5.2 Coordinación y cooperación intra e interinstitucional

Conoce usted, ¿qué instituciones (Ministerios, GAD, ONG y comunitarias) participan de la gestión del páramo en su zona?

Existen diferentes instituciones que participan en la gestión del páramo, sin embargo, en las unidades hidrográficas estudiadas las personas encuestadas mencionaron que el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) es la institución con mayor percepción de participación en la gestión del páramo. A continuación, se detallan las demás instituciones que colaboran con cada UH (Tabla 94). Esto sugiere que dicha institución desempeña un papel central en la planificación, ejecución y supervisión de actividades relacionadas con la conservación y el manejo de estos ecosistemas. Además, esto también podría implicar una oportunidad para fortalecer la colaboración interinstitucional para un manejo más integral y sostenible.

Tabla 94. Instituciones de participan de la gestión del páramo en cada unidad hidrográfica.

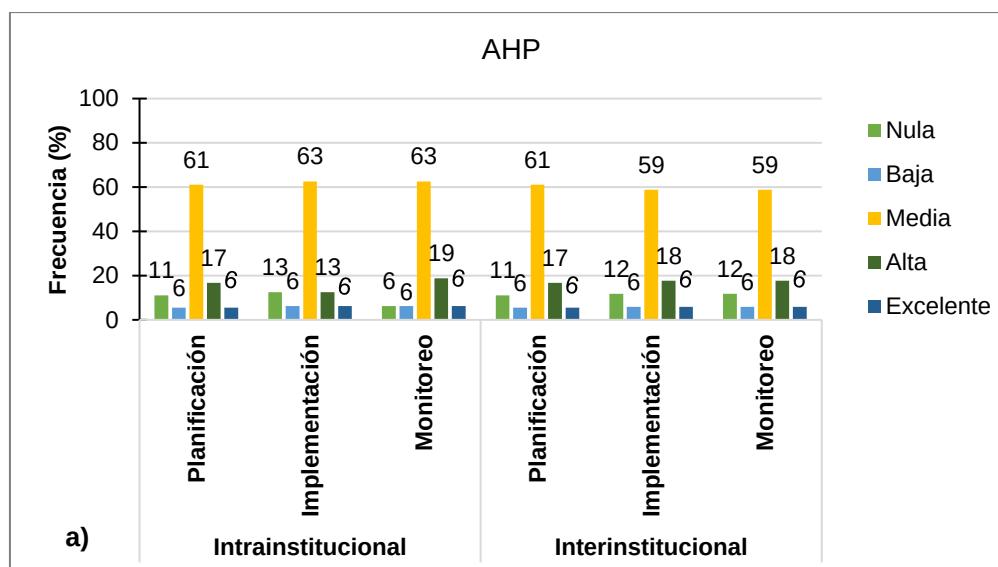
Unidad Hidrográfica	Instituciones
AHP	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica MAATE
	GAD Pilahuín
TA	GAD Pr San Fernando
	GAD M Tisaleo
	GAD M Santa Rosa
	GAD M Mocha
	CONDESAN Ecuador
MH	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
	Academia
	GIZ
	Fondo Mundial para la Naturaleza WWF Ecuador
	GAD Pr Pasa
Prov	Naturaleza y Cultura Internacional NCI
	Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG
	Banco Interamericano de Desarrollo BID
	GIZ
	HGPT

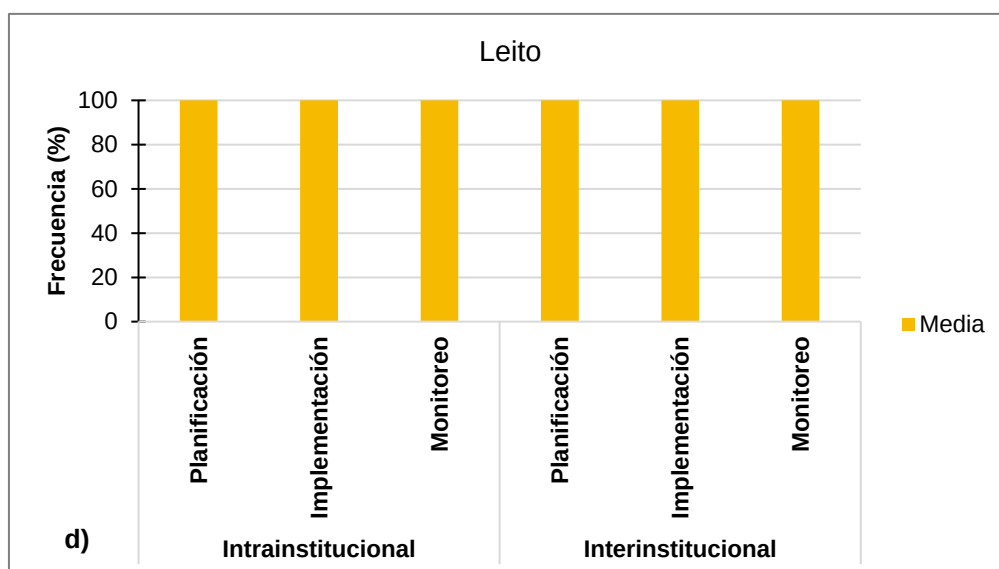
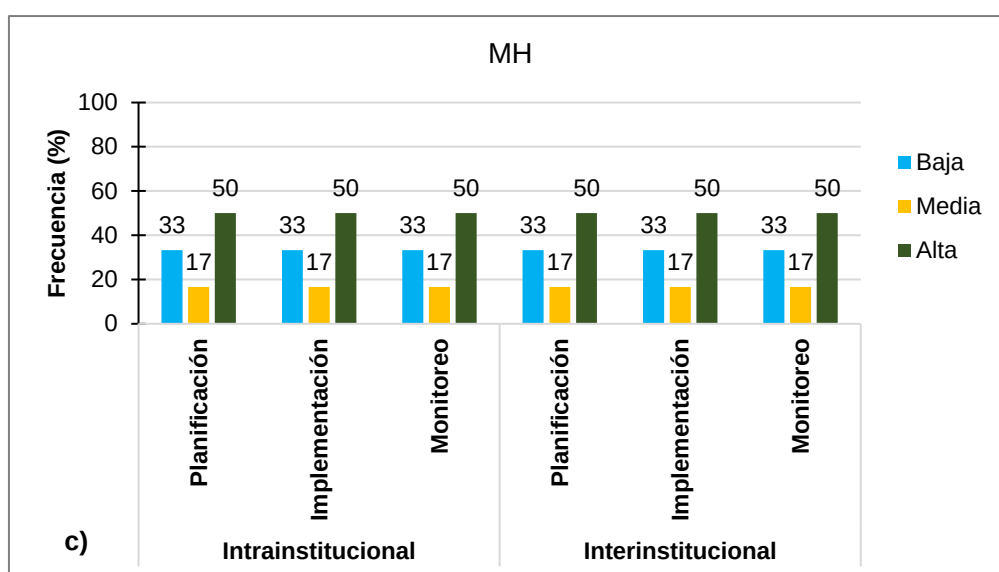
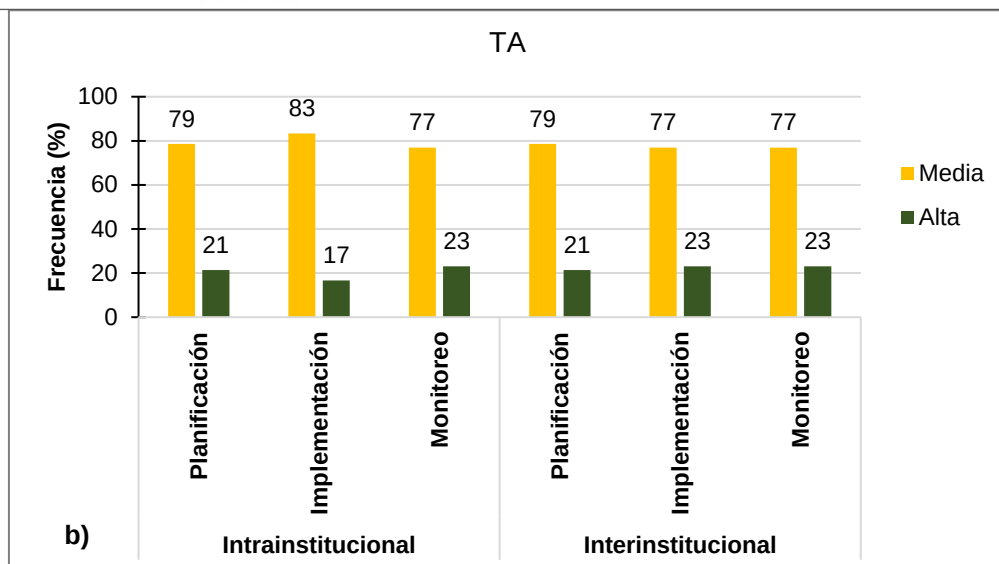
¿Cómo calificaría la coordinación entre las diferentes instituciones y dentro de cada organización en la planificación, implementación y monitoreo de medidas de conservación y restauración del páramo?

Cabe mencionar que el trabajo que realizan las instituciones entorno al ecosistema páramo tiene un nivel de significancia de medio a alto en las UH. En la UH AHP la mayor coordinación se da entre el HGPT, el

Fondo de Manejo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT) y el MAATE, alcanzando un 63%. Esto refleja una gestión en cierta medida articulada con énfasis en la colaboración interinstitucional en esta unidad. En la UH TA se observa el porcentaje más alto de coordinación (83%) entre el MAATE, el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y el Fondo de Páramos. Este resultado destaca un enfoque muy organizado en la gestión del páramo en esta unidad hidrográfica. En la UH MH el MAATE lidera la gestión con un 50%, mientras que el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y el Fondo de Páramos tienen un rol menor (14,29% cada uno). Esto podría indicar que el MAATE es la institución predominante en esta zona por la presencia de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo (RPFC), mientras que otras instituciones tienen una menor influencia o participación. En la UH Leito se registra el nivel medio de coordinación (100%) entre el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua y el Fondo de Páramos. Esto destaca la capacidad de estas dos instituciones para trabajar de manera efectiva en esta área específica. Sin embargo, se identifica una ausencia de relación o coordinación significativa entre los actores locales de Leito y el Parque Nacional Llanganates, gestionado por el MAATE. Esta desconexión representa una limitación importante, considerando la relevancia ecológica del parque y su influencia directa sobre los ecosistemas de páramo y bosque de la zona. La falta de articulación con esta entidad nacional podría estar obstaculizando oportunidades de cooperación técnica, apoyo a la conservación y gestión integrada del territorio.

A nivel Prov, la coordinación entre instituciones se distribuye de manera uniforme (17%), sin predominancia de ninguna institución. Esto podría reflejar una menor intensidad de gestión o la falta de una entidad claramente liderando los esfuerzos. Cabe mencionar que en las unidades hidrográficas en estudio se evidenció un mismo patrón en la percepción de los entrevistados que calificaron como medio a alto en la planificación, implementación y monitoreo de medidas de conservación y restauración del páramo a nivel intrainstitucional e interinstitucional (Figura 105).





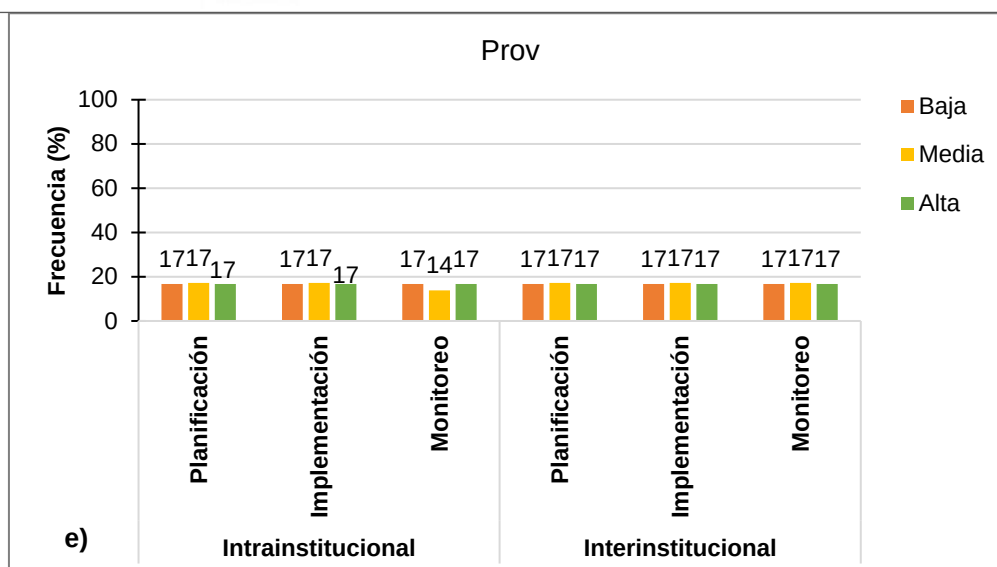


Figura 105. Frecuencia de la valoración en la coordinación entre las diferentes instituciones y dentro de cada organización en la planificación, implementación y monitoreo de medidas de conservación y restauración del páramo en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); b) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo calificaría el grado de articulación entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) del HGPT y el Fondo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT)?

La pregunta busca evaluar el nivel de coordinación y trabajo conjunto entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) y el Fondo de Páramos de Tungurahua y la Lucha contra la Pobreza (FMPLPT). Se pretende conocer qué tan efectiva es la comunicación, el alineamiento de objetivos, la planificación conjunta y la implementación de acciones entre ambas instituciones en la gestión y conservación de los páramos y los recursos hídricos. Para responder, se pueden considerar aspectos como la frecuencia y calidad de las reuniones, la existencia de convenios o acuerdos de cooperación, la ejecución de proyectos en conjunto y la percepción de los actores involucrados sobre la eficiencia de esta relación.

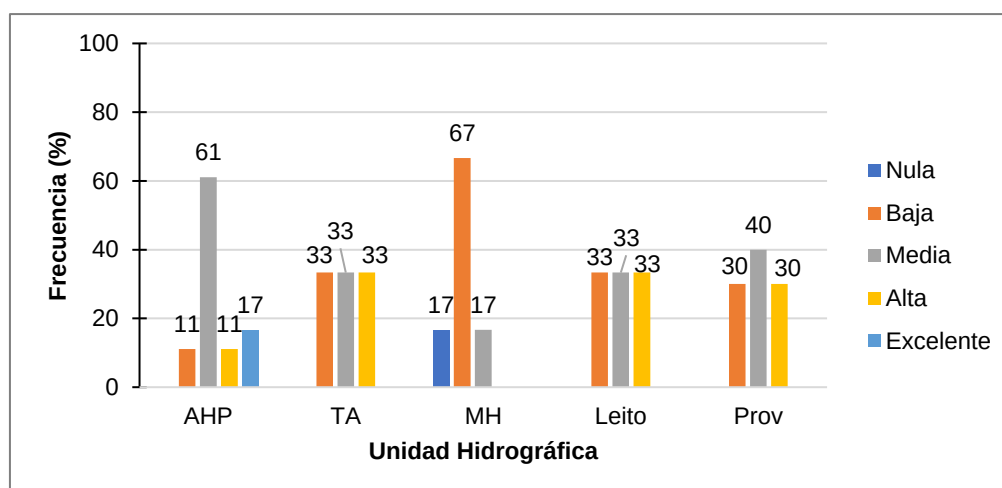


Figura 106. Frecuencia de la valoración del grado de articulación entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) del HGPT y el Fondo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).

La percepción sobre el grado de articulación entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) del HGPT y el Fondo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT) varía significativamente entre las unidades hidrográficas, mostrando diferencias en el nivel de coordinación interinstitucional. En la UH AHP la articulación es

predominantemente media con un 61%. Esto indica que existe un nivel moderado de coordinación entre las instituciones, lo que sugiere avances en la gestión conjunta, pero con espacio importante para mejorar, en el que se debe hacer énfasis. En las UH TA y Leito, el grado de articulación se encuentra entre baja y media, con un 33% en ambas categorías. Este resultado refleja una relación más débil entre las mismas instituciones, lo que podría deberse a limitaciones en la comunicación, planificación o recursos compartidos. Mientras que, en la UH MH predomina una articulación baja con un 67%, lo que indica una gestión fragmentada o limitada en términos de coordinación. Este bajo nivel de articulación podría influir negativamente en la efectividad de las acciones de conservación y manejo en esta unidad. A nivel Prov la articulación se clasifica como media con un 40%, aunque no es un nivel óptimo, sugiere una relación más consolidada (Figura 106).

¿Hay convenios de cooperación interinstitucional en relación a la conservación y restauración del páramo que estén actualmente vigentes en su organización? ¿Cuáles?

Al momento de levantar la información se identificó la existencia de convenios de cooperación interinstitucional en relación a la conservación y restauración del páramo tales como: Condesan-FMPLPT, Fundación Incana-Acción Andina, Fundación Global Forest Generation, Fundación Incana-Ecoan, GAD parroquial, ONG, comunidades, asociaciones, Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica MAATE y Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG.

¿Existe otro tipo de alianzas respecto a la conservación y restauración del páramo que se haya establecido por parte de la organización/institución?

El 80% de los encuestados en la UH MH mencionaron la existencia de alianzas adicionales a los PMP para la conservación y restauración del páramo (Figura 107). Esto sugiere que en MH hay una mayor diversificación en los actores o instituciones involucradas, lo que podría traducirse en un enfoque más amplio e inclusivo para abordar los retos de conservación. Estas alianzas podrían incluir organizaciones locales, ONG, comunidades u otros actores que complementan el trabajo de las instituciones principales. Mientras que, en las unidades hidrográficas (AHP, TA, Leito, Prov) el 64% de los encuestados afirmaron que no existen alianzas adicionales. Este resultado podría indicar una dependencia de las instituciones principales ya identificadas (como el HGPT o el MAATE), con una falta de integración de otros actores relevantes en la gestión del páramo. Esto puede limitar la capacidad de implementar estrategias innovadoras o de involucrar a más sectores de la sociedad.

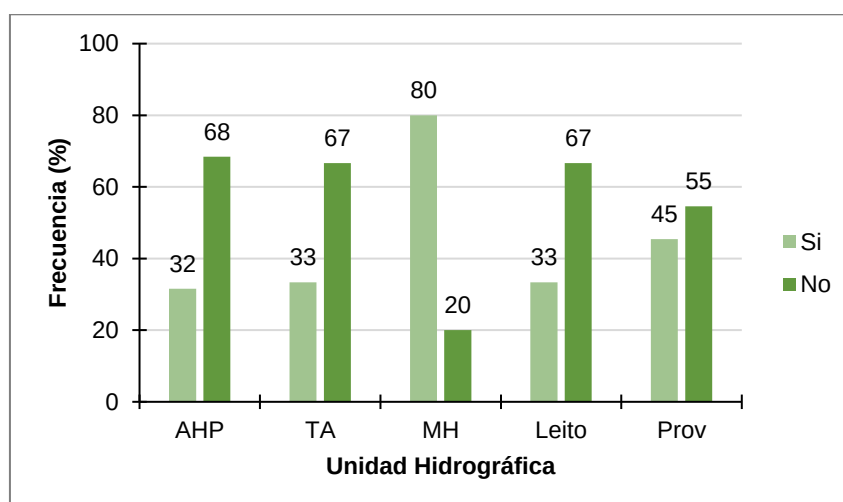


Figura 107. Frecuencia de la existencia de otro tipo de alianzas respecto a la conservación y restauración del páramo en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).

4.2.5.3 Monitoreo y Evaluación

¿Conoce si se han elaborado planes de monitoreo y evaluación para las medidas que se ejecutan en el marco de los PMP?

El análisis destaca importantes diferencias en el conocimiento de la implementación de planes de monitoreo y evaluación de medidas dentro del marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) entre las distintas unidades hidrográficas (UH). Estas diferencias reflejan fortalezas y debilidades en las capacidades de seguimiento a las medidas implementadas a nivel local. En la UH AHP, el 79% de los encuestados señalaron que sí se han elaborado dichos planes, lo cual es positivo, y los datos sistematizados en los PMP están disponibles para su uso en la toma de decisiones. En la UH TA, este porcentaje alcanza el 100%, lo que refleja una implementación total de estos planes. Esto sugiere que se percibe una gestión robusta que prioriza el monitoreo y evaluación como una herramienta clave para mejorar la conservación y restauración del páramo. Por otro lado, en la UH MH, el 50% de los encuestados mencionaron la existencia de planes de monitoreo y evaluación, lo que es un dato positivo, pero que, sin embargo, también refleja que la otra mitad de los encuestados percibe una falta de sistematización en los procesos, lo que podría limitar la efectividad de la gestión. En las UH Leito y Prov, solo el 67% y el 60% de los encuestados, respectivamente, indicaron que estos planes no se han desarrollado. Aunque los datos están disponibles para su uso en la toma de decisiones, se sugiere que se requiere una mejora urgente en el monitoreo y evaluación de estas unidades (Figura 108).

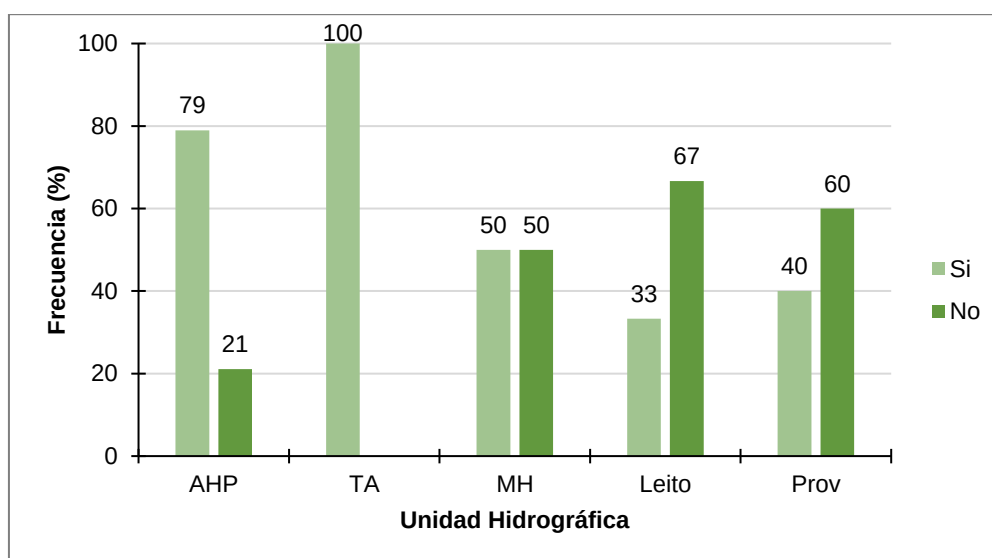


Figura 108. Frecuencia del conocimiento de la elaboración de planes de monitoreo y evaluación para las medidas que se ejecutan en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo calificaría la participación de los beneficiarios en las acciones de monitoreo y evaluación de resultados que se realizan en el marco de los PMP?

La participación de los beneficiarios en las actividades de monitoreo y evaluación de resultados dentro del marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) varía significativamente entre las diferentes unidades hidrográficas (UH). En la UH AHP y Leito, el 56 % y 100 % de los encuestados, respectivamente, indicaron que la participación de los beneficiarios es de nivel medio. Por otro lado, en la UH MH y a nivel Prov, la percepción mayoritaria de los encuestados (67% y 50%, respectivamente) es que la participación de los beneficiarios alcanza un nivel alto. Sin embargo, en la UH TA, el 67% de los entrevistados señaló que la participación de los beneficiarios es nula, lo que evidencia una ausencia de involucramiento en estas actividades (Figura 109).

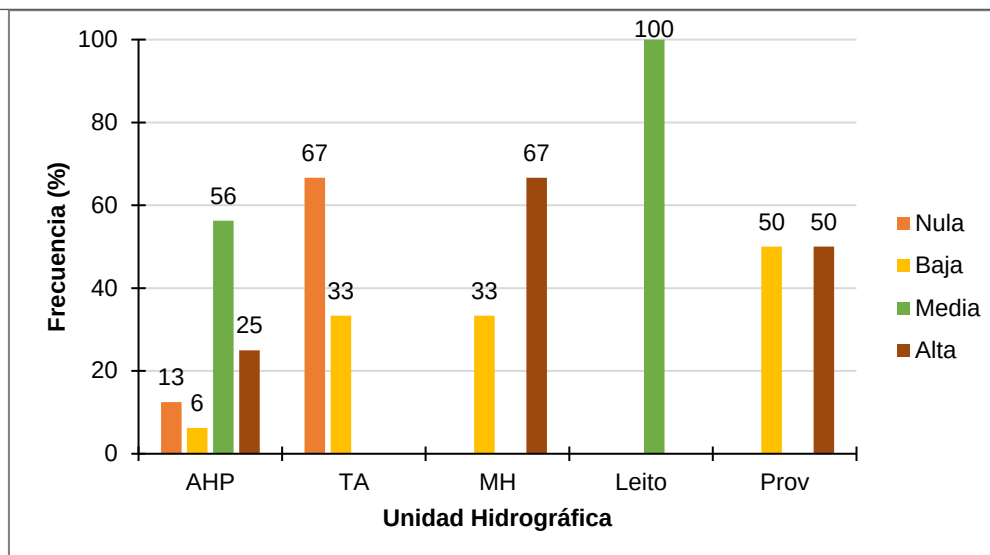
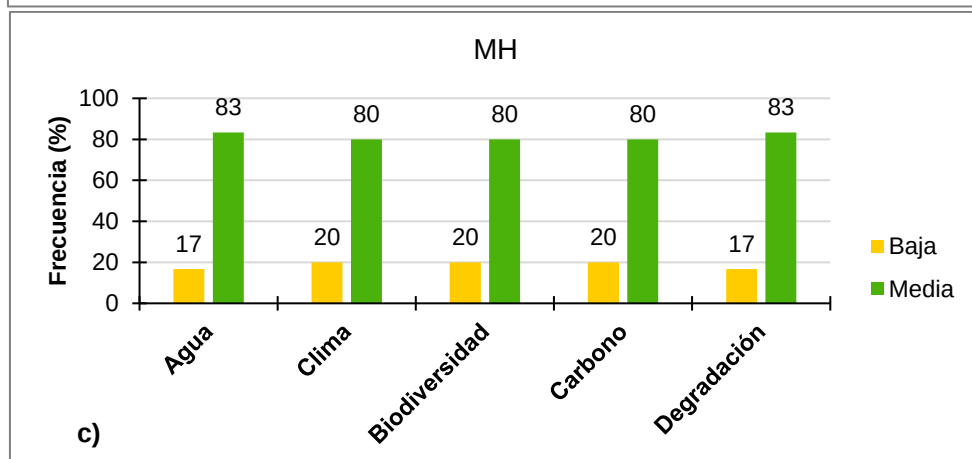
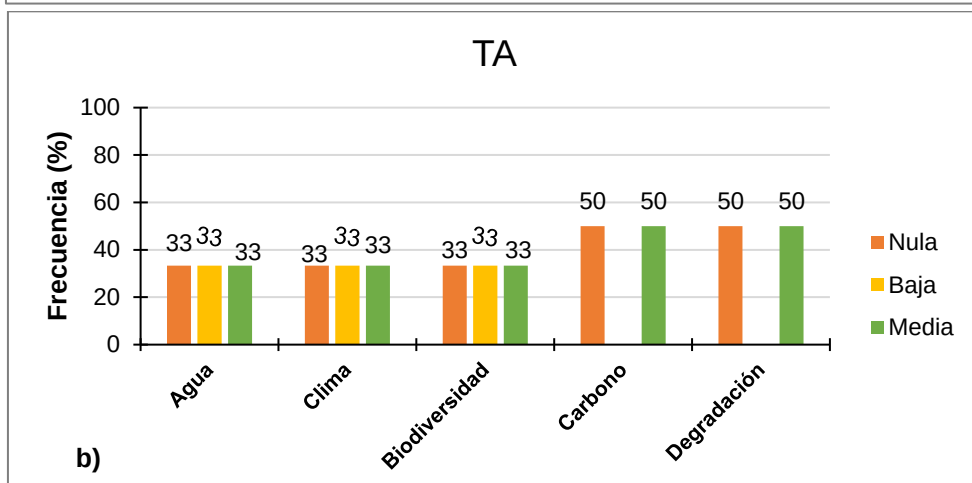
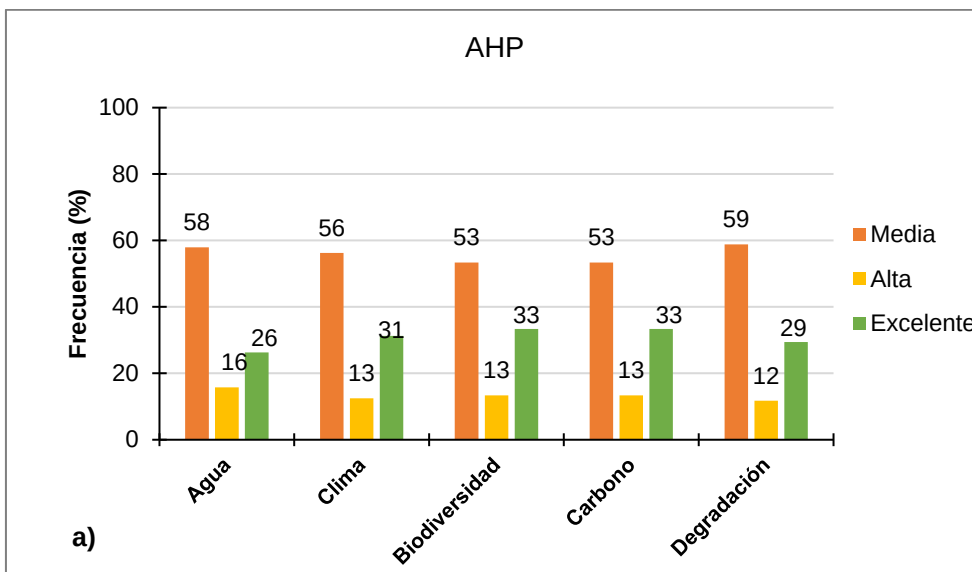


Figura 109. Frecuencia de la participación de los beneficiarios en las actividades de monitoreo y evaluación de resultados que se realizan en el marco de los Planes de Manejo del Páramo (PMP) en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; Nivel Provincial (Prov).

En caso de haber ¿Cómo califica las acciones de monitoreo ambiental que se realizan en los páramos de la provincia?

El análisis evidencia variaciones significativas en el nivel de monitoreo ambiental de los componentes clave (agua, clima, biodiversidad, carbono y degradación) en los páramos de la provincia, según las unidades hidrográficas (UH). Estas diferencias reflejan disparidades en los esfuerzos y capacidades para implementar un monitoreo ambiental sistemático y efectivo. Esta situación pone de manifiesto la necesidad urgente de estandarizar las metodologías y herramientas utilizadas para el monitoreo ambiental en todas las UH, con el fin de garantizar la generación de información comparable, confiable y útil para la toma de decisiones. Además, se hace indispensable establecer una periodicidad clara y sostenida para la recolección de datos, de modo que el monitoreo se realice de manera regular y continua en el tiempo. Esto permitiría no solo evaluar el estado de los ecosistemas de páramo, sino también anticipar riesgos, medir el impacto de las intervenciones y ajustar estrategias de manejo adaptativo en función de la evidencia generada.

En la UH AHP entre el 53% y el 59% de los encuestados mencionaron que el monitoreo de los componentes se realiza a un nivel medio (Figura 110a). Este resultado indica que existe un esfuerzo moderado para monitorear aspectos clave del ecosistema, lo cual es positivo, pero también señala la necesidad de fortalecer los programas de monitoreo para alcanzar niveles más altos de eficacia. En la UH TA el monitoreo de agua, clima y biodiversidad presenta una percepción uniforme, clasificada en niveles nulo, bajo y medio, lo que refleja una gestión fragmentada y limitada. Para los componentes de carbono y degradación, el 50% de los encuestados señaló que no se realiza monitoreo, lo que representa una importante brecha en la gestión de estos aspectos clave del páramo (Figura 110b). En la UH MH entre el 80 % y el 83 % de los encuestados afirmaron que el monitoreo de los cinco componentes se realiza a un nivel medio (Figura 110c). Este resultado es uno de los más positivos, ya que demuestra un enfoque más consistente y generalizado en el monitoreo ambiental. Sin embargo, alcanzar un nivel más alto debería ser el objetivo para asegurar un manejo más eficiente y basado en datos. En la UH Leito el 33% de los encuestados indicaron que el monitoreo de todos los componentes varía entre niveles bajo y alto, mostrando una distribución heterogénea en la percepción (Figura 110d). Esto podría ser indicativo de diferencias en los recursos, capacidades o enfoques aplicados al monitoreo en esta unidad. A nivel Prov el 57% de los encuestados perciben el monitoreo de los componentes como bajo a nivel provincial (Figura 110e). Esto sugiere una debilidad generalizada en la implementación de estrategias de monitoreo ambiental en la provincia, lo que limita la capacidad de evaluar el estado del páramo y tomar decisiones informadas a tiempo para su manejo.



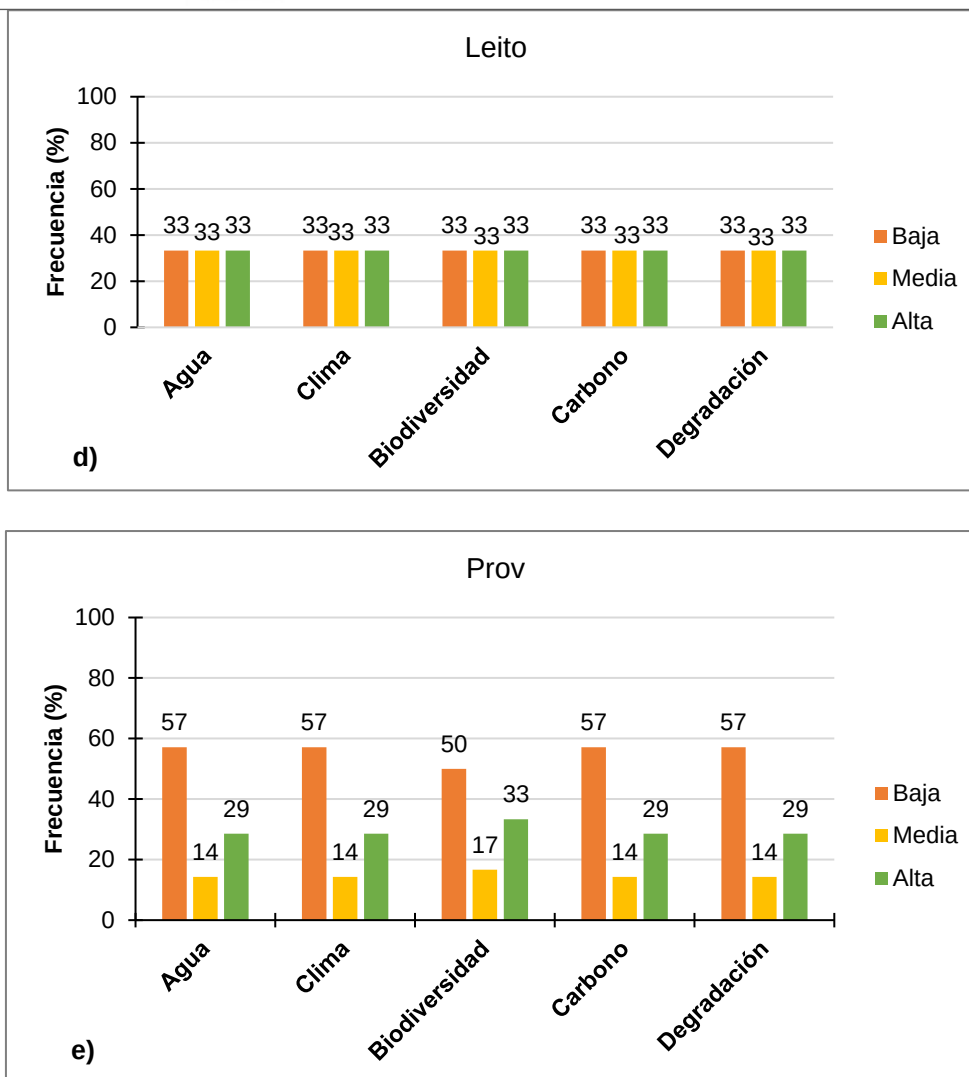


Figura 110. Frecuencia de la calificación de las acciones de monitoreo ambiental que se realiza en los páramos de las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); B) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).

4.2.5.4 Acuerdos de conservación

¿Existe un modelo de acuerdo vinculante para la conservación y/o restauración de páramos?

El término «vinculante» se refiere a una decisión, acuerdo o resolución que es legal, obligatoria y que debe ser cumplido por las partes involucradas. La pregunta se planteó para conocer si los entrevistados reconocen la existencia de este tipo de instrumento legal para el manejo del páramo, específicamente la Ordenanza Provincial, creada en el 2012 en la que se establece, de manera general, a los PMP como modelo de gestión, así también el rol del FMPLPT como financiador de este esquema.

En la UH AHP, el 72% de los entrevistados reconocen la existencia de acuerdos vinculantes, sin mencionar cuáles. A nivel de Prov. (64%) y en las UH MH y Leito (50%), la percepción es más moderada pero aún significativa. Esto podría indicar iniciativas locales más visibles en estas áreas para proteger los páramos (Figura 111). Estos resultados sugieren que en estas zonas se han implementado algunos acuerdos efectivos o al menos se ha promovido su reconocimiento por parte de la población. En contraste, en la UH TA, el 67% de los entrevistados consideran que no se aplica ningún reglamento para hacer funcionar los acuerdos de conservación y restauración (Figura 111). Este porcentaje refleja una brecha significativa en la percepción o implementación de políticas ambientales en esta área. La ausencia percibida de regulación puede estar relacionada con factores como la falta de difusión de estos acuerdos, problemas de gobernanza, o limitaciones económicas y sociales. Estas diferencias pueden deberse a condiciones

socioeconómicas y geográficas de cada región, el nivel de sensibilización ambiental, o la presencia de actores involucrados en la gestión y promoción de los acuerdos.

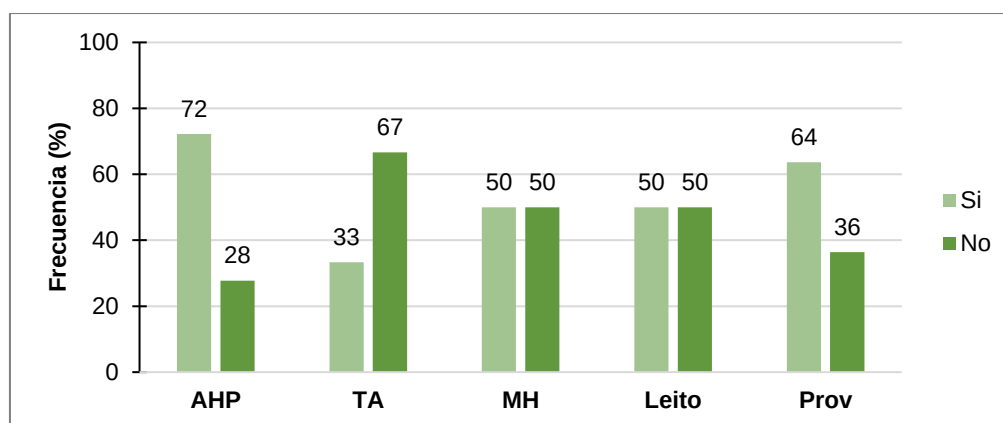


Figura 111. Frecuencia de participación de modelos de acuerdos vinculantes para la conservación o restauración de páramos en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Se está aplicando algún reglamento para que funcione del acuerdo de conservación y/o restauración de páramos vinculante?

Los PMP se implementan con base en acuerdos de conservación entre los habitantes del páramo y los financiadores de proyectos. La pregunta busca indagar si existe y se está implementando un reglamento que regule el cumplimiento del acuerdo de conservación y/o restauración de páramos de manera vinculante, es decir, con carácter obligatorio para las partes involucradas. Además, la pregunta busca determinar si estos reglamentos están siendo efectivamente aplicados, supervisados y respetados en la práctica, o si existen dificultades en su implementación y cumplimiento.

En la UH AHP el 71% de los encuestados respondieron que sí existe un reglamento en aplicación para que funcione del acuerdo de conservación y/o restauración de páramos vinculante, mientras que el 29% indicó que no hay reglamentos aplicados. En UH TA y Leito el 100% de los encuestados indicaron que no existe ningún reglamento aplicado en esta unidad hidrográfica. En la UH un 20% de las personas percibe que sí hay reglamentos aplicados, mientras que un 80% dijo que no existen reglamentos en aplicación. A nivel provincial (Prov), el 40% de los encuestados manifestaron que sí se aplican reglamentos y el 60% considera que no hay reglamentos para que funcionen los acuerdos de conservación (Figura 112). Esto refleja tanto la disparidad en la implementación y comunicación de los reglamentos como posibles diferencias en el alcance institucional dentro de las UH y en el contexto provincial.

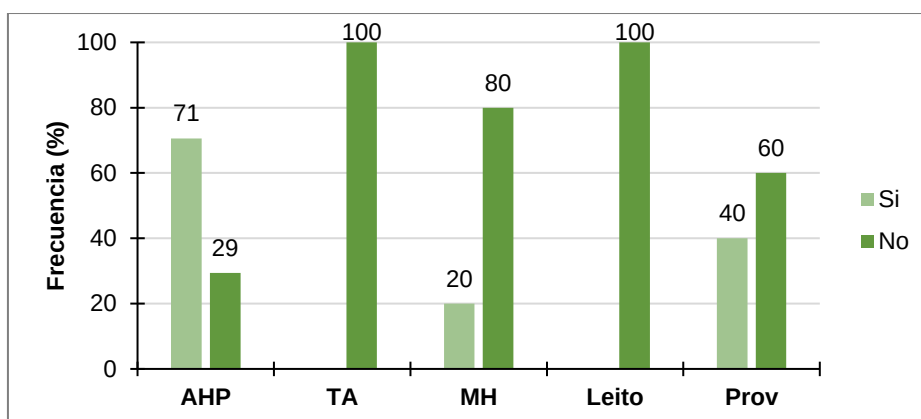


Figura 112. Frecuencia de la aplicación de reglamentos en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo califica la claridad de las reglas y normas (formales-escritas o no formales-no escritas, pero todos las cumplen) sobre el uso y manejo del páramo?

La pregunta busca evaluar qué tan claras y comprensibles son las reglas y normas que regulan el uso y manejo del páramo, ya sean formales (escritas, establecidas en leyes, reglamentos o acuerdos) o no formales (tradiciones o prácticas comunitarias que, aunque no estén documentadas, son ampliamente aceptadas y cumplidas por la población). El objetivo fue conocer si estas normas están bien definidas, si los actores involucrados las comprenden y las respetan, y si su aplicación es efectiva en la gestión del páramo. También permite identificar posibles confusiones, vacíos normativos o conflictos en su interpretación, así como la necesidad de reforzar la socialización y cumplimiento de dichas reglas.

Un 58 % (UH AHP) y un 67% (Leito) de los entrevistados consideran que la claridad de las reglas es "media". Esto sugiere que, aunque hay cierta comprensión de las normas, persisten dudas o falta de especificidad en su aplicación, lo que podría dificultar su cumplimiento. La percepción en las UH TA, MH y a nivel Prov fue en promedio, que solo el 33% de los entrevistados calificaron la claridad de las reglas entre "baja" y "alta" (Figura 113). Esto indica una mayor diversidad de opiniones, lo que puede reflejar disparidades en el acceso a la información, diferencias en la implementación de las normas o incluso percepciones contextuales sobre su relevancia. Esto podría estar relacionado con factores como el nivel de difusión de las normas, la comunicación entre las comunidades y las autoridades, o incluso diferencias en las necesidades y prioridades locales respecto a la educación ambiental para el manejo del páramo.

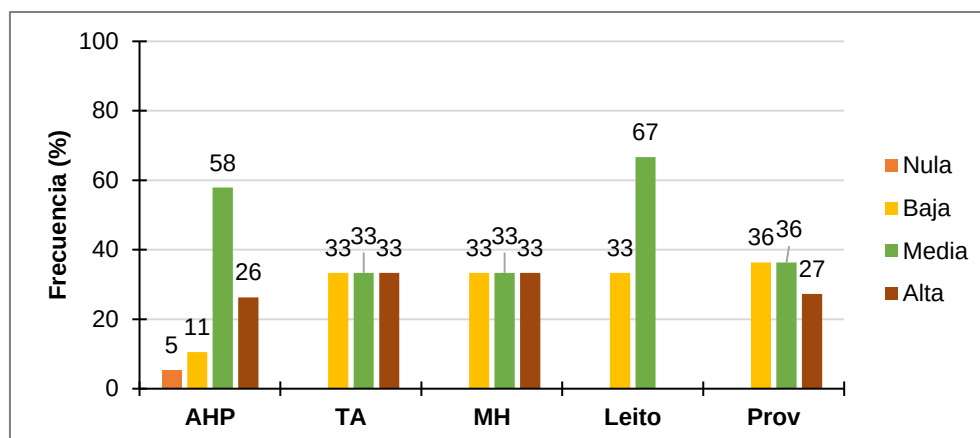


Figura 113. Frecuencia de la claridad de las reglas y normas sobre el uso y manejo de páramos en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP); Toallo Alobamba (TA); Mocha Huachi (MH); Leito; y, Nivel Provincial (Prov).

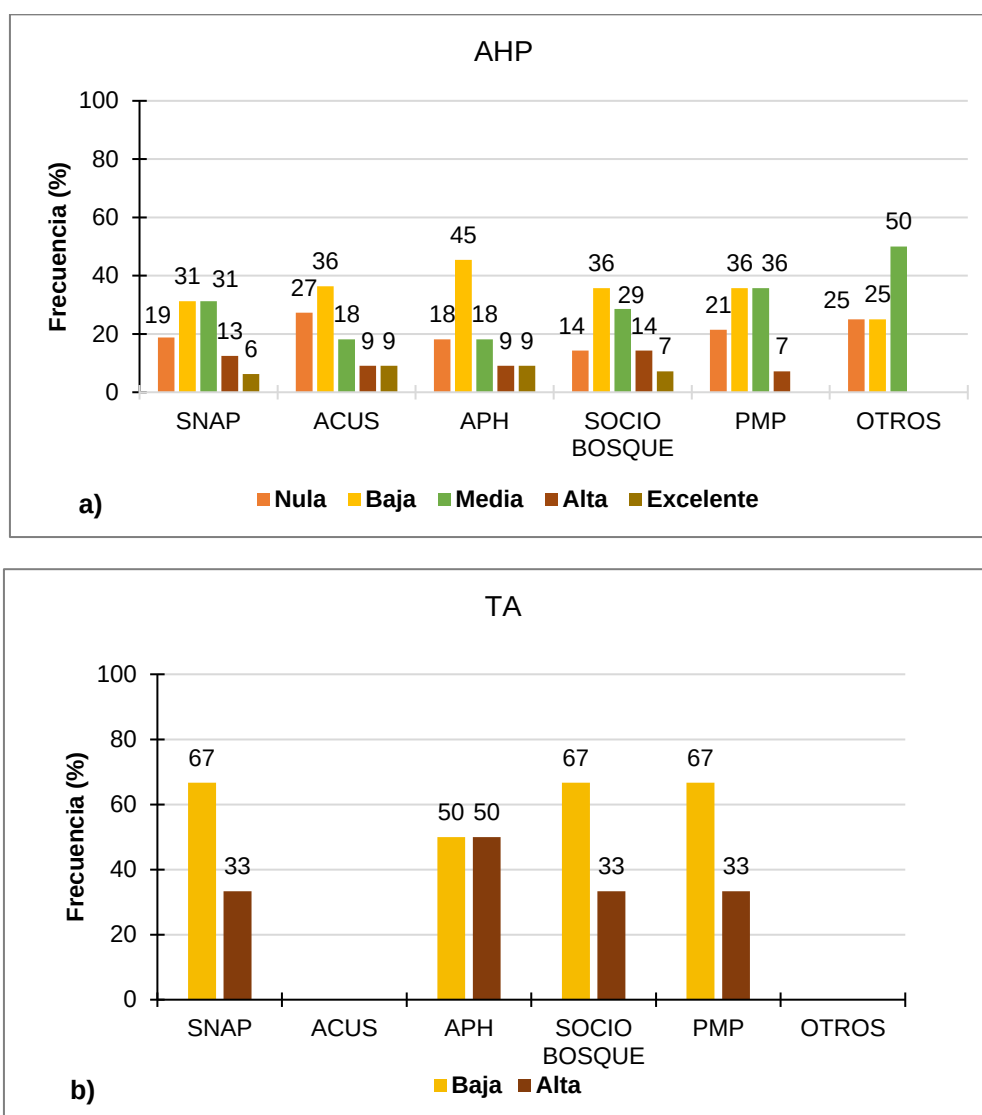
De los siguientes mecanismos: como Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS), Áreas de Protección Hídrica (APH), Socio Bosque, Planes de Manejo de Páramo (PMP) ¿Cómo calificaría su efectividad, para la conservación y cuidado de los páramos?

Se busca saber la percepción de las organizaciones e instituciones locales sobre cuál de estos mecanismos ha logrado contribuir a la conservación del páramo, para articular nuevas estrategias con las prácticas más exitosas y aprovechar sus ventajas.

En la UH AHP entre el 31% y 50% de los entrevistados consideran que los mecanismos Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS), Áreas de Protección Hídrica (APH), Socio Bosque, Planes de Manejo de Páramo (PMP) tienen una efectividad baja y media para la conservación y cuidado de los páramos (Figura 114a). En UN TA el 67% de los entrevistados valoraron como baja la efectividad de SNAP, APH, Socio Bosque y PMP para la conservación de los páramos (Figura 114b). En la UH MH entre el 50% a 75% de los entrevistados mencionaron que los mecanismos de conservación, SNAP, APH, ACUS, socio bosque son eficientes para la conservación del páramo (Figura 114c). En la UH Leito mecanismo de conservación SNAP, Socio Bosque y PMP tuvieron una calificación uniforme en todas las categorías con 33% (Figura 117d); y a nivel Prov el 67% de los

entrevistado valoraron como media la efectividad de las ACUS y el 60% calificó igual como media la efectividad de los PMP como medidas de conservación del páramo (Figura 114e). Estas percepciones sociales son coherentes con los datos técnicos obtenidos en el análisis de los componentes biofísicos (flora, fauna, agua, carbono y aspectos geográficos), los cuales también indican un estado de conservación medio en los ecosistemas de páramo evaluados. La coincidencia entre la percepción comunitaria y la información técnica refuerza la validez del diagnóstico y señala la necesidad de fortalecer, ajustar y contextualizar los mecanismos de conservación existentes para mejorar su impacto y aceptación en el territorio.

Existen diferencias notables entre las UH y a nivel provincial, en la UH APH, en ninguno de los casos, se supera el 50% en la percepción de efectividad de los diferentes mecanismos para el cuidado del páramo, lo que sugiere que el éxito de los mecanismos de conservación está condicionado por varios factores, como el nivel de implementación, los recursos disponibles la articulación entre actores y la participación comunitaria.



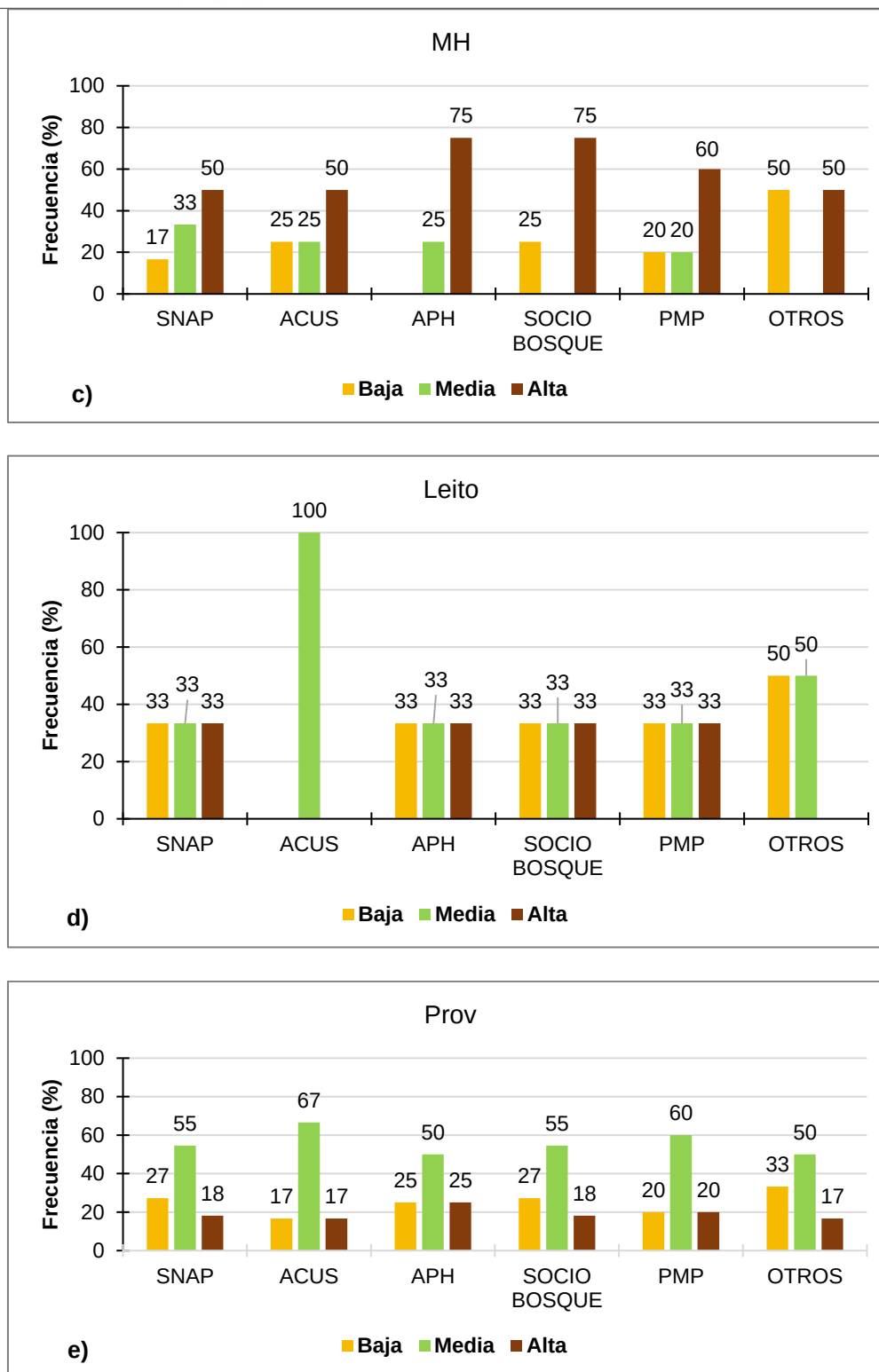


Figura 114. Frecuencia de la valoración de efectividad de los mecanismos para la conservación y cuidad de páramos como Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS), Áreas de Protección Hídrica (APH), Socio Bosque, Planes de Manejo de Páramo (PMP), en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); B) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).

¿Cómo califica la presencia de las siguientes amenazas en las zonas de estudio? Quema de vegetación, aumento de frontera agrícola, aumento de frontera pecuaria, presencia de basura, ganado bravo, cacería de animales silvestres, plantaciones de forestales exóticas, infraestructura civil y actividades recreativas.

La pregunta busca evaluar el nivel de presencia e impacto de diversas amenazas en las unidades hidrográficas, con el objetivo de identificar los principales factores de degradación ambiental en los páramos.

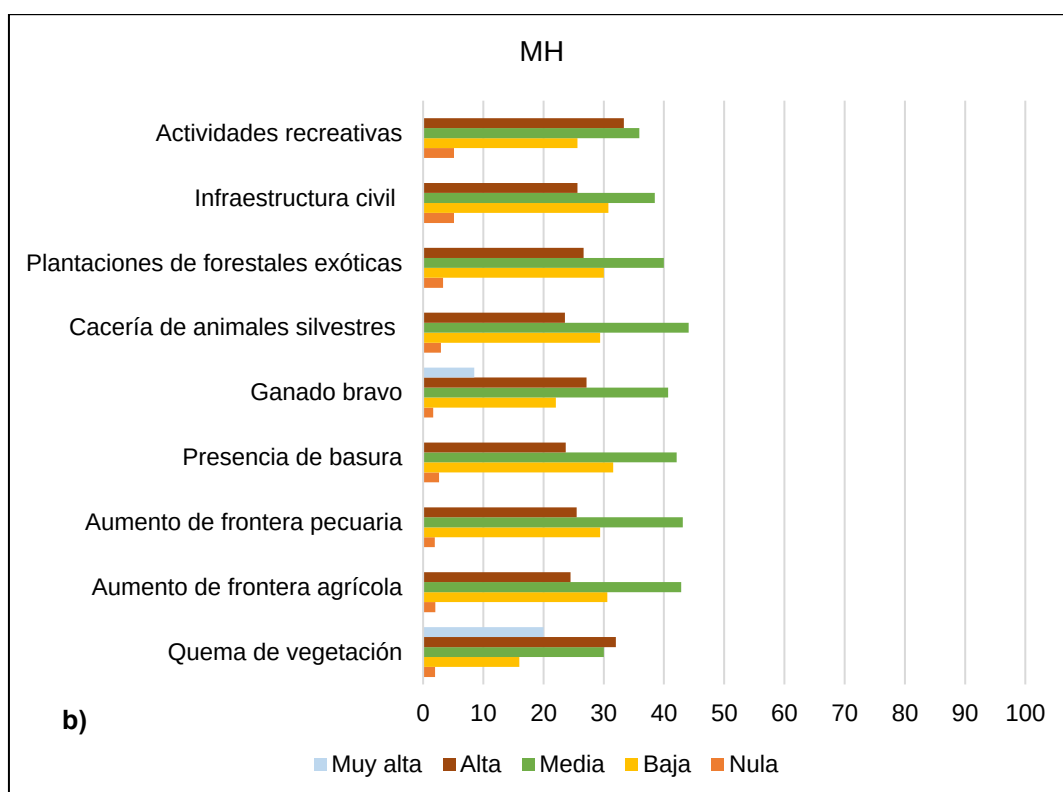
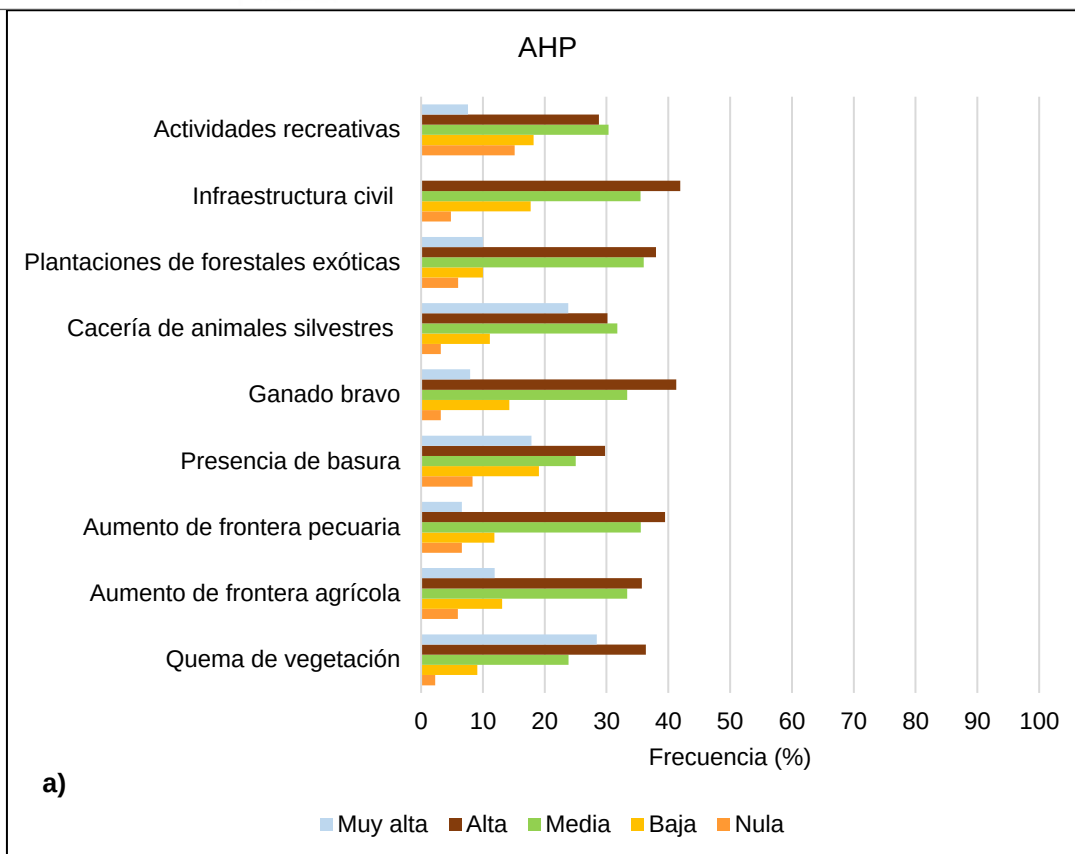
Entre las amenazas se indica:

- Quema de vegetación: Uso del fuego para limpiar terrenos, lo que afecta la regeneración natural y la retención de agua.
- Aumento de la frontera agrícola y pecuaria: Expansión de cultivos y pastizales hacia zonas de páramo, afectando su ecosistema.
- Presencia de basura: Contaminación generada por desechos sólidos, muchas veces debido al turismo o la actividad humana local.
- Ganado bravo: Impacto de animales agresivos que pueden dificultar la gestión y restauración del ecosistema.
- Cacería de animales silvestres: Reducción de la fauna local, afectando el equilibrio ecológico.
- Plantaciones de forestales exóticas: Introducción de especies como el pino o el eucalipto, que pueden alterar el suelo y la disponibilidad de agua.
- Infraestructura civil: Construcción de carreteras, viviendas o instalaciones que fragmentan el ecosistema.
- Actividades recreativas: Turismo o deportes que pueden causar erosión, contaminación o perturbación a la fauna.

La presencia de las amenazas es variada en cada unidad hidrográfica. En AHP, la infraestructura civil (42 %), ganado bravo (41%), el aumento de la frontera pecuaria (39%), aumento de la frontera agrícola y quema de la vegetación (36% cada una) fueron las amenazas con una alta incidencia (Figura 115a). Estas amenazas coinciden con los resultados obtenidos en el análisis multitemporal entre el 2015 hacia el 2022 donde se observó que el cambio de usos del suelo de páramo para actividades agropecuarias se incrementaron, siendo que aproximadamente en promedio se perdió 250 ha de páramo cada año. La alta incidencia de amenazas relacionadas con actividades humanas (infraestructura, agricultura y ganadería) indica una presión significativa por el desarrollo económico y productivo. La quema de vegetación podría estar asociada a prácticas tradicionales de manejo de tierras que no consideran los efectos negativos sobre el ecosistema del páramo y el impacto sobre los servicios ambientales. Estas amenazas muestran la necesidad de fortalecer las políticas de ordenamiento territorial y fomentar prácticas sostenibles.

En MH las actividades recreativas (33%), quema de vegetación (32%), ganado bravo y plantaciones forestales exóticas (27%) son las amenazas más sobresalientes con alta incidencia (Figura 115b). Este resultado refleja que las actividades recreativas pueden ser una fuente de degradación, especialmente si no se manejan adecuadamente (por ejemplo: exceso de visitantes, basura o erosión). La quema de vegetación y las plantaciones forestales exóticas reflejan intervenciones humanas que alteran el ecosistema nativo, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos del páramo. El ganado bravo también es un factor recurrente, que podría estar vinculado a la falta de control sobre la ganadería extensiva o a conflictos con prácticas tradicionales como las corridas taurinas. Sin embargo, el análisis multitemporal entre el 2015 hacia el 2022 evidenció que aproximadamente se perdió 188 ha de páramo cada año. La reducción del páramo pasa a ser ocupada por la cobertura Intervención por zonas agropecuarias. Lo cual difiere de la percepción social en cuanto a las amenazas.

Finalmente, en la UH Leito la presencia de basura fue considerada como la más alta amenaza con 37%, seguido la presencia de ganado bravo con 35% y aumento de la frontera agrícola e infraestructura civil con 33% (Figura 115c). El análisis multitemporal entre 2015 hacia 2022 mostró que efectivamente en promedio se perdió 7 ha de bosque cada año, y que esta disminución de bosque pasa a ser zonas agrícolas, lo cual es coincidente con lo indicado por parte de los entrevistados. Además, la basura como principal amenaza indica problemas asociados a la gestión de residuos, en cuanto a las amenazas relacionadas con el ganado bravo, la frontera agrícola y la infraestructura civil muestran una presión humana considerable, similar a la observada en AHP, pero con mayor énfasis en la contaminación.



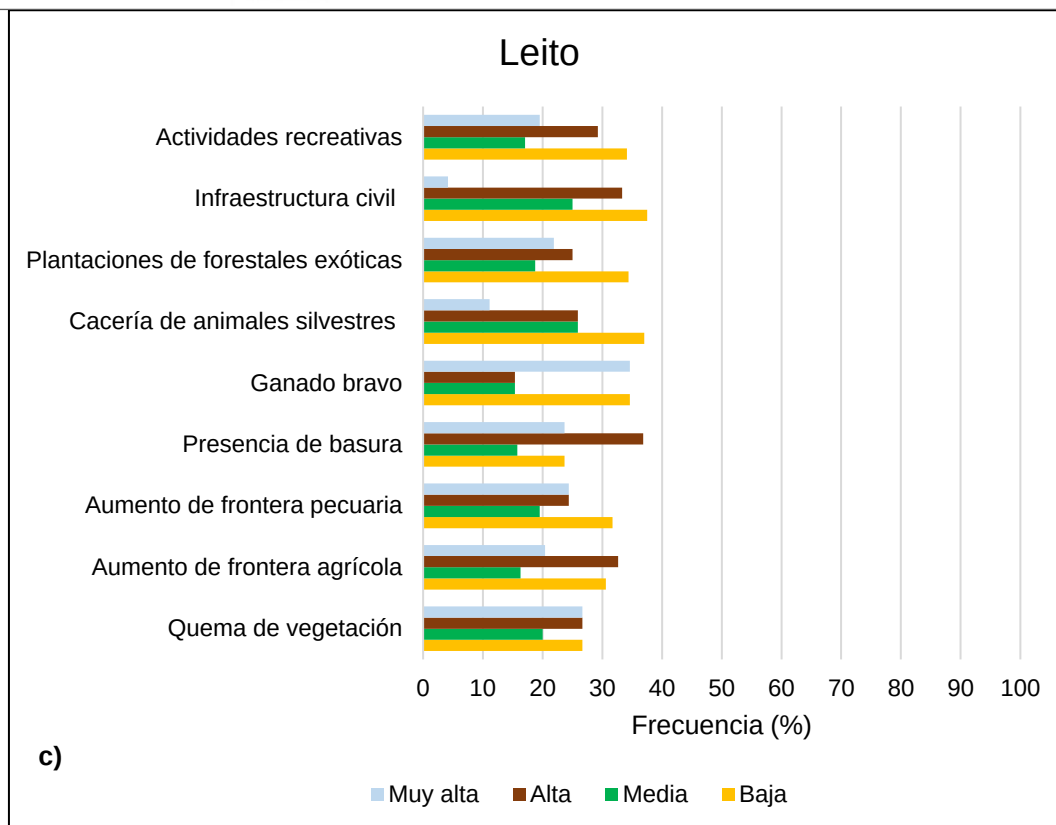


Figura 115. Frecuencia de la presencia de amenazas en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); b) Mocha Huachi (MH); c) Leito.

4.2.5.5 Comunicación

¿Considera que las estrategias de comunicación usadas en la planificación e implementación de medidas de conservación y/o restauración de páramos, son suficientes?

La pregunta busca conocer si los mensajes llegan de manera clara a las comunidades, instituciones y otros actores clave, si los medios utilizados (reuniones, capacitaciones, materiales impresos, redes sociales, etc.) son accesibles y apropiados, y si la información difundida motiva la participación activa en las iniciativas de conservación. También permite identificar posibles deficiencias, como falta de difusión, mensajes poco comprensibles o barreras lingüísticas y culturales, que podrían afectar el éxito de las medidas implementadas.

En la UH AHP, el 61% de los entrevistados señaló que sí existen estrategias de comunicación para la planificación e implementación de medidas de conservación y restauración de los páramos. Sin embargo, la mayoría de los participantes coincidieron en que estas estrategias son insuficientes para garantizar la eficacia de las acciones de conservación y restauración. La comunicación es fundamental para sensibilizar a las comunidades, fomentar su participación activa y garantizar el éxito de las medidas de conservación.

En contraste, en la UH MH, el 100% de los encuestados afirmaron que no existen estrategias de comunicación utilizadas en la planificación e implementación de medidas de conservación o restauración de los páramos. Esta percepción fue seguida por la UH TA, donde el 67% de los entrevistados también indicó la ausencia de dichas estrategias. Esto sugiere una debilidad en la interacción entre las autoridades responsables de la conservación y las comunidades locales, lo que podría limitar el entendimiento, la participación y el compromiso comunitario en estas áreas. La falta de comunicación puede derivar en acciones de conservación desconectadas de las realidades locales, lo que impacta negativamente en la sostenibilidad de las medidas implementadas en los páramos.

La diferencia entre la UH AHP y las UHs MH y TA refleja un avance desigual en el diseño e implementación de estrategias de comunicación, lo que podría estar relacionado con recursos disponibles, capacidades institucionales o niveles de priorización.

¿Cuál es el nivel de claridad y comprensión de la información transmitida en la planificación e implementación de medidas de conservación y/o restauración de páramos?

La información que se transmite por distintos medios, sobre la conservación del páramo, muchas veces es abundante, sin embargo, si el uso de lenguaje es claro, simple, accesible, se facilita la comprensión de las estrategias. Por lo tanto, con esta pregunta se busca conocer la percepción de las organizaciones e instituciones al respecto.

En la UH AHP el 61% y en la UH Leito el 75% de los entrevistados indicaron un nivel medio en la claridad y comprensión de la información transmitida en la planificación e implementación de medidas de conservación y/o restauración de páramos. La percepción de un nivel "medio" podría deberse a una comunicación técnica que no se adapta completamente a las necesidades y contextos locales o a un acceso limitado a la información para ciertos grupos de la comunidad. En la UH TA el 67% de los entrevistados indicaron un nivel bajo en la claridad y comprensión en la planificación e implementación de medidas de conservación o restauración de páramos. Este resultado puede estar relacionado con una insuficiente interacción entre las instituciones responsables y la comunidad, o con el uso de enfoques que no son adecuados para la audiencia local. En la UH MH el 33% y a nivel provincial el 38% de los entrevistados consideran entre nula y media la claridad y comprensión de las medidas de conservación del páramo. Esta percepción podría reflejar inconsistencias en la manera en que se comunica la información, dependiendo del área geográfica o del grupo objetivo (Figura 116).

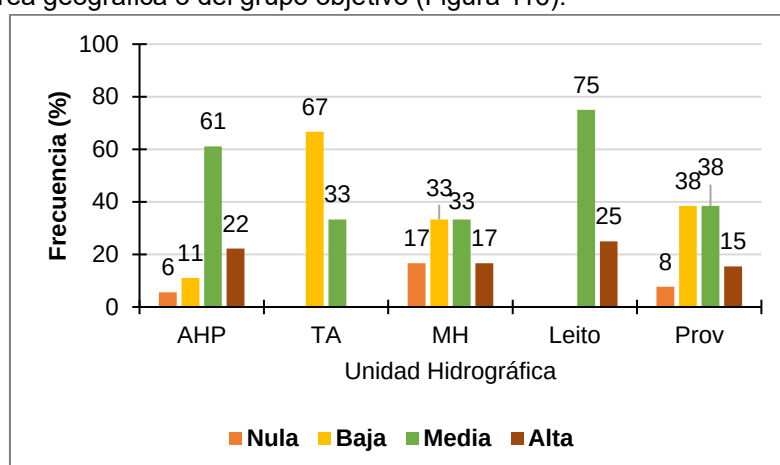


Figura 116. Frecuencia de las estrategias de comunicación usadas en la planificación e implementación de medidas de conservación o restauración de páramos en las unidades hidrográficas: a) Ambato Huachi Pelileo (AHP); B) Toallo Alobamba (TA); c) Mocha Huachi (MH); d) Leito; e) Nivel Provincial (Prov).

Escoja tres de los siguientes ejes temáticos que considere más importantes de tratar para el fortalecimiento de las organizaciones sociales vinculadas al páramo, como: gestión documental y del conocimiento, enfoque de género, cambio climático, servicios ecosistémicos, gestión administrativa y contable, desarrollo sostenible, participación y gobernanza, gestión de cuencas hídricas, procesos de contratación pública, formulación de proyectos, otras.

El eje temático es un conjunto de contenidos o temas ambientales, sociales, institucionales y económicos para fortalecer a las organizaciones sociales vinculadas al páramo, de acuerdo con su contexto y necesidades, cada eje temático representa un área clave que puede mejorar la capacidad organizativa, la toma de decisiones y la sostenibilidad de estas entidades, la pregunta busca identificar las necesidades prioritarias de capacitación.

Los encuestados indicaron varios ejes temáticos para el fortalecimiento de las organizaciones sociales vinculadas al páramo, sin embargo, las que tuvieron mayor significancia fueron: gestión documental y del

conocimiento (31 %) y gestión administrativa y contable (13 %) (Tabla 95). Este resultado evidencia que las organizaciones sociales vinculadas al páramo perciben como prioritarios ciertos ejes temáticos que apuntan al fortalecimiento de sus capacidades internas, particularmente en áreas de gestión documental, del conocimiento, administrativa y contable. La gestión documental y del conocimiento (elaboración de informes de proyectos productivos, manuales de procedimientos técnicos) como prioritaria refleja la importancia de preservar y transmitir el conocimiento, tanto tradicional como técnico y de gestión, para apoyar la toma de decisiones informadas y la continuidad de las iniciativas a través del cambio generacional. En cuanto a la gestión administrativa y contable (como presupuestos, declaraciones de impuestos, facturación), sugiere desafíos en la administración eficiente de recursos, la planificación financiera, y la rendición de cuentas, aspectos esenciales para garantizar la sostenibilidad y transparencia de las actividades organizativas. Una buena gestión administrativa y contable es clave para acceder a financiamiento externo, cumplir con regulaciones y mantener la confianza de los actores involucrados.

Tabla 95. Ejes temáticos que se consideran más importantes para el fortalecimiento de las organizaciones sociales vinculadas al páramo.

Mecanismo	Frecuencia (%)
Gestión documental y del conocimiento	31
Gestión administrativa y contable	13
Cambio climático	10
Desarrollo Sostenible	10
Participación y gobernanza	10
Gestión de cuencas hídricas	10
Formulación de Proyectos	10
Procesos de contratación pública	3
Enfoque de Género	3
Servicios ecosistémicos	0

¿Cuántas concesiones de agua por caudal existen en las unidades hidrográficas (UH) definidas?

Las concesiones de agua por caudal son permisos legales otorgados por la autoridad competente para el uso de un determinado volumen de agua, ya sea para consumo humano, riego, industria u otros fines. Evaluar cuántas existen en cada UH permite: determinar la presión sobre los recursos hídricos y su distribución, analizar si el caudal concesionado es sostenible en relación con la disponibilidad de agua en cada UH, identificar posibles conflictos entre usuarios o usos del agua, evaluar la necesidad de regulación o ajustes en la gestión de los recursos hídricos y responder esta pregunta requiere datos oficiales de la autoridad de agua o registros administrativos que especifiquen el número y tipo de concesiones otorgadas en cada unidad hidrográfica.

Finalmente, el 67% de los encuestados mencionaron que existen más concesiones de agua por caudal en la unidad hidrográfica UH Ambato-Huachi-Pelileo, mientras que, el 33% de entrevistados consideran que en la UH Leito existe concesiones de agua por caudal. Sin embargo, no supieron manifestar un número de concesiones. Este resultado sugiere diferencias en la disponibilidad de recursos hídricos, la demanda de agua y el uso asociado en cada unidad hidrográfica, como la variabilidad climática, el uso del suelo, la densidad poblacional y las actividades económicas predominantes. La asignación de concesiones de caudal debe considerar los límites ecológicos para evitar impactos negativos en los ecosistemas del páramo, que desempeñan un papel clave en la regulación hídrica. También, este resultado muestra que la UH AHP podría contar con mayores volúmenes de agua disponibles, lo que facilita la concesión de caudales a diferentes usuarios. Otra posibilidad es que la presión de uso (ej. agrícola, industrial o doméstico) sea mayor en esta unidad, impulsando la necesidad de concesiones formales. También puede reflejar una mejor regulación o un sistema más estructurado para gestionar y distribuir el agua en esta región.

4.2.5.6 Otros hallazgos

De las entrevistas, se identifica la relación entre actores, su percepción sobre cómo está organizado y cómo se decide el manejo de los páramos. Sin embargo, algunos participantes mencionaron información adicional, por ejemplo, de intervenciones físicas o medidas de manejo del ecosistema para conservar agua. Este tipo de experiencias debe evaluarse con mayor profundidad. Entre las mencionadas están:

- Actividades de siembra de árboles estrictamente con especies nativas, consideradas como medidas de restauración ecosistémica, para la que se cuenta con viveros que reproducen plántulas de árboles locales o considerados como nativos, con mano de obra de las zonas altas.
- Estaciones de monitoreo climático, gestionadas como donación entre las instituciones, de ellas que se debe verificar su funcionamiento y operación.
- Captadores de neblina o “atrapa nieblas”, en funcionamiento desde 2016, en la zona el cerro Shaushi, esto ayuda con el abastecimiento de agua a unas 32 familias.
- Experiencia de monitoreo participativo, también en la zona del FSO, incluyó la instalación y lectura de pluviómetros artesanales. Considerada como exitosa, realizada con el apoyo de CONDESAN involucró a operadores de las juntas de agua potable, pero se interrumpió a raíz de la pandemia.

Además, se señalaron iniciativas de capacitación y educación ambiental, como el Centro de Formación Ciudadana de Tungurahua (CFCT), y el Consejo Consultivo de Educación Ambiental de la Provincia.

También se expresaron preocupaciones y necesidades: Piden evaluar la situación de las represas Chiquihurco, Mulacorrall y otros reservorios; que se analice la inversión económica realizada en los PMP en contraste a sus resultados; y, que se amplie el trabajo de conservación a toda la provincia, reconociendo el cambio de clima como amenaza latente.

En algunas instituciones y organizaciones se detectó que la información se concentra en pocas personas que ocupan cargos o tienen roles clave, el conocimiento generado luego de varios años no es transferido, lo que hace que haya individuos indispensables para la gestión, puesto que en su ausencia los procesos se ven interrumpidos aumentando la debilidad institucional. Esto se puede manifestar tanto en ciertos líderes o dirigentes sociales, como en algunos funcionarios del sector público.

Finalmente, se pudo conocer un malestar porque, según lo indicado, dirigentes que intermedian entre los financiadores de los PMP y los beneficiarios, se aprovechan de los incentivos que se dan en los proyectos, condicionando a los destinatarios el acceso a los insumos y materiales que se entregan como estímulo para la conservación.

V. SUELO

5.1 INTRODUCCIÓN

Los suelos de los páramos desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono y la fertilidad del ecosistema, siendo esenciales para la estabilidad ambiental y el abastecimiento de agua en las regiones andinas. Gracias a su alta capacidad de retención de humedad, estos suelos actúan como esponjas naturales, absorbiendo el agua de las precipitaciones y liberándola lentamente hacia las cuencas hidrográficas, garantizando un flujo constante incluso en épocas secas (Mena et al., 2001). También, la importancia de los páramos en el suministro de agua es innegable. Muchas ciudades del país como Ambato, Patate, Pelileo, Mocha y otras más dependen de estos ecosistemas para el abastecimiento de agua potable. Asimismo, su papel en la regulación de las cuencas hidrográficas es crucial para evitar sequías en temporadas secas y el exceso de agua en épocas de lluvias.

Adicionalmente, el origen volcánico de los suelos les confiere propiedades únicas, como baja densidad aparente, alto contenido de materia orgánica y presencia de minerales alófanos¹⁵, los cuales contribuyen a su estabilidad estructural y fertilidad (Malagón, 2003). Además, los suelos de páramo almacenan grandes cantidades de carbono orgánico, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático al reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera (Llambi et al., 2012). Sin embargo, la erosión, el sobrepastoreo y las quemadas degradan su estructura y reducen su capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes, poniendo en riesgo los servicios ecosistémicos que proveen (MAGAP, 2013). Por ello, su conservación y manejo sostenible son clave para mantener la biodiversidad y la seguridad hídrica de las comunidades que dependen de estos ecosistemas.

En la provincia de Tungurahua, los páramos presentan cuatro tipos principales de suelos: Entisoles, Histosoles, Inceptisoles y Mollisoles (MAGAP, 2013). Los páramos de mayor altitud suelen tener suelos rocosos, con un alto contenido de arena, baja materia orgánica y poca capacidad de retención de agua, lo que los hace extremadamente infértiles. En elevaciones medias, predominan suelos negros o cafés, con alta humedad y acidez moderada, pero con una gran capacidad de retención de agua. En las zonas de menor altitud, los suelos son oscuros y húmedos, con un alto contenido de nitrógeno y menor disponibilidad de calcio (Llambi et al. 2012). En cuanto al almacenamiento de carbono, los suelos de páramo son ricos en materia orgánica, especialmente en forma de turba y humus. Debido a las bajas temperaturas y la alta humedad, la descomposición de la materia orgánica es lenta, lo que permite la acumulación de carbono durante miles de años. Esto convierte a los páramos en importantes reservorios de carbono, ayudando a reducir los niveles de CO₂ en la atmósfera y mitigando el cambio climático. Sin embargo, la degradación de estos ecosistemas por actividades como la deforestación, los incendios y la agricultura intensiva puede liberar grandes cantidades de carbono almacenado, contribuyendo al calentamiento global.

Por otro lado, los páramos tienen una alta capacidad de retención de agua, funcionando como esponjas naturales que capturan el agua proveniente de la lluvia y la neblina. La vegetación característica, como los frailejones, junto con los suelos orgánicos, permiten absorber y almacenar grandes volúmenes de agua. Esta agua se libera lentamente, asegurando un flujo constante hacia ríos y acuíferos, lo que garantiza el abastecimiento de agua potable para millones de personas. Además, la regulación del flujo hídrico ayuda a prevenir inundaciones y reduce la erosión del suelo (Hofstede et al., 2003). Por estas razones, la conservación de los páramos es fundamental para mantener sus funciones ecológicas. Proteger estos ecosistemas significa asegurar la disponibilidad de agua para futuras generaciones y contribuir a la lucha contra el cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono. En este contexto se pretende realizar una caracterización del suelo de los páramos de unidades hidrográficas de Tungurahua, enfocados en las zonas de recarga hídrica de las unidades hidrográficas que se describe en los objetivos.

¹⁵ Son suelos con tipos especiales de minerales de arcilla formados a partir de cenizas volcánicas, con gran capacidad de retener agua y adsorción de nutrientes y funcionan como filtro natural, atrapando contaminantes y evitando que lleguen a cuerpos de agua (USDA 2014; FAO 2015; Shoji et al. 1993).

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar los suelos de los páramos de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Toallo-Alobamba (TA) Mocha-Huachi (MH) y Leito de la provincia de Tungurahua.

Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas de suelos de los páramos de las unidades hidrográficas en estudio.
- Determinar los valores de almacenamiento de carbono orgánico en los páramos de las unidades hidrográficas en estudio.
- Determinar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo de los páramos de las unidades hidrográficas en estudio.

5.2 RESULTADOS

Los resultados del componente de suelo provienen del análisis de 12 calicatas, distribuidas: cinco en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), una en Toallo-Alobamba (TA), tres en Mocha-Huachi (MH) y tres en Leito (Anexo 7). Cabe indicar que fueron seleccionados sitios de muestreo representativos de los páramos y bosque (Leito) de las unidades hidrográficas (Figura 117).

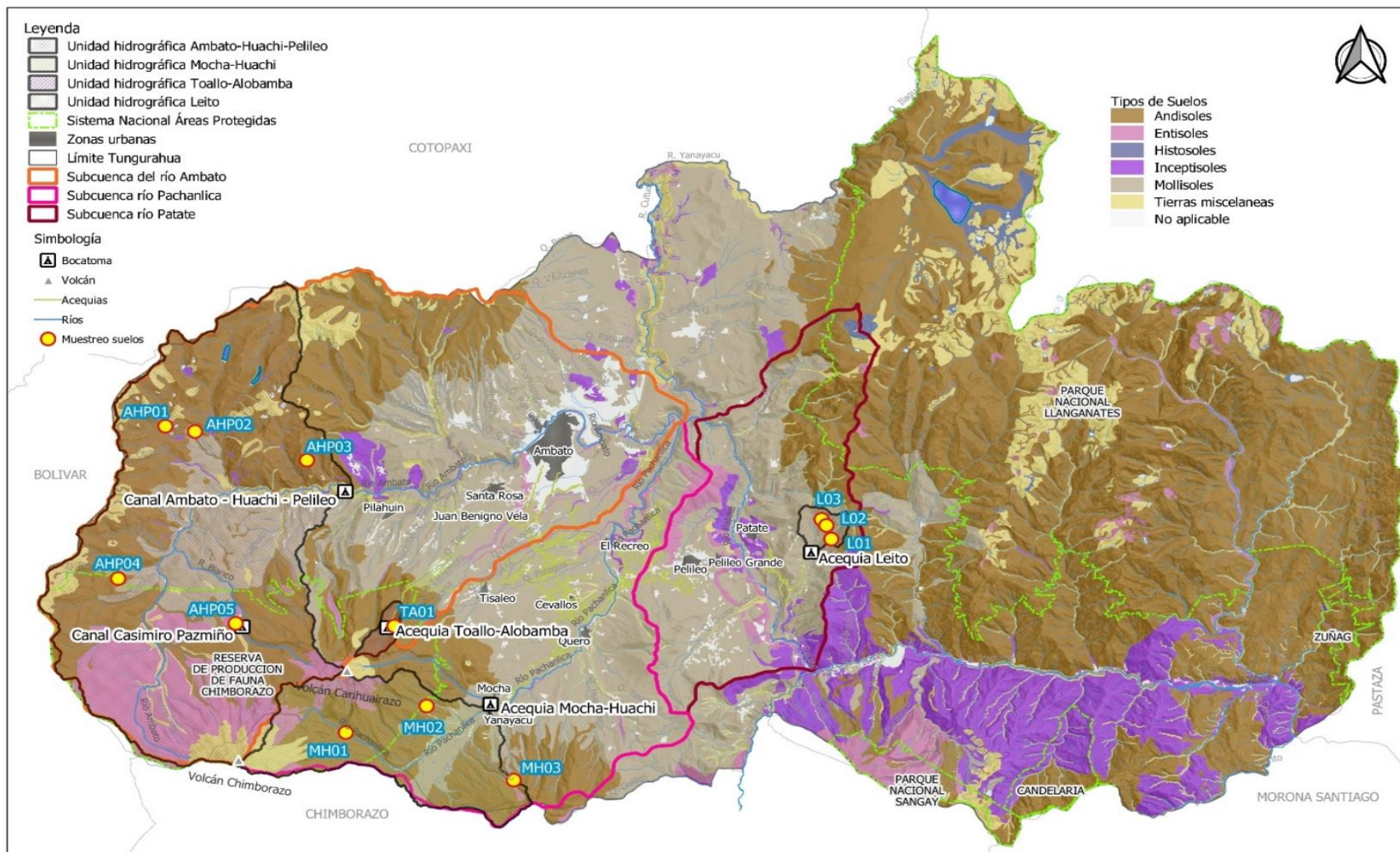


Figura 117. Tipos de suelo y ubicación de las áreas de muestreo edáfico en las unidades hidrográficas: Ambato Huachi Pelileo (AHP - 5 calicatas), Toallo-Alobamba (TA - 1 calicata), Mocha Huachi (MH - 3 calicatas) y Leito (3 calicatas), Tungurahua.

5.2.1 Caracterización del suelo

En los páramos de las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito y Toallo Alobamba (TA) provincia de Tungurahua se han identificado Andisoles y Entisoles, con pendientes entre 0 hasta 40% y áreas húmedas, semihúmedas y semisecas. Se definieron doce sitios que representen las principales formas de paisaje, tipos de cobertura y uso del suelo, clases de pendiente y humedad dominantes. En el trabajo de campo se buscó determinar las características y condiciones de los suelos, hasta una profundidad de aproximadamente 1,5 m en los perfiles H1 a H3 (Anexo 7, metodología suelos). A continuación, se describen los perfiles de suelo estudiados en las áreas de estudio.

5.2.2 Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)

En la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo los suelos aún mantienen una buena salud para un ecosistema de páramo. Sin embargo, se observan signos evidentes de degradación producto de actividades pecuarias y quema de vegetación. La mayoría de los suelos presentan altos contenidos de materia orgánica, una característica esencial para la retención de agua, la fertilidad natural y la capacidad de captura de carbono, funciones clave del páramo como regulador hídrico y climático. Los perfiles con color Munsell más oscuro (10YR 2/1 y 3/1) reflejan una mayor acumulación de materia orgánica, lo que indica un suelo saludable y activo en términos biológicos. Asimismo, la presencia de raíces finas y estructuras laminares sueltas sugiere que los procesos de infiltración y anclaje vegetal aún están operando adecuadamente.

Suelo del valle del sector de Pilahuin, cubierto por herbazal húmedo montano alto superior de páramo, de 0 – 10% de pendiente y en zona húmedo (A1-C1)

Los suelos del valle del sector Pilahuin, con pendiente del 0 a 10%, están cubiertos por herbazal húmedo montano alto superior de páramo; existe dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte el color seco es 10 YR 3/1 gris muy oscuro, su textura es arcilloso arenoso, ligeramente plástico y adhesivo, su estructura laminar, de resistencia suelta en seco como humedad con raíces finas (1-2mm), con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 118).

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 - 6cm	H1: 6 - 30cm	H2: 30 - 150cm
	H2 Color: 10YR 3/2 Arcilloso-arenoso Ligeramente plástico y adhesivo. Estructura laminar. Raíces muy finas. Limite lineal. 6 cm 24cm H2 120cm	
Vista general del pasto y pajonal	Perfil del suelo H1	

Figura 118. Perfil del suelo del herbazal húmedo montano alto superior de páramo del sector Pilahuin de Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.

Estas características indican un suelo en buenas condiciones ecológicas. El color gris muy oscuro y el alto contenido de materia orgánica reflejan una acumulación significativa de materia vegetal en descomposición, lo cual es típico de suelos saludables en ecosistemas de páramo. La presencia de raíces finas sugiere actividad biológica y un sistema vegetal activo, mientras que la estructura laminar y la textura arcilloso-arenosa permiten una retención adecuada de humedad sin llegar a la compactación excesiva.

Además, la cobertura de páramo indica que la vegetación nativa está presente y funcionando como protección del suelo frente a la erosión. En conjunto, estos datos sugieren que el suelo aún conserva su capacidad de almacenamiento de agua, su fertilidad natural y su estructura física esencial para el ecosistema de páramo. Por lo tanto, desde el punto de vista de la conservación, el estado del suelo es adecuado y saludable, siempre que se mantenga libre de actividades antrópicas intensas como el sobrepastoreo, la agricultura extensiva o la construcción de infraestructura.

Suelo del valle del sector de Pilahuin, cubierto por páramo herbáceo degradado, de 0 – 10% de pendiente y en zona semihúmedo (A1-C2)

Los suelos del valle del sector Pilahuin, con pendiente del 0 a 10%, están cubiertos por páramo herbáceo degradado; existió dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco es 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, su textura es arcilloso arenoso, no plástico ni adhesivo, su estructura es laminar, con raíces muy finas (<1mm), con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 119). Estas características muestran signos de degradación moderada del ecosistema de páramo probablemente causada por prácticas como el sobrepastoreo o la quema lo cual puede incidir en la pérdida de sus funciones ecológicas clave, como la regulación hídrica y la captura de carbono. Aunque el contenido de materia orgánica sigue siendo alto, lo cual es positivo para la fertilidad del suelo y la retención de agua, el color más claro (10YR 4/2) en comparación con suelos mejor conservados podría indicar un menor grado de acumulación de materia orgánica o un inicio de pérdida de humificación. La textura arcilloso-arenosa sin plasticidad ni adhesividad indica una disminución en la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, mientras que la estructura laminar y la presencia de raíces muy finas (<1 mm) indican una vegetación menos densa y posiblemente menos diversa que en un páramo bien conservado.

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 - 5cm	H1: 5- 85cm	H2: 85 - 150cm
	H2 5 cm Color: 10YR 3/1 Arcilloso-arenoso. No plástico y no adhesivo. Estructura laminar. Raíces finas. Limite lineal. 80 cm H2 65cm	
Vista general del pasto		Perfil del suelo H1

Figura 119. Perfil del suelo del valle del sector Pilahuin de Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.

Suelo de la parte alta del páramo con pajonal, de 20 – 25 % de pendiente y en zona semihúmedo (A1-C3)

Los suelos de la parte alta del páramo de San Fernando están cubiertos con pajonal, con pendiente de 20 a 25 %, existió un horizonte y según la tabla de Munsell en color seco fue de 10 YR 2/1 negro, su textura es arcilloso arenoso, no plástico ni adhesivo, su estructura es laminar, con raíces finas (1 – 2 mm), su resistencia en seco suelto y con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 120).

Este perfil edáfico (A1-C3) refleja buenas condiciones de salud del páramo. El color negro (10YR 2/1) en estado seco es característico de suelos con una alta concentración de materia orgánica y buen estado de humificación, lo cual es crucial para la capacidad del páramo de almacenar agua, nutrientes y carbono. La cobertura vegetal mixta de pajonal indica un ecosistema bien conservado, ya que ambas especies cumplen funciones clave en la protección del suelo y la regulación hídrica. La presencia de raíces finas (1–2 mm) sugiere una vegetación activa y bien desarrollada, lo que favorece la estabilidad estructural del suelo.

Aunque la textura es arcilloso-arenosa y no presenta plasticidad ni adhesividad, lo cual puede limitar ligeramente la retención de agua en condiciones extremas, esto se compensa con el alto contenido de materia orgánica.

Secuencia de horizontes	
HMO: 0 - 6cm	H1: 6- 150cm
	
Vista de la calicata	Perfil del suelo H1

Figura 120. Perfil del suelo de la parte alta del páramo de San Fernando de Ambato, Tungurahua.

Suelo de la parte baja del páramo con pajonal, de 0 – 10 % de pendiente y en zona semiseco (A1-C4)

Secuencia de horizontes	
HMO: 0 - 4cm	H1: 4 - 150cm
	
Vista general del paramo	Perfil del suelo H1

Figura 121. Perfil del suelo de la parte baja del páramo del sector Pilahuin de Ambato -Tungurahua.

En la parte baja, los suelos del páramo del valle del sector Pilahuin, con pendiente del 0 a 10%, están cubiertos por pajonal; existe un horizonte y según la tabla de Munsell en color seco fue de 10 YR 2/1 negro, su textura es arcilloso arenoso, no plástico ni adhesivo, su estructura es laminar, su resistencia en seco es suelta con raíces finas (1-2 mm), con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 121).

Las características observadas en este perfil (A1-C4) indican un suelo en condiciones saludables, aunque con ciertas consideraciones por el contexto climático. El color negro (10YR 2/1) sugiere una alta acumulación de materia orgánica, lo que es positivo para la fertilidad del suelo y la retención de humedad. La textura arcilloso-arenosa y la estructura laminar son comunes en suelos de páramo, y la resistencia suelta en seco, junto con la presencia de raíces finas, indica un sistema vegetal activo que ayuda a estabilizar el suelo. La cobertura vegetal por pajonal es favorable, ya que esta especie cumple funciones de protección frente a la erosión y contribuye a la infiltración del agua. No obstante, al estar ubicado en una zona semiseca, el ecosistema puede ser más vulnerable a cambios en el régimen hídrico, especialmente si la cobertura vegetal se reduce o se degrada. La baja pendiente (0–10 %) ayuda a minimizar el riesgo de erosión, lo cual es una ventaja adicional para la conservación del suelo.

Suelo de la parte alta del páramo con pajonal, de 10 - 30% de pendiente y en zona semiseco (A1-C5)

Los suelos de la parte alta del páramo del sector Rumipata, con pendiente del 10 a 30%, están cubiertos por pajonal; existió dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco fue de 10 YR 3/1 gris muy oscuro, su textura es arcilloso arenoso, no plástico ni adhesivo, su estructura es laminar, con raíces finas (1-2 mm), con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 122). Este perfil (A1-C5) refleja un suelo moderadamente saludable, pero con factores de riesgo importantes en cuanto a conservación. El color 10YR 3/1 (gris muy oscuro) indica una buena, aunque no óptima, acumulación de materia orgánica, lo cual es positivo para la fertilidad y la retención de agua. Sin embargo, es un indicio de que podría haber habido cierta pérdida orgánica en comparación con suelos más oscuros (10YR 2/1). La textura arcilloso-arenosa, la estructura laminar y la presencia de raíces finas (1–2 mm) muestran que el suelo aún conserva una estructura física favorable y soporte para la vegetación. La cobertura por pajonal contribuye a estabilizar el suelo, pero es una zona semiseca y con fuerte pendiente (10–30%), condiciones que aumentan el riesgo de erosión.

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 - 5cm	H1: 5- 65cm	H2: 65 - 150cm
	H2 Color: 10YR 4/1pardo grisáceo oscuro Arcilloso-arenoso. No plástico y no adhesivo. Estructura laminar. Raíces muy finas. Limite lineal. 5 cm H1 60 cm H2 85cm	
Vista general del páramo	Perfil del suelo H1	

Figura 122. Perfil del suelo de la parte alta del sector Rumipata de Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.

5.2.3 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)

El estado de salud del suelo del páramo en la unidad hidrográfica Mocha Huachi es variable y refleja tanto zonas bien conservadas como otras con signos de degradación. En la zona baja (M1-C1), el suelo presenta un bajo contenido de materia orgánica, lo que indica una condición degradada y una posible pérdida de funcionalidad ecológica, a pesar de la cobertura de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, probablemente afectado por actividades humanas como el sobrepastoreo o el uso agrícola anterior. En contraste, la zona media (M1-C2) muestra un suelo con buen estado de conservación, alto contenido orgánico, estructura favorable y buena actividad biológica, características que aseguran funciones clave del ecosistema de páramo como la retención de agua y el almacenamiento de carbono. Finalmente, la zona alta (M1-C3) presenta un estado intermedio, con un contenido orgánico aceptable, pero con señales de posible empobrecimiento y vulnerabilidad a la erosión debido a la pendiente pronunciada y la cobertura radicular débil.

Suelo del valle del sector Mocha, cubierto por herbazal húmedo montano alto superior de páramo, de 0 – 10 % de pendiente y en zona semihúmeda (M1-C1)

Los suelos del valle del sector Mocha, con pendiente del 0 a 10 %, están cubiertos por herbazal húmedo montano alto superior de páramo; existió tres horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco fue de 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, su textura es arcilloso arenoso, ligeramente plástico

y adhesivo, su estructura es laminar, con raíces finas (1-2 mm), con limite lineal y con poco contenido de materia orgánica (Figura 123).

Este perfil (M1-C1) refleja un suelo con signos de degradación biológica y potencial pérdida de funcionalidad ecológica. El color 10YR 4/2 indica un nivel bajo de materia orgánica, lo cual es preocupante para un ecosistema de páramo, ya que este tipo de suelo depende en gran medida de su contenido orgánico para cumplir funciones críticas como la retención de agua, el almacenamiento de carbono y la sustentación de la vegetación. La textura arcilloso-arenosa y la estructura laminar se mantienen como condiciones físicas adecuadas. La presencia de raíces finas (1–2 mm) indica que aún existe actividad radicular y alguna cobertura vegetal activa. Sin embargo, la baja acumulación de materia orgánica, a pesar de la presencia de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, sugiere que el ecosistema ha sido alterado por actividades humanas (como sobrepastoreo, quema o uso agrícola anterior) o que se encuentra en proceso de empobrecimiento edáfico.

Secuencia de horizontes																																																																					
HMO: 0 - 5cm	H1: 5 - 35cm	H2: 35 - 82cm	H3: 82 - 150cm																																																																		
	<table><tr><td>H2</td><td>-----</td><td></td></tr><tr><td>Color: 10YR 3/1</td><td></td><td>5 cm</td></tr><tr><td>gris muy oscuro</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Arcilloso-arenoso</td><td>-----</td><td></td></tr><tr><td>Ligeramente</td><td></td><td>H1</td></tr><tr><td>plástico</td><td>y</td><td></td></tr><tr><td>adhesivo.</td><td></td><td>30 cm</td></tr><tr><td>Estructura</td><td></td><td></td></tr><tr><td>laminar.</td><td>-----</td><td></td></tr><tr><td>Raíces muy finas.</td><td></td><td>H2</td></tr><tr><td>Limite ondulado</td><td></td><td></td></tr><tr><td>H3</td><td></td><td>47 cm</td></tr><tr><td>Color: 10YR 3/3</td><td></td><td></td></tr><tr><td>pardo oscuro</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Franco- arcilloso-arenoso</td><td>-----</td><td></td></tr><tr><td>Ligeramente</td><td></td><td></td></tr><tr><td>plástico</td><td>y</td><td>H3</td></tr><tr><td>adhesivo.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Estructura</td><td></td><td>68cm</td></tr><tr><td>laminar.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Raíces escasas.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Limite ondulado</td><td>-----</td><td></td></tr></table>			H2	-----		Color: 10YR 3/1		5 cm	gris muy oscuro			Arcilloso-arenoso	-----		Ligeramente		H1	plástico	y		adhesivo.		30 cm	Estructura			laminar.	-----		Raíces muy finas.		H2	Limite ondulado			H3		47 cm	Color: 10YR 3/3			pardo oscuro			Franco- arcilloso-arenoso	-----		Ligeramente			plástico	y	H3	adhesivo.			Estructura		68cm	laminar.			Raíces escasas.			Limite ondulado	-----	
H2	-----																																																																				
Color: 10YR 3/1		5 cm																																																																			
gris muy oscuro																																																																					
Arcilloso-arenoso	-----																																																																				
Ligeramente		H1																																																																			
plástico	y																																																																				
adhesivo.		30 cm																																																																			
Estructura																																																																					
laminar.	-----																																																																				
Raíces muy finas.		H2																																																																			
Limite ondulado																																																																					
H3		47 cm																																																																			
Color: 10YR 3/3																																																																					
pardo oscuro																																																																					
Franco- arcilloso-arenoso	-----																																																																				
Ligeramente																																																																					
plástico	y	H3																																																																			
adhesivo.																																																																					
Estructura		68cm																																																																			
laminar.																																																																					
Raíces escasas.																																																																					
Limite ondulado	-----																																																																				
Vista general de la calicata		Perfil de suelo H1																																																																			

Figura 123. Perfil del suelo del herbazal húmedo montano alto superior de páramo del sector Mocha - Huachi de Ambato - Tungurahua.

Suelo de la parte media del páramo, cubierto por páramo herbáceo, de 10 – 30 % de pendiente y en zona semiseca (M1-C2)

Secuencia de horizontes										
HMO: 0 - 6cm	H1: 6- 84cm	H2: 84 - 150cm								
	<table><tr><td>6 cm</td><td rowspan="3">H2 Color: 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro Franco-arcilloso arenoso</td></tr><tr><td>H1</td></tr><tr><td>78 cm</td></tr><tr><td></td><td rowspan="3">H2 No plástico y no adhesivo. Estructura laminar. Raíces finas. Limite lineal.</td></tr><tr><td>H2</td></tr><tr><td>66cm</td></tr></table>		6 cm	H2 Color: 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro Franco-arcilloso arenoso	H1	78 cm		H2 No plástico y no adhesivo. Estructura laminar. Raíces finas. Limite lineal.	H2	66cm
6 cm	H2 Color: 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro Franco-arcilloso arenoso									
H1										
78 cm										
	H2 No plástico y no adhesivo. Estructura laminar. Raíces finas. Limite lineal.									
H2										
66cm										
Vista general de la calicata	Perfil de suelo H1									

Figura 124. Perfil del suelo de la parte media del páramo del sector Mocha - Huachi de Ambato - Tungurahua.

Los suelos de la parte media del páramo de 10 – 30% de pendiente cubiertos por páramo herbáceo, presentan dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco es de 10 YR 3/1

gris muy oscuro, su textura es arcilloso arenoso, ligeramente plástico y no adhesivo, su estructura laminar, de resistencia suave en seco y muy friable en húmedo con raíces finas (1-2 mm), con límite ondulado y con alto contenido de materia orgánica (Figura 124). Este perfil (M1-C2) indica un estado bueno de salud y funcional del suelo, desde el punto de vista de conservación. El color 10YR 3/1 sugiere una alta presencia de materia orgánica, lo cual es fundamental para la salud del páramo, ya que favorece la retención de agua, la fertilidad natural y la estabilidad del ecosistema. La textura arcilloso-arenosa y la estructura laminar son típicas de los suelos del páramo, y la resistencia suave en seco y friabilidad en húmedo indican una estructura suelta y aireada, ideal para la infiltración y el desarrollo de raíces. La presencia de raíces finas y el límite ondulado del horizonte apuntan a una buena actividad biológica en el suelo.

Suelo de la parte alta del páramo, cubierto por herbazal de páramo, de 15 – 40% de pendiente y en zona semihúmeda (M1-C3)

Los suelos de la parte alta del páramo de Quero de 15 – 40% de pendiente cubierto en su totalidad por herbazal de páramo, presentan dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco es de 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, su textura es franco arcilloso arenoso, no plástico y no adhesivo, su estructura laminar, de resistencia suelta en seco como húmedo con raíces muy finas (<1mm), con límite ondulado y con alto contenido de materia orgánica (Figura 125).

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 - 4cm	H1: 4- 96cm	H2: 96 - 150cm
	----- 4 cm ----- H1 Color: 10 YR 4/1 gris oscuro Arcilloso arenoso No plástico y no adhesivo. Estructura laminar. Raíces muy finas. Límite lineal. ----- 92 cm ----- H2 ----- 54cm ----- 	
Vista general de la calicata	Perfil de suelo H1	

Figura 125. Perfil del suelo de la parte alta del páramo del sector Quero - Mocha - Huachi de Ambato - Tungurahua.

Este perfil (M1-C3) muestra un estado intermedio en términos de salud del suelo del páramo. Aunque el contenido de materia orgánica es alto, lo cual es positivo y necesario para mantener las funciones ecológicas del páramo, el color 10YR 4/2 indica que esta materia orgánica no está tan concentrada o activa como en otros perfiles con tonalidades más oscuras (como 10YR 2/1 o 3/1). Esto puede deberse a condiciones de drenaje, actividad biológica limitada o algún grado de perturbación. La textura franco arcilloso-arenosa y la resistencia suelta tanto en seco como en húmedo favorecen el desarrollo radicular y la infiltración de agua, mientras que el límite ondulado y la estructura laminar indican un suelo con buena evolución natural, aunque algo frágil frente a disturbios físicos. La cobertura de pajonal ofrece cierta protección, pero la pendiente pronunciada (15–40%) constituye un riesgo importante de erosión, especialmente si el pajonal se degrada por causas como el sobrepastoreo o incendios. Las raíces muy finas también podrían indicar una vegetación que no está anclando suficientemente el suelo, lo cual es una señal de posible vulnerabilidad.

5.2.4 Unidad hidrográfica Leito

Los suelos de la unidad hidrográfica de Leito presentan en general un buen estado de salud y conservación, característico de ecosistemas cubiertos por bosque andino en zonas semihúmedas. Todos los perfiles muestran alto contenido de materia orgánica, lo cual es esencial para mantener funciones

ecológicas clave como la retención de agua, la fertilidad natural del suelo y la estabilidad del ecosistema. Aunque el color Munsell 10YR 4/2 predomina en dos perfiles, lo cual indica una materia orgánica menos activa que en tonos más oscuros, la presencia de raíces abundantes, estructuras laminares bien formadas, y texturas francas o arcillosas-arenosas, evidencian una dinámica biológica activa y favorable para la conservación. La cobertura forestal juega un papel crucial en proteger estos suelos de la erosión, incluso en pendientes pronunciadas como en la parte alta (L1-C1). En conjunto, los suelos de Leito se encuentran en una condición funcionalmente estable, con bajo nivel de degradación y alto potencial para conservar los servicios ecosistémicos del bosque andino, siempre que se mantenga la cobertura vegetal y se eviten perturbaciones antrópicas.

Suelo de la parte alta de la vertiente de la Acequia Leito, sector Patate, cubierto por bosque andino, de 30 a 40 % de pendiente y en zona semihúmeda (L1-C1)

Los suelos de la parte alta de la vertiente de la acequia Leito presentan una pendiente de 30 a 40% y están cubiertos por bosque andino; existe dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco fue de 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, su textura es franco arcilloso arenoso, ligeramente plástico y adhesivo, su estructura laminar, de resistencia suelta en seco como humedad con raíces medias(2-5 mm), con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 126).

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 – 8 cm	H1: 8 – 80 cm	H2: 80 – 150 cm
	</	

Figura 126. Perfil del suelo de la parte alta de la vertiente de la acequia Leito, Tungurahua.

Este perfil (L1-C1) indica un suelo con buen estado de salud y conservación ecológica dentro del ecosistema de bosque andino. El color 10YR 4/2 en seco, si bien es más claro que los tonos más oscuros típicos de suelos con mayor acumulación de materia orgánica activa, sigue siendo aceptable y compatible con un contenido orgánico alto, como lo indica la descripción. La textura franco arcilloso arenosa, combinada con una estructura laminar y una resistencia suelta en seco y húmedo, sugiere una buena porosidad y capacidad de infiltración, esenciales para el ciclo hidrológico y el desarrollo radicular. La presencia de raíces medianas (2–5 mm) también refleja una vegetación robusta y activa, propia de un bosque andino saludable. A pesar de la fuerte pendiente (30–40%), la cobertura boscosa contribuye significativamente a evitar la erosión y a estabilizar el suelo, lo que indica que este perfil mantiene una funcionalidad ecológica adecuada y representa una condición edáfica estable, aunque frágil si se interrumpe la cobertura vegetal.

Suelo de pie de monte del sector El Duende, cubierto por bosque andino, de 15 a 20 % de pendiente y en zona semihúmeda (L1-C2)

Los suelos de pie de monte (15 a 20% de pendiente) cubiertos por bosque andino, existe un horizonte y encontrándose piedra a los 80 cm y según la tabla de Munsell en color seco es de 10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, su textura es arcilloso arenoso, no plástico ni adhesivo, su estructura laminar, de resistencia suave en seco como suelta en húmedo con raíces abundantes (> 5 mm), con limite ondulado y con alto contenido de materia orgánica (Figura 127). Este perfil (L1-C2) representa un suelo con buen estado de salud y

conservación, característico de zonas de pie de monte cubiertas por bosque andino. El color seco 10YR 4/2, aunque moderadamente claro, se asocia con un contenido alto de materia orgánica, lo cual es coherente con la cobertura forestal y la acumulación constante de hojarasca. La textura arcilloso arenosa y la estructura laminar son típicas de estos ecosistemas, y la resistencia suave en seco y suelta en húmedo favorece la infiltración del agua y la aireación del suelo. La presencia de raíces abundantes y gruesas (>5 mm) indica una vegetación vigorosa, con buena penetración radicular y, por ende, una alta actividad biológica. El límite ondulado y la profundidad de 80 cm antes de encontrar piedra revelan una moderada capacidad de almacenamiento hídrico y de nutrientes, lo cual es adecuado para sostener el ecosistema andino.

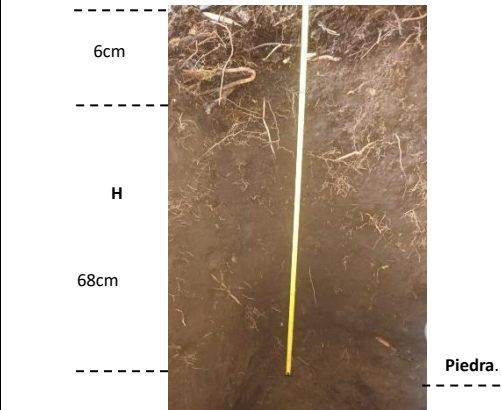
Secuencia de horizontes		
HMO: 0 – 6 cm	H1: 6 – 74 cm	H2: Piedra
	 6cm H 68cm Piedra.	
Vista general del suelo de la calicata	Perfil del suelo H1	

Figura 127. Perfil del suelo de pie de monte cubierto por matorral, Leito, Tungurahua.

Suelo de la parte media del bosque, cubierto en su totalidad de bosque andino, de 10 – 20% de pendiente y en zona semihúmeda (L1-C3)

Los suelos de la parte media del bosque (10 – 20% de pendiente) cubiertos en su totalidad por bosque andino, presentan dos horizontes y según la tabla de Munsell el primer horizonte de color seco es de 10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro, su textura es franco arenoso, ligeramente plástico y adhesivo, su estructura laminar, de resistencia suelta en seco como humedad con raíces finas (1-2 mm), con limite lineal y con alto contenido de materia orgánica (Figura 128).

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 – 6 cm	H1: 6 – 94 cm	H2: 94 - 150cm
	 6cm H1 H2 Color: 10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro Franco arenoso No plástico. No adhesivo. Estructura laminar. Raíces muy finas. 88cm 56cm	
Vista general del suelo de la parte media del bosque	Perfil del suelo H1	

Figura 128. Perfil del suelo de la parte media del bosque, Leito, Tungurahua.

Este perfil (L1-C3) refleja un suelo en muy buen estado de salud y conservación, propio de ecosistemas bien conservados como el bosque andino. El color seco 10YR 3/2, pardo grisáceo muy oscuro, indica un alto contenido de materia orgánica, lo cual es fundamental para la fertilidad natural, la retención de humedad y la estabilidad del suelo. La textura franco arenosa permite una buena infiltración y aireación, mientras que la ligera plasticidad y adhesividad sugieren una estructura equilibrada que favorece el desarrollo de raíces y la actividad biológica. La estructura laminar, junto con la resistencia suelta tanto en seco como en húmedo y la presencia de raíces finas (1–2 mm), refleja una buena actividad vegetal y edáfica. El límite lineal sugiere un horizonte bien definido, típico de suelos que no han sido alterados significativamente. En conjunto, este perfil muestra un ecosistema edáficamente estable, funcional y con bajo nivel de perturbación, donde la cobertura continua del bosque andino ha contribuido a conservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

5.2.5 Unidad Hidrográfica Toallo – Alobamba (TA)

En la unidad hidrográfica Toallo Alobamba, en el área de muestreo, se obtuvo un suelo medianamente saludable. El color indica un contenido moderado a bajo de materia orgánica, menor al esperado en suelos de páramo bien conservados. La textura arcilloso arenosa y la estructura granular favorecen la infiltración y aireación, pero la baja plasticidad y adhesividad reflejan limitada actividad orgánica. Aunque el límite ondulado sugiere estabilidad, el suelo muestra signos de empobrecimiento que requieren medidas de conservación para evitar mayor degradación.

Suelo de la parte alta del páramo cubierto por herbazal y arbustal montano alto superior, de 20 - 40% de pendiente y en zona semihumedad (A1-C6)

Los suelos de la parte alta del páramo del sector Juan Benigno Vela, con pendiente del 20 a 40% (Tabla 97), están cubiertos por páramo arbustivo; existió dos horizontes y según la tabla de Munsell en el primer horizonte en color seco fue de 10 YR 4/3 café, su textura es arcilloso arenoso, no plástico ni adhesivo, su estructura es granular, con limite ondulado (Figura 129). Este perfil (A1-C6) indica un suelo medianamente saludable con signos de alteración. El color seco 10YR 4/3 (café) sugiere un contenido moderado a bajo de materia orgánica, inferior al esperado para un suelo de páramo saludable, donde normalmente predominan tonalidades más oscuras (como 10YR 2/1 o 3/1). Esta condición puede ser resultado de una menor acumulación de material vegetal, posiblemente por degradación progresiva o cambios en la cobertura natural. La textura arcilloso arenosa y la estructura granular son adecuadas para permitir la infiltración de agua y aireación del suelo, mientras que el límite ondulado indica una cierta estabilidad en la formación de horizontes. La ausencia de plasticidad y adhesividad podría estar relacionada con una baja actividad coloidal y orgánica.

Secuencia de horizontes		
HMO: 0 - 10cm	H1: 10 - 30cm	H2: 30 - 50cm
	 ----- 10 cm ----- H1 20 cm ----- H2 20cm ----- H2 Color: 10YR 5/3 Franco- arenoso No plástico y no adhesivo. Estructura granular. Fragmentos gruesos. Limite ondulado.	
Vista general de la calicata, encontrándose piedra	Perfil del suelo H1	

Figura 129. Perfil del suelo de la parte alta del sector Juan Benigno Vela en la unidad hidrográfica Toallo - Alobamba, Tungurahua.

Los resultados de los análisis físicos y químicos realizados en laboratorio, a las muestras de suelos, en las unidades hidrográficas, se presentan en la Tabla 96 y 97.

Tabla 96. Análisis físico-químico en los horizontes de los doce suelos de estudio en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA).

UH	Horizonte	Código de horizontes /capas	Profundidad horizonte /capa (cm)	Sector/ parroquia	Cobertura vegetal	pH	Textura			Clase textural	Color en seco	
							Arena	Limo	Arcilla			
AHP	A1-C1	AM1-C1-H1	24	Pilahuin	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	5,5				Arcilla arenoso	Gris muy oscuro (10YR 3/1)	
		AM1-C1-H2	120			5,2	50,00	44,92	5,08		Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2)	
	A1-C2	AM1-C2-H1	80		Páramo herbáceo degradado	4,9	58,00	36,92	5,08		Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2)	
		AM1-C2-H2	65			5	54,00	41,28	4,72		Gris muy oscuro	
	A1-C3	AM-C3-H1	144	San Fernando	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	4,8	48,00	46,92	5,08		Negro (10YR 2/1)	
	A1-C4	AM-C4-H1	146	Pilahuin		5,5	53,64	41,64	4,72			
	A1-C5	AM-C5-H1	60	Rumipata	Herbazal de páramo	5,6	51,64	43,28	5,08			Gris muy oscuro
		AM-C5-H2	85			6,3	45,64	47,28	7,08			Pardo grisáceo oscuro
MH	M1-C1	MM1-C1-H1	30	Mocha	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	5	47,44	46,00	6,56	Arcilla arenosa	Pardo grisáceo oscuro	
		MM1-C1-H2	47			5,1	49,44	46,00	4,56		Gris muy oscuro	
		MM1-C1-H3	68			5,3	61,44	34,00	4,56	Franco arcillosa arenosa	Pardo oscuro (10 YR 3/3)	
	M1-C2	MM1-C2-H1	78		Páramo herbáceo	4,8	51,44	44,00	4,56	Arcilla arenosa	Gris Muy oscuro	
		MM1-C2-H2	66			5,1	61,44	34,00	4,56	Franco arcillosa arenosa	Pardo grisáceo muy oscuro	
	Q1-C3	QM1-C3-H1	92		Quero	Herbazal de páramo	5	60	34,92	5,08	Arcillosa arenosa	Pardo grisáceo oscuro
		QM1-C3-H2	54	5,2			50	44,92	5,08	Arcillosa arenosa	Gris oscuro (10YR 4/1)	
	Leito	LM1-C1	LM1-C1-H1	72	Patate	Bosque Andino	5,9	67,08	30,36	2,56	Franca arcillosa arenosa	Pardo grisáceo oscuro (10YR 5/3)
LM1-C1-H2			70	6			61,08	32,36	6,56	10YR 5/3 Café		
LM1-C2		LM1-C2-H1	68	El Duende	5,5		59,08	36,36	4,56	Arcilla arenosa	Pardo grisáceo oscuro	
LM1-C3		LM1-C3-H1	88	Patate	5,3		65,44	30,36	4,20	Franca arcillosa arenosa	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2)	
		LM1-C3-H2	56		5,2		77,44	18,00	4,56	Franca arenosa	Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2)	
TA	A1-C6	AM1-C6-H1	20	Juan Benigno Vela	Herbazal y arbustal montano alto superior	4,9	53,64	41,28	5,08	Arcilla arenosa	Café (10YR 4/3)	
		AM1-C6-H2				4,9	77,64	17,64	4,72	Franca arenosa	Café (10YR 5/3)	

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, Julio - agosto 2024. Resultados Laboratorio Suelos, agua y bromatología de la Universiada Nacional de Loja.

En las doce calicatas realizadas de suelo, se presentó una predominancia de los horizontes 1 y 2 (Tabla 97); el primero es medianamente profundo y en el dos profundo concordando con (Ishizuda y Black, 1984), los que indican que los suelos de origen volcánico son suelos jóvenes con horizontes poco diferenciados y el perfil común de estos suelos consiste en un horizonte A profundo y suelto, rico en materia orgánica y un horizonte estructural B o B/C pardo oscuro; en los suelos más jóvenes el horizonte B podría estar ausente. Los colores de los suelos son oscuros, el pH de ácido a ligeramente ácido, lo que indican también varios autores (Hofstede et al., 2003; Mena et al., 2000; Malagón, 2003).

La unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo presenta un contenido de materia orgánica (MO) que varía entre 7,87% y 15%, con un promedio de 11,13% (Tabla 96), en suelos cubiertos por vegetación típica de páramo de almohadilla. Estos valores reflejan un estado de salud del suelo de moderado a alto, con una buena disponibilidad de MO, lo que implica una alta capacidad para retener nutrientes, conservar la humedad y mantener la fertilidad natural del ecosistema. La presencia del páramo de almohadilla contribuye significativamente a esta condición, ya que actúa como una cobertura vegetal efectiva para la acumulación de materia orgánica y la protección del suelo contra la erosión. Además, estos niveles de MO son característicos de suelos ecológicamente funcionales y relativamente bien conservados, donde los procesos esenciales como la infiltración de agua, el almacenamiento de carbono y la actividad biológica del suelo se mantienen activos.

En el caso de Mocha Huachi, los valores de MO se encuentran entre 1,97% y 8,59% (Tabla 96), con un promedio de 4,58%, lo cual no es típico de un ecosistema de páramo bien conservado, donde normalmente se esperan valores más altos de MO (superiores al 10%); con vegetación de herbazal húmedo montano alto superior de páramo. Esta unidad presenta los niveles más bajos de materia orgánica en comparación con las demás, lo que indica suelos con menor fertilidad, debido al sobrepastoreo y la expansión agrícola. Esta condición puede limitar la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. Por lo tanto, es recomendable implementar estrategias de conservación de suelo, como restauración para recuperar su funcionalidad y evitar una mayor pérdida de calidad edáfica.

Por su parte, la unidad hidrográfica Leito presenta un contenido de materia orgánica que varía entre 7,41% y 18,62% (Tabla 96), con un promedio de 10,85%, en suelos cubiertos por bosque andino. Estos valores indican, en general, una buena salud del ecosistema forestal, ya que la materia orgánica es un indicador clave de la funcionalidad y conservación del suelo. La alta presencia de MO en algunas zonas sugiere condiciones favorables para la retención de agua, el almacenamiento de carbono y la disponibilidad de nutrientes, lo que sustenta la biodiversidad y estabilidad del bosque andino. Sin embargo, la amplia variabilidad observada en los valores también refleja heterogeneidad en las condiciones edáficas, posiblemente asociada a variaciones en el tipo de cobertura vegetal, uso actual o histórico del suelo y la pendiente del terreno. Cabe mencionar que, en la unidad hidrográfica de Leito el 62% son áreas intervenidas cuyo uso de suelo es principalmente la agricultura (producción de maíz, babaco en invernaderos) en la parte baja de unidad hidrográfica; y solo el 37% es bosque andino y 0,25 es páramo en la parte media y alta, estos datos de porcentajes de la cobertura vegetal¹⁶ pone en evidencia la necesidad de implementar prácticas sostenibles de manejo de nutrientes para mantener la calidad del suelo en la parte baja de la unidad hidrográfica, tales como el uso de abonos orgánicos, cobertura vegetal permanente en sistemas agroforestales y rotación de cultivos, con el fin de evitar la degradación del suelo y proteger las zonas de bosque remanente, además de evitar el avance de la frontera agrícola en busca de nuevos suelos para actividades agrícolas.

La unidad hidrográfica Toallo Alobamba tiene un contenido de MO que varía entre 6,77% y 8,03% (Tabla 96), con un promedio de 7,4% con vegetación de páramo arbustivo. A diferencia de las otras unidades, sus valores muestran menor variabilidad, lo que indica suelos relativamente homogéneos en términos de contenido de materia orgánica. Aunque estos niveles de MO pueden considerarse aceptables, su mantenimiento es clave para evitar la degradación del suelo y garantizar su productividad a largo plazo. En términos de salud del páramo, los valores de materia orgánica (MO) en la unidad hidrográfica Toallo

¹⁶ Datos de los porcentajes de la cobertura del suelo obtenidos del análisis multitemporal del año 2022, Inforestsur.

Alobamba, indican una condición moderadamente saludable. Estos niveles son aceptables para un ecosistema de páramo arbustivo, ya que reflejan una capacidad funcional adecuada del suelo para retener agua, almacenar carbono y sostener la vegetación natural. La baja variabilidad en los datos sugiere que los suelos mantienen una estructura y composición relativamente homogéneas, lo cual es positivo desde una perspectiva de conservación. Sin embargo, aunque los niveles de MO son funcionales, se ubican en el límite inferior de lo esperado para páramos bien conservados, donde los suelos con coberturas más densas o menos intervenidas pueden superar fácilmente el 10% de MO. Esto podría ser indicativo de cierta presión antrópica o de condiciones naturales menos favorables para la acumulación orgánica, como pendientes pronunciadas o drenaje eficiente que acelera la descomposición. Por lo tanto, se recomienda monitorear estos suelos y mantener o mejorar las prácticas de manejo y conservación, especialmente frente a posibles amenazas como el sobrepastoreo, los incendios o el cambio en el uso del suelo. Mantener el contenido de MO es clave para preservar la salud ecológica del páramo y evitar su degradación progresiva.

En términos generales, el contenido de MO en todas las unidades hidrográficas varía entre un mínimo de 1,97% y un máximo de 18,62%, con un promedio global de 9,04%. Esta diferencia refleja una gran heterogeneidad en la calidad de los suelos dentro del área de estudio. Mientras que Ambato Huachi Pelileo y Leito destacan por sus valores relativamente altos de MO, en Mocha Huachi presenta los niveles más bajos, esta diferencia se debe principalmente por la conversión de zonas de páramo a zonas agropecuarias, aunque las unidades hidrográficas AHP y MH comparten características físicas similares (Tabla 96 y 97), como la textura arcilloso-arenosa y estructura laminar, la diferencia en el contenido orgánico revela una brecha importante en la calidad y funcionalidad ecológica de estos suelos, lo que indica la necesidad de aplicar estrategias de manejo sostenible para mejorar la fertilidad del suelo en esta zona.

Tabla 97. Profundidades de muestreo en los horizontes de los doce suelos de estudio en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA).

UH	Horizonte	Código de horizontes /capas	Profundidad horizonte /capa (cm)	Profundidad de toma de muestra (cm)	Sector/ parroquia	Forma de paisaje	Cobertura vegetal	Pendiente (%)	
AHP	A1-C1	AM1-C1-H1	24	15	Pilahuin	Valle	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	0 -10	
		AM1-C1-H2	120	60					
	A1-C2	AM1-C2-H1	80	40			Páramo herbáceo degradado		
		AM1-C2-H2	65	30					
	A1-C3	AM-C3-H1	144	70	San Fernando	Parte alta del páramo	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	20 -25	
	A1-C4	AM-C4-H1	146	75	Pilahuin	Valle		0 -10	
	A1-C5	AM-C5-H1	60	40	Rumipata	Parte alta del páramo	Herbazal de páramo	10-30	
		AM-C5-H2	85	50					
	MH	M1-C1	MM1-C1-H1	30	20	Mocha	Valle	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	0 -10
			MM1-C1-H2	47	20				
MM1-C1-H3			68	30					
M1-C2		MM1-C2-H1	78	40		Parte media páramo	Páramo herbáceo	0 - 15	
		MM1-C2-H2	66	30					
Q1-C3		QM1-C3-H1	92	45	Quero	Parte alta del páramo	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	15 - 40	
		QM1-C3-H2	54	25					
Leito		LM1-C1	LM1-C1-H1	72	40	Patate	Parte alta de la vertiente	Bosque Andino	30 - 40
	LM1-C1-H2		70	30					

UH	Horizonte	Código de horizontes /capas	Profundidad horizonte /capa (cm)	Profundidad de toma de muestra (cm)	Sector/ parroquia	Forma de paisaje	Cobertura vegetal	Pendiente (%)
	LM1-C2	LM1-C2-H1	68	40	El Duende	Pie de monte	Bosque Andino	15 - 20
		LM1-C3-H1	88	45		Parte media del bosque	Bosque Andino	
	LM1-C3	LM1-C3-H2	56	25	Patate			10-20
		AM1-C6-H1		30	Juan Benigno Vela	Parte alta del páramo	Páramo Arbustivo	
TA	A1-C6	AM1-C6-H2	20	No se tomó muestra (piedra)				20 - 40

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, Julio - agosto 2024.

Almacenamiento de carbono orgánico almacenado en los suelos

El almacenamiento de carbono orgánico en el suelo varía entre las unidades hidrográficas evaluadas debido a factores como el tipo de cobertura vegetal, la forma del paisaje, la profundidad del suelo y el grado de alteración del ecosistema. A continuación, se detallan los resultados para cada unidad hidrográfica, resaltando los valores máximos y mínimos obtenidos.

En la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), el almacenamiento de carbono orgánico alcanza un promedio de 1376,5 t ha⁻¹, posicionándola como la unidad hidrográfica con mayor capacidad de retención de carbono (Tabla 98). Este alto valor se interpreta como un indicador del buen estado de conservación y salud del páramo, ya que refleja no solo una elevada acumulación de materia orgánica, sino también la presencia de condiciones favorables para su preservación, como baja perturbación antrópica, adecuada cobertura vegetal y un microclima húmedo que reduce la tasa de descomposición orgánica. El valor máximo registrado en esta unidad fue de 1661,2 t ha⁻¹, correspondiente a suelos de herbazal de páramo ubicados en zonas de valle, donde la humedad constante y las bajas temperaturas contribuyen a una mayor acumulación de carbono. Estos resultados son comparables con los reportados para los páramos del norte de Ecuador por Llambí et al. (2012), quienes estimaron reservas entre 1400 a 1700 t ha⁻¹ hasta 2 m de profundidad. De forma similar, el FONAG señala que, en páramos bien conservados, los primeros 20 cm del suelo pueden contener entre 119 y 125 t ha⁻¹ de carbono, mientras que en la unidad AHP se registró un promedio de 275,4 t ha⁻¹ en los primeros 30 cm (Tabla 98), lo que evidencia una mayor acumulación de carbono que en otros sitios. Por otro lado, los suelos con vegetación de herbazal húmedo montano alto superior de páramo mostraron valores de carbono relativamente más bajos, lo que podría deberse a una menor densidad del suelo y menor biomasa subterránea asociada a este tipo de cobertura vegetal. Asimismo, la concentración de carbono disminuye con la profundidad, siendo más alta en los primeros 30 cm del perfil edáfico y reduciéndose progresivamente hasta los 1,5 metros. En contraste, las zonas con páramo herbáceo degradado evidencian una menor capacidad de almacenamiento de carbono, lo que indica que la degradación del ecosistema afecta negativamente sus funciones ecológicas, particularmente la regulación del carbono. En conjunto, estos resultados permiten concluir que los páramos de la unidad AHP se encuentran, en términos generales, bien conservados, y desempeñan un papel importante en el secuestro y almacenamiento de carbono, función clave en la mitigación del cambio climático.

El almacenamiento de carbono en la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (MH) fue el más bajo en comparación con las otras unidades hidrográficas, con un promedio de 782,1 t ha⁻¹ (Tabla 98). Esto se debe a la presencia de páramos herbáceos y pajonales, lo que reduce la acumulación de materia orgánica en el suelo. Las áreas de páramo degradado presentan los valores más bajos de carbono, lo que sugiere que la alteración del ecosistema impacta negativamente en la retención de carbono en el suelo. El valor máximo registrado fue de 1048,0 t ha⁻¹, en suelos de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, lo que muestra que estas zonas pueden acumular más materia orgánica cuando están bien conservadas. Sin embargo, el valor mínimo de 461,2 t ha⁻¹, registrado en un herbazal de páramo en la parte alta, refleja suelos con menor contenido de materia orgánica y posiblemente sujetos a erosión o degradación. La degradación de los páramos en esta unidad hidrográfica puede deberse a múltiples factores. Por un lado,

se observa la conversión del páramo para actividades agropecuarias, en especial el uso ganadero, que compacta el suelo y reduce la cobertura vegetal. Por otro lado, existen también condiciones intrínsecas del ecosistema, como una mayor exposición al viento y una menor humedad ambiental, dado que esta área presenta páramos más secos. Estas condiciones naturales pueden limitar la acumulación de materia orgánica y agravar los efectos del uso antrópico. Esto resalta la importancia de implementar medidas de restauración en las zonas más afectadas.

La unidad hidrográfica Leito mostró los mayores valores de almacenamiento de carbono orgánico, con un promedio de $1739,4 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabla 98), lo que la convierte en la unidad con la mayor capacidad de retención de carbono. Esto se debe a la presencia de bosques andinos, que tienen suelos con altos niveles de materia orgánica y mayor profundidad efectiva para el almacenamiento de carbono. En particular, la parte media del bosque presenta los valores más altos, alcanzando $2011,2 \text{ t ha}^{-1}$, lo que refleja la importancia de estos ecosistemas en la captura de carbono y su papel en la mitigación del cambio climático. Estos resultados sugieren un buen estado de conservación del bosque andino en esta unidad, ya que los suelos ricos en materia orgánica y con alta capacidad de almacenamiento de carbono son un claro indicador de baja perturbación antrópica y funcionalidad ecológica saludable. Además, estos valores reafirman el rol fundamental de los bosques andinos en la mitigación del cambio climático, al actuar como sumideros naturales de carbono.

En la unidad hidrográfica Toallo-Alobamba, el almacenamiento de carbono orgánico fue moderado, con un promedio de $925,4 \text{ t ha}^{-1}$ (Tabla 98). El valor máximo alcanzó los $1070,0 \text{ t ha}^{-1}$, registrado en suelos de páramo arbustivo en la parte alta del páramo. Este resultado indica que, aunque los páramos arbustivos no almacenan tanto carbono como los pajonales densos, aún mantienen una capacidad considerable de retención de carbono. Sin embargo, el valor más bajo en esta unidad, $802,8 \text{ t ha}^{-1}$, sugiere que algunas áreas pueden estar degradadas o tener una menor acumulación de materia orgánica. Así mismo, la menor acumulación de carbono en esta unidad se relaciona con la presencia de páramos arbustivos, que tienen menos cobertura vegetal densa en comparación con el herbazal húmedo montano alto superior de páramo. La profundidad del suelo también influye en la variación de carbono, con valores más bajos en las capas profundas.

Los valores de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo de las unidades hidrográficas evaluadas están influenciados por varios factores, como la cobertura vegetal, el tipo de ecosistema y la profundidad del suelo. Los páramos de almohadilla y pajonal, al retener más materia orgánica y humedad, presentan una mayor acumulación de carbono en comparación con los páramos arbustivos o degradados. Los bosques andinos, debido a su mayor complejidad estructural y riqueza de materia orgánica, tienen la capacidad más alta de almacenamiento de carbono.

El impacto humano, como la expansión agrícola, el pastoreo y la degradación del ecosistema, reduce la capacidad del suelo para almacenar carbono. Las áreas degradadas en las UH MH y TA muestran valores más bajos, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias de conservación y restauración para mejorar la capacidad de secuestro de carbono del suelo y mitigar los efectos del cambio climático.

Estos resultados resaltan la importancia de la conservación de los bosques andinos y los páramos bien conservados, ya que no solo, desempeñan un papel fundamental para mantener la calidad del suelo y los servicios ecosistémicos locales, sino también para contribuir a los compromisos globales de reducción de emisiones. Además, evidencian la necesidad de implementar estrategias de restauración ecológica en las zonas degradadas, especialmente en los páramos herbáceos y arbustivos, para aumentar su capacidad de almacenamiento de carbono y mejorar su resiliencia ambiental.

Comparación de la capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo entre la línea base del 2015 y 2024

Entre 2015 y 2024 se mantiene una tendencia generalmente estable del almacenamiento de carbono en las unidades hidrográficas analizadas, aunque se tiene que poner cuidado en la UH MH, que podrían estar experimentando una pérdida progresiva de carbono debido a degradación debido al cambio de usos del

suelo de páramo hacia zonas de agricultura. A su vez, unidades como AHP y Leito destacan por su capacidad de retención alta y estable, lo cual las convierte en áreas prioritarias para la conservación del carbono en ecosistemas de páramo y bosque andino.

La unidad hidrográfica AHP presenta un promedio de almacenamiento de carbono orgánico de 1376,5 t/ha a una profundidad de 1,5 metros. Al contrastar este valor con el rango de referencia reportado en 2015 (409–2300 t/ha), se observa que se encuentra claramente dentro de dicho intervalo. Este valor refleja una alta capacidad de almacenamiento, atribuible a la dominancia de coberturas vegetales típicas de páramos en buen estado de conservación como almohadillas, pajonales y herbáceo. La diversidad de formas del paisaje (valle y parte alta del páramo) también favorece la acumulación de materia orgánica, indicando que esta unidad mantiene condiciones ecológicas relativamente estables. No se evidencia pérdida significativa de carbono en comparación con el rango histórico, lo que sugiere una gestión adecuada o una limitada intervención antrópica reciente.

La UH MH presenta un promedio de 782,1 t/ha, en el rango inferior de los valores históricos como los reportados en el 2015 (409–2300 t/ha). Este resultado podría estar asociado a la presencia de páramos degradados y menor cobertura orgánica, particularmente en la parte alta donde se registran los valores más bajos (hasta 461,2 t/ha). Este patrón sugiere procesos de degradación o pérdida de cobertura vegetal en ciertas zonas, lo cual impacta negativamente en la capacidad de secuestro de carbono. A pesar de ello, el almacenamiento aún supera el umbral mínimo de 2015, por lo que podrían implementarse medidas de restauración para incrementar su capacidad de carbono.

La UH Leito registra el valor más alto de todas las unidades 1739,4 t/ha, muy cercano al extremo superior del rango 2015. Esta unidad hidrográfica está cubierta por bosque andino, ecosistema que se caracteriza por altos contenidos de materia orgánica en el suelo debido a su densa cobertura vegetal, humedad constante y procesos de descomposición lenta. La alta retención de carbono en esta unidad destaca su importancia estratégica para la mitigación del cambio climático y la conservación de servicios ecosistémicos clave. Su buen estado de conservación sugiere que debe ser una prioridad de protección en políticas ambientales.

La UH TA reporta un valor promedio de 802,8 t/ha, también dentro del rango de referencia. Aunque menor respecto a otras UHs como AHP o Leito, este valor sigue siendo significativo. La cobertura predominante es páramo arbustivo, lo que puede explicar el valor intermedio de carbono almacenado: menor que en ecosistemas con vegetación densa como el bosque andino, pero mayor que en zonas más degradadas. La posición en la parte alta del páramo también puede contribuir a condiciones menos favorables para la acumulación de carbono profundo debido a climas más fríos y menor productividad vegetal.

Tabla 98. Resultados del almacenamiento de carbono orgánico en el suelo en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA). P: profundidad, Da: densidad, MO: materia orgánica, C.O.: contenido de carbono orgánico.

UH	Calicata	Forma de paisaje	Cobertura vegetal	P (cm)	Da (g/cm³)	MO (%)	C.O. (t ha ⁻¹)	C.O en 0,3 metros (t ha ⁻¹)	C.O. en 1,5 metros (t ha ⁻¹)	Promedio C.O (t ha ⁻¹)
AHP	C1H1	Valle	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	10	0,2	15,0	13,9	189,4	947,0	1.376,5
				20	0,5	11,1	65,7			
				30	0,7	9,6	109,8			
	C2H1	Valle	Páramo herbáceo degradado	10	0,7	11,4	47,8	249,7	1.248,3	
				20	0,7	10,5	87,1			
				30	0,6	10,3	114,8			
	C3H1	Parte alta del páramo	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	10	0,7	12,5	52,5	286,5	1.432,4	
				20	0,7	11,2	95,8			
				30	0,7	11,3	138,1			
	C4H1	Valle	Herbazal de páramo	10	0,8	13,2	64,8	332,2	1.661,2	
				20	0,9	11,4	113,8			
				30	0,9	9,4	153,6			
	C5H1	Parte alta del páramo	Herbazal de páramo	10	0,9	10,8	60,0	318,8	1.593,8	
				20	1,0	9,5	113,0			
				30	1,1	7,9	145,8			
TA	C6H1	Parte alta del páramo	Páramo Arbustivo	10	0,7	8,0	34,0	107,0	802,8	925,4
				20	0,9	6,8	73,0			
				30	0,9	6,9	35,3			
MH	C1H1	Valle	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	20	1,1	5,5	70,9	209,6	1.048,0	782,1
				30	1,2	5,1	103,3			
				10	0,9	8,6	44,1			
	C2H1	Parte media páramo	Páramo herbáceo	20	0,9	4,8	51,4	167,4	837,1	
				30	1,0	4,2	71,9			
				10	1,3	2,1	16,0			
	C3H1	Parte alta del páramo	Herbazal de páramo	20	1,3	2,1	31,8	92,2	461,2	
				30	1,3	1,9	44,4			
				10	0,9	10,4	54,9			
Leito	C1H1	Parte alta de la vertiente	Bosque Andino	20	1,1	7,4	90,3	316,0	1.579,8	1.739,4
				30	1,2	8,6	170,8			
				10	0,9	18,6	99,9			
	C2H1	Pie de monte	Bosque Andino	20	0,9	8,9	97,4	325,4	1.627,2	
				30	0,9	8,1	128,2			
				10	0,9	11,1	60,4			
	C3H1	Parte media del bosque	Bosque Andino	20	1,0	12,1	136,4	402,2	2.011,2	
				30	1,0	12,6	205,4			

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

Los resultados principales de la capacidad de almacenamiento de agua de las 12 calicatas de suelo con sus respectivos perfiles se presentan en la Tabla 99. En esta tabla se aprecia que la humedad volumétrica, expresada en porcentaje y que relaciona el peso del agua con el peso del suelo seco, en las Unidades Hidrográficas estudiadas, se encuentra en promedio 49,98%, determinado en los perfiles encontrados de los sitios de estudio y con 507,66% de agua total.

Los suelos de la Unidad Hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (UH AHP) tienen una gran capacidad de almacenamiento de agua, con un promedio de 906,59 mm en 1,50 metros de profundidad (Tabla 99). En los suelos de páramo de almohadilla, la humedad volumétrica alcanza valores de 89,04%, con una alta capacidad de retención de agua en los primeros 30 cm del suelo. Esto se debe a su baja densidad aparente ($0,15 \text{ g/cm}^3$ en los primeros horizontes), lo que indica una alta porosidad y permeabilidad. Los suelos cubiertos por páramo herbáceo degradado presentan valores de humedad más bajos, con un promedio de 55,99% en los primeros 85 cm y 57,40% en la profundidad de 85 a 150 cm. Esto indica una menor capacidad de almacenamiento de agua en comparación con el herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En los suelos de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, la humedad volumétrica es de 63,42%, con una lámina total de almacenamiento de 2.169,45 mm en toda la profundidad muestreada. Sin embargo, los suelos de pajonal muestran valores más bajos, con un almacenamiento de 646,99 mm en la zona de 4 a 146 cm de profundidad. Estos resultados reflejan la importancia del herbazal húmedo montano alto superior de páramo y los suelos con mayor contenido de materia orgánica en la regulación del agua. La conservación de estas coberturas vegetales es fundamental para mantener la disponibilidad del recurso hídrico en esta unidad hidrográfica.

Los datos sobre la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos de la unidad hidrográfica AHP permiten inferir un estado general de conservación moderado a alto, especialmente en las zonas donde predomina el páramo de almohadilla. La alta humedad volumétrica (89,04%) y la baja densidad aparente ($0,15 \text{ g/cm}^3$) en los primeros 30 cm de suelo indican una estructura suelta y porosa, favorable para la retención de agua y típica de suelos bien conservados con alta materia orgánica. Estos suelos funcionan como esponjas naturales, lo cual es esencial para la regulación hídrica de la región. Sin embargo, los valores más bajos de humedad en suelos de páramo herbáceo degradado (55,99% en los primeros 85 cm) y en los pajonales (646,99 mm de almacenamiento total) evidencian procesos de degradación localizados, posiblemente por presión antrópica como el sobrepastoreo o cambios en el uso del suelo. Por tanto, mantener y recuperar coberturas como el páramo de almohadilla es crucial para preservar la salud del ecosistema y garantizar la sostenibilidad hídrica a largo plazo.

En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (UH MH), la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo es menor en comparación con la UH AHP, con un promedio de 730,38 mm en 1,50 metros de profundidad (Tabla 99). Los suelos cubiertos por herbazal húmedo montano alto superior de páramo tienen una humedad volumétrica promedio de 53,58% en los primeros 35 cm, lo que representa una buena capacidad de retención, aunque inferior a la de la UH AHP. En los suelos de páramo herbáceo, la humedad volumétrica varía entre 46,03% y 49,26%, con una lámina total de almacenamiento de 684,26 mm. Esto indica una menor capacidad de almacenamiento en comparación con los suelos de páramo de almohadilla. Los suelos de pajonal presentan la menor capacidad de retención de agua, con un almacenamiento total de 689,58 mm, lo que puede deberse a su mayor densidad aparente ($1,275 \text{ g/cm}^3$ en los primeros horizontes). Estos resultados sugieren que en la UH Mocha-Huachi la regulación hídrica está más comprometida, especialmente en suelos con menor contenido de materia orgánica. La restauración de la cobertura vegetal en zonas degradadas podría mejorar la capacidad de almacenamiento de agua en estos suelos.

La unidad hidrográfica Leito presenta una capacidad de almacenamiento de agua inferior en comparación con las otras unidades hidrográficas, con un promedio de 628,40 mm en 1,50 metros de profundidad (Tabla 99). Sin embargo, la distribución de la humedad en los distintos tipos de suelos muestra diferencias significativas. En los suelos cubiertos por bosque andino, la humedad volumétrica promedio es de 34,09% a 59,83%, con valores más altos en los primeros 94 cm del suelo. La densidad aparente varía entre $0,93$ y $1,42 \text{ g/cm}^3$, lo que indica una estructura menos porosa y una menor capacidad de retención de agua en

comparación con los suelos de páramo. El almacenamiento de agua en los suelos del bosque andino es variable, con valores de 252,29 mm en los primeros 82 cm y hasta 433,65 mm en los primeros 94 cm. Sin embargo, en los suelos más profundos, la capacidad de almacenamiento disminuye, lo que indica que estos suelos dependen más de la precipitación y la recarga superficial para mantener el equilibrio hídrico.

La menor capacidad de almacenamiento de agua en la unidad hidrográfica Leito (628,40 mm en 1,50 m de profundidad) se debe principalmente a las características del tipo de cobertura vegetal y del suelo. A diferencia de otras unidades donde predomina el páramo con vegetación tipo almohadilla (altamente porosa y rica en materia orgánica), en Leito predomina el bosque andino, cuyos suelos, aunque ricos en materia orgánica, tienden a tener mayor densidad aparente y menor porosidad. Además, los suelos bajo bosque presentan estructuras más compactas (por ejemplo, estructura laminar o granular fina), lo que limita el espacio poroso disponible para retener agua, especialmente en profundidad. La infiltración puede ser rápida, pero la capacidad de retención total es más baja, ya que el agua percola más fácilmente hacia capas profundas o se pierde como escorrentía en zonas con pendientes pronunciadas. También influye el hecho de que el bosque andino tiene un tipo de vegetación con menor capacidad de interceptación y acumulación de agua en comparación con el herbazal húmedo montano alto superior de páramo, que actúan como esponjas naturales. Por último, la topografía escarpada y la pendiente de la zona (30 a 40%) pueden favorecer la pérdida de agua por escurrimiento superficial, reduciendo aún más la retención hídrica en el perfil del suelo. Se recomienda la conservación del bosque andino y la implementación de prácticas de manejo sostenible del suelo para mejorar la infiltración y reducir la escorrentía superficial.

La Unidad Hidrográfica Toallo-Alobamba (UH TA) presenta la menor capacidad de almacenamiento de agua en el suelo entre todas las unidades analizadas, con un promedio de 325,89 mm en 1,50 metros de profundidad (Tabla 99). Sus suelos están predominantemente cubiertos por páramo arbustivo, presentan una humedad volumétrica de 21,72% y una densidad aparente alta de 1,53 g/cm³, lo cual indica suelos más compactos y con menor capacidad de retención hídrica. En los primeros 50 cm del perfil del suelo, el almacenamiento de agua es de apenas 86,90 mm, valor significativamente inferior al registrado en otras unidades hidrográficas. Esta limitada capacidad de retención sugiere que la UH TA tiene una baja capacidad de regulación hídrica, lo cual puede comprometer la disponibilidad de agua, especialmente en épocas de sequía. La cobertura vegetal dominante (el páramo arbustivo) aunque cumple funciones ecológicas relevantes, no proporciona la misma eficiencia en la retención de agua que el páramo de almohadilla o los pajonales bien conservados. Las especies arbustivas suelen desarrollar raíces más profundas, pero menos densas en los primeros horizontes del suelo, lo que limita la acumulación de materia orgánica y reduce la porosidad superficial, afectando negativamente la infiltración y favoreciendo la escorrentía superficial. El contenido de materia orgánica en esta unidad, con un promedio cercano al 7,4%, es también menor en comparación con otras unidades mejor conservadas, lo cual podría ser indicativo de procesos de degradación en curso, como pérdida de cobertura vegetal, compactación del suelo o erosión incipiente. Estas condiciones disminuyen la capacidad del suelo para funcionar como una "esponja natural" que retiene y libera agua de manera gradual. Para mejorar la capacidad de almacenamiento hídrico en esta unidad, se recomienda implementar estrategias de restauración del páramo arbustivo mediante la reintroducción de especies leñosas y herbáceas nativas, así como prácticas de conservación del suelo, especialmente en áreas con mayor pendiente y riesgo de erosión.

Cabe destacar que, en general en las cuatro unidades hidrográficas evaluadas, las muestras con mayor contenido de humedad volumétrica provienen de suelos ubicados en valles con cobertura de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, donde el peso del agua incluso supera el 100% del peso del suelo seco. En contraste, las muestras con menor contenido de humedad corresponden a suelos ubicados en el piedemonte, como las zonas medias y altas del bosque andino, que tienden a ser más compactos y con menor capacidad de retención de agua.

Según reportan Podwojewski y Poulenard (2000), en andosoles alofánicos de Chimborazo la humedad gravimétrica es de aproximadamente el 90%, por lo que solamente los suelos de la parte alta de la vertiente cubierta por pastos, la parte baja de la ladera cubierta por Yagual y Piquil y el suelo de piedemonte alomado cubierto por pajonal no intervenido tienen una humedad gravimétrica menor, en el resto de suelos la humedad es mayor. Valores mayores a 100%, que se calcularon para los suelos del valle casi plano cubierto de almohadillas y para el valle ondulado tanto cubierto de pastos como de pajonal + almohadillas,

solamente reportan en andosoles alofánicos de Carchi, Cañar y Azuay. Los autores no reportan valores para los páramos de Tungurahua. Hofstede (1997) reporta que en suelos volcánicos profundos (en páramos de El Ángel y Mira, provincia del Carchi) con alto contenido de materia orgánica (33% en promedio) la densidad aparente es de $0,43 \text{ gr/cm}^3$, reporta también que en el páramo de El Cajas (provincia del Azuay) en suelos volcánicos con alto contenido de materia orgánica la densidad aparente es de aproximadamente $0,45 \text{ gr/cm}^3$, estos valores de densidad aparente son inferiores a la mayoría de valores determinados en este estudio. Estos valores superan a la humedad volumétrica encontrada por Castro (2011), que determinó valores de 86 y 88% para turberas no intervenidas y 60,8% para las intervenidas por ganadería, este último es más bajo que los valores de humedad volumétrica encontrada en los suelos de pie de monte como parte media del bosque.

En relación con la densidad aparente del suelo en las unidades hidrográficas AHP, MH y TA, los resultados indican que una parte importante de los páramos evaluados se encuentra en buen estado de conservación, ya que predominan valores bajos, entre $0,2$ y $0,6 \text{ g/cm}^3$, característicos de suelos con alta porosidad y buena capacidad de retención de agua. Sin embargo, valores superiores a $0,6 \text{ g/cm}^3$ son indicativos de compactación del suelo, lo que implica una pérdida progresiva de porosidad, menor infiltración de agua y deterioro de la estructura del suelo. Esta condición suele ser consecuencia de presiones antrópicas como el pisoteo del ganado, quemas recurrentes, cambios de uso del suelo o procesos de erosión. En al menos 10 de los puntos muestreados se identificaron densidades que superan este umbral, lo cual sugiere la presencia de páramos degradados o en proceso de degradación, tal como se detalla en la Tabla 99.

Mientras que en la unidad hidrográfica Leito, la densidad aparente presenta valores intermedios a altos oscilando entre $0,60$ y $1,20 \text{ g/cm}^3$, lo cual indica una conservación heterogénea, con sectores aún saludables, pero también áreas donde es evidente el impacto de procesos de degradación del suelo, dependiendo de la cobertura vegetal. En zonas de bosque andino, especialmente en el pie de monte, se observan suelos más compactos, probablemente debido a la mayor mineralización del perfil, menor contenido de materia orgánica y uso histórico del suelo. Aunque el almacenamiento de carbono es elevado en esta unidad, la densidad aparente indica que el suelo tiene menor capacidad de almacenar agua en la zona superficial, lo que podría afectar su respuesta frente a eventos climáticos extremos, como sequías o lluvias intensas. Cabe indicar que, en bosques andinos conservados, los valores típicos de densidad aparente de suelo suelen oscilar entre $0,6$ y $1,0 \text{ g/cm}^3$, lo cual se considera adecuado y refleja suelos bien estructurados, con buena porosidad, alta capacidad de retención de agua y un contenido significativo de materia orgánica. Cuando la densidad aparente supera los $1,1 \text{ g/cm}^3$, esto puede ser señal de compactación o degradación del suelo, resultado de actividades antrópicas como la tala, el tránsito de maquinaria o ganado, o procesos naturales como la erosión. Por otro lado, valores inferiores a $0,6 \text{ g/cm}^3$ generalmente se asocian a suelos de páramo, caracterizados por una alta porosidad y mayor contenido de materia orgánica.

La humedad volumétrica en la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) presenta valores altos, alcanzando hasta un 89,04% en suelos cubiertos por páramo de almohadilla, especialmente en los primeros 30 cm de profundidad. Estos valores son indicativos de una excelente capacidad de retención de agua, gracias a la alta porosidad y bajo valor de densidad aparente del suelo. En contraste, los páramos herbáceos degradados presentan valores más bajos, promediando alrededor del 56%, lo que refleja una pérdida de capacidad de regulación hídrica. En conjunto, los resultados muestran que, si bien hay zonas degradadas, una parte significativa del páramo de esta unidad está en buen estado de conservación y desempeña eficazmente su función ecológica como esponja hídrica.

En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (MH) la humedad volumétrica varía de manera significativa. Los suelos de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, especialmente en zonas de valle, alcanzan valores altos, cercanos al 63,42%, lo que indica buena capacidad de retención de agua y conservación del ecosistema. No obstante, los páramos, ubicados en zonas altas, presentan valores mucho más bajos (hasta 40% o menos), lo que sugiere suelos degradados o con menor cobertura vegetal. La presencia de páramos más secos, con menor cobertura y expuestos a mayor viento y radiación, también influye en la reducción del contenido de agua en el suelo. En general, esta unidad muestra una salud ambiental más comprometida, con evidencia de procesos de degradación en varias áreas.

En la Unidad Hidrográfica Leito, la humedad volumétrica varía entre 36,14% y 61,92%, dependiendo de la cobertura vegetal y la ubicación altitudinal. Los valores más altos se registraron en los sectores de bosque andino de la parte media, donde se alcanzaron hasta 61,92%, lo que indica una buena capacidad de retención de agua y sugiere que estas zonas del bosque están bien conservadas. Estos niveles de humedad, junto con densidades aparentes dentro del rango adecuado (0,60 a 1,0 g/cm³), reflejan una buena estructura del suelo, con alta porosidad y contenido de materia orgánica. Sin embargo, en las zonas de bosque andino del pie de monte, los valores de humedad volumétrica disminuyen hasta un mínimo de 36,14%, lo que puede estar asociado a suelos más compactos, menor contenido de materia orgánica y procesos de degradación moderada.

La unidad Hidrográfica Toallo-Alobamba (TA) presenta los valores más bajos de humedad volumétrica, con un promedio del 21,72%, lo que indica una limitada capacidad de retención de agua en el suelo. Esta unidad está dominada por páramo arbustivo, una cobertura que, si bien cumple funciones ecológicas, no ofrece la misma retención hídrica que otros tipos de páramo como el herbazal húmedo montano alto superior de páramo. La elevada densidad aparente (hasta 1,53 g/cm³) y el bajo contenido de materia orgánica confirman que estos suelos están compactados y degradados. Estos resultados sugieren que el páramo en esta unidad está en mal estado de conservación, con signos claros de degradación, y requiere acciones urgentes de restauración ecológica y manejo del paisaje.

Los valores de humedad volumétrica pueden utilizarse como un indicador del estado de conservación del páramo. Valores superiores al 90% indican un estado muy bueno de conservación, con alta retención de agua y suelos bien estructurados. Rangos entre 80% y 90% reflejan un buen estado de conservación, aunque podrían presentar ligeras señales de afectación. En cambio, valores entre 50% y 80% señalan una afectación moderada, con síntomas de degradación progresiva del ecosistema. Cuando la humedad volumétrica se sitúa entre 30% y 50%, se interpreta como una degradación fuerte, con pérdida significativa de la capacidad del suelo para retener agua. Finalmente, valores por debajo del 30% indican un estado severamente degradado o transformado, donde la función ecológica del páramo como regulador hídrico está gravemente comprometida. En este estudio, se identificaron siete zonas de páramo con valores menores al 50%, lo que evidencia áreas degradadas con pérdida importante de retención de agua, y un caso particular con valores menores al 30%, que corresponde a un estado de degradación severa, asociado además con bajo contenido de materia orgánica y carbono, así como vegetación alterada o empobrecida. Por otro lado, se registraron siete zonas con valores entre 50% y 71% que, aunque muestran cierta capacidad de retención, sugieren un buen estado parcial, pero también indican la necesidad de monitoreo y manejo preventivo. En términos generales, se puede concluir que los valores entre 30% y 70% reflejan problemas en la conservación del páramo, ya que este ya no estaría cumpliendo eficientemente su función de almacenar y liberar agua de manera gradual.

Comparación de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo entre la línea base del 2015 y 2024

En el año 2015, el almacenamiento de agua en suelos de páramo en las unidades hidrográficas de la región se encontraba en un rango estimado entre 1200 y 1600 mm (Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda, 2015), lo que reflejaba ecosistemas bien conservados con alta capacidad de regulación hídrica. Sin embargo, en 2024, los datos muestran una reducción considerable en esta capacidad en casi todas las unidades analizadas con valor promedio entre 326 a 907 mm (Tabla 99).

La Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) presenta un almacenamiento promedio de 906,59 mm (Tabla 99), lo que representa una disminución de entre 293 y 693 mm respecto a 2015. Esta pérdida equivale a una reducción del 24% al 43% en la capacidad de retención de agua en el suelo. A pesar de que AHP aún conserva algunas coberturas como el páramo de almohadilla, que favorecen la humedad del suelo, los efectos de la fragmentación del ecosistema y las presiones de uso del suelo comienzan a notarse en la disminución de este importante servicio ecosistémico.

En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi, el almacenamiento actual es de 782,1 mm (Tabla 99), lo que indica una disminución del 34% al 51% en comparación con los valores de 2015. Esta unidad presenta una mayor proporción de páramos herbáceos y zonas intervenidas, lo que podría explicar la pérdida de capacidad de almacenamiento hídrico. La reducción de coberturas con alto contenido de materia orgánica y el aumento de prácticas como la ganadería podrían estar acelerando este proceso de degradación.

La Unidad Hidrográfica Leito muestra una capacidad de almacenamiento de 628,40 mm (Tabla 99), lo que implica una disminución de entre 571,6 y 971,6 mm en comparación con los registros de 2015. Esta pérdida, que representa entre un 48% y 61% del valor anterior, puede estar relacionada con características intrínsecas de sus suelos, como una mayor compactación, así como con el predominio de coberturas como bosque andino en zonas medias y altas con menor retención superficial de agua en comparación con el páramo bien conservado.

Por último, la Unidad Hidrográfica Toallo-Alobamba registra el valor más bajo, con 325,89 mm de almacenamiento en 2024 (Tabla 99). Esto representa una caída del 73% al 80% respecto al rango observado en 2015. Esta fuerte disminución refleja una condición crítica de degradación, posiblemente vinculada a la compactación del suelo, escasa materia orgánica y una cobertura dominante de páramo arbustivo, cuya capacidad de retención hídrica es menor en comparación con el páramo de almohadilla o los pajonales saludables.

Tabla 99. Resultado de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo en las unidades hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba (TA).

UH	Calt.	Cobertura vegetal	Humedad	Da (g/cm³)	Profundid ad (cm)	Espesor (mm)	Humedad volumétrica (%) = Humedad gravimétrica * densidad aparente	Agua Total (mm) = Humedad volumétrica * espesor del suelo	Almacenaje del agua en el suelo o lámina total (mm)	Espesor total (mm)	Espesor (%)	Profundidad máxima (mm)	Almacenaj e del agua en el suelo o lámina total (mm) en 1,50 m.	Promedio almacenamiento de agua en el suelo (mm)		
AHP	C1H1	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	593,6	0,150	6-30	240	89,04	213,69	1.070,75	1.440	80	1.500	1.115,36	906,59		
	C1H2		114,3	0,625	30-150	1200	71,42	857,06								
	C2H1	Páramo herbáceo degradado	91,1	0,615	5-85	800	55,99	447,94	821,06	1.450	57	1.500	849,37			
	C2H2		86,3	0,665	85-150	650	57,40	373,12								
	C3H1	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	100,7	0,630	6-150	1440	63,42	913,28	2.169,45	4.310	48	1.500	755,03			
	C4H1		52,9	0,860	4-146	1420	45,56	646,99								
	C5H1	Herbazal de páramo	37,6	1,155	5-65	600	43,38	260,26								
	C5H2		33,1	1,240	65-150	850	41,05	348,93								
	MH	C1H1	Herbazal húmedo montano alto superior de páramo	48,7	1,100	5-35	300	53,58	160,74	744,24	1.450	52	1.500		769,90	730,38
		C1H2		52,9	1,050	35-82	470	55,53	260,99							
C1H3		40,7		1,165	82-150	680	47,43	322,50								
C2H1		Páramo herbáceo	39,1	1,180	6-84	780	46,04	359,09	684,26	1.440	48	1.500	712,77			
C2H2			43,6	1,130	84-150	660	49,27	325,17								
C3H1		Herbazal de páramo	34,0	1,275	4-96	920	43,39	399,17	689,58	1.460	49	1.500	708,47			
C3H2			50,7	1,060	96-150	540	53,78	290,41								
Leito		C1H1	Bosque Andino	28,5	1,195	8-82	740	34,09	252,29	1.508,17	3.600	42	1.500	628,40	628,40	
	C1H2	21,9		1,420	82-150	680	31,23	212,38								
	C2H1	39,9		0,930	6-80	740	37,13	274,76								
	C3H1	80,8		0,610	6-94	880	49,28	433,65								
	C3H2	109,8		0,545	94-150	560	59,84	335,08								
	TA	C6H1		Páramo Arbustivo	14,2	1,530	10-50	400	21,73							86,90

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

VI. COMPONENTE HÍDRICO

6.1 INTRODUCCIÓN

El agua desde la antigüedad ha sido considerada un medio estratégico para el desarrollo de la sociedad, su importancia como un componente primordial de la naturaleza, considerado por muchos como patrimonio natural, además de ser un recurso necesario para desarrollar actividades económicas y de producción y, fundamentalmente para la vida (Parra, 2019). La acelerada concentración poblacional, el crecimiento industrial y tecnológico ha causado el deterioro de los ecosistemas acuáticos, debido a que actualmente los recursos hídricos se han utilizado de manera incorrecta. Se vierte aguas de origen doméstico e industrial a los cuerpos de agua producto de las diversas actividades antropogénicas. Una considerable parte de los cuerpos de agua a nivel mundial se encuentran con niveles elevados de contaminación por plásticos, metales, fertilizantes químicos, desechos orgánicos y otros contaminantes que modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua (Mosquera, 2006).

El Ecuador no está alejado a esta realidad, la calidad de agua de sus ríos a lo largo de los años ha sufrido un constante deterioro debido a las actividades antropogénicas. En este sentido, el Estado ecuatoriano ha realizado diferentes acciones para la conservación y gestión de los recursos hídricos, hasta la actualidad cuenta con 33 Áreas de Protección Hídrica (APH), cuenta con un Plan de Acción Nacional para la Conservación, Restauración y Uso Sostenible de los Páramos. Un dato importante de señalar es que existe 1'489.650,40 hectáreas de superficie de páramo que representan el 5,98% del territorio nacional continental. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Tungurahua (2019-2023) indica que, el principal problema de contaminación de los recursos hídricos está ligado a las curtiembres e industrias afines, seguido de las tintorerías de jeans, fábricas textiles, industrias de lácteos, lubricadoras, camales y los lixiviados de los botaderos de basura clandestinos.

El uso, conservación, tratamiento y manejo del agua es un desafío para las autoridades, instituciones, grupos sociales responsables de la gestión en la recuperación y protección de los diversos cuerpos de agua. Por ello, el estado actual de los cuerpos de agua es un motivo de preocupación y controversia a nivel nacional e internacional. El agua en el suelo es un factor determinante para la formación, conservación, fertilidad y productividad del suelo, así como para el crecimiento de las plantas. Se encuentra alojada en los macros y micro poros y adsorbida en las partículas de suelo. Para un determinado momento, la cantidad de agua contenida por un suelo podrá definirse según las siguientes condiciones: Humedad de Saturación, Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Agua Útil.

La medición oportuna del contenido de agua del suelo es una herramienta esencial para manejar la agricultura de riego. La disponibilidad de agua asociada principalmente al suelo de los páramos tiene la capacidad de regulación de los flujos de agua convirtiéndose en la principal fuente que garantiza el aprovisionamiento sostenible del flujo hídrico superficial (Radulovich, 2009). Una de las características físicas más importantes de los suelos de origen volcánico como los de los páramos, es su alta capacidad de retención de agua (Nanzzy, 2002; Dahlgren et al., 2004; Calispa et al., 2023). Esta propiedad es el resultado de una alta porosidad y un rango amplio de distribuciones de tamaño de poro. Los microporos en los materiales no cristalinos y complejos húmicos-metal retienen agua higroscópica, mientras que los meso y macro poros retienen agua capilar y gravitacional, respectivamente.

En este contexto, es primordial contar con información del estado de los cuerpos de agua y así poder aprovechar de mejor manera este recurso natural. Una forma de obtener información de la calidad del agua, de manera integrada, es mediante la aplicación de un Índice de Calidad de Agua (ICA). Los ICA son herramientas prácticas que sintetizan la información proporcionada por diferentes parámetros en una expresión sencilla, para generar un valor numérico que permita evaluar la calidad del agua de un sistema.

El presente trabajo se detalla la evaluación de la calidad actual de agua de cuatro unidades hidrográficas de la provincia de Tungurahua, aplicando la metodología del modelo de calidad de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos de Norteamérica (ICA-NSF), el cual se basa en 9 parámetros los

cuales son: temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales. La necesidad de contar con información hidrológica de los páramos, en las zonas de recarga hídrica, llevó a determinar mediante un método simple el contenido de agua del suelo en las unidades hidrográficas del PACT II.

En el presente estudio se establecieron los siguientes objetivos: i) determinar el porcentaje de retención de agua en el suelo; ii) estimar los caudales disponibles en los drenajes naturales; y iii) evaluar la calidad actual del agua en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Toallo Alobamba, Mocha-Huachi (MH) y Leito, ubicadas en la provincia de Tungurahua.

6.2 RESULTADOS

Los resultados del componente hídrico fueron del análisis de 12 puntos de muestreos distribuidos en las unidades hidrográficas de la siguiente forma: en Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) se tomaron cinco muestras de agua, en Mocha-Huachi tres muestras, en Toallo-Alobamba una muestra y en Leito tres muestras (Figura 130). Para ello, se emplearon mediciones de humedad gravimétrica y densidad del suelo, con el fin de establecer la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos evaluados. Asimismo, se consideró el caudal instantáneo¹⁷, el cual representa la cantidad de agua que atraviesa una sección específica de un cauce en un instante determinado. Finalmente, para la evaluación de la calidad del agua, se aplicó la metodología del modelo de calidad de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos de Norteamérica (ICA-NSF). Los detalles de la metodología para el levantamiento de información se presentan en el Anexo 8.

¹⁷ El caudal instantáneo es la cantidad de agua que pasa por un punto específico en un cauce en un momento determinado. Se expresa comúnmente en m³/s o L/s y es clave para estudios hidrológicos (IDEAM, 2010).

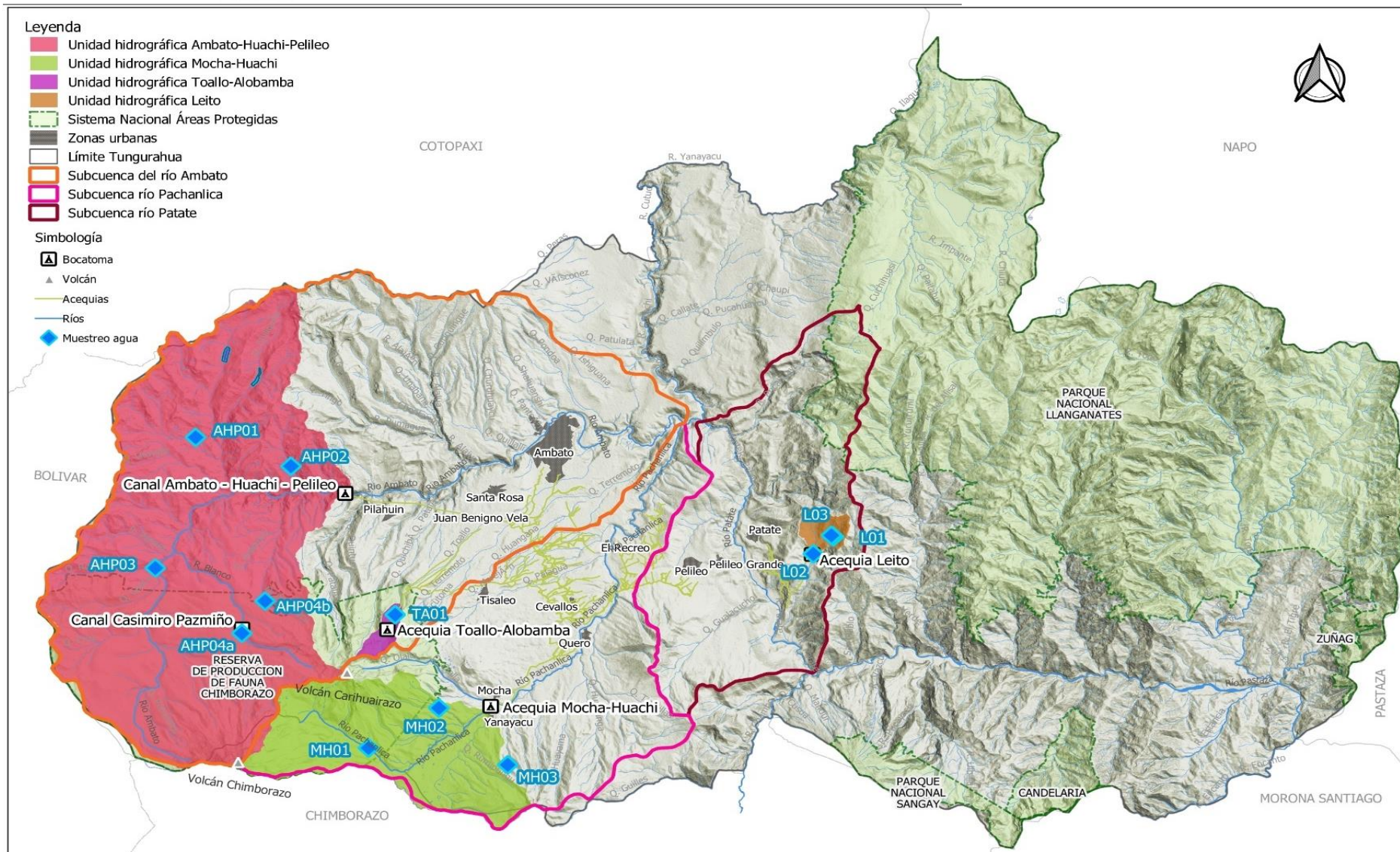


Figura 130. Subcuencas y ubicación de las áreas de muestreo hidrico en las Unidades Hidrográficas: Ambato-Huachi-Pelileo (AHP – 5 muestras de agua), Mocha-Huachi (MH- 3 muestras), Toallo-Alobamba (TA – 1 muestra), y Leito (3 muestras), Tungurahua.

6.2.1 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)

6.2.1.1 Parámetros hidrológicos

La unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo destaca como una de las principales zonas de recarga hídrica dentro de las áreas de intervención de los proyectos de riego del PACT II, lo que subraya su importancia estratégica para la gestión sostenible del recurso hídrico en la región. La Constitución del Ecuador establece la obligación del Estado de garantizar la “conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas” y demás componentes del ciclo del agua, reconociendo el valor fundamental de estos ecosistemas para la vida y el desarrollo.

En este contexto, la creación de áreas de protección hídrica constituye una de las estrategias clave para cumplir con dichos mandatos constitucionales. Sin embargo, a pesar de los avances logrados, este mecanismo legal aún no se ha consolidado plenamente dentro de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo bajo el esquema de protección hídrica regulado por la autoridad nacional del agua. Es fundamental fortalecer la articulación entre las acciones ya consolidadas del fondo de páramos y la implementación efectiva de áreas de protección hídrica, a fin de asegurar la conservación integral de los ecosistemas de páramo y la gestión sostenible del recurso hídrico.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del diagnóstico.

Porcentaje de retención de agua en el suelo

La capacidad del suelo para retener agua es un atributo fundamental en la conservación del páramo, ya que este ecosistema actúa como una esponja natural que regula el ciclo hídrico a nivel regional. Según estudios previos (CAR, 1988; Díaz et al., 2005), en los primeros 30 cm. de profundidad, el agua puede ocupar hasta el 61,7% del volumen total del suelo, lo que evidencia la alta eficiencia del páramo para almacenar humedad y liberarla gradualmente a lo largo del tiempo.

Los resultados de los sitios de muestreo muestran una amplia variación en la retención de agua entre las diferentes capas del suelo, con valores que oscilan entre 18,66% y 77,78% (Tabla 100). Esta variabilidad refleja la diversidad de suelos presentes en el páramo, los cuales pueden estar influenciados por factores como la textura, la estructura, la materia orgánica y la cobertura vegetal. Además, los contenidos de agua estimados a lo largo de los perfiles varían desde 57,77 mm hasta 4.298 mm, lo que resalta la capacidad de algunos suelos para almacenar grandes volúmenes de agua, especialmente en aquellos con altas porosidades, como los registrados en el sitio AM1 C1.

Estos altos valores de retención y almacenamiento de agua son esenciales para la conservación del páramo, ya que permiten mantener la humedad del suelo durante períodos secos, sustentan la vegetación nativa y aseguran la disponibilidad de agua para los ríos y quebradas que nacen en este ecosistema. Por tanto, la protección de los suelos del páramo es clave para garantizar la provisión de agua a las comunidades aguas abajo y para la sostenibilidad de los sistemas productivos y ecológicos de la unidad hidrográfica. En tal razón, la capacidad de retención de agua en el suelo del páramo no solo es un indicador de la salud del ecosistema, sino también un servicio ecosistémico crítico que debe ser preservado mediante prácticas de conservación y manejo sostenible del territorio.

Tabla 100. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Humedad del suelo		AM1 C1	AM1 C2	AM1 C3	AM1 C4	AM1 C5
Hg (%)	(0-10 cm)	77,78	35,23	39,48	24,93	20,50
	(10-20 cm)	45,03	35,18	31,33	23,51	18,66
	(30 cm)	61,40	35,20	40,21	28,94	19,58
Da (g/cm³)	(0-10 cm)	0,17	0,70	0,72	0,80	0,94
	(10-20 cm)	0,51	0,73	0,73	0,85	0,98
	(30 cm)	0,70	0,63	0,73	0,87	1,03
Hv (%)	(0-10 cm)	13,22	24,66	28,43	19,95	19,27
	(10-20 cm)	22,97	25,68	22,87	19,98	18,28
	(30 cm)	42,98	22,18	29,35	25,18	20,17

Humedad del suelo		AM1 C1	AM1 C2	AM1 C3	AM1 C4	AM1 C5
Lámina de agua (cm)	(0-10 cm)	1,32	2,47	2,84	1,99	1,93
	(10-20 cm)	2,30	2,57	2,29	2,00	1,83
	(30 cm)	4,30	2,22	2,94	2,52	2,02
Lámina total agua	cm	42,98	7,25	8,07	6,51	5,77
	mm	429,80	72,52	80,66	65,11	57,72
	m ³ /ha	4298,00	725,16	806,55	651,08	577,18

Hg=humedad gravimétrica, Da= densidad aparente; Hv=humedad volumétrica

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, julio - agosto 2024.

Analisis comparativo de almacenamiento hídrico en páramo de los sitios de muestreo (2015 vs. 2024)

Sitio de Muestreo (S2) y (AM1 C1) Llangahua/Pilahuín

Parámetro	Muestreo S2/2015	Monitoreo AM1 C1/2024
Lámina total de agua (mm)	425*	429,8
Capacidad de almacenamiento	Estable	Sin variación significativa

*Valor de referencia según Geoinformática y Sistemas, 2015.

Los datos obtenidos mediante monitoreo continuo demuestran que: el suelo del ecosistema páramo mantiene su capacidad de retención hídrica. La lámina de agua promedio se mantiene en 425 mm con desviación estándar mínima. Esto, resalta la estabilidad hidrológica del páramo como reservorio natural, pese al intervalo temporal de 9 años entre mediciones. La consistencia en los valores determina que los suelos de páramo en esta zona están bien conservados y con alto contenido de materia orgánica, ya que estos suelos funcionan como una "esponja" que retiene grandes volúmenes de agua, reflejando su importancia ecológica como regulador del ciclo hidrológico.

Sitio de Muestreo (S7) y (AM1 C2) Llangahua/ Loma Gorda/ Pilahuín

Parámetro	Muestreo S7/2015	Monitoreo AM1 C2/2024
Lámina total de agua (mm)	307,72*	72,52
Capacidad de almacenamiento	Inestable	Variación significativa

*Valor de referencia según Geoinformática y Sistemas, 2015.

La comparación entre ambos muestreos indica una pérdida significativa de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo del páramo, debido a que en sectores aledaños al sitio de muestreo se evidenció cambios en el uso del suelo a pastizales, lo que ha ocasionado, pérdida de materia orgánica y compactación lo que ha conllevado a incrementar un proceso de degradación del suelo. Otro, factor que determina la diferencia marcada en el resultado comparativo puede deberse a la variabilidad temporal del monitoreo realizado en distintos periodos de comportamiento climatológico. A futuro, es indispensable investigar las causas específicas de esta disminución.

Sitio de Muestreo (S4) y (AM1 C4) Rumipata / Pilahuín

Parámetro	Muestreo S4/2015	Monitoreo AM1 C4/2024
Lámina total de agua (mm)	149,14*	65,11
Capacidad de almacenamiento	Inestable	Variación significativa

*Valor de referencia según Geoinformática y Sistemas, 2015.

La notable reducción en la lámina total de agua almacenada en el suelo del páramo entre el muestreo de 2015 (149,14 mm) y el monitoreo de 2024 (65,11 mm) está relacionada a la modificación de la estructura de la vegetación por el cambio de uso del suelo en el área circundante, lo que altera significativamente la capacidad del suelo para retener el agua. El valor de la lámina de agua registrada en 2024 es bajo, lo que implica que hay una reducción significativa en la función hídrica del ecosistema.

Caudal Instantáneo disponible a lo largo del año

Afluente Occidental del Río Pusuyuyo (UH_AP01)

En el sitio de estudio UH_AP01, ubicado en el sector Lozatingo de la parroquia Pilaguín, las riberas presentan un relieve ligeramente ondulado y están naturalmente protegidas por una cobertura vegetal de tipo pajonal. La pendiente del cauce es medianamente accidentada (7-12%), lo que favorece un flujo moderado del agua. El color del agua es café, indicativo de una carga orgánica o mineral, aunque no se observaron sedimentos suspendidos, lo que sugiere una baja turbidez y estabilidad en el transporte de sedimentos. El fondo del cauce está compuesto principalmente por grava (piedras pequeñas), tierra y raíces, lo que facilita la infiltración y retención de agua en el subsuelo.

En cuanto a la disponibilidad de agua, el cauce presenta una profundidad de 15 cm, un ancho de espejo de agua de 110 cm y un área de inundación potencial de 310 cm, lo que indica una capacidad limitada para almacenar y conducir grandes volúmenes de agua durante eventos de precipitación. La velocidad superficial del agua es de 0,36 m/s, lo que corresponde a un flujo tranquilo y poco torrencial. El caudal instantáneo estimado es de 18,07 litros por segundo, determinado mediante el método del flotador (Tabla 101). Este valor refleja una disponibilidad hídrica moderada para el sitio, suficiente para mantener ecosistemas riparios básicos y potencialmente para uso limitado de consumo humano, aunque podría ser insuficiente en períodos de sequía o frente a demandas elevadas de agua para riego. La ausencia de sedimentos suspendidos y la baja torrencialidad sugieren una estabilidad en el aporte de agua.

Tabla 101. Estimación de caudal instantáneo en UH_AP01

Estimación de Caudal Instantáneo UH_AP01	
	Velocidad:
	$V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$
	$V = 3,80 \text{ m} / 10,44 \text{ s}$
	$V = 0,36 \text{ m/s}$
	Área seccional:
	$A = (a + b) / 2 \times h$
	$A = 0,0502 \text{ m}^2$
	Caudal
	$Q = V / A$
	$Q = (0,36 \text{ m/s}) (0,0502 \text{ m}^2)$
	$Q = 0,018072 \text{ m}^3/\text{s}$
	$Q = 18,07 \text{ litros/segundo}$

Quebrada Cubillín (UH_AP02)

El sitio de muestreo UH_AP02, ubicado en el sector Tambaló de la parroquia San Fernando, presenta una pendiente del cauce medianamente accidentada (7-12%), lo que favorece un flujo al sistema hídrico. La vertiente circundante está cubierta por pajonal, mientras que las riberas cuentan con fajas de protección natural de bosque nativo, lo que contribuye a la estabilidad del lecho. El agua se observó de color café claro al momento del muestreo, indicando cierta presencia de material orgánico y/o minerales en suspensión, en razón de la torrencialidad y sedimentación.

La composición del fondo del cauce está dominada por piedras grandes y pequeñas, así como raíces, lo que influye en la capacidad de retención y conducción del agua. El cauce muestra una profundidad considerable (45 cm), un amplio espejo de agua (450 cm) y un área de inundación significativa (990 cm), esto indica que es un cauce de gran capacidad para almacenar y transportar volúmenes importantes de agua durante episodios de lluvia. La velocidad superficial del agua es elevada (0,88 m/s), lo que refleja un flujo rápido, propio de cauces con pendiente pronunciada y buena capacidad de arrastre de sedimentos.

El caudal instantáneo estimado es de 438,24 litros por segundo, determinado mediante el método del flotador (Tabla 102). Este valor indica una disponibilidad hídrica muy alta para el sitio, y suficiente para satisfacer demandas importantes de agua tanto para uso humano como para riego y mantenimiento ecológico de los ecosistemas. Sin embargo, la presencia de sedimentos suspendidos y la alta torrencialidad pueden implicar retos para la calidad del agua y la estabilidad del cauce en condiciones de eventos extremos. La combinación de estos factores permite establecer que el sitio UH_AP02 constituye un punto de gran aporte hídrico para la cuenca, con una disponibilidad de agua que favorece múltiples usos.

Tabla 102. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Cubillín de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_AP02	
	Velocidad:
	$V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$
	$V = 7 \text{ m} / 8 \text{ s}$
	$V = 0,88 \text{ m/s}$
	Área seccional:
	$A = (a + b) / 2 \times h$
	$A = 0,498 \text{ m}^2$
	Caudal
	$Q = V / A$
	$Q = (0,88 \text{ m/s}) (0,498 \text{ m}^2)$
	$Q = 0,43824 \text{ m}^3/\text{s}$
	$Q = 438,24 \text{ litros/segundo}$

Quebrada Pimbaló (UH_AP03)

El sitio de estudio UH_AP03, ubicado en la parroquia Pilaguín, presenta riberas onduladas y una cobertura vegetal predominante de pastizal, aunque carece de protección natural, lo que puede incrementar la susceptibilidad a procesos erosivos y la pérdida de suelo. La pendiente del cauce es suave (3-7%), lo que favorece un flujo tranquilo y una escasa capacidad de transporte de sedimentos. El agua mostró un color verdoso al momento del muestreo, lo que sugiere la presencia de materia orgánica o microorganismos, aunque no se detectaron sedimentos suspendidos, indicando una buena claridad y estabilidad en el flujo.

Tabla 103. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Pimbaló de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_AP03	
	Caudal
	$Q = V / T$
	$Q = 4 \text{ l} / 2,2 \text{ s}$
	$Q = 1,8 \text{ l/s}$

La composición del fondo del cauce está formada principalmente por grava fina y musgo, lo que facilita la infiltración y retención de agua en el subsuelo, aunque limita la capacidad de almacenamiento superficial. El cauce presenta una profundidad reducida (9 cm), un ancho de espejo de agua de 90 cm y un área de inundación de 290 cm, lo que evidencia una capacidad limitada para almacenar y conducir grandes

volúmenes de agua, especialmente en períodos de lluvias intensas. La velocidad superficial del agua es de 0,36 m/s, lo que corresponde a un flujo moderado (Tabla 103).

El caudal instantáneo estimado es de 1,8 litros por segundo, determinado mediante el método volumétrico. Indica una disponibilidad hídrica baja para el sitio, insuficiente para satisfacer demandas elevadas de agua, aunque suficiente para mantener la vida acuática básica y pequeños usos puntuales. En conjunto, las características descritas revelan que el sitio UH_AP03 constituye un tramo de bajo aporte hídrico dentro de la cuenca, con una limitada capacidad de almacenamiento y conducción de agua, pero con condiciones favorables para la infiltración y la recarga de cuerpos hídricos locales. La ausencia de protección natural en las riberas requiere de la implementación de medidas de conservación de los márgenes del cauce.

Río Blanco (UH_AP04a)

El sitio de muestreo UH_AP04a se localiza en el sector Río Blanco Chico, parroquia Pilahuín. El cauce se encuentra encauzado, formando un canal artificial, lo que modifica su dinámica natural y puede influir en la distribución y disponibilidad del recurso hídrico. Las riberas presentan una topografía ligeramente ondulada y están cubiertas principalmente por pastizal, sin protección natural, lo que incrementa la susceptibilidad a la erosión y la pérdida de suelo.

La pendiente del canal es suave (3-7%), lo que favorece un flujo moderado, aunque la alta torrencialidad observada es provocada por un encauzamiento y a la ausencia de obstáculos naturales. El agua es clara y no presenta sedimentos suspendidos, lo que indica una buena calidad y estabilidad en el transporte de sedimentos. El lecho del cauce está constituido principalmente por piedras pequeñas y grandes, lo que facilita la infiltración, pero limita la retención superficial de agua.

En cuanto a las dimensiones del cauce, la profundidad es de 18 cm, el ancho del espejo de agua es de 120 cm y el ancho del área de inundación alcanza los 180 cm, lo que refleja una capacidad limitada de almacenamiento y conducción de grandes volúmenes de agua. Sin embargo, la velocidad superficial del agua es relativamente alta (0,68 m/s), lo que, junto con el caudal instantáneo estimado de 74,46 litros por segundo (determinado mediante el método del flotador), indica una disponibilidad hídrica considerable para el sitio. Este caudal es suficiente para abastecer pequeños sistemas de riego o uso comunitario, aunque la ausencia de protección natural y el encauzamiento pueden afectar la sostenibilidad del recurso a largo plazo. En conjunto, el sitio UH_AP04a constituye un punto con una disponibilidad hídrica moderada a alta, pero requiere atención en la gestión y conservación para evitar la degradación del cauce y asegurar la provisión continua de agua (Tabla 104).

Tabla 104. Estimación de caudal instantáneo en Río Blanco de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_AP04a	
	Velocidad: $V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$ $V = 4 \text{ m} / 5,86 \text{ s}$ $V = 0,68 \text{ m/s}$
	Área seccional: $A = (a + b) / 2 \times h$ $A = 0,1095 \text{ m}^2$
	Caudal $Q = V \times A$ $Q = (0,68 \text{ m/s}) (0,1095 \text{ m}^2)$ $Q = 0,07446 \text{ m}^3/\text{s}$ Q = 74,46 litros/segundo

Quebrada Pujihuarycu (UH_AP04b)

El sitio de muestreo UH_AP04b, ubicado en el sector Río Blanco de la parroquia Pilahuín, se encuentra encauzado formando un canal, lo que modifica su dinámica natural y puede influir en la distribución y aprovechamiento del recurso hídrico. Las riberas presentan una topografía ligeramente ondulada y están cubiertas principalmente por pastizal, sin protección natural, lo que incrementa la vulnerabilidad a la erosión y la pérdida de suelo, además de disminuir la capacidad de retención de agua en las márgenes.

La pendiente del canal es suave (3-7%), lo que favorece un flujo tranquilo y una baja capacidad de arrastre de sedimentos. Al momento del muestreo, el agua es clara y no presentó sedimentos suspendidos, lo que indica una buena calidad. La composición del lecho del cauce está dominada por piedras medianas y pequeñas, lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos, aunque limita la retención superficial de agua. En cuanto a las dimensiones del canal, la profundidad es de 24 cm, el ancho del espejo de agua es de 90 cm y el ancho del área de inundación alcanza los 190 cm, lo que refleja una capacidad moderada para almacenar y conducir agua, aunque no suficiente para grandes volúmenes en eventos de crecida. La velocidad superficial del agua es baja (0,26 m/s), lo que coincide con la torrencialidad baja observada.

El caudal instantáneo estimado es de 28,47 litros por segundo, determinado mediante el método del flotador (Tabla 105). Este valor indica una disponibilidad hídrica moderada para el sitio, suficiente para abastecer pequeños sistemas de uso local, como riego o abastecimiento doméstico, pero insuficiente para demandas mayores. La ausencia de protección natural y el encauzamiento del cauce pueden afectar la sostenibilidad del recurso a largo plazo, por lo que se recomienda implementar medidas de conservación para asegurar la provisión continua de agua y reducir el riesgo de degradación del canal (Tabla 106).

Tabla 105. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Pujihuarycu de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_AP04b	
	Velocidad:
	$V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$
	$V = 2,5 \text{ m} / 9,58 \text{ s}$
	$V = 0,26 \text{ m/s}$
	Área seccional:
	$A = (a + b) / 2 \times h$
	$A = 0,1095 \text{ m}^2$
	Caudal
	$Q = V \times A$
	$Q = (0,26 \text{ m/s}) (0,1095 \text{ m}^2)$
	$Q = 0,02847 \text{ m}^3/\text{s}$
	Q = 28,47 litros/segundo

Tabla 106. Caudales instantáneos estimados en la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo

Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)					
Código	Coordenadas (UTM)		Caudal estimado l/s	Caudal específico l/s/km ²	Método utilizado
	Este	Norte			
UH_AP01	739905	9862281	18,07	0,04	Flotador
UH_AP02	746310	9860121	438,24	0,95	Flotador
UH_AP03	737198	9852506	1,8	0,004	Volumétrico
UH_AP04a	743011	9847620	74,46	0,16	Flotador
UH_AP04b	744574	9850033	28,47	0,06	Flotador

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, julio - agosto 2024.

El sitio de muestreo UH_AP02 ubicado en el sector Tambaló, presento mayor caudal con 438,24 litros por segundo. El sitio de estudio que tuvo menor caudal es UH_AP03 en la parroquia de Pilaguin con un caudal estimado de 1,8 litros por segundo. En todos los sitios de muestreo se observó que los cuerpos de agua no mantienen áreas de protección permanente, siendo utilizados para riego y abrevaderos.

Con base, en el estudio del Estado Actual del Ecosistema Páramo en Tungurahua 2015, se detrmno dentro de esta unidad hidrográfica, los puntos de monitoreo codificados como AR1, AR3 y AR4, los mismos que coinciden en la localización del sitio de muestreo y respectivamente corresponden a los puntos de muestreo monitoreados en 2024 bajo los siguientes códigos AHP01, AHP04a y AHP04b. La comparación de los caudales registrados en los mismos puntos de muestreo en diferentes épocas revela diferencias significativas en la disponibilidad hídrica del área de estudio:

1. Estudio (octubre/noviembre 2015) (Geoinformática y Sistemas, 2015):
AR1: 322,0 l/s
AR3: 77,0 l/s
AR4: 203,0 l/s
2. Estudio (agosto 2024):
AHP01: 18,07 l/s
AHP04a: 74,46 l/s
AHP04b: 28,47 l/s

Los caudales registrados en 2015 (octubre/noviembre) son considerablemente más altos que los medidos en agosto de 2024. Esta diferencia puede explicarse, en parte, por la variabilidad estacional propia de los ecosistemas de páramo, donde las precipitaciones suelen ser más intensas y frecuentes hacia finales del año, aumentando los caudales en ríos y quebradas, mientras que en agosto (mes típicamente seco en muchas regiones andinas) los caudales tienden a disminuir.

Parámetros hidrológicos de calidad de agua

El agua que encontramos en la naturaleza presenta cambios a largo de su ciclo, puesto que aún sin intervención humana presentan variaciones que pueden llegar a ser significativas, razón por la cual se fijan límites en sus concentraciones. En las siguientes tablas (Tabla 107) se presenta el índice de calidad de agua de los sitios de muestreo, aplicando el modelo de la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos (NSF, siglas en inglés).

Tabla 107. Índice de calidad de agua de los sitios de muestreo, aplicando el modelo (NSF)

Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo				
Muestra UH_AP01				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,7	94	0,11	10,34
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	1,6	95	0,1	9,5
Fosfatos	3,48	19	0,1	1,9
Temperatura	1	90	0,1	9
Turbidez	1,7	97	0,08	7,76
STD	92	86	0,07	6,02
Oxígeno disuelto	94,7	95	0,17	16,15
				84,19
Muestra UH_AP02				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,63	93	0,11	10,23
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,4	81	0,1	8,1
Fosfatos	4,7	13	0,1	1,3

Temperatura	3	86	0,1	8,6
Turbidez	1,57	98	0,08	7,84
STD	122	82	0,07	5,74
Oxígeno disuelto	85,9	90	0,17	15,3
				80,63

Muestra UH_AP03

Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	110	42	0,16	6,72
Potencial Hidrógeno	7,99	84	0,11	9,24
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,2	82	0,1	8,2
Fosfatos	6,97	9	0,1	0,9
Temperatura	5	72	0,1	7,2
Turbidez	<0,80	99	0,08	7,92
STD	350	53	0,07	3,71
Oxígeno disuelto	93,6	94	0,17	15,98
				68,67

Muestra UH_AP04a

Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,69	94	0,11	10,34
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3	83	0,1	8,3
Fosfatos	4,92	14	0,1	1,4
Temperatura	3	80	0,1	8
Turbidez	2	95	0,08	7,6
STD	174	75	0,07	5,25
Oxígeno disuelto	92,8	93	0,17	15,81
				80,22

Muestra UH_AP04b

Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,41	93	0,11	10,23
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,4	81	0,1	8,1
Fosfatos	3,99	18	0,1	1,8
Temperatura	5	72	0,1	7,2
Turbidez	7,44	82	0,08	6,56
STD	72	85	0,07	5,95
Oxígeno disuelto	92,1	93	0,17	15,81
				79,17

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

Laboratorio: LABCESTTA tecnología y calidad.

La variabilidad de parámetros de la calidad de agua en los sitios de muestreados refleja que en el sitio UH_AP03: que corresponde a la Quebrada Pimbaló, mostro que existe la presencia elevada de coliformes fecales con 110 NMP/100 ml. Este valor es significativamente superior al de las demás muestras, lo que indica una mayor contaminación microbiológica por la influencia directa de actividades ganaderas, como se corroboró en campo, donde se observó una alta densidad de ganado cerca de la quebrada.

Además, los niveles de Fosfatos: 6,97 mg/L se considera valor extremadamente alto, muy superior a los niveles recomendados para aguas superficiales (0,1 mg/L), lo que sugiere una fuerte contaminación por nutrientes, favoreciendo la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) y afectando la calidad del agua. El nivel de fosfatos está asociado a descargas de aguas residuales, escorrentía agrícola o ganadera, con alta incidencia de uso de fertilizantes. Así mismo, los Sólidos totales disueltos (STD): 350 mg/L tienen un valor moderado, dentro de rangos aceptables para muchos usos.

En cambio, en las muestras UH_AP01, UH_AP02, UH_AP04a y UH_AP04b, los parámetros de coliformes fecales: <1,8 NMP/100 mL Indica una muy baja presencia de bacterias fecales, lo que refleja una mejor calidad microbiológica. Así mismo, se evidencia valores altos de Fosfatos entre (3,99-4,92 mg/L) que son superiores a los recomendados (0,1 mg/L) y STD: con valores similares entre sí y dentro de rangos aceptables.

La muestra UH_AP03 requiere atención especial por su mayor contaminación, mientras que las demás muestras mantienen una calidad de agua adecuada para la mayoría de los usos. La presencia de ganado cerca de la quebrada es un factor clave en la degradación de la calidad del agua en UH_AP03.

El índice de calidad de agua de la muestra UH_AP03 está dentro de la clasificación Media (rango 51-70), mientras que las otras muestras tienen Buena calidad (rango 71-90). Con respecto a la clasificación de la calidad de agua la muestra UH_AP03 tiene un nivel de contaminación 3 (nivel medio), catalogándose según Lucas Vidal y Carrillo Mendoza (2018) como calidad Regular y dudoso para el consumo humano sin tratamiento previo, mientras que León Vizcaíno (2016), indica que en esta categoría la calidad de agua se puede usar para actividades de riego agrícola y fines recreativos (Figura 131).

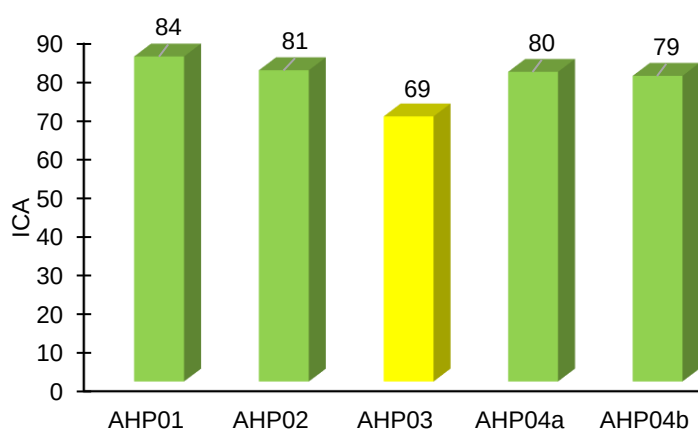


Figura 131. Variabilidad del Índice de Calidad de Agua (ICA) en los sitios de muestreo de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Comparación de puntos re-muestreados (2015-2024)

En el estudio realizado en el 2015, por la prefectura de Tungurahua sobre calidad de agua en el río Blanco y en el río El Tingo, estos dos puntos coinciden con los puntos muestreados (UH_AP02 y UH_AP04a). En la siguiente tabla se compara los resultados y la determinación de la calidad de agua (Tabla 108).

Tabla 108. Comparación de puntos re-muestreados en el estudio del 2015 y el 2024.

Parámetros	UH_AP02		Río El Tingo		UH_AP04a		Río Blanco	
	Resultado	WQI	Resultado	WQI	Resultado	WQI	Resultado	WQI
Coliformes Fecales	<1,8	14,72	00	14,5	<1,8	14,72	0,00	14,5
Potencial Hidrógeno	7,63	10,34	7,39	11,1	7,69	10,34	7,59	11,1
DBO (5días)	<2	8,8	123	0,6	<2	8,8	17	2
Nitratos	3,4	8	0,00	9,5	3	8,3	0,03	9,5
Fosfatos	4,7	3,2	<1	7,5	4,92	1,4	<1	7,5
Temperatura	3	7,2	1,50	8	3	8	-0,2	8,8
Turbidez	1,57	7,92	15,5	5,36	2	7,6	7,32	6,53
STD	122	5,81	42	6,7	174	5,25	108	6,4
Oxígeno disuelto	85,9	16,15	7,34	9,86	92,8	15,81	6,13	6,97
	80,63		73,12		80,22		73,3	

En los sitios de re-muestreo los parámetros de coliformes fecales y potencial de hidrógeno presentan resultados diferentes, sin embargo, coincide en la calidad de agua siendo esta categorizada como "Buena".

Concesiones de agua por caudal en la unidad hidrográfica

Según, el sistema de información de la Autoridad Única del Agua. En la UH-Ambato-Huachi-Pelileo, hasta marzo de 2022 se emitieron 174 autorizaciones administrativas de uso y aprovechamiento de agua, de acuerdo con el Registro Público del Agua (RPA) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

El caudal autorizado total que corresponde a la unidad hidrográfica es de 3 709,73 litros/segundo, la principal fuente de captación del recurso hídrico son los ríos aportando con 1 454,08 l/s y las vertientes con 912,11 l/s. Los principales cuerpos hídrico que provee el mayor abastecimiento de caudal son el río Ambato con un total de 51 captaciones (987,18 l/s.) y río Blanco con 13 captaciones (475,65 l/s), (Figura 132).

Este número elevado de concesiones coincide con las percepciones recogidas en el componente de gobernanza, donde el 67 % de los encuestados señalaron que existen más concesiones de agua por caudal en la unidad hidrográfica UH Ambato-Huachi-Pelileo, por su parte, el 33 % indico que dichas concesiones se concentran en la UH Leito. Aunque la población no cuenta con datos precisos, su percepción se ve corroborada por los registros oficiales, lo que evidencia una alta presión sobre las fuentes de agua en la zona y subraya la necesidad de fortalecer la gestión integrada del recurso. Además, la discrepancia entre la percepción y el acceso real a información también pone de manifiesto la necesidad de mejorar la transparencia y el acceso ciudadano a los datos sobre la gestión del recurso hídrico.

La distribución de las concesiones de agua, muestra que el 52 % de las autorizaciones se encuentra bajo la administración de organizaciones comunitarias constituidas legalmente como directorios, comunidades y juntas de agua, utilizando un caudal 2 002,79 l/s. Además, EMAPA como empresa pública mantiene concesionado el mayor caudal con 317 l/s. Las organizaciones que abarcan un caudal importante son los Directorios de Aguas de la Acequias Casimiro Pazmiño, Cununyacu Chimborazo, Yanaucsha, Torre Quilua y las Asociaciones de Trabajadores Agrícolas Llangahua Central y Carihuayrazo.

El restante, 48% de autorizaciones se encuentra distribuida entre beneficiarios individuales con un caudal de 1 389,54 l/s.

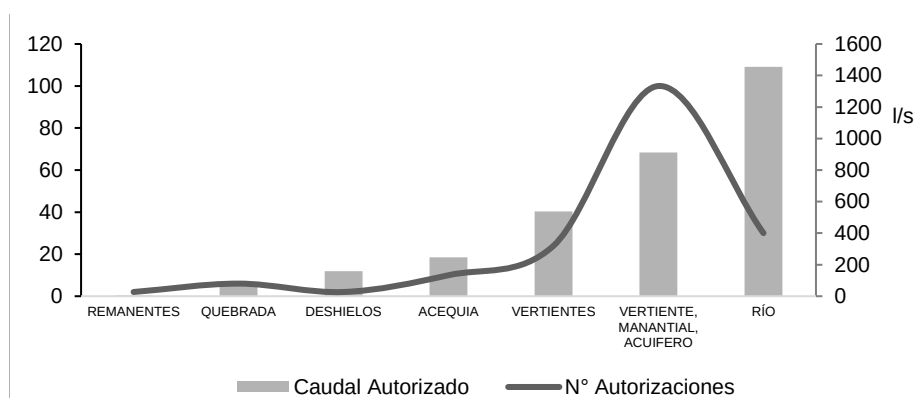


Figura 132. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Acorde la política de gestión de autorización de uso del agua, a partir de datos disponibles del Registro Público del Agua, se establece que dentro la unidad hidrográfica la asignación razonable de los recursos hídricos, está distribuida en siete tipos de usos del agua. Siendo, el suministro de agua para riego agrícola el de mayor demanda de caudal que alcanza 73,6%, seguido del suministro de agua para consumo humano que alcanza el 15,7%. Después de garantizar el caudal ecológico en la red fluvial, se asigna agua para la producción agrícola, la industria y el sector servicios (Tabla 109).

El suministro de agua para riego agrícola representa la mayor demanda de caudal en la unidad hidrográfica, alcanzando un significativo 73,6% del total de los usos consuntivos. Esto, pone en evidencia la importancia estratégica del recurso hídrico para la sostenibilidad de la producción agrícola y, por ende, para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico.

Sin embargo, la alta dependencia del agua proveniente del páramo resalta la urgente necesidad de proteger y conservar este ecosistema, ya que la degradación del páramo afectaría directamente la disponibilidad y calidad del agua para riego, comprometiendo la viabilidad de la agricultura local.

En este contexto, la participación activa de las Juntas de Riego es fundamental para la gestión sostenible del agua. Estas organizaciones, al ser los principales usuarios del recurso, tienen la responsabilidad y el interés de asegurar su disponibilidad a largo plazo.

No obstante, la conservación y restauración del páramo requieren recursos económicos para la ejecución de acciones para el monitoreo y mantenimiento de las áreas de recarga hídrica. Por ello, es fundamental y necesario que las Juntas de Riego contribuyan económicamente a través de la creación de una tasa ambiental. Lo que permitiría canalizar fondos específicos para la conservación y restauración del páramo, asegurando así la provisión continua de agua para riego y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que benefician a toda la comunidad.

Tabla 109. Tipos de usos y caudal de agua requerido en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo.

Tipo de uso	Caudal (l/s)	%
Termal	0,7	0,02
Industrial	17,0	0,5
Abrevadero Soberanía Alimentaria	37,8	1,0
Riego Soberanía Alimentaria	125,2	3,4
Acuicultura	216,6	5,8
Consumo Humano	581,7	15,7
Riego	2730,7	73,6
Total:	3709,7	100

Para la UH Ambato-Huachi-Pelileo se utilizan 2 730,7 l/s., para riego. La creciente demanda de la disponibilidad del recurso hídrico para riego refleja, que aún es deficiente, la oferta hídrica concesionada por la Autoridad Única del Agua. Según el III Censo Nacional Agropecuario de 2000, en Tungurahua el 95% de las hectáreas regadas usa el riego por gravedad. Esta realidad sigue manteniéndose, pese a que el PACT del HGPT, tanto en su fase I y II ha venido implementando sistemas de riego tecnificado por goteo y aspersión en la provincia¹⁸. Varios análisis técnicos han determinado que la ineficiencia detectada en los sistemas de riego por inundación y su abastecimiento por canales no revestidos provoca un gran desperdicio del agua en el sector rural (FAO, 2017; SENAGUA, 2015).

El incremento de la demanda del agua es notable en la última década donde se han solicitado el 49% de las autorizaciones emitidas desde 1979, sumando un caudal de 1 695,83 l/s. Esto, permite deducir que la mayor demanda del caudal es requerida para riego por parte de las organizaciones comunitarias, definiendo una estructura asociativa primordial en el desarrollo estratégico de la gestión hídrica de la unidad hidrográfica.

6.2.2 Unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH)

6.2.2.1 Parámetros hidrológicos

La caracterización de la gestión del recurso hídrico de la unidad hidrográfica Mocha Huachi¹⁹. De acuerdo, con el análisis de los parámetros hidrológicos a nivel de unidad hidrográfica, desde una perspectiva

¹⁸ HGPT. (2025). *Inicia la construcción del Proyecto de Riego Tecnificado La Esperanza – Montalvo*. <https://tungurahua.gob.ec/inicia-la-construccion-del-proyecto-de-riego-tecnificado-la-esperanza-montalvo/>

¹⁹ Pese a que se hace un diagnóstico de los parámetros hidrológicos, entre ellos caudal en la zona de recarga hídrica del proyecto de riego MH, hay que recordar que, gran parte del agua utilizada por la acequia viene de la parte alta de la subcuenca del río

diagnóstica se establece resultados que determinan aspectos como la retención de agua en el suelo, caudales instantáneos, calidad del agua y concesiones de caudal.

Porcentaje de retención de agua en el suelo

Los porcentajes de retención de agua en los sitios de muestreo presentaron una variación media entre las diferentes capas de suelo, con valores que oscilaron entre 15,29% y 33,21% (Tabla 110). Esta variabilidad refleja la heterogeneidad natural de los suelos del páramo y su capacidad para almacenar agua, un servicio ecosistémico clave para la regulación hídrica de la unidad hidrográfica.

Los contenidos de agua estimados a lo largo del perfil del suelo variaron desde 1,65 hasta 3,44 mm de lámina de agua, indicando diferencias importantes en la capacidad de almacenamiento de cada sitio. La mayor lámina de agua se registró en el sitio MM1 C1, el cual se caracteriza por poseer una porosidad media. Este atributo del suelo favorece un equilibrio entre la retención y el drenaje del agua, permitiendo que el suelo actúe como una esponja natural que absorbe y libera agua de manera gradual, lo que es fundamental para mantener los flujos base de los ríos y quebradas, especialmente durante períodos secos.

La variabilidad en la retención de agua observada en los suelos del páramo subraya su rol esencial como regulador hídrico. La conservación de estos ecosistemas es fundamental para mantener la capacidad de almacenamiento y liberación gradual del agua, asegurando la provisión sostenible de agua para la agricultura, el consumo humano y la mitigación de eventos extremos como sequías.

Tabla 110. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.

Humedad del suelo		MM1 C1	MM1 C2	QM1 C3
Hg (%)	(0-10 cm)	26,04	21,59	19,39
	(10-20 cm)	27,46	23,50	26,48
	(30 cm)	22,26	33,21	15,29
Da (g/cm³)	(0-10 cm)	0,91	0,90	1,25
	(10-20 cm)	1,09	0,95	1,30
	(30 cm)	1,10	0,98	1,08
Hv (%)	(0-10 cm)	23,70	19,44	24,23
	(10-20 cm)	29,94	22,32	34,42
	(30 cm)	24,49	32,55	16,51
Lámina de agua (cm)	(0-10 cm)	2,37	1,94	2,42
	(10-20 cm)	2,99	2,23	3,44
	(30 cm)	2,45	3,25	1,65
Lámina total agua	cm	7,81	7,43	7,52
	mm	78,12	74,30	75,17
	m3/ha	781,20	743,02	751,69

Hg=humedad gravimétrica, Da= densidad aparente; Hv=humedad volumetrica

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024

Caudal Instantáneo disponible a lo largo del año

Río Mocha (UH_MP01)

En el sitio de estudio UH_MP01, situado en la parroquia Mocha, se observan riberas escarpadas sin protección natural, lo que incrementa la susceptibilidad a la erosión y la pérdida de suelo, afectando la estabilidad del cauce y la capacidad de retención de agua. La cobertura vegetal predominante es pajonal

Ambato, a partir de un trasvase que recoge las aguas del río Ambato unos kilómetros más abajo de la bocatoma del canal AHP (HGPT 2014).

y pastizal, lo que ofrece una limitada capacidad para amortiguar el impacto de las precipitaciones y favorecer la infiltración.

La pendiente del cauce es suave (3-7%), lo que normalmente implicaría un flujo tranquilo; sin embargo, se registró una torrencialidad alta, posiblemente debido a factores locales como la morfología escarpada o la acumulación de agua. El agua es clara, aunque al momento del muestreo se detectó la presencia de sedimentos suspendidos, lo que determinó una ligera turbidez.

La composición del fondo del cauce está formada por piedra grande, mediana, grava y arena, lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos, pero también puede favorecer el arrastre de material durante crecidas. Las dimensiones del cauce son considerables: la profundidad alcanza los 28 cm, el ancho del espejo de agua es de 250 cm y el ancho del área de inundación es de 350 cm, lo que refleja una capacidad significativa para conducir y almacenar agua, especialmente durante eventos de precipitación intensa. La velocidad superficial del agua es muy elevada (2,01 m/s), lo que, junto con la torrencialidad alta, sugiere un flujo constante y una alta capacidad de transporte de sedimentos (Tabla 111).

El caudal instantáneo estimado es de 532,65 litros por segundo, determinado mediante el método del flotador, lo que indica una disponibilidad hídrica muy alta para el sitio. Este caudal es suficiente para satisfacer demandas importantes de agua para uso agrícola, doméstico o incluso industrial, aunque la ausencia de protección natural y la presencia de sedimentos suspendidos pueden representar desafíos para la calidad del agua y la sostenibilidad del recurso hídrico. En conjunto, el sitio UH_MP01 constituye un punto de gran aporte hídrico dentro de la cuenca, con una elevada disponibilidad de agua, pero requiere medidas de conservación para mitigar los riesgos de erosión y asegurar la provisión sostenible del recurso.

Tabla 111. Estimación de caudal instantáneo del Río Mocha, de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_MP01	
	Velocidad: $V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$ $V = 6 \text{ m} / 2,99 \text{ s}$ $V = 2,01 \text{ m/s}$
	Área seccional: $A = (a + b) / 2 \times h$ $A = 0,265 \text{ m}^2$
	Caudal $Q = V / A$ $Q = (2,01 \text{ m/s}) (0,265 \text{ m}^2)$ $Q = 0,53265 \text{ m}^3/\text{s}$
	Q = 532,65 litros/segundo

Quebrada La Carbonería (UH_MP02)

En el sitio de estudio UH_MP02, localizado en la parroquia de Mocha, las riberas se presentan escarpadas, pero cuentan con protección natural, lo que ayuda a reducir la erosión y a estabilizar el cauce, favoreciendo la retención de agua y la recarga de acuíferos. La cobertura vegetal predominante es matorral, lo que contribuye a la infiltración y a la regulación del ciclo hídrico local, además de proteger el suelo frente a la escorrentía superficial.

La pendiente del cauce es fuertemente accidentada (20-35%), condición que propicia una alta energía en el flujo del agua y un mayor arrastre de sedimentos, especialmente durante eventos de precipitación. A pesar de esto, la velocidad superficial del agua medida fue de 0,37 m/s, lo que sugiere que el cauce cuenta

con obstáculos naturales (roca, grava, raíces) que moderan el flujo, aunque la torrencialidad alta indica que el agua puede circular con mayor velocidad en ciertos momentos, especialmente tras lluvias intensas. El agua es clara, pero al momento del muestreo se detectó la presencia de sedimentos suspendidos, lo que evidencia una cierta turbidez y una capacidad de transporte de material sólido, probablemente asociada a la pendiente pronunciada y a la composición del lecho. El fondo del cauce está constituido por piedra grande, mediana, grava y arena, lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos, aunque también favorece el arrastre de material durante crecidas.

Las dimensiones del cauce son moderadas: la profundidad es de 21 cm, el ancho del espejo de agua es de 120 cm y el ancho del área de inundación es de 290 cm, lo que refleja una capacidad limitada para almacenar grandes volúmenes de agua, pero suficiente para mantener un flujo constante en condiciones normales. El caudal instantáneo estimado es de 35,52 litros por segundo, determinado mediante el método del flotador, lo que indica una disponibilidad hídrica moderada para el sitio (Tabla 112). Este caudal es suficiente para abastecer pequeños sistemas de riego, abastecimiento doméstico o para mantener ecosistemas riparios, aunque podría ser insuficiente frente a demandas mayores o en períodos de sequía.

En resumen, el sitio UH_MP02 presenta una disponibilidad de agua moderada, con condiciones favorables para la infiltración y la protección natural, pero con limitaciones en la capacidad de almacenamiento superficial y un riesgo elevado de arrastre de sedimentos debido a la pendiente pronunciada. Se recomienda mantener la protección natural de las riberas para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico en el área.

Tabla 112. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada La Carbonería, de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_MP02	
	Velocidad: $V = \text{Largo de sección/tiempo}$ $V = 1,50 \text{ m} / 4,01 \text{ s}$ $V = 0,37 \text{ m/s}$
	Área seccional: $A = (a + b)/2 \times h$ $A = 0,096 \text{ m}^2$
	Caudal $Q = V / A$ $Q = (0,37 \text{ m/s})(0,096\text{m}^2)$ $Q = 0,03552 \text{ m}^3/\text{s}$ Q = 35,52 litros/segundo

Quebrada Pilco (UH_MP03)

En el sitio de estudio UH_MP03, ubicado en el sector Mochapata de la parroquia Yanayacu, las riberas presentan una topografía ondulada y cuentan con protección natural, lo que ayuda a estabilizar el cauce y reduce la erosión, aunque la capacidad de retención de agua en las márgenes es limitada por la baja profundidad y el reducido ancho del espejo de agua. La cobertura vegetal predominante es pajonal, lo que contribuye a la infiltración local y a la amortiguación de la escorrentía superficial, aunque no ofrece una protección tan efectiva.

La pendiente del cauce es accidentada (12-20%), lo que favorece una alta torrencialidad y una mayor capacidad de arrastre de sedimentos, especialmente durante eventos de precipitación. Sin embargo, a pesar de la torrencialidad alta reportada, la velocidad superficial del agua es baja (0,12 m/s), restringiendo el flujo del caudal por la escasa profundidad y el estrecho ancho del cauce (Tabla 113). El agua es clara,

pero al momento del muestreo se detectó la presencia de sedimentos suspendidos, lo que indica ligera turbidez asociada a la pendiente y a la composición del lecho.

La composición del fondo del cauce está constituida principalmente por arena, pajonal y sedimentos, lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos, pero limita la capacidad de retención superficial de agua. Las dimensiones del cauce son muy reducidas: la profundidad es de apenas 3 cm, el ancho del espejo de agua es de 30 cm y el ancho del área de inundación es de 48 cm, lo que refleja una capacidad extremadamente limitada para almacenar y conducir agua, incluso en condiciones de lluvias intensas.

El caudal instantáneo estimado es de 0,19 litros por segundo, determinado mediante el método volumétrico. Este valor indica una disponibilidad hídrica muy baja para el sitio, insuficiente para satisfacer demandas de agua significativas, aunque puede ser suficiente para mantener pequeños hábitats acuáticos y para la infiltración local. En conjunto, el sitio UH_MP03 presenta una disponibilidad de agua muy limitada, con condiciones favorables para la protección natural y la infiltración, pero con una capacidad prácticamente nula para el almacenamiento y conducción de grandes volúmenes de agua.

Tabla 113. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada Pilco, de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_MP03	
	Caudal $Q = V / T$ $Q = 4 \text{ l} / 21,26\text{s}$ Q = 0,19 l/s

En la siguiente tabla (Tabla 114) se indica las coordenadas, el caudal estimado y el método utilizado para estimar el caudal.

Tabla 114. Caudales estimados en unidad hidrográfica Mocha Huachi

Unidad hidrográfica Mocha Huachi					
Código	Coordenadas (UTM)		Caudal estimado l/s	Caudal específico l/s/km ²	Método utilizado
	Este	Norte			
UH_MP01	751520,61	9839049,47	532,65	4,32	Flotador
UH_MP02	756245,37	9842035,64	35,52	0,29	Flotador
UH_MP03	760870,58	9837790,43	0,19	0,002	Volumétrico

El punto muestreado en el río Mocha UH_MP01 es el que tienen mayor caudal estimado con 532,65 litros por segundo, este cuerpo de agua es utilizado para consumo humano, riego y abrevaderos. Este río divide a la provincia de Tungurahua y Chimborazo, se ha indicado que el 60% del caudal se va hacia Chimborazo y el 40% es utilizado por las diferentes comunidades de la provincia de Tungurahua.

El punto muestreado en la parroquia Mocha UH_MP02; tiene un caudal aproximado de 35,52 litros por segundo, es utilizado para riego y abrevaderos. Finalmente, el punto muestreado en la parroquia de Yanayacu UH_MP03 tiene un caudal aproximado de 0,19 litros por segundo, este cuerpo de agua es utilizado para consumo humano, riego y abrevaderos.

Parámetros hidrológicos de calidad de agua

En la siguiente tabla (Tabla 115) se presenta el índice de calidad de agua de los sitios de muestreo de la unidad hidrográfica Mocha Huachi, aplicando el modelo (NSF) de la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos.

Tabla 115. Índice de calidad de agua de la UH Mocha Huachi.

Unidad Hidrográfica Mocha Huachi				
Muestra UH_MP01				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,35	92	0,11	10,12
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	5,3	72	0,1	7,2
Fosfatos	2,74	22	0,1	2,2
Temperatura	13	37	0,1	3,7
Turbidez	8,16	82	0,08	6,56
STD	186	72	0,07	5,04
Oxígeno disuelto	93,5	94	0,17	15,98
				74,32
Muestra UH_MP02				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,75	94	0,11	10,34
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,8	80	0,1	8
Fosfatos	<1,63	32	0,1	3,2
Temperatura	5	72	0,1	7,2
Turbidez	<0,80	99	0,08	7,92
STD	120	83	0,07	5,81
Oxígeno disuelto	94,3	95	0,17	16,15
				82,14
Muestra UH_MP03				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,59	93	0,11	10,23
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,7	72	0,1	7,2
Fosfatos	<1,63	32	0,1	3,2
Temperatura	12	40	0,1	4
Turbidez	<0,80	99	0,08	7,92
STD	148	78	0,07	5,46
Oxígeno disuelto	90	91	0,17	15,47
				77

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

Laboratorio: LABCESTTA tecnología y calidad.

Todas las muestras analizadas de la unidad hidrográfica se encuentran dentro de la clasificación “Buena” (rango 71-90), indicando que el recurso hídrico en este rango es levemente contaminado y puede abastecerse para el uso y consumo humano únicamente con purificación (Vidal et al., 2018).

Concesiones de agua por caudal en la unidad hidrográfica

Según, el sistema de información de la Autoridad Única del Agua. En la UH-Mocha-Huachi, hasta marzo de 2022 se emitieron 124 autorizaciones administrativas de uso y aprovechamiento de agua, de acuerdo con el Registro Público del Agua (RPA) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

El caudal autorizado total que corresponde a la unidad hidrográfica es de 1349,03 litros/segundo, la principal fuente de captación del recurso hídrico son las vertientes aportando con 268,67 l/s y las

quebradas con 1 020,26 l/s. Los principales cuerpos hídricos que provee el mayor abastecimiento de caudal son el río Mocha con un total de 38 captaciones (1 066,33 l/s.) a partir, de la cota de 3 700 m s. n. m. hacia la zona del volcán Chimborazo y los afluentes de la quebrada Yanayacu con 25 captaciones (41,62 l/s), (Figura 133). Otra fuente de captación son las vertientes de manantial y acuíferos del volcán Chimborazo con 7 captaciones (44,96 l/s).

La distribución de las concesiones de agua, muestra que el 51% de las autorizaciones se encuentra bajo la administración de organizaciones comunitarias constituidas legalmente como directorios, comunidades y juntas de agua; además de Gobiernos Autónomos Descentralizados que en conjunto utilizan un caudal 1 224,86 l/s. Las organizaciones que abarcan un caudal importante son los Directorios de Aguas de la Acequias Las Abras, Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco y Directorio de Aguas de la Comunidad San Rafael De Chuquipogoyo. El restante, 49 % de autorizaciones se encuentra distribuida entre beneficiarios individuales con un caudal de 124,17 l/s.

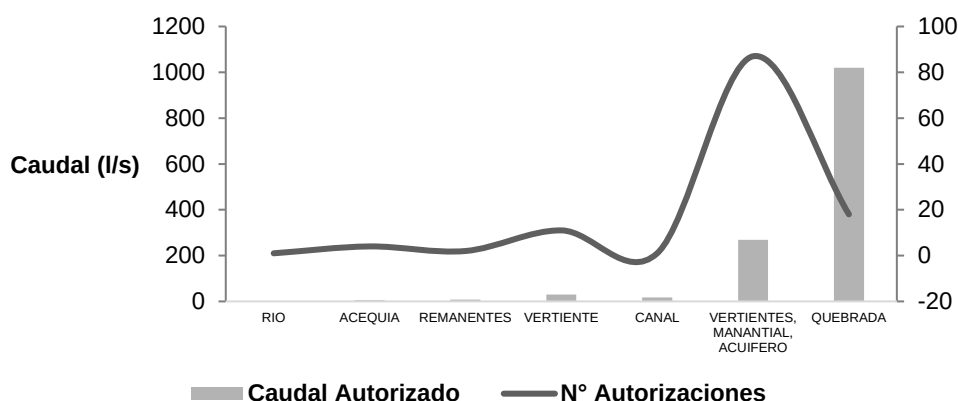


Figura 133. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.

Acorde la política de gestión de autorización de uso del agua, a partir de datos disponibles del Registro Público del Agua, se establece que dentro la unidad hidrográfica la asignación razonable de los recursos hídricos, está distribuida en cinco tipos de usos del agua. Siendo, el suministro de agua para riego agrícola el de mayor demanda de caudal que alcanza 85,66%, seguido del suministro de agua para consumo humano con 12,02 % (Tabla 116).

Tabla 116. Tipos de usos y caudal de agua requerido de la Unidad hidrográfica Mocha Huachi.

Tipo de uso	Caudal (l/s)	%
Riego Soberanía Alimentaria	1,19	0,09
Acuicultura	6,10	0,45
Abrevadero Soberanía Alimentaria	24,10	1,79
Consumo Humano	162,11	12,02
Riego	1155,53	85,66
Total:	1349,03	100

Para la UH Mocha-Huachi se utilizan 1155,53 l/s. de agua para riego. Denotando que la creciente demanda de la disponibilidad del recurso hídrico para riego, refleja que aún es deficiente la oferta hídrica concesionada por la Autoridad Única del Agua. Según el último censo agropecuario de 2010, en Tungurahua el 95% de las hectáreas regadas usa el riego por gravedad. Esta realidad sigue manteniéndose a lo largo del tiempo, es así; que en varios análisis técnicos han determinado que la ineficiencia detectada en los sistemas de riego por inundación y su abastecimiento por canales no revestidos provoca un gran desperdicio del agua en el sector rural.

El incremento de la demanda del agua es notable en la década del 2000-2010 donde se han solicitado el 78% de las autorizaciones emitidas desde 1976, sumando un caudal considerable de 1 049,60 l/s. Sin embargo, en la última década igualmente se registra la concesión de un caudal importante de 220,40 l/s. Esto, permite deducir que la mayor demanda del caudal es requerida para riego por parte de las organizaciones comunitarias, definiendo una estructura asociativa primordial en el desarrollo estratégico de la gestión hídrica de la unidad hidrográfica.

En este contexto, se hace evidente la necesidad de que las Juntas de Riego asuman un rol activo y corresponsable en actividades de conservación, considerando que son los principales beneficiarios del recurso hídrico. Esto puede materializarse a través de la recaudación de una tasa ambiental dentro de las mismas Juntas, destinada específicamente a la conservación de ecosistemas estratégicos como el páramo, clave para la regulación hídrica y la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

6.2.3 Unidad hidrográfica Leito

6.2.3.1 Parámetros hidrológicos

La caracterización de la gestión del recurso hídrico de la unidad hidrográfica Leito. De acuerdo, con el análisis de los parámetros hidrológicos a nivel de unidad hidrográfica, desde una perspectiva diagnóstica se establecen resultados que determinan aspectos como la retención de agua en el suelo, caudales instantáneos, calidad del agua y concesiones de caudal.

- **Porcentaje de retención de agua en el suelo**

Los resultados de los porcentajes de retención de agua en los sitios de muestreo mostraron una baja variación entre las distintas capas del suelo, oscilando entre 15,38 % y 22,59 % (Tabla 117). Esta relativa homogeneidad sugiere que, a pesar de las diferencias entre perfiles, los suelos estudiados presentan una capacidad moderada y consistente para retener agua, lo cual es fundamental para la regulación del ciclo hídrico local.

En cuanto a los contenidos de agua estimados a la profundidad de los perfiles, estos variaron desde 1,84 hasta 6,30 mm, lo que refleja un rango de disponibilidad hídrica en el suelo que, si bien no es extremadamente alto, resulta relevante para la sostenibilidad de la vegetación y la recarga de acuíferos. Destaca el sitio de muestreo LM1 C3, donde se registró la mayor lámina de agua retenida, asociada a una mediana porosidad del suelo. Esta característica física favorece tanto la infiltración como la retención de agua, permitiendo que el suelo actúe como un reservorio natural que amortigua los efectos de la variabilidad climática y reduce la escorrentía superficial.

La capacidad de los suelos para retener agua está estrechamente vinculada a la presencia y conservación de la cobertura vegetal nativa como el bosque. La superficie de bosque de la UHL contribuye a la formación de suelos ricos en materia orgánica y con una estructura porosa, lo que incrementa la infiltración y la retención de agua en el perfil edáfico. Además, la hojarasca y la vegetación reducen la erosión y la compactación del suelo, manteniendo su capacidad de almacenar agua y liberarla gradualmente a los cauces y acuíferos.

En general, los valores de retención de agua observados en los suelos estudiados resaltan la importancia de mantener y restaurar la cobertura boscosa a lo largo de las zonas de protección permanente junto a los cauces ya que esta no solo protege el suelo, sino que también garantiza la función ecosistémica de regulación y provisión de agua en la unidad hidrográfica.

Tabla 117. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la Unidad hidrográfica Leito

Humedad del suelo		LM1 C1	LM1 C2	LM1 C3
Hg (%)	(0-10 cm)	20,41	22,37	22,33
	(10-20 cm)	17,60	20,77	21,09
	(30 cm)	15,38	19,74	22,59
Da (g/cm ³)	(0-10 cm)	0,90	0,92	0,97
	(10-20 cm)	1,05	0,96	1,02
	(30 cm)	1,20	0,91	0,93
Hv (%)	(0-10 cm)	18,37	20,58	21,66
	(10-20 cm)	18,48	19,94	21,51
	(30 cm)	18,45	17,96	21,01
Lámina de agua (cm)	(0-10 cm)	1,84	2,06	2,17
	(10-20 cm)	3,70	3,99	4,30
	(30 cm)	5,54	5,39	6,30
Lámina total agua	cm	11,07	11,43	12,77
	mm	110,67	114,34	127,71
	m ³ /ha	1106,74	1143,42	1277,08

Hg=humedad gravimétrica, Da= densidad aparente; Hv=humedad volumetrica

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

- **Caudal Instantáneo disponible a lo largo del año**

Quebrada Guarimayacu (UH_ LP01)

En el sitio de estudio UH_LP01, localizado en el sector Payacucho Chico de la parroquia Patate, las riberas presentan una topografía escarpada y cuentan con protección natural, lo cual contribuye a la estabilidad del cauce y a la conservación del suelo, además de favorecer la retención de agua en el entorno circundante. La cobertura vegetal predominante es bosque y matorral, lo que incrementa la infiltración, reduce la erosión y amortigua el impacto de la escorrentía superficial, ayudando a mantener la calidad y la disponibilidad del recurso hídrico.

La pendiente del cauce es fuertemente accidentada (20-35%), lo que normalmente implica un alto flujo del agua y una mayor capacidad de arrastre de sedimentos. Sin embargo, en este sitio la torrencialidad es media y no se detectaron sedimentos suspendidos, lo que sugiere que la vegetación de ribera y el lecho del cauce actúan eficazmente como filtro natural, reteniendo partículas y manteniendo el agua clara. La composición del fondo del cauce está constituida principalmente por grava y rocas aluviales, con presencia de hojarasca y ramas, lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos, aunque limita la retención superficial de agua.

Las dimensiones del cauce son reducidas: la profundidad es de 6 cm, el ancho del espejo de agua es de 90 cm y el ancho del área de inundación alcanza los 210 cm, lo que refleja una capacidad limitada para almacenar y conducir grandes volúmenes de agua, especialmente durante eventos de precipitación intensa. La velocidad superficial del agua es de 0,35 m/s, lo que corresponde a un flujo moderado y constante (Tabla 118).

El caudal instantáneo estimado es de 7,5 litros por segundo, determinado mediante el método volumétrico. Este valor indica una disponibilidad hídrica baja para el sitio, insuficiente para satisfacer demandas elevadas de agua, aunque suficiente para mantener pequeños ecosistemas acuáticos y para abastecer usos puntuales, como riego de pequeñas parcelas o abastecimiento doméstico básico. En conjunto, el sitio UH_LP01 presenta condiciones favorables para la protección natural y la infiltración, pero una capacidad limitada de almacenamiento y conducción de agua, lo que restringe su potencial como fuente hídrica significativa para la zona.

Tabla 118. Estimación de caudal instantáneo de la Guarimayacu de la unidad hidrográfica Leito.

Estimación de Caudal Instantáneo **UH_LP01**



Caudal
 $Q = V / t$
 $Q = 15 / 2 \text{ s}$
 $Q = 7,5 \text{ l/s}$

Canal Acequia Leito_ Quebrada Guarimayacu (UH_LP02)

En el sitio de estudio UH_LP02, localizado en el sector Las Perlas de la parroquia Patate, las riberas presentan una topografía ondulada y carecen de protección natural, lo que incrementa la vulnerabilidad a la erosión y la pérdida de suelo, así como limita la capacidad de retención de agua en las márgenes. La cobertura vegetal predominante es pastizal, la cual ofrece una protección mínima frente a la escorrentía superficial y una moderada capacidad de infiltración.

La pendiente del cauce es suave (3-7%), lo que normalmente favorece un flujo tranquilo; sin embargo, se registró una torrencialidad alta, debido a la canalización artificial y a la ausencia de obstáculos naturales que modulen el flujo. El agua es clara y no se detectaron sedimentos suspendidos, lo que indica una buena calidad, aunque el tipo de canalización reduce la interacción natural con el entorno (Tabla 119).

Tabla 119. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada Pilco unidad hidrográfica Leito.

Estimación de Caudal Instantáneo **UH_LP02**



Velocidad:
 $V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$
 $V = 3,5 \text{ m} / 3,19 \text{ s}$
 $V = 1,1 \text{ m/s}$

Área seccional:
 $A = (a + b) / 2 \times h$
 $A = 0,123 \text{ m}^2$

Caudal
 $Q = V / A$
 $Q = (1,1 \text{ m/s})(0,123 \text{ m}^2)$
 $Q = 0,1353 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q = 135,3 \text{ litros/segundo}$

En el punto de muestreo el fondo del cauce está conformado por concreto, al tratarse de la bocatoma del canal de la acequia Leito. Esta condición artificial limita la infiltración y la recarga de acuíferos locales, pero facilita la conducción eficiente del agua y minimiza las pérdidas por percolación. Las dimensiones del cauce son: profundidad de 24 cm, ancho del espejo de agua de 120 cm y ancho del área de inundación de 44 cm, lo que refleja una capacidad limitada de almacenamiento, pero una conducción rápida y controlada del recurso hídrico. La velocidad superficial del agua es elevada (1,1 m/s), lo que coincide con la torrencialidad alta observada y la canalización del sitio (Tabla 119).

El caudal instantáneo estimado es de 135,3 litros por segundo, determinado mediante el método volumétrico. Este valor indica una disponibilidad hídrica alta para el sitio, suficiente para satisfacer demandas importantes de agua para riego, abastecimiento doméstico o industrial, gracias a la eficiencia de la infraestructura de conducción que esta siendo utilizada por usuarios de las juntas de riego. Sin embargo, la ausencia de protección natural y la impermeabilización del cauce pueden afectar la sostenibilidad del recurso, especialmente en lo referente a la recarga de acuíferos y la conservación de los ecosistemas ribereños.

Afluente occidental Quebrada Guarimayacu (UH_LP03)

En el sitio de estudio UH_LP03, ubicado en el sector Payacucho 2 de la parroquia Patate, las riberas presentan una topografía escarpada y cuentan con protección natural, lo que favorece la estabilidad del cauce, la retención de agua y la conservación del suelo. La cobertura vegetal predominante es bosque y matorral, lo que incrementa la infiltración, reduce la erosión y amortigua el impacto de la escorrentía superficial, contribuyendo a mantener la calidad y la disponibilidad del recurso hídrico en la zona.

La pendiente del cauce es medianamente accidentada (7-12%), lo que favorece un flujo dinámico y una moderada capacidad de arrastre de sedimentos. A pesar de la torrencialidad alta observada, el agua es clara y no se detectaron sedimentos suspendidos, lo que indica que la vegetación de ribera y la composición del lecho actúan eficazmente como filtro natural, manteniendo el agua limpia y reduciendo la carga de sólidos en suspensión. La composición del fondo del cauce está constituida por grava, rocas pequeñas, arena y raíces, con presencia de hojarasca, lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos, aunque limita la retención superficial de agua.

Las dimensiones del cauce son moderadas: la profundidad es de 17 cm, el ancho del espejo de agua es de 150 cm y el ancho del área de inundación alcanza los 210 cm, lo que refleja una capacidad aceptable para conducir agua, especialmente durante eventos de precipitación. La velocidad superficial del agua es de 0,45 m/s, lo que corresponde a un flujo constante y relativamente rápido, aunque no excesivamente intenso (Tabla 120).

El caudal instantáneo estimado es de 37,8 litros por segundo, determinado mediante el método volumétrico. Este valor indica una disponibilidad hídrica moderada a alta para el sitio, suficiente para abastecer pequeños sistemas de riego, abastecimiento doméstico o para mantener ecosistemas acuáticos, aunque podría ser insuficiente frente a demandas mayores o en períodos de sequía. En conjunto, el sitio UH_LP03 presenta condiciones favorables para la protección natural del cauce favoreciendo la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua (Tabla 121).

Tabla 120. Estimación de caudal instantáneo de la quebrada Guarimayacu, unidad hidrográfica Leito.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_LP03	
	Velocidad:
	$V = \text{Largo de sección} / \text{tiempo}$
	$V = 3 \text{ m} / 6,7 \text{ s}$
	$V = 0,45 \text{ m/s}$
	Área seccional:
	$A = (a + b) / 2 \times h$
	$A = 0,084 \text{ m}^2$
	Caudal
	$Q = V / A$
	$Q = (0,45 \text{ m/s}) (0,084 \text{ m}^2)$
	$Q = 0,0378 \text{ m}^3/\text{s}$
	Q = 37,8 litros/segundo

Tabla 121. Caudales estimados en la unidad hidrográfica Leito.

Unidad hidrográfica Leito					
Código	Coordenadas (UTM)		Caudal estimado l/s	Caudal específico l/s/Km ²	Método utilizado
	Este	Norte			
UH_LP01	782761	9854845	7,5	0,88	Volumétrico
UH_LP02	781397	9853560	135,3	15,96	Flotador
UH_LP03	782614	9854950	37,8	4,46	Flotador

El punto muestreado en la parroquia Patate sector Las Perlas UH_LP02; tiene un caudal aproximado de 135,3 litros por segundo. Se utiliza este cuerpo de agua para riego y abrevaderos. Se observó que alrededor del punto inspeccionado existen actividades de ganadería y agricultura (invernaderos). Así mismo, existen caseríos que no cuentan con alcantarillado para el agua servidas.

El otro punto muestreado en el sector Leito Payacucho 2 UH_LP03; con un caudal estimado de 37,8 litros por segundo, se utiliza para riego y abrevaderos. En cuanto al punto muestreado en Payacucho Chico UH_LP01; su caudal estimado es de 7,5 litros por segundo, aguas abajo es utilizado para riego y abrevaderos. En este sitio existen algunos cuerpos de agua que aguas abajo se unen al punto UH_LP02, se observó el avance de la frontera agropecuaria, la tala el bosque para implementar cultivos de maíz y pasto para el ganado sin considera que el terreno tiene fuertes pendientes y la aptitud del suelo es para protección y conservación.

Parámetros hidrológicos de calidad de agua

En la siguiente tabla (Tabla 122) se presenta el índice de calidad de agua de los sitios de muestreo de la unidad hidrográfica Leito, aplicando el modelo (NSF) de la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos.

Tabla 122. Índice de calidad de agua de la UH Leito

Unidad hidrográfica Leito				
Muestra UH_LP01				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	8,13	83	0,11	9,13
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	10,7	49	0,1	4,9
Fosfatos	3,33	20	0,1	2
Temperatura	2	82	0,1	8,2
Turbidez	<0,80	99	0,08	7,92
STD	214	69	0,07	4,83
Oxígeno disuelto	94,8	95	0,17	16,15
				76,65
Muestra UH_LP02				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	220	35	0,16	5,6
Potencial Hidrógeno	8,18	83	0,11	9,13
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	10,8	50	0,1	5
Fosfatos	1,9	29	0,1	2,9
Temperatura	5	72	0,1	7,2
Turbidez	<0,80	99	0,08	7,92

STD	226	71	0,07	4,97
Oxígeno disuelto	93,8	94	0,17	15,98
				67,5
Muestra UH_LP03				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,44	93	0,11	10,23
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,6	82	0,1	8,2
Fosfatos	<1,63	32	0,1	3,2
Temperatura	4	75	0,1	7,5
Turbidez	<0,80	99	0,08	7,92
STD	176	75	0,07	5,25
Oxígeno disuelto	90,8	92	0,17	15,64
				81,46

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.
Laboratorio: LABCESTTA tecnología y calidad.

En esta unidad hidrográfica la muestra UH_LP02 analizada tuvo el parámetro microbiológico (coliformes fecales) más alto comparando con las otras muestras. Su valor fue de 220 NMP/100 ml, seguido de los nitratos con un valor de 10,8 mg/L y los sólidos disueltos totales 226 mg/L.

Las muestras UH_LP01, UH_LP02 se encuentran dentro de la clasificación “Buena” (rango 71-90), indicando que el recurso hídrico en este rango es levemente contaminado y puede abastecerse para el uso y consumo humano únicamente con purificación (Figura 134).

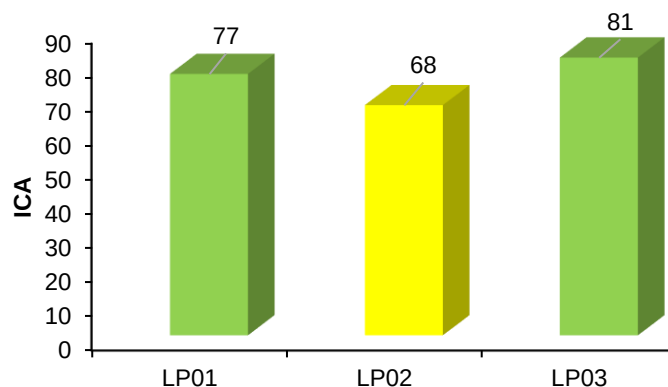


Figura 134. Variabilidad del Índice de Calidad de Agua (ICA) en los sitios de muestreo de la unidad hidrográfica Leito.

La presencia de coliformes fecales en el agua indica que existe contaminación de tipo microbiológica, provocando enfermedades intestinales en personas que la consuman. Entre las enfermedades patógenas que se transmiten por el agua contaminada, podemos mencionar la fiebre tifoidea, la gastroenteritis viral o bacteriana y la hepatitis A (Ministerios de Salud Pública, 2022).

Así mismo, los compuestos que contienen nitrógeno actúan como nutrientes en corrientes y ríos, por esta razón los fenómenos de eutrofización de lagos, pueden estar relacionados directamente con una elevada concentración de nitratos en el agua. Estos nutrientes generalmente provienen del escurrimiento de tierras agrícolas, pastos, aguas negras, detergentes y desechos de animales. Las reacciones de nitrato NO₃- en el agua dulce pueden agotar el oxígeno y, en consecuencia, mueren los organismos acuáticos.

Comparación de los resultados obtenidos de los parámetros por el método ICA-NSF con la normativa ambiental vigente y determinación de la categoría de uso de las fuentes de agua.

A continuación (Tabla 123), se muestran los Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). La comparación se realizó con la muestra analizada UH_LP02, que contiene mayor puntaje en coliformes fecales y nitritos y su clasificación "Media", se consideró los límites permisibles del agua para consumo humano.

Tabla 123. Límites máximos permisibles según el Libro VI, Anexo I. del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

Parámetros	Resultado UH_LP02	Límite máximo permisible (requieren tratamiento convencional)	Límite máximo permisible (requieren únicamente desinfección)
Coliformes Fecales	220	600 NMP/100 ml	NE
Potencial Hidrógeno	8,18	NE	NE
DBO (5días)	<2	2 mg/l	2 mg/l
Nitratos	10,8	10 mg/l	10 mg/l
Fosfatos	1,9	NE	NE
Temperatura	5	Condición Natural + o – 3	Condición Natural + o – 3
Turbidez	<0,80	100 UTN	10 UTN
STD	226	1000 mg/l	NE
Oxígeno disuelto	93,8	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l

NE=No especificado

De los parámetros analizados, los nitratos están elevados en comparación con los límites permisibles del TULSMA, los demás parámetros se encuentran dentro de los límites y para el uso de consumo humano se requiere de un tratamiento convencional o desinfección.

Los niveles de nitratos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua, se encuentra relacionado con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores, también son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten. Los nitratos no se consideran en sí tóxicos, pero la ingesta de grandes cantidades produce un efecto diurético (Molina, 2003). Dentro de la UH, existen zonas donde se realiza agricultura intensiva y se utilizan cantidades de abonos químicos, a los que se suman los abonos naturales que provienen de los excrementos animales. Estos abonos suelen contener una cantidad importante de compuestos nitrogenados, como los nitratos, que en proporciones adecuadas mejoran el crecimiento de las plantas y aumentan su rendimiento (Garzón, 2021).

Evaluar las concentraciones de nitratos en cuerpos de agua naturales asociados a zonas agrícolas es una medida preventiva, en función de que los datos obtenidos revelan que las concentraciones de nitratos en el cuerpo de agua asociado a (UH_LP02) registran valores de 10,8 mg/l el cual supera ligeramente los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental. El exceso se correlaciona directamente con prácticas de fertilización no óptimas en cultivos como el tubérculo de papa principalmente, donde se genera un excedente de la cantidad de nitrógeno/ha, cuyos residuos químicos son movilizados por escorrentía superficial durante eventos lluviosos a los cuerpos de agua. Monitorear temporalmente las fuentes específicas es un punto crítico para el monitoreo, considerando la relación entre aplicación de fertilizantes y niveles de nitratos en áreas agrícolas dentro de la zona de recarga hídrica.

Concesiones de agua por caudal en la unidad hidrográfica

Según, el sistema de información de la Autoridad Única del Agua. En la UH-Leito, hasta marzo de 2022 se emitieron 28 autorizaciones administrativas de uso y aprovechamiento de agua, de acuerdo con el Registro Público del Agua (RPA) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

El caudal autorizado total que corresponde a la unidad hidrográfica es de 371,57 litros/segundo, la principal fuente de captación del recurso hídrico son los ríos aportando 228,29 l/s y las vertientes 105,19 l/s. Los dos principales cuerpos hídrico que provee el abastecimiento total de caudal son la quebrada Payacucho con un total de 15 captaciones (312,6 l/s.) y la quebrada Manteles con 13 captaciones (58,97 l/s), (Figura 135).

La distribución de las concesiones de agua, muestra que el 81% de las autorizaciones se encuentra bajo la administración de organizaciones comunitarias constituidas legalmente como directorios, comunidades y juntas de agua; además de Gobiernos Autónomos Descentralizados que en conjunto utilizan un caudal 300,5 l/s. Las organizaciones que abarcan un caudal importante son los Directorios de Aguas de la Acequias Leito y usuarios del Ovalo del Pueblo, y Directorio de Aguas de Riego Leito. El restante, 19% de autorizaciones se encuentra distribuida entre beneficiarios individuales con un caudal de 71,07 l/s.

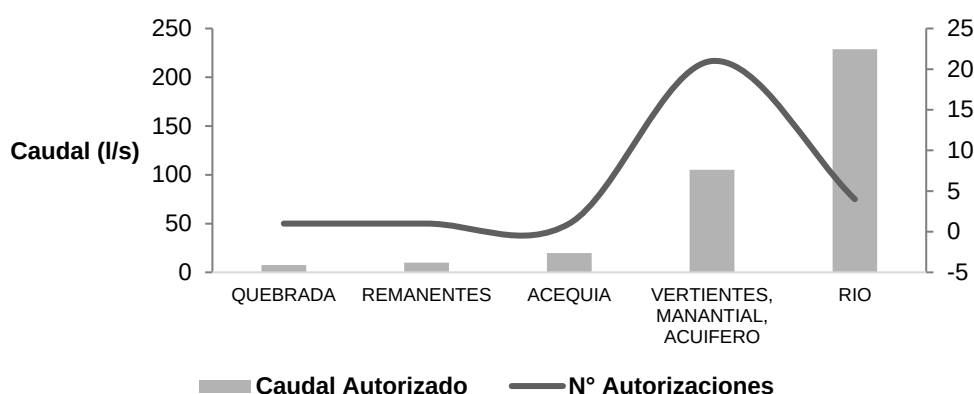


Figura 135. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica Leito.

Acorde la política de gestión de autorización de uso del agua, a partir de datos disponibles del Registro Público del Agua, se establece que dentro la unidad hidrográfica la asignación razonable de los recursos hídricos, está distribuida en cinco tipos de usos del agua. Siendo, el suministro de agua para riego agrícola el de mayor demanda de caudal que alcanza 95,32%, seguido del suministro de agua para consumo humano con 2,60% (Tabla 124).

Tabla 124. Tipos de usos y caudal de agua requerido en la unidad hidrográfica Leito.

Tipo de uso	Caudal (l/s)	%
Riego Soberanía Alimentaria	0,17	0,05
Abrevadero Soberanía Alimentaria	0,19	0,05
Acuicultura	7,35	1,98
Consumo Humano	9,66	2,60
Riego	354,19	95,32
Total:	371,57	100

Para la UH Leito, se utilizan 354,19 l/s. de agua para riego. La creciente demanda de la disponibilidad del recurso hídrico para riego refleja, que aún es deficiente, la oferta hídrica concesionada por la Autoridad Única del Agua. Según el último censo agropecuario de 2010, en Tungurahua el 95 % de las hectáreas regadas usa el riego por gravedad. Esta realidad sigue manteniéndose a lo largo del tiempo, es así; que en varios análisis técnicos han determinado que la ineficiencia detectada en los sistemas de riego por inundación y su abastecimiento por canales no revestidos provoca un gran desperdicio del agua en el sector rural.

El incremento de la demanda del agua es notable en la última década donde se han solicitado el 42% de las autorizaciones emitidas desde el año 1983, sumando un caudal considerable de 152,35 l/s. Esto, permite deducir que la mayor demanda del caudal es requerida para riego por parte de las organizaciones

comunitarias, definiendo una estructura asociativa primordial en el desarrollo estratégico de la gestión hídrica de la unidad hidrográfica.

En este contexto, se vuelve imprescindible que las Juntas de Riego asuman una corresponsabilidad activa en las acciones de conservación de los ecosistemas fuente, como el páramo, principal regulador hídrico natural. Para ello, se propone la implementación de una tasa ambiental dentro de las propias juntas, que permita financiar programas de protección y restauración ecológica, asegurando así la disponibilidad y sostenibilidad del recurso en el mediano y largo plazo.

6.2.4 Unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA)

6.2.4.1 Parámetros hidrológicos

La caracterización de la gestión del recurso hídrico de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba. De acuerdo, con el análisis de los parámetros hidrológicos a nivel de unidad hidrográfica, desde una perspectiva diagnóstica se establecen resultados que determinan aspectos como la retención de agua en el suelo, caudales instantáneos, calidad del agua y concesiones de caudal.

Porcentaje de retención de agua en el suelo

Los resultados de retención de agua en el perfil del suelo del sitio de muestreo presentan una baja variación entre las distintas capas, con porcentajes que oscilan entre 8,67% y 12,66% (Tabla 125). Esta similitud en la capacidad de retención sugiere una homogeneidad en las propiedades físico-hídricas del suelo a lo largo del perfil evaluado. Los contenidos estimados de agua retenida en el perfil varían desde 0,62 mm hasta 1,22 mm, valores que, aunque aparentemente pequeños, adquieren gran relevancia en el contexto del ecosistema de páramo, donde la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica es fundamental para mantener la provisión de agua. La mayor lámina de agua se registró a una profundidad de 30 cm, lo que indica que esta capa del suelo juega un papel clave en la retención y liberación gradual del recurso hídrico. En este sentido, la conservación y protección de los suelos del páramo, especialmente en las capas superficiales y subsuperficiales, es esencial para mantener su función reguladora del ciclo hidrológico.

El hecho de que en esta unidad hidrográfica solo se haya establecido un sitio de muestreo limita la representatividad espacial de los resultados, pero los datos obtenidos permiten inferir que, a pesar de la baja variación interna, el suelo del páramo cumple una función crítica en la retención de agua. Esta capacidad es vital para asegurar la disponibilidad de agua durante períodos secos, reducir la escorrentía superficial y prevenir la erosión, factores determinantes para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que brinda el páramo.

Tabla 125. Porcentaje de retención de agua en el suelo de la Unidad hidrográfica Toallo Alobamba

Humedad del suelo		AM1 C6
Hg (%)	(0-10 cm)	8,67
	(10-20 cm)	9,42
	(30 cm)	12,66
Da (g/cm³)	(0-10 cm)	0,71
	(10-20 cm)	0,90
	(30 cm)	0,96
Hv (%)	(0-10 cm)	6,15
	(10-20 cm)	8,48
	(30 cm)	12,15
Lámina de agua (cm)	(0-10 cm)	0,62
	(10-20 cm)	0,85
	(30 cm)	1,22
Lámina total agua	cm	2,68
	mm	26,78
	m³/ha	267,83

Hg=humedad gravimétrica, Da= densidad aparente; Hv=humedad volumétrica

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

Caudal Instantáneo disponible a lo largo del año

Quebrada Quichibi (UH_TA05)

En el sitio de estudio UH_TA05, ubicado en la parroquia Santa Rosa, las riberas presentan una topografía ondulada y cuentan con protección natural de la cobertura vegetal pajonal y pastizal, lo que contribuye a la estabilidad del cauce, reduce la erosión y favorece la infiltración del agua, ayudando a mantener la disponibilidad hídrica en el cauce. La pendiente del cauce es suave (3-7%), lo que permite un flujo moderado y constante, facilitando la conducción del agua sin generar procesos erosivos intensos.

El agua es clara y no se detectaron sedimentos suspendidos, mostrando una buena calidad. La composición del fondo del cauce está constituida principalmente por piedras medianas y pequeñas (grava), lo que facilita la infiltración y la recarga de acuíferos.

Las dimensiones del cauce son moderadas: la profundidad es de 15 cm, el ancho del espejo de agua es de 72 cm y el ancho del área de inundación alcanza los 270 cm, lo que refleja una capacidad aceptable para almacenar y conducir agua, especialmente durante eventos de precipitación. La velocidad superficial del agua es de 0,53 m/s, lo que corresponde a un flujo relativamente rápido y eficiente para un cauce de estas características (Tabla 126).

El caudal instantáneo estimado es de 28,62 litros por segundo, determinado mediante el método del flotador. Este valor indica una disponibilidad hídrica moderada, que permite satisfacer pequeñas demandas de agua para riego, abastecimiento doméstico o para mantener ecosistemas acuáticos, aunque podría ser insuficiente frente a requerimientos mayores o en períodos de sequía. En conjunto, el sitio UH_TA05 presenta condiciones favorables para la protección natural y la infiltración, con una capacidad de almacenamiento y conducción de agua que permite satisfacer diversas necesidades locales (Tabla 127).

Tabla 126. Estimación de caudal instantáneo en la quebrada Quichibi, unidad hidrográfica Toallo Alobamba.

Estimación de Caudal Instantáneo UH_TA05	
	Velocidad:
	V = Largo de sección/tiempo
	V = 2,5 m / 4,72 s
	V = 0,53 m/s
	Área seccional:
	A = (a + b)/2 x h
	A = 0,054 m ²
	Caudal
	Q = V / A
	Q = (0,53 m/s)(0,054 m ²)
	Q = 0,02862 m ³ /s
Q = 28,62 litros/segundo	

Tabla 127. Caudal estimado en la unidad hidrográfica Toallo, unidad hidrográfica Toallo Alobamba.

Unidad hidrográfica Toallo Alobamba					
Código	Coordenadas (UTM)		Caudal estimado l/s	Caudal específico l/s/Km ²	Método utilizado
	Este	Norte			
UH_TA05	753309	9849013	28,62 ²⁰	4,88	Flotador

²⁰ La estimación se realizó en el punto de descarga de la unidad hidrográfica; sin embargo, las concesiones otorgadas evidencian que el agua es captada en distintos tributarios a lo largo de la unidad. Esto significa que el caudal registrado en dicho punto, de 28 litros por segundo, corresponde únicamente al remanente después de las captaciones previas, y no representa la disponibilidad total del recurso en toda la unidad hidrográfica.

El punto muestreado se encuentra lejos de la vía y su ingreso es únicamente caminando, se observó la presencia de pastoreo de ganado y residuos sólidos, específicamente de la reparación de un canal de riego aguas abajo.

Parámetros hidrológicos de calidad de agua

En la siguiente tabla (Tabla 128) se presenta el índice de calidad de agua del sitio de muestreo UH_TA05, aplicando el modelo (NSF) de la Fundación Sanitaria Nacional de los Estados Unidos.

Tabla 128. Índice de calidad de agua de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba.

Unidad hidrográfica Toallo Alobamba Muestra UH_TA05				
Parámetros	Resultado	Valor Q	Peso relativo (Wi)	Subtotal
Coliformes Fecales	<1,8	92	0,16	14,72
Potencial Hidrógeno	7,19	90	0,11	9,9
DBO (5días)	<2	80	0,11	8,8
Nitratos	3,4	81	0,1	8,1
Fosfatos	4,52	15	0,1	1,5
Temperatura	4	75	0,1	7,5
Turbidez	6,38	87	0,08	6,96
STD	108	84	0,07	5,88
Oxígeno disuelto	96	95	0,17	16,15
				79,51

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, julio - agosto 2024.

Laboratorio: LABCESTTA tecnología y calidad.

El punto muestreado en la unidad hidrográfica Toallo Alobamba está dentro de la clasificación de calidad “Buena” (rango 71-90), indicando que el recurso hídrico en este rango es levemente contaminado y puede abastecerse para el uso y consumo humano únicamente con purificación (Vidal et al., 2018).

Concesiones de agua por caudal en la unidad hidrográfica

Según, el sistema de información de la Autoridad Única del Agua. En la UH-Toallo-Alobamba, hasta marzo de 2022 se emitieron 5 autorizaciones administrativas de uso y aprovechamiento de agua, de acuerdo con el Registro Público del Agua (RPA) del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

El caudal autorizado total que corresponde a la unidad hidrográfica es de 67,8 litros/segundo, la principal fuente de captación del recurso hídrico son las quebradas aportando con 50,4 l/s. El principal cuerpo hídrico que provee el abastecimiento total de caudal es la quebrada Quichibí (Figura 136). Otras fuentes de captación son los remanentes, las vertientes y drenajes (17,4 l/s).

La distribución de las concesiones de agua, muestra que el 80% de las autorizaciones se encuentra bajo la administración de organizaciones comunitarias constituidas legalmente como directorios, comunidades y juntas de agua; que en conjunto utilizan un caudal 54,86 l/s. Las comunidades que abarcan un caudal importante son las Comunidades de Patalo Alto, San Miguel y Chacapungo, Comunidad El Calvario y el Directorio de Aguas de La Acequia Toallo. El restante, 20 % bajo la administración de un beneficiario con un caudal de 12,42 l/s.

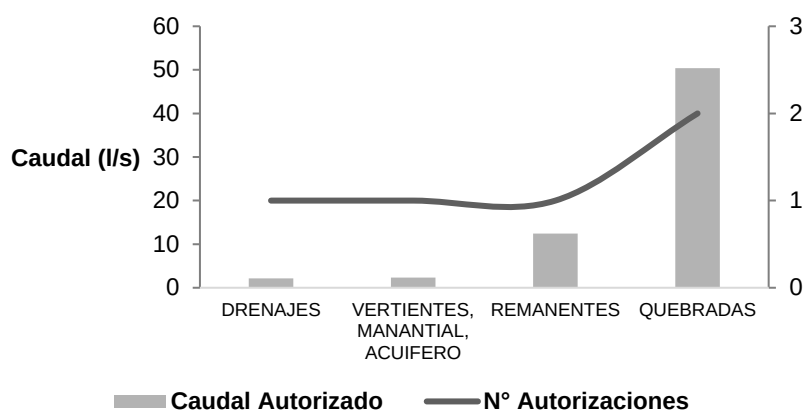


Figura 136. Caudal autorizado de las fuentes de captación del recurso hídrico de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba.

Acorde la política de gestión de autorización de uso del agua, a partir de datos disponibles del Registro Público del Agua, se establece que dentro la unidad hidrográfica la asignación razonable de los recursos hídricos, está distribuida en dos tipos de usos del agua. Siendo, el suministro de agua para riego agrícola el de mayor demanda de caudal que alcanza 87,1%, y el restante 12,9% es suministro de agua para consumo humano (Tabla 129).

Tabla 129. Tipos de usos y caudal de agua requerido de la unidad hidrográfica Toallo Alobamba.

Tipo de uso	Caudal (l/s)	%
Consumo Humano	8,66	12,9
Riego	58,62	87,1
Total:	67,28	100

Para la UH Toallo-Alobamba, se utilizan 58,62 l/s de agua para riego. La creciente demanda de la disponibilidad del recurso hídrico para riego refleja, que aún es deficiente, la oferta hídrica concesionada por la Autoridad Única del Agua. Según el último censo agropecuario de 2010, en Tungurahua el 95 % de las hectáreas regadas usa el riego por gravedad. Esta realidad sigue manteniéndose a lo largo del tiempo, es así; que en varios análisis técnicos han determinado que la ineficiencia detectada en los sistemas de riego por inundación y su abastecimiento por canales no revestidos provoca un gran desperdicio del agua en el sector rural.

El incremento de la demanda del agua es notable la última década donde se han solicitado el 69% de las autorizaciones emitidas desde 1975, sumando un caudal considerable de 46,2 l/s. Esto, permite deducir que la mayor demanda del caudal es requerida para riego por organizaciones comunitarias, definiendo una estructura asociativa primordial en el desarrollo estratégico como en actores claves para definir mecanismos de gobernanza para la gestión del agua, garantizando la protección de la unidad hidrográfica como la principal fuente abastecedora del recurso hídrico.

VII. COMPONENTE GEOGRÁFICO

7.1 INTRODUCCION

El cambio de uso de la tierra (CUT), se refiere a cambios en el uso o manejo de la tierra que pueden resultar en cambios en la cobertura terrestre, de acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change) (IPCC, 2012). Los análisis sobre la dinámica del cambio en la cobertura y uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin et al. 2001).

Para la evaluación de CUT en la unidad hidrográfica (UH), se ha propuesto el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Sensores Remotos, siendo el procedimiento más confiable el estudio de la dinámica espaciotemporal de la cobertura de la tierra, mediante clasificación de imágenes satelitales (López-Vazquez, 2015) permitiendo detectar cambios entre dos fechas de referencia, derivando la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre los páramos (Romero, 2006).

El presente análisis tuvo como objetivo realizar un análisis multitemporal para el periodo 2015-2022, utilizando Sistemas de Información Geográfica mediante sensores remotos; evaluando el cambio de uso de la tierra en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi, Toallo-Alobamba y Leito (Anexo 9).

7.2 RESULTADOS

7.2.1 Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP)

Análisis multitemporal de cobertura y uso de la tierra

En la UH Ambato-Huachi-Pelileo, durante el período comprendido entre 2015 y 2022, se registró una reducción de la cobertura de páramo del 3,81% del área total. Paralelamente, se evidenció un incremento del 3,80% en la extensión que corresponde a zonas intervenidas y representa el cambio más significativo dentro de la unidad hidrográfica. Con base, en el análisis de los patrones de cambio de uso del suelo, se considera que la principal actividad impulsora de esta transformación es la expansión de áreas agrícolas, seguida de la ganadería extensiva y en menor proporción, la infraestructura. Estas dinámicas ejercen una presión considerable sobre la cobertura vegetal nativa y comprometen la provisión de servicios ecosistémicos asociados al ecosistema de páramo.

Adicionalmente, el páramo, un ecosistema clave para la regulación hídrica y la conservación de biodiversidad, sufrió la mayor pérdida neta de superficie, con una reducción de 3.709,85 hectáreas (Tabla 130). La conversión de páramos en tierras intervenidas implica la degradación de su capacidad de almacenamiento y provisión de agua, lo que podría afectar a comunidades y ecosistemas que dependen de estos recursos. De igual manera, los bosques registraron una disminución de 226,95 hectáreas durante el periodo analizado. Esta pérdida se atribuye principalmente al avance de la intervención antrópica y, en menor proporción, a la transformación de bosques altoandinos en transiciones de páramo (160,71 ha), provocado por la tala de la cobertura arbórea, favoreciendo la aparición de la vegetación herbácea de páramo en zonas de transición bosque-paramo. Dicha reducción puede tener consecuencias significativas sobre la capacidad de captura de carbono, la estabilidad edáfica y la conservación de la biodiversidad.

La ligera similitud en la magnitud de los cambios de la cobertura vegetal bosque 0,06% y glaciar 0,05%, no significan un CUT directo entre el periodo de análisis de siete años. La estimación de cambios entre t1 (2015) y t2 (2022), basada entre las comparaciones describen las transiciones entre clases ocurridas en el territorio (Tabla 130).

Los cuerpos de agua redujeron su superficie en 91,84 hectáreas, siendo transformados principalmente en áreas de intervención antrópica. Esta disminución esta relacionada con el drenaje de algunos cuerpos de agua para usos agrícolas y la alteración de cauces naturales, lo que afecta la disponibilidad y cantidad de agua debido a la reducción del espejo de agua. En el caso de los glaciares, se registra una pérdida de 6,68 hectáreas, lo que podría estar vinculado al derretimiento por el cambio climático y al retroceso de masas de hielo, impactando los flujos hídricos de la región. En efecto, el INAMHI (2024) menciona que, el Carihuairazo (volcán que se encuentra en la zona de estudio) ha perdido su condición de glaciar, pues queda apenas un remanente de aproximadamente 1000 metros cuadrados de hielo, como resultado del estudio sobre el Retroceso del glaciar del Carihuairazo y sus implicaciones en la comunidad de Cunucyacu (Hidalgo, 2022).

Tabla 130. Matriz de transición de cambio de uso del suelo²¹ unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, periodo 2015-2022.

	Clases	Código	2022 (ha)					TOTAL	PERDIDA
			1	2	3	4	5		
			Cuerpo Agua	Intervención	Glaciar	Bosque	Páramo		
2015 (ha)	Cuerpos Agua ²²	10	132,18	10,98	0,63	79,96	0,27	224,02	91,84
	Intervención ²³	20	69,67	14.220,54	1,56	12,35	1.841,33	16.145,45	1.924,91
	Glaciar ²⁴	30	0,18	6,5	261,6	0	0	268,28	6,68
	Bosque ²⁵	40	0	109,99	0,54	1.021,56	116,42	1.248,51	226,95
	Páramo ²⁶	50	0	3.544,9	4,24	160,71	24.405,74	28.115,59	3.709,85
	TOTAL		202,03	17.892,91	268,57	1.274,58	26.363,76		46.001,85
	GANANCIA		69,85	3.672,37	6,97	253,02	1.958,02		

Nota: Diagonal principal (de arriba izquierda abajo derecha) marcada con gris, son hectareas que no cambiaron de clase y: Fuera de la diagonal, hectareas que cambiaron de clase a otra diferente.

Las cifras en negritas representan una categoría denominada “falsos cambios”, esto se debe a dos razones: conversiones entre categorías no factibles (cambio de cuerpos de agua a bosque, por ejemplo) que son producto de las inconsistencias entre las bases de datos, y criterios diferentes para tipificar a cada una de las categorías. La sumatoria de todas las celdas de falsos cambios no representa más de un tres por ciento del total por lo que no afectan las estadísticas generales y son parte del error estimado en las estadísticas. En síntesis, el esfuerzo (medido en horas/hombre y costos) para poder eludir al 100% los “falsos cambios” se incrementarían exponencialmente, mientras que los resultados generales no se modificarían en forma significativa. Por lo anterior se considera a este análisis como confiable en sus estimaciones entre 2015 y 2022.

La pérdida de páramo en la unidad hidrográfica analizada entre 2015 y 2022 ascendió al 3,81% del área total, equivalente a una tasa anual de reducción de -0,91% (Tabla 131); esta cifra supera ampliamente la tasa de pérdida anual nacional reportada, que se sitúa en torno al 0,13% según Suárez (2017). Este resultado indica que la transformación del ecosistema de páramo hacia otros usos del suelo se produce a

²¹ Confiabilidad del cambio de uso y cobertura del suelo: La medida utilizada para evaluar la calidad de la clasificación es la exactitud global, que representa el porcentaje de píxeles correctamente clasificados respecto al total de referencia y el índice Kappa que ajusta la exactitud global considerando el azar en la clasificación, y valores superiores a 0,75 se consideran muy buenos, mientras que valores entre 0,60 y 0,75 indican una concordancia moderada a buena. El presente análisis de cambio de uso, registro un porcentaje de precisión en relación a la exactitud global e índice Kappa de 0,82 (82%) lo que se considera que la clasificación tiene muy buena concordancia (80-100%)

²² Cuerpo de agua es un área que se encuentra cubierta o saturada de agua estática, natural o artificial que reposa sobre la superficie terrestre por todo o una parte del año.

²³ Intervención es el área bajo cultivo agrícola y pastos plantados, mosaicos agropecuarios. Áreas con poca o ninguna vegetación, afloramientos rocosos, otras clases que no estén incluidas en ninguna de las otras categorías.

²⁴ Glaciar es el área cubierta de nieve y hielo localizada en las cumbres andinas.

²⁵ Bosque es el área de comunidad vegetal constituida por la dominancia de árboles de diferentes especies (bosque nativo), y masas forestales establecidas como plantaciones forestales.

²⁶ Páramo es el área cubierta por vegetación herbácea y arbustos producto de un proceso biológico natural, incluye fragmentos de bosque nativo propios de la zona.

una velocidad considerablemente elevada en la UH. La comparación con el contexto nacional denota la relevancia de reforzar las acciones de conservación a nivel local para contrarrestar esta tendencia.

A nivel provincial, según Geoinformática y Sistemas (2015), la provincia de Tungurahua registró una pérdida de páramo del 9,5% entre 2000 y 2014, pasando de 49.612,5 ha a 44.915,56 ha. Aunque la escala de análisis difiere y no es posible realizar una comparación directa con los datos actuales, la información disponible sugiere que, si bien la dinámica de transformación del páramo ha disminuido moderadamente en los últimos años, persiste un patrón de cambio que demanda la implementación de medidas de manejo y protección más eficaces para garantizar la conservación del ecosistema.

Tabla 131. Tasa de cambio de uso del suelo²⁷ unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, periodo 2015-2022.

Tasa de cambio usos de suelo UH Ambato-Huachi-Pelileo, 2015-2022						
Cobertura	2015	%	2022	%	Variación	Tasa de Cambio %
Cuerpos Agua	224,02	0,49	202,03	0,44	-21,99	-1,47
Intervención	16145,45	35,10	17892,91	38,90	1747,46	1,48
Glaciar	268,28	0,58	268,57	0,58	0,29	0,02
Bosque	1248,51	2,71	1274,58	2,77	26,07	0,30
Páramo	28115,59	61,12	26363,76	57,31	-1751,83	-0,91

La tasa de cambio estimada -0,91 % indica que aproximadamente en promedio se perdió 250,26 ha de páramo cada año (Tabla 131). El creciente grado de impacto sobre el ecosistema natural, sigue siendo, por la agricultura que provoca severos procesos de fragmentación por la expansión de la frontera agrícola.

La superficie de páramo en la unidad hidrográfica AHP registró una disminución del 3,81%, siendo sustituida principalmente por la categoría “Intervención”. Este cambio refleja que el 65% del área transformada se destina a actividades agrícolas, 25% corresponde a pastizales para ganadería extensiva y el 10% restante incluye zonas degradadas por erosión (pérdida de cobertura vegetal) y expansión mínima de infraestructura.

El incremento de las áreas intervenidas con una tasa de cambio de 1,48%. Refleja que la tendencia de cambio, de páramo a intervención, sigue un patrón de aumento progresivo que demanda de tierras para el establecimiento de más zonas agropecuarias para cultivos agrícolas y pastizales para la ganadería.

El análisis de los factores próximos de conversión que afecta a los ecosistemas (páramo, bosque) muestra que, de la conversión total, estimada en 1747,46 hectáreas, casi la mitad se adjudica a la conversión de uso, la expansión de la frontera agropecuaria en pastizales para la ganadería ovina y vacuna; esta es seguida por la fragmentación de páramo debido a los incendios forestales asociados con las quemas de pajonal y la extracción de paja. En muchos lugares, la frontera agraria ha superado los 3.800 msnm., con cultivos de papas, habas, cebada y hortalizas. Esta jerarquía de los factores de conversión refleja en gran medida la situación de degradación de los páramos.

Los cambios de glaciar y cuerpos de agua no son significativos, ya que estas coberturas se mantienen estables en el periodo estudiado y las variaciones observadas son el reflejo de las condiciones ambientales que presentan las imágenes del satélite Landsat. El mapa del análisis multitemporal (Figura 137), muestra la transición de los cambios geográficos registrados en siete años. Demostrando que el páramo, es el principal ecosistema que sigue experimentando cambios significativos en la disminución progresiva de su superficie. La presión hacia el páramo constituye un problema de vital importancia, dado que los habitantes de Tungurahua dependen del páramo para garantizar la disponibilidad de la cantidad y calidad del agua.

²⁷ Diferencia entre conceptos: Tasa de cambio de uso de suelo mide la velocidad del cambio de uso de suelo sea en porcentaje o hectáreas en determinado tiempo. Pérdida de una clase de uso de suelo mide cuánta área ha sido transformada de una clase a otra durante un período específico. Ej. Si un páramo pierde 500 ha durante 5 años, la pérdida de la clase es 500 ha y la tasa de cambio de uso de suelo corresponde a 100/ha/año, es decir, es una cantidad anual de la pérdida total del páramo (500 ha).

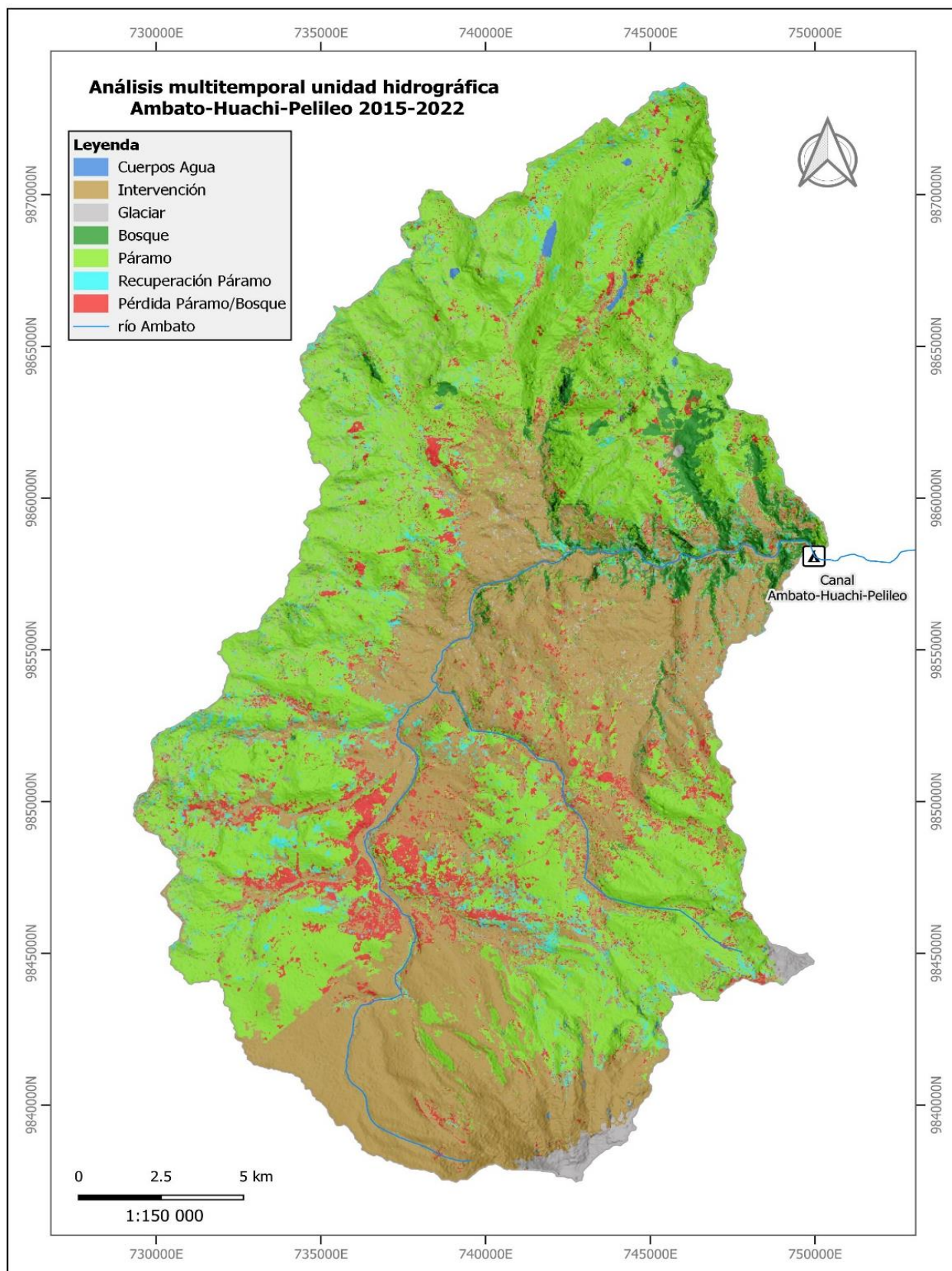


Figura 137. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, periodo 2015-2022. Superficie de paramo año 2015 (28115,59 ha) y año 2022 (26363,76 ha).

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cía. Ltda, 2024-2025.

7.2.2 Unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH)

Análisis multitemporal de cobertura y uso de la tierra

En la UH Mocha-Huachi, entre 2015 (t1) y 2022 (t2), se observó una pérdida del 10,67% de la cobertura de páramo. Así, como el incremento de las zonas de la cobertura de Intervención con el 9,54% del área total de la UH, siendo estos CUT los que representan los cambios más significativos de la unidad hidrográfica. El páramo, un ecosistema fundamental para la regulación hídrica, sufrió la mayor pérdida neta de superficie, con una reducción de 1.707,53 hectáreas (Tabla 132). Esto implica una degradación importante en su capacidad de almacenamiento y provisión de agua, lo que podría repercutir en la disponibilidad del recurso hídrico para las poblaciones y ecosistemas dependientes. El bosque, por su parte, perdió 91,06 hectáreas (Tabla 132), principalmente debido a la conversión hacia áreas intervenidas. El predominio de la transformación de los ecosistemas naturales (páramo, bosque) a zonas antropicas se relacionan mayormente con la expansión de áreas destinadas a pastos y pajonales degradados por actividades de ganadería extensiva y en menor proporción para la expansión de zonas agrícolas.

El análisis de cambios en la cobertura vegetal entre 2015 (t1) y 2022 (t2) muestra una tendencia de transformación del paisaje, con fluctuaciones en la superficie de los distintos ecosistemas. El bosque, a diferencia de otros ecosistemas, presenta un leve incremento del 1,12% (Tabla 132). Este crecimiento sugiere procesos de regeneración natural, reforestación o una menor presión de conversión a otras coberturas. Sin embargo, este aumento es moderado y no compensa las pérdidas de otros ecosistemas claves.

Por otro lado, los cuerpos de agua y los glaciares no reflejan un cambio de uso del suelo (CUT) directo en este periodo de siete años. Esto indica que su superficie se ha mantenido relativamente estable, sin transiciones significativas a otras clases de cobertura. Sin embargo, esto no significa que estos ecosistemas estén exentos de amenazas, ya que factores como el cambio climático y la intervención humana pueden generar impactos en su estructura y función a largo plazo.

La comparación entre t1 (2015) y t2 (2022) describe las transiciones ocurridas entre las distintas coberturas del territorio, lo que permite evidenciar patrones de cambio y posibles presiones sobre el ambiente. La expansión de la intervención antrópica en detrimento del páramo y el bosque es una de las transiciones más relevantes, sugiriendo una intensificación del uso del suelo. Este fenómeno puede estar relacionado con la expansión agropecuaria, el crecimiento urbano o cambios en la gestión territorial.

Tabla 132. Matriz de transición de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Mocha-Huachi, periodo 2015-2022.

	Clases	Código	2022 (ha)					TOTAL	PERDIDA
			1	2	3	4	5		
			Cuerpo Agua	Intervención	Glaciar	Bosque	Paramo		
2015 (ha)	Cuerpos Agua	10	29,13	0,00	0,00	0,00	0,00	29,13	0,00
	Intervención	20	0	3940,39	0,00	25,82	391,27	4357,47	417,09
	Glaciar	30	0,27		617,87	0,00	0,00	618,14	0,27
	Bosque	40	0	90,97	0,09	743,74	0,00	834,80	91,06
	Páramo	50	0	1503,61	0,00	203,92	4791,37	6498,90	1707,53
	TOTAL		29,4	5534,97	617,96	973,47	5182,64		12338,45
	GANANCIA		0,27	1594,58	0,09	229,73	391,27		

El análisis multitemporal reveló una reducción del 10,67 % (-1.316,26 ha) en la cobertura de páramo durante el periodo 2015-2022, equivalente a una tasa anual de pérdida del -3,18 % (Tabla 133). Este valor supera la tasa de pérdida anual nacional reportada (0,13 %; Suárez, 2017), lo que evidencia una presión antropogénica alta en la UH. La tasa de cambio anual (-3,18 %) implica una pérdida promedio de 188,03 ha/año de la clase páramo, ecosistema que esta siendo reemplazado predominantemente por la clase intervención. El análisis de cambio de usos del suelo muestra que 85 % corresponde a conversión para

ganadería extensiva y 15 % se asocia a agricultura y áreas degradadas por procesos erosivos. La pérdida de vegetación herbácea y arbustiva del páramo, ha provocado la exposición del suelo a procesos erosivos hídricos/eólicos, la reducción de la capacidad de regeneración natural y la fragmentación del paisaje. Siendo los principales promotores del cambio de uso las prácticas ganaderas no sostenibles (sobrepastoreo), débil manejo integrado de fincas colindantes y la expansión no regulada de la frontera agropecuaria.

Tabla 133. Tasa de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Mocha-Huachi, periodo 2015-2022.

Tasa de cambio usos de suelo UH Mocha-Huachi, 2015-2022						
Cobertura	2015	%	2022	%	Variación	Tasa de Cambio %
Cuerpos Agua	29,13	0,24	29,40	0,24	0,27	0,13
Intervención	4357,47	35,32	5534,97	44,86	1177,50	3,48
Glaciar	618,14	5,01	617,96	5,01	-0,18	0,00
Bosque	834,80	6,77	973,47	7,89	138,67	2,22
Páramo	6498,90	52,67	5182,64	42,00	-1316,26	-3,18

Las tendencias de cambio de uso, de los páramos hacia áreas intervenidas, siguen un patrón de incremento progresivo. Convirtiéndose en zonas agropecuarias caracterizadas por áreas de pastizales y áreas degradadas con procesos erosivos del suelo.

El análisis multitemporal reveló una reducción del 10,67 % (-1.316,26 ha) en la cobertura de páramo durante el periodo 2015-2022, equivalente a una tasa anual de pérdida del -3,18 % (Tabla 133). Este valor supera la tasa de pérdida anual nacional reportada (0,13 %; Suárez, 2017), lo que evidencia una presión antropogénica alta en la UH. La tasa de cambio anual (-3,18 %) implica una pérdida promedio de 188,03 ha/año de la clase páramo, ecosistema que esta siendo reemplazado predominantemente por la clase intervención.

El análisis de cambio de usos del suelo muestra que 85 % corresponde a conversión para ganadería extensiva y 15 % se asocia a agricultura y áreas degradadas por procesos erosivos. La pérdida de vegetación herbácea y arbustiva del páramo, ha provocado la exposición del suelo a procesos erosivos hídricos/eólicos, la reducción de la capacidad de regeneración natural y la fragmentación del paisaje. Siendo los principales promotores del cambio de uso las prácticas ganaderas no sostenibles (sobrepastoreo), débil manejo integrado de fincas colindantes y la expansión no regulada de la frontera agropecuaria (Figura 138).

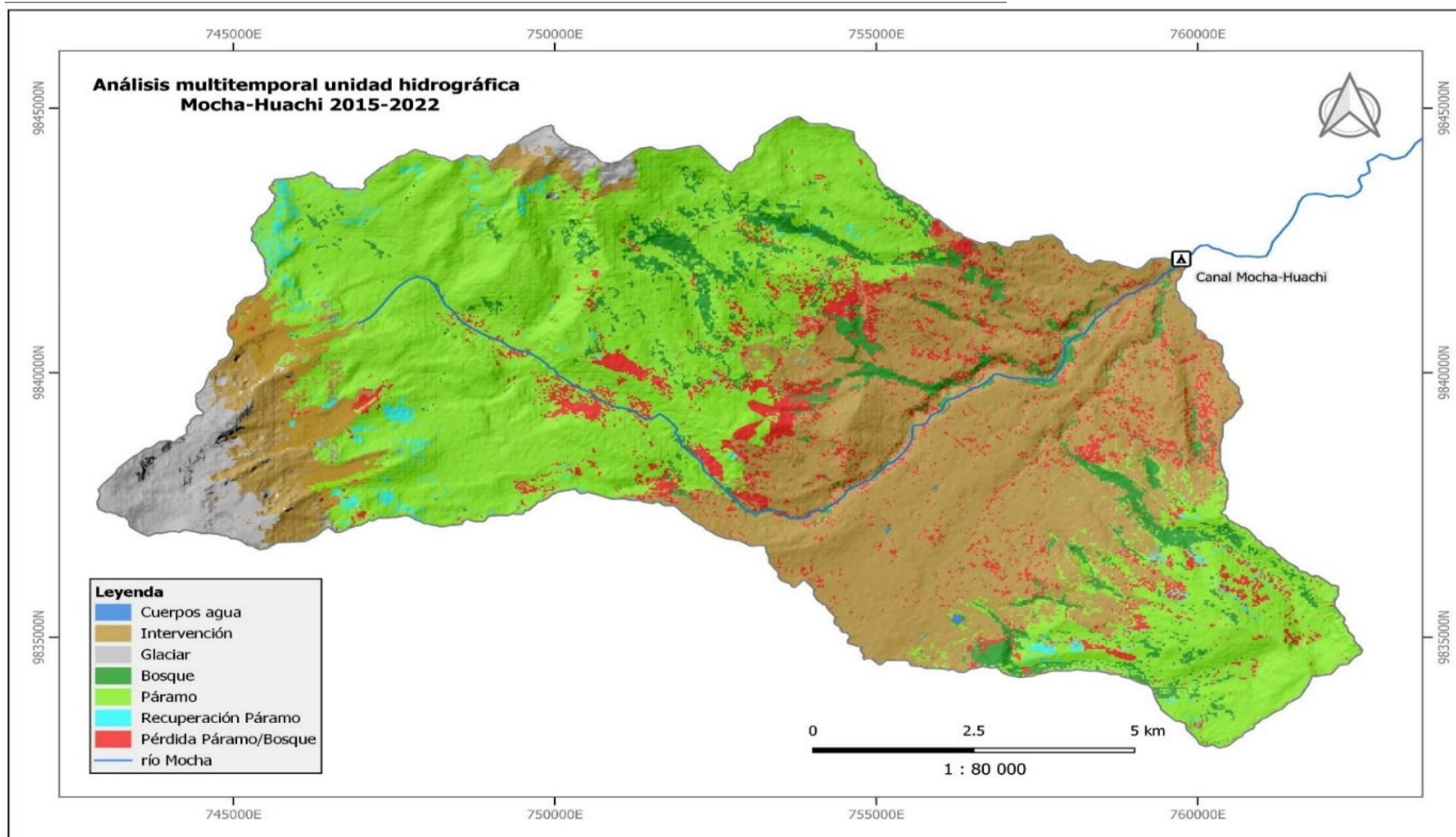


Figura 138. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Mocha-Huachi., periodo 2015-2022. Superficie de páramo año 2015 (6498,90 ha) y año 2022 (5182,64 ha).

Fuente: Investigaciones Forestales Inforestsur Cia. Ltda, 2024-2025

7.2.3 Unidad hidrográfica Toallo-Alobamba (TA)

Análisis multitemporal de cobertura y uso de la tierra

En la UH Toallo-Alobamba el análisis de la transición de coberturas entre 2015 y 2022 refleja cambios significativos en la distribución de los ecosistemas, con una notable conversión del páramo y el bosque hacia zonas de intervención antrópica.

En Toallo-Alobamba, entre 2015 (t1) y 2022 (t2), se observó una pérdida del 9,01 % de la cobertura páramo y 2,19% de bosque. Así, como el incremento de las zonas de la cobertura de intervención con el 11,20 % del área total de la UH, siendo estos CUT los que representan los cambios más significativos de la unidad hidrográfica.

El páramo, con una pérdida de 95,85 hectáreas, fue la cobertura más afectada. La mayor parte de esta superficie se transformó en tierras de intervención antrópica (58,46 ha) y en bosque (37,39 ha) (Tabla 134). Esto sugiere un cambio en el uso del suelo que podría estar relacionado con la expansión agropecuaria y la regeneración parcial de áreas boscosas. Sin embargo, esta transformación puede implicar la degradación del ecosistema de páramo, afectando su capacidad de retención de agua y su biodiversidad.

Por otro lado, el bosque sufrió una pérdida de 52,28 hectáreas, principalmente debido a su conversión en zonas intervenidas (16,92 ha) y páramo (35,36 ha) (Tabla 134). Sin embargo, se observa una ganancia neta de 39,44 hectáreas, lo que sugiere un proceso de regeneración natural o reforestación en ciertas áreas. Esto podría deberse a iniciativas de conservación o al abandono de tierras previamente intervenidas, permitiendo la recuperación de la cobertura arbórea.

La intervención antrópica, con una ganancia de 75,38 hectáreas, es la cobertura que más se expandió, principalmente a costa del páramo y el bosque. Esto indica un proceso de transformación del paisaje impulsado por la actividad humana, lo que puede generar impactos en la disponibilidad de recursos naturales y la estabilidad ecológica de la región.

Los cambios de la clase cuerpos de agua, no presenta un CUT. Así, mismo la clase glaciar no está presente en la unidad de análisis. La estimación de cambios entre t1 (2015) y t2 (2022), basada entre las comparaciones describen las transiciones entre clases ocurridas en el territorio (Tabla 134).

Tabla 134. Matriz de transición uso del suelo unidad hidrográfica Toallo-Alobamba, periodo 2015-2022.

	Clases	Código	2022 (ha)					TOTAL	PERDIDA
			1	2	3	4	5		
			Cuerpo Agua	Intervención	Glaciar	Bosque	Paramo		
2015 (ha)	Cuerpos Agua	10	0	0,00	0	0	0	0	0
	Intervención	20	0	36,03	0	2,05	7,65	45,73	9,69
	Glaciar	30	0	0	0	0	0	0	0
	Bosque	40	0	16,92	0	34,97	35,36	87,25	52,28
	Páramo	50	0	58,46	0	37,39	357,49	453,34	95,85
	TOTAL		0	111,41	0	74,41	400,50		
	GANANCIA		0	75,38	0	39,44	43,01	586,32	

La pérdida de páramo entre 2015-2022, fue de aproximadamente 9,01% (-52,84 ha) con una tasa anual de pérdida del ecosistema de -1,75%. Cifras, que superan a la tasa de pérdida anual nacional de 0,13% (Suárez, 2017). En cambio, el bosque perdió el 2,19 % de su superficie, (-12,84 ha) con una tasa de cambio de -2,25% (Tabla 135).

La tasa de cambio estimada para el páramo -1,75 % refiere que aproximadamente en promedio se perdió 7,54 ha de páramo cada año. Por otro lado, el bosque con una tasa de cambio de -2,25% perdió 1,83 ha/año.

Tabla 135. Tasa de cambio del periodo t1 (2015) y t2 (2022) en la unidad hidrográfica Toallo-Alobamba.

Tasa de cambio usos de suelo UH Toallo-Alobamba, 2015-2022						
Cobertura	2015	%	2022	%	Variación	Tasa de Cambio %
Cuerpos Agua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Intervención	45,73	7,80	111,41	19,00	65,68	13,57
Glaciar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bosque	87,25	14,88	74,41	12,69	-12,84	-2,25
Páramo	453,34	77,32	400,50	68,31	-52,84	-1,75

Se evidencia que para el periodo 2015-2022, las clases que presentan la tasa de cambios más representativos son el bosque -2,25%, y páramo -1,75 % (Tabla 135). Cifras que reflejan el creciente grado de impacto notable sobre estos ecosistemas naturales, que están en continua transición de degradación y fragmentación debido a cambios por procesos erosivos.

La reducción del páramo pasa a ser ocupada por la cobertura intervención y bosque, denotando una transición natural de parches aislados de regeneración de vegetación herbácea y arbustiva. Además, se han incrementado zonas degradadas por procesos erosivos evidenciando áreas sin cobertura vegetal.

Las tendencias de cambio, considerando la clase intervención, siguen un patrón de incremento progresivo. Es la CUT de mayor proporción de incremento de superficie con 11,20%, del área total. Alcanzando una tasa de cambio de 13,57 %, lo que significa que aproximadamente 9,38 ha/año se convirtieron en áreas intervenidas.

El mapa del análisis multitemporal (Figura 139), muestra la transición de los cambios geográficos registrados en siete años 2015-2022. Demostrando la dinámica de transición del territorio, siendo el páramo y el bosque los ecosistemas que enfrentan cambios en la disminución progresiva de su superficie.

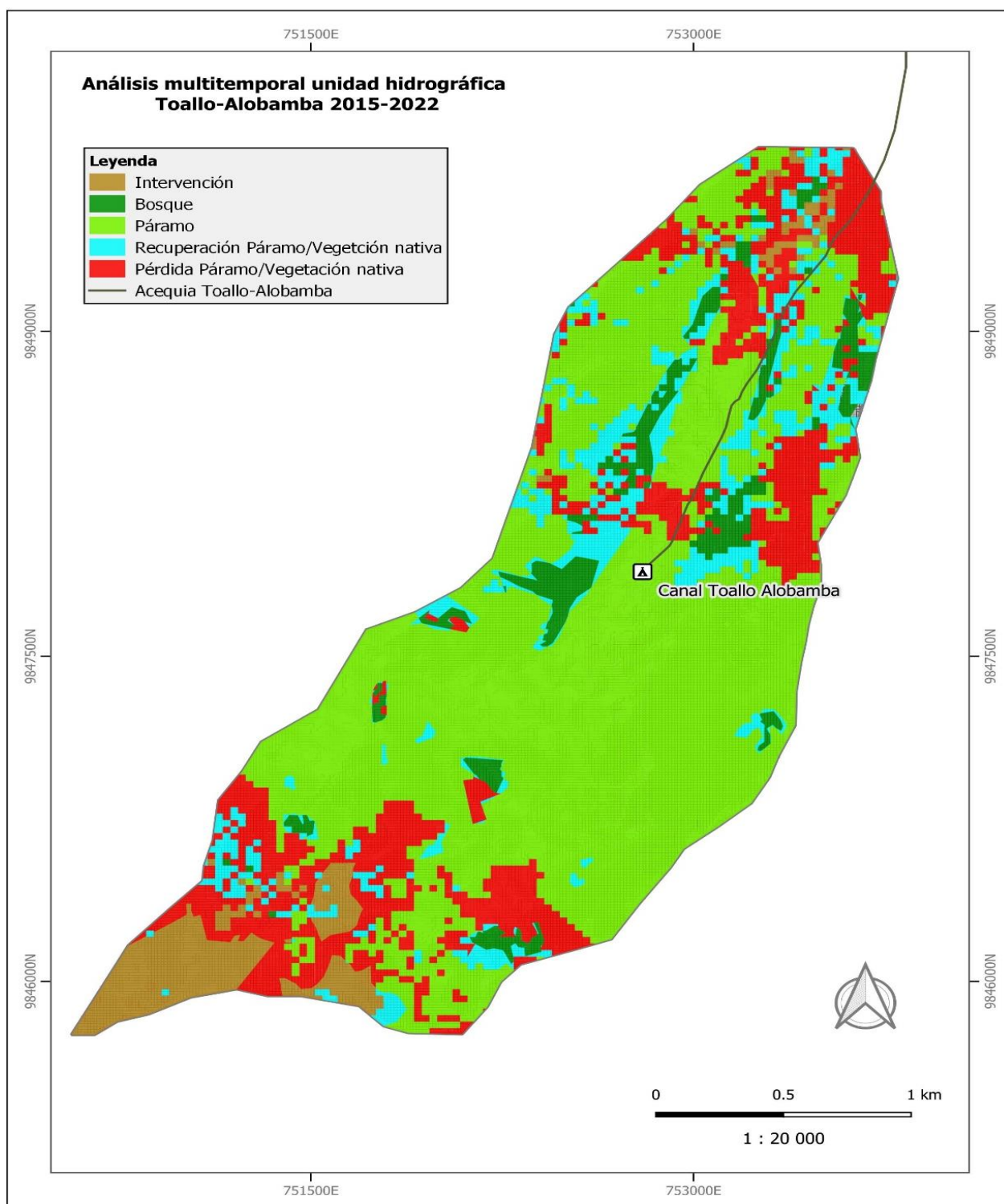


Figura 139. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Toallo-Alobamba, periodo 2015-2022. Superficie de páramo año 2015 (453,54 ha) y año 2022 (400,50 ha).
Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, 2024-2025.

7.2.4 Unidad hidrográfica Leito

Análisis multitemporal de cobertura y uso de la tierra

En la UH Leito, entre 2015 (t1) y 2022 (t2), se observó una pérdida del 2,16% de la cobertura bosque. Así, como el incremento de las zonas de la cobertura de Intervención con el 2,11% del área total de la UH, siendo estos CUT los que representan los cambios más significativos de la unidad hidrográfica. Esta expansión ha ocurrido a expensas del bosque (46,29 ha) y en menor medida de otras coberturas, lo que evidencia una presión sobre los ecosistemas naturales debido a actividades humanas como la agricultura, la ganadería y el desarrollo urbano.

El bosque, por su parte, ha perdido 46,46 hectáreas, reflejando una degradación en su cobertura. A pesar de esta pérdida, también ha mostrado una leve recuperación con una ganancia de 28,11 hectáreas, lo que podría indicar procesos de regeneración natural o reforestación en ciertas áreas. Sin embargo, la conversión de bosque en zonas intervenidas sugiere que los ecosistemas forestales están siendo transformados por el avance de la actividad humana. Los cambios de la cobertura vegetal páramo presenta un leve incremento de 0,05%, y la clase cuerpos de agua, no presenta un CUT entre el periodo de análisis de siete años. La estimación de cambios entre t1 (2015) y t2 (2022), basada entre las comparaciones describen las transiciones entre clases ocurridas en el territorio (Tabla 136).

Tabla 136. Matriz de transición uso del suelo unidad hidrográfica Leito, periodo 2015-2022.

	Clases	Código	2022 (ha)					TOTAL	PERDIDA
			1	2	3	4	5		
			Cuerpo Agua	Intervención	Glaciar	Bosque	Paramo		
2015 (ha)	Cuerpos Agua	10	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
	Intervención	20	0,00	485,568	0,00	28,109	0,292	513,97	28,40
	Glaciar	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
	Bosque	40	0,00	46,294	0	285,821	0,161	332,27	46,46
	Páramo	50	0,02	0,03	0,00	0,00	1,34	1,39	0,05
	TOTAL		0,19	531,89	0,00	313,93	1,79	847,80	
	GANANCIA		0,02	46,32	0,00	28,11	0,45		

La pérdida de bosque entre 2015-2022, fue de aproximadamente 2,16% (-18,35 ha) con una tasa anual de pérdida del ecosistema de -0,81%. En cambio, el páramo se mantiene sin cambios significativos, conservando su ecosistema intacto, sin embargo, registra un incremento marginal, que obedece al efecto del análisis espectral (Tabla 137).

La tasa de cambio estimada para el bosque es de -0,81% anual, lo que equivale a una pérdida promedio de aproximadamente 2,62 hectáreas de bosque por año. Es importante destacar que esta tasa es ligeramente superior a la tasa nacional promedio de -0,66% anual reportada por el MAATE (2022). Sin embargo, al analizar la superficie total del área de estudio, la conversión de uso del suelo no resultasignificativamente alta, dado que la mayor parte del territorio está destinada a actividades agropecuarias.

Tabla 137. Tasa de cambio de uso del suelo unidad hidrográfica Leito, periodo 2015-2022.

Tasa de cambio usos de suelo UH Leito, 2015-2022						
Cobertura	2015	%	2022	%	Variación	Tasa de Cambio %
Cuerpos Agua	0,17	0,02	0,19	0,02	0,02	1,53
Intervención	513,97	60,62	531,89	62,74	17,92	0,49
Glaciar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bosque	332,28	39,19	313,93	37,03	-18,35	-0,81
Páramo	1,39	0,16	1,79	0,21	0,40	3,72

En referencia al periodo 2015-2022, la tasa de cambio del bosque -0,81%, refleja la creciente pérdida de bosques, la disminución de estas áreas está sometido a fuertes procesos de fragmentación por la expansión de la frontera agrícola principalmente derivada para el aumento de áreas de pastizales.

El incremento de cambio, hacia áreas de la clase Intervención, 0,49% mantiene una tasa de cambio con una tendencia creciente. Esta conversión de uso se incrementó en 2,11%, del área total, provocando el mayor factor de presión sobre el bosque y la vegetación arbustiva.

El mapa del análisis multitemporal (Figura 140), muestra la transición de los cambios geográficos registrados en siete años 2015-2022. Demostrando que el bosque, es el principal ecosistema que sigue experimentando cambios significativos en la disminución progresiva de su superficie.

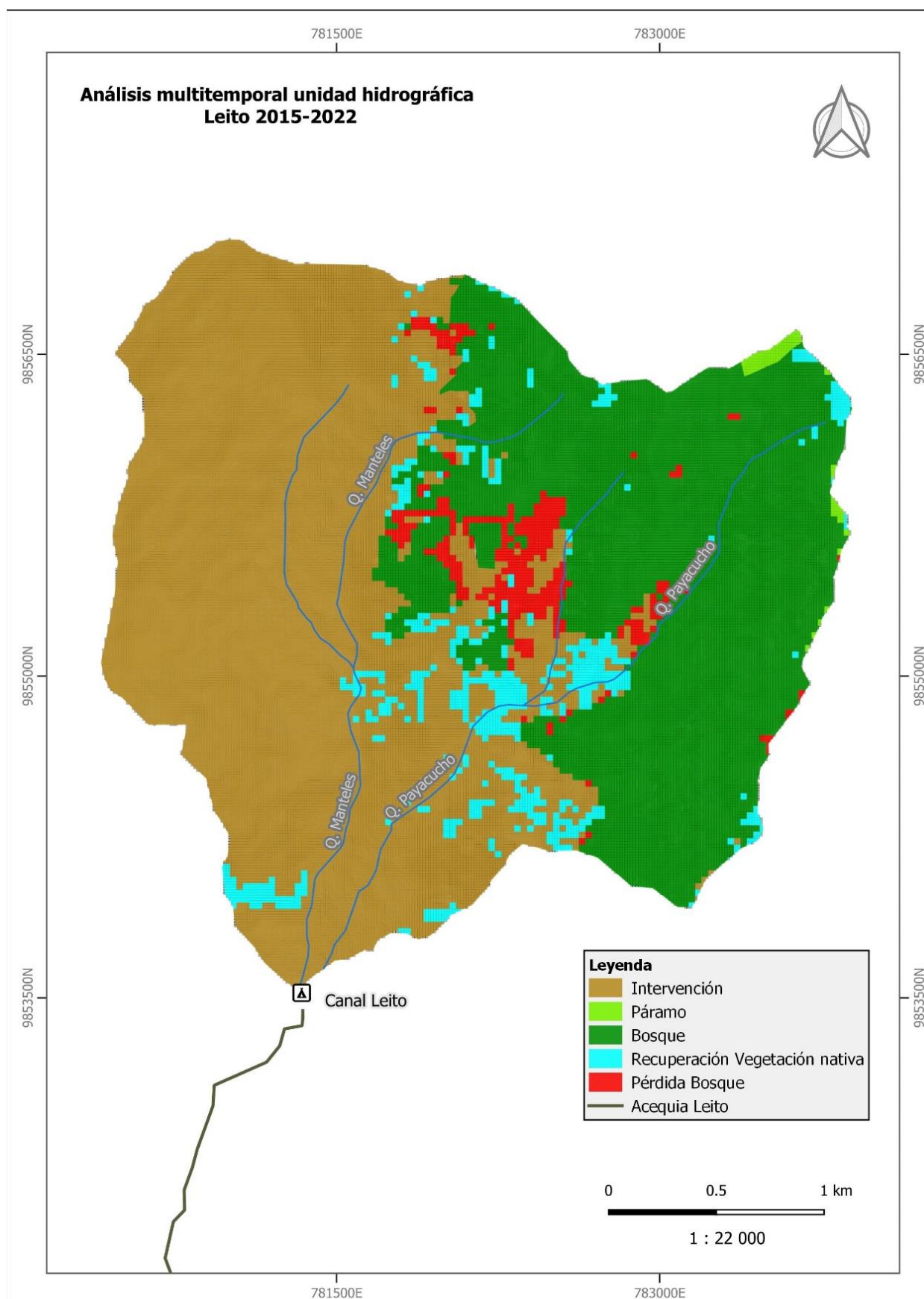


Figura 140. Cambio de uso de la tierra mediante análisis multitemporal de la unidad hidrográfica Leito, periodo 2015-2022. Superficie de bosque año 2015 (332,27 ha) y año 2022 (313,93 ha).

Fuente: Investigaciones Forestales Inforesur Cia. Ltda, 2024-2025.

VIII. EVALUACIÓN

8.1 INTRODUCCIÓN

En Ecuador, los páramos son ecosistemas (semi) húmedos y fríos que forman un corredor casi intacto a lo largo de la Cordillera de los Andes, por encima del límite superior del bosque (aproximadamente 3,000-3,500 metros sobre el nivel del mar) y el inicio de las nieves perpetuas (aproximadamente 4,500-5,000 metros sobre el nivel del mar). Este ecosistema se caracteriza por sus condiciones climáticas extremas, como temperaturas bajas, alta radiación solar, precipitaciones frecuentes y vientos intensos. Además, estos ecosistemas poseen una rica biodiversidad, siendo considerados los de alta montaña más diversos del mundo (Smith y Cleef, 1988). Además de sus atributos biológicos, los páramos son valorados por sus características geográficas, en especial por su papel como reguladores hídricos. Este atributo es clave para las grandes ciudades andinas, que dependen del agua de páramo para su consumo, generación eléctrica y riego agrícola. Por ejemplo: en la sierra centro de Ecuador, el agua proveniente del páramo que sustenta la producción de alimentos. El suelo del páramo también es crucial. Su componente orgánico es esencial para la regulación hídrica, mientras que en zonas de origen volcánico actúa como almacén de carbono y sustento para cultivos como papas, habas y mellocos, así como para pastos ganaderos (Podwojewski y Poulenard, 2000). El paisaje del páramo, con sus volcanes imponentes, lagunas, valles y afloramientos rocosos, lo convierte en un destino atractivo para el turismo nacional e internacional (Narváez, 2001).

La diversidad del páramo no solo se refleja en su flora, fauna y paisajes, sino también en su riqueza cultural. Las comunidades indígenas, principalmente quichua hablantes, habitan estas regiones y practican una agricultura que conserva elementos tradicionales. Su cultura y modos de vida representan un legado en constante evolución, caracterizado por su dinamismo y diversidad (Ramón, 2002).

Por lo tanto, el páramo es un ecosistema de alto valor estratégico debido a sus atributos ecológicos, geográficos y socioeconómicos. Su vulnerabilidad, importancia hídrica, alto grado de endemismo, función como corredor biológico y uso humano lo convierten en una prioridad para la conservación (Hofstede, 2004). Para que los tomadores de decisiones (incluidos gobiernos, administradores de áreas protegidas y comunidades locales) puedan implementar un manejo integral y sostenible, es fundamental comprender el estado de salud de este paisaje.

El concepto de estado de salud es más amplio y dinámico que el de estado de conservación, que se centra principalmente en aspectos ecológicos. El estado de salud incluye criterios bióticos, abióticos y organizacionales, y abarca tanto atributos geo-biológicos como socioeconómicos. El enfoque del estado de salud de los ecosistemas resulta especialmente adecuado para los páramos ecuatorianos. Este enfoque integra de manera explícita las dimensiones ecológicas con los procesos sociales asociados al manejo de recursos y sus implicaciones en la salud humana (Rapport et al., 1998). A diferencia del estado de conservación, que es más estático y biológico, el estado de salud es holístico y unificador. Para evaluar este estado, es necesario definir indicadores específicos que permitan una valoración integral y práctica (Mena, 2001). En este contexto se han planteado en la presente evolución seis parámetros, 30 criterios y 142 indicadores (Anexo 10).

Objetivo

- Determinar el estado de salud de los páramos en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH), Leito y Toallo-Alobamba en Tungurahua para plantear estrategias de conservación de estas áreas.

8.2 RESULTADOS

8.2.1 Evaluación de la salud del páramo de las unidades hidrográficas

La salud de los páramos estudiados en las unidades hidrográficas presenta una salud entre “aceptable” y “buena”. En la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP) se obtuvo una valoración de 3,7 que equivale a un estado de salud bueno (Tabla 138), este resultado muestra las condiciones que presenta el páramo como una diversidad alta de flora, con especies de flora características en la estructura del páramo *Calamagrostis intermedia* (IVIs: 59%), *Azorella pedunculata* (IVIs: 24%) y *Alchemilla orbiculata* (IVIs: 12%), además predominan un paisaje de herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En cuanto a la fauna se obtuvo una diversidad media caracterizada por mamíferos de grande porte como *Puma concolor* (puma), *Tremarctos ornatus* (osos de anteojos) y *Lycalopex culpaeus* (zorro andino); aves representadas por los passeriformes como *Turdus fuscater* (mirlo grande), *Streptoprocne zonaris* (vencejo cuelliblanco) y *Diglossa humeralis* (picaflor negro) y herpetofauna como *Pristimantis unistrigatus* (Cutín de Quito) cuya sensibilidad es baja-media, es decir, se adaptan a cambios antrópicos del paisaje. La calidad del agua fue buena según el índice de calidad de agua (ICA), a pesar de que se requiere un mayor control y monitoreo sobre nutrientes presentes en el agua. También, las personas que habitan (55% entrevistados) en esta unidad hidrográfica indicaron que la salud del páramo es alta.

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH) se alcanzó una valoración de 3,4 que equivale a un estado de salud aceptable (Tabla 138), este resultado muestra las condiciones que presenta el páramo como una diversidad media de flora, con especies características en la estructura del páramo *Calamagrostis intermedia* (IVIs: 73%), *Azorella orbiculata* (IVIs: 26%) y *Azorella pedunculata* (IVIs: 10%), además predominan un paisaje de herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En cuanto a la fauna se obtuvo una diversidad media caracterizada por mamíferos de grande porte como *Odocoileus virginianus* (ciervo de cola blanca), y *Lycalopex culpaeus* (zorro andino); aves representadas por los passeriformes como *Conirostrum cinereum* (picocono conerio), *Geospizopsis unicolor* (frigilo plumizo), *Zonotrichia capensis* (Chingolo) y *Diglossa humeralis* (picaflor negro) y herpetofauna como *Pristimantis unistrigatus* (Cutín de Quito) cuya sensibilidad es baja, es decir, se han adaptado a cambios antrópicos del paisaje. Cabe indicar que esta unidad hidrográfica se identificó dos especies endémicas de herpetofauna como *Pristimantis gloria* (cutín gloria) y *Gastrotheca riobambae* (rana marsupial de Quito), además estas especies están peligro de extinción según la lista roja para Ecuador, por lo cual es imperante la conservación de los páramos para conservar estas especies. La calidad del agua fue buena según el índice de calidad de agua (ICA), a pesar de que se requiere un mayor control y monitoreo sobre nutrientes presentes en el agua. También, las personas que habitan (88% entrevistados) en esta unidad hidrográfica indicaron que la salud del páramo es media-alta.

En la unidad hidrográfica Leito y Tollo Alobamba se determinó una valoración de 3,2 que equivale a un estado de salud aceptable (Tabla 138). En la unidad hidrográfica de Leito la salud del páramo-bosque fue aceptable debido a que posee una diversidad florística alta compuesta por *Acalypha diversifolia* (9%), *Beilschmiedia costaricensis* (8%), *Erythrina edulis* (6%), *Geissanthus ecuadorensis* (5 %), *Myrsine dependens* (5%) y *Eugenia florida* (5%) con un paisaje de bosque andino y páramo. En cuanto a la fauna se obtuvo una diversidad media caracterizada por mamíferos de grande y pequeño porte como *Puma concolor* (puma), *Tremarctos ornatus* (osos de anteojos) y *Carollia perspicillata* (murciélago común de cola corta); aves representadas por los passeriformes como *Turdus fuscater* (mirlo grande) y *Zonotrichia capensis* (chingolo). Es importante indicar que en esta unidad hidrográfica se identificó dos especies endémicas de herpetofauna como *Pristimantis gloria* (cutín gloria) y *Gastrotheca riobambae* (rana marsupial de Quito), además estas especies están peligro de extinción según la lista roja para Ecuador, por lo cual es importante la conservación de los páramos para conservar estas especies cuya sensibilidad es baja-media, es decir, se adaptan a cambios antrópicos del paisaje. La calidad del agua fue buena según el índice de calidad de agua (ICA), a pesar de que se requiere un mayor control y monitoreo sobre nutrientes presentes en el agua. También, las personas que habitan (55 % entrevistados) en esta unidad hidrográfica indicaron que la salud del páramo es media.

En la unidad hidrográfica Toallo Alobamba el estado de salud aceptable se debe a que posee una diversidad florística media, dominado por familias como Asteraceae (11 *sp.*), Poaceae (5 *sp.*) y Rosaceae (4 *sp.*) y una composición florística caracterizada por *Calamagrostis intermedia* (IVIs: 88 %), *Gunnera magellanica*, *Cortaderia nitida*, y *Festuca subulifolia*. La calidad del agua fue buena según el índice de calidad de agua (ICA), a pesar de que se requiere un mayor control y monitoreo sobre nutrientes presentes en el agua. El estado de salud “muy bueno” y “bueno” del ecosistema páramo y bosque de las unidades hidrográficas en estudio se debe también a que el gobierno provincial de Tungurahua (HGPT) considera dentro de sus Planes Operativo Anuales, la conservación de los páramos, entre una de las acciones ejecutadas fue la retirada del ganado de lidia de las áreas de páramo, para fomentar la regeneración natural. Sin embargo, las quemas y el pastoreo siguen siendo una inconveniente para lograr que el ecosistema se encuentre en una ponderación de “buena”.

A pesar de estar entre aceptable y buena la salud del páramo de las unidades evaluadas, la tendencia es a la baja, especialmente debido a las amenazas de uso del suelo como el cremiento de la frontera agrícola, actividades de aganadería e infraestructura. Esto se lo evidencio con los datos de la tasa de cambio de uso del suelo indican que se ha perdido en promedio 200 ha de páramo cada año en las UH AHP y MH, y en la UH de Leito se ha perdido 7 ha de bosque cada año.

Tabla 138. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en las unidades hidrográficas, Tungurahua. Ambato-Huachi-Pelileo: AHP; Mocha-Huachi: MH; Leito; Toallo Almobamba: TA.

Nombre de la Unidad Hidrográfica	AHP	MH	Leito	TA
Criterio analizado				
Flora				
Grado de intervención	15	10	10	15
Dominancia por estratos	12	8	8	12
Densidad de cobertura	12	9	9	12
Calidad y condición del hábitat alrededor o zona de influencia	6	4	6	6
Tamaño	3	3	2	4
Fauna				
Diversidad de especies	25	25	15	10
Presencia de especies importantes	12	16	20	8
Importancia del hábitat para la fauna	12	9	9	12
Diversidad de hábitats	4	4	4	2
Fenómenos biológicos importantes que se desarrollan o pueden desarrollarse	3	2	2	3
Agua				
Parámetros físicos: temperatura, pH, dureza, color, turbidez y sólidos totales	20	20	15	20
Gases disueltos: oxígeno disuelto, bióxido de carbono, demanda biológica de oxígeno	16	12	16	16
Nutrientes: amoníaco, amonio, nitrito, sulfato, fosfato y fósforo	12	12	9	12
Coliformes (presencia o ausencia de Coliformes Fecales incluyendo <i>Escherichia coli</i>)	6	6	4	8
Otros químicos: salinidad, acidez, alcalinidad, cloruros, cloro libre y total	0	0	0	0
Suelo				
Materia orgánica	25	20	25	20
pH	4	4	4	4
Textura del suelo	9	9	9	6
Densidad aparente	6	2	2	4
Capacidad de retención de agua	5	4	4	3
Socioeconómicas				
Número de usuarios	25	25	25	15
Actividades productivas	20	20	16	16
Alteraciones y amenazas	9	12	9	12

Nombre de la Unidad Hidrográfica	AHP	MH	Leito	TA
Criterio analizado				
Valores sociales y culturales	10	10	10	10
Diversas actividades e intereses en torno al páramo	4	4	4	3
Institucionalidad - gobernanza				
Capacidades institucionales	25	25	20	20
Participación colaborativa	12	12	12	12
Acuerdos de conservación	12	9	12	6
Monitoreo y evaluación	8	8	8	6
Coordinación y cooperación intra e interinstitucional	3	3	3	2
Geográfico				
Grado de cobertura de la vegetación	15	15	10	20
Porcentaje de uso de tierras vs porcentaje de cobertura vegetal	12	12	8	16
Fragmentación dentro de la unidad hidrográfica	9	12	12	12
Perdida por clase de uso del suelo	6	6	8	8
Tasa de cambio de uso de suelo	4	2	4	3
TOTAL	381	354	334	338
Calificación en %	73	67,4	63,6	64,4
Valor de salud del páramo	3,7*	3,4	3,2	3,2

*Escala para determinar el valor del estado de salud del páramo: Muy bajo: 0 - 0,5; Bajo: 0,6 – 1,5; Regular: 1,6 – 2,5; Aceptable: 2,6 – 3,5; Bueno: 3,6 – 4,5; Excelente: 4,5 > 5.

8.2.2 Unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo (AHP)

En la unidad hidrográfica Ambato Huachi Pelileo la salud del páramo fue “buena” con un total de 381 puntos de los componentes evaluados (Tabla 139) que representa 73%. Este resultado evidencia una estructura y funcionalidad ecológica adecuada, con altos niveles de biodiversidad y una adecuada gestión institucional.

Entre los componentes mejor valorados se encuentran la fauna, destacando la diversidad de especies (25 puntos), y la calidad del suelo, especialmente por su contenido de materia orgánica (25 puntos). Asimismo, la gobernanza institucional fue calificada con la puntuación máxima en capacidades institucionales, reflejando un entorno propicio para la conservación.

La unidad también evidenció un buen manejo socioeconómico, con alta participación de usuarios y actividades productivas sostenibles. A pesar de estos resultados positivos, se identificaron aspectos que requieren seguimiento, como la calidad de agua en por la presencia de coliformes. Asimismo, el componente geografico refleja en especial el cambio de usos del suelo la cual fue estimada en -0,91 % lo cual indica que aproximadamente en promedio se perdió 250 ha de páramo cada año que pasaron principalmente a ser zonas agrícolas (65%) y ganadería de lidia (25%). En términos generales, la tendencia ecológica de AHP es positiva y estable, por lo tanto, se debe mantener las estrategias actuales de manejo, reforzando el monitoreo del componente geografico.

Tabla 139. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, Tungurahua.

Parámetro - indicador		Calificación					Valor
Flora	Índice de ponderación	1	2	3	4	5	
Grado de intervención	5			3			15
Dominancia por estratos	4			3			12
Densidad de cobertura	3				4		12
Calidad y condición del hábitat alrededor o zona de influencia	2			3			6
Tamaño	1			3			3
Valor total de la matriz							48

Parámetro - indicador							
Fauna	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Diversidad de especies	5					5	25
Presencia de especies importantes	4			3			12
Importancia del hábitat para la fauna	3				4		12
Diversidad de hábitats	2		2				4
Fenómenos biológicos importantes que se desarrollan o pueden desarrollarse	1			3			3
Valor total de la matriz							56
Parámetro - indicador							
Agua	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Parámetros físicos: temperatura, pH, dureza, color, turbidez y sólidos totales	5				4		20
Gases disueltos: oxígeno disuelto, bióxido de carbono, demanda biológica de oxígeno	4				4		16
Nutrientes: amoníaco, amonio, nitrito, sulfato, fosfato y fósforo	3				4		12
Coliformes (presencia o ausencia de Coliformes Fecales incluyendo <i>Escherichia coli</i>)	2			3			6
Otros químicos: salinidad, acidez, alcalinidad, cloruros, cloro libre y total	1						0
Valor total de la matriz							54
Parámetro - indicador							
Suelo	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Materia orgánica	5					5	25
pH	4	1					4
Textura del suelo	3			3			9
Densidad aparente	2			3			6
Capacidad de retención de agua	1					5	5
Valor total de la matriz							49
Parámetro - indicador							
Socioeconómicas	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Número de usuarios	5					5	25
Actividades productivas	4					5	20
Alteraciones y amenazas	3			3			9
Valores sociales y culturales	2					5	10
Diversas actividades e intereses en torno al páramo	1				4		4
Valor total de la matriz							68
Parámetro - indicador							
Institucionalidad - gobernanza	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Capacidades institucionales	5					5	25
Participación colaborativa	4			3			12
Acuerdos de conservación	3				4		12
Monitoreo y evaluación	2				4		8
Coordinación y cooperación intra e interinstitucional	1			3			3
Valor total de la matriz							60
Parámetro - indicador							
Geográfico	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Grado de cobertura de la vegetación	5			3			15
Porcentaje de uso de tierras vs porcentaje de cobertura vegetal	4			3			12
Fragmentación dentro de la unidad hidrográfica	3			3			9
Perdida por clase de uso del suelo	2			3			6
Tasa de cambio de uso de suelo	1				4		4
Valor total de la matriz							46
Total							381
Calificación en %							73

8.2.3 Unidad hidrográfica Mocha Huachi (MH)

En la unidad hidrográfica Mocha Huachi la salud en el páramo fue “aceptable” con un total de 354 puntos de los componentes evaluados (Tabla 140) que representa 67,4%, siendo los componentes socioeconómicos, institucional y gobernanza y fauna los que obtuvieron el mayor puntaje en la ponderación donde se destacan la diversidad biológica y la participación comunitaria.

El componente flora, con apenas 34 puntos, representa la condición más débil entre los componentes evaluados. Esta baja calificación está relacionada con un alto grado de intervención, una cobertura vegetal media y limitaciones en la calidad del hábitat circundante. La reducción en la integridad de la vegetación compromete directamente la estructura del ecosistema y su capacidad para cumplir funciones clave como la protección del suelo, la regulación del agua y el soporte para la fauna. Este resultado se corrobora con los datos obtenidos en la tasa de cambio del uso del suelo en donde se estimó -3,18% que se refiere a que aproximadamente en promedio se perdió 188 ha de páramo cada año en la UH MH. Las áreas de páramo perdidas pasaron a ser áreas para ganadería de carne y leche (85%).

Tabla 140. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, Tungurahua.

Parámetro - indicador							
Flora	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Grado de intervención	5		2				10
Dominancia por estratos	4		2				8
Densidad de cobertura	3			3			9
Calidad y condición del hábitat alrededor o zona de influencia	2		2				4
Tamaño	1			3			3
Valor total de la matriz							34
Parámetro - indicador							
Fauna	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Diversidad de especies	5					5	25
Presencia de especies importantes	4				4		16
Importancia del hábitat para la fauna	3			3			9
Diversidad de hábitats	2		2				4
Fenómenos biológicos importantes que se desarrollan o pueden desarrollarse	1		2				2
Valor total de la matriz							56
Parámetro - indicador							
Agua	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Parámetros físicos: temperatura, pH, dureza, color, turbidez y sólidos totales	5				4		20
Gases disueltos: oxígeno disuelto, bióxido de carbono, demanda biológica de oxígeno	4			3			12
Nutrientes: amoníaco, amonio, nitrito, sulfato, fosfato y fósforo	3				4		12
Coliformes (presencia o ausencia de Coliformes Fecales incluyendo <i>Escherichia coli</i>)	2			3			6
Otros químicos: salinidad, acidez, alcalinidad, cloruros, cloro libre y total	1						0
Valor total de la matriz							50
Parámetro - indicador							
Suelo	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Materia orgánica	5				4		20

pH	4	1		4
Textura del suelo	3		3	9
Densidad aparente	2	1		2
Capacidad de retención de agua	1		4	4
Valor total de la matriz				39

Parámetro - indicador						
Socioeconómicas	Índice de ponderación	Calificación				
		1	2	3	4	5
Número de usuarios	5					5
Actividades productivas	4					5
Alteraciones y amenazas	3				4	
Valores sociales y culturales	2					5
Diversas actividades e intereses en torno a páramo	1				4	
Valor total de la matriz						71

Parámetro - indicador						
Institucionalidad - gobernanza	Índice de ponderación	Calificación				
		1	2	3	4	5
Capacidades institucionales	5					5
Participación colaborativa	4			3		
Acuerdos de conservación	3			3		
Monitoreo y evaluación	2				4	
Coordinación y cooperación intra e interinstitucional	1			3		
Valor total de la matriz						57

Parámetro - indicador						
Geográfico	Índice de ponderación	Calificación				
		1	2	3	4	5
Grado de cobertura de la vegetación	5			3		
Porcentaje de uso de tierras vs porcentaje de cobertura vegetal	4			3		
Fragmentación dentro de la unidad hidrográfica	3				4	
Perdida por clase de uso del suelo	2			3		
Tasa de cambio de uso de suelo	1		2			
Valor total de la matriz						47
Total						354
Calificación en %						67,4

8.2.4 Unidad hidrográfica Leito

En la unidad hidrográfica Leito la salud del bosque-páramo fue “aceptable” con un total de 334 puntos de los componentes evaluados (Tabla 141) que representa 63,6%, siendo los componentes de socioeconómico e intencionalidad y gobernanza los que obtuvieron el mayor puntaje en la ponderación, con puntos fuertes en la presencia de especies faunísticas (oso de anteojos) y en la calidad del suelo (materia orgánica). Cabe indicar que, a pesar que la gobernanza en conjunto tiene alta puntuación, el criterio coordinación interinstitucional fue bajo.

Sin embargo, los puntajes bajos en flora (especialmente en los subcriterios de tamaño y densidad de cobertura) y aspectos del agua (como coliformes) indican una tendencia ecológica negativa o de deterioro progresivo, debido al cambio de usos del suelo estimado en -0,81 % que se refiere a que aproximadamente en promedio se perdió 7 ha de bosque cada año en la UH los cuales pasaron a ser áreas agrícolas para la producción de maíz, e invernaderos para producción de babaco, tomate entre otros. Es urgente implementar acciones correctivas integrales, enfocadas en restauración ecológica, fortalecimiento institucional y ampliación de la base de datos sobre calidad del agua.

Tabla 141. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Parámetro - indicador							
Flora	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Grado de intervención	5		2				10
Dominancia por estratos	4		2				8
Densidad de cobertura	3			3			9
Calidad y condición del hábitat alrededor o zona de influencia	2			3			6
Tamaño	1		2				2
Valor total de la matriz							35
Parámetro - indicador							
Fauna	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Diversidad de especies	5			3			15
Presencia de especies importantes	4					5	20
Importancia del hábitat para la fauna	3			3			9
Diversidad de hábitats	2		2				4
Fenómenos biológicos importantes que se desarrollan o pueden desarrollarse	1		2				2
Valor total de la matriz							50
Parámetro - indicador							
Agua	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Parámetros físicos: temperatura, pH, dureza, color, turbidez y sólidos totales	5			3			15
Gases disueltos: oxígeno disuelto, bióxido de carbono, demanda biológica de oxígeno	4				4		16
Nutrientes: amoníaco, amonio, nitrito, sulfato, fosfato y fósforo	3			3			9
Coliformes (presencia o ausencia de Coliformes Fecales incluyendo <i>Escherichia coli</i>)	2		2				4
Otros químicos: salinidad, acidez, alcalinidad, cloruros, cloro libre y total	1						0
Valor total de la matriz							44
Parámetro - indicador							
Suelo	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Materia orgánica	5					5	25
pH	4	1					4
Textura del suelo	3			3			9
Densidad aparente	2	1					2
Capacidad de retención de agua	1				4		4
Valor total de la matriz							44
Parámetro - indicador							
Socioeconómicas	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Número de usuarios	5					5	25
Actividades productivas	4				4		16
Alteraciones y amenazas	3			3			9
Valores sociales y culturales	2					5	10
Diversas actividades e intereses en torno al páramo	1				4		4
Valor total de la matriz							64
Parámetro - indicador							
Institucionalidad - gobernanza	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Capacidades institucionales	5				4		20

Participación colaborativa	4	3	12
Acuerdos de conservación	3	4	12
Monitoreo y evaluación	2	4	8
Coordinación y cooperación intra e interinstitucional	1	3	3
Valor total de la matriz			55

Parámetro - indicador							
Geográfico	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Grado de cobertura de la vegetación	5		2				10
Porcentaje de uso de tierras vs porcentaje de cobertura vegetal	4		2				8
Fragmentación dentro de la unidad hidrográfica	3				4		12
Perdida por clase de uso del suelo	2				4		8
Tasa de cambio de uso de suelo	1				4		4
Valor total de la matriz							42
Total							334
Calificación en %							63,6

8.2.5 Unidad hidrográfica Toallo Alobamba (TA)

En la unidad hidrográfica Toallo Alobamba la salud del páramo fue “aceptable” con un total de 338 puntos de los componentes evaluados (Tabla 142) que representa 64,4%, siendo los componentes de agua y socioeconómico los que obtuvieron el mayor puntaje en la ponderación, y el componente de fauna obtuvo el menor valor de puntuación, puesto refleja en especial el cambio de usos del suelo que fue estimado en -1,75 % lo cual se refiere a que aproximadamente en promedio se perdió 8 ha de páramo cada año, las cuales pasaron a ser áreas para actividades ganaderas.

Esta unidad mostró fortalezas relativas en indicadores geográficos, especialmente en el grado de cobertura vegetal y en el control de la fragmentación del paisaje. Asimismo, los parámetros físicos del agua y ciertos indicadores de fauna (como la importancia del hábitat) también fueron relativamente favorables. No obstante, se evidencian deficiencias en el componente institucional, particularmente en acuerdos de conservación, coordinación interinstitucional y monitoreo.

Tabla 142. Evaluación de los componentes de la salud del páramo en la unidad hidrográfica Toallo Alobamba, Tungurahua.

Parámetro - indicador							
Flora	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Grado de intervención	5			3			15
Dominancia por estratos	4			3			12
Densidad de cobertura	3				4		12
Calidad y condición del hábitat alrededor o zona de influencia	2			3			6
Tamaño	1				4		4
Valor total de la matriz							49
Parámetro - indicador							
Fauna	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Diversidad de especies	5		2				10
Presencia de especies importantes	4		2				8
Importancia del hábitat para la fauna	3				4		12
Diversidad de hábitats	2	1					2
Fenómenos biológicos importantes que se desarrollan o pueden desarrollarse	1			3			3

Valor total de la matriz 35

Parámetro - indicador							
Agua	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Parámetros físicos: temperatura, pH, dureza, color, turbidez y sólidos totales	5				4		20
Gases disueltos: oxígeno disuelto, bióxido de carbono, demanda biológica de oxígeno	4				4		16
Nutrientes: amoníaco, amonio, nitrito, sulfato, fosfato y fósforo	3				4		12
Coliformes (presencia o ausencia de Coliformes Fecales incluyendo <i>Escherichia coli</i>)	2				4		8
Otros químicos: salinidad, acidez, alcalinidad, cloruros, cloro libre y total	1						0
Valor total de la matriz							56

Parámetro - indicador							
Suelo	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Materia orgánica	5				4		20
pH	4	1					4
Textura del suelo	3		2				6
Densidad aparente	2		2				4
Capacidad de retención de agua	1			3			3
Valor total de la matriz							37

Parámetro - indicador							
Socioeconómicas	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Número de usuarios	5			3			15
Actividades productivas	4				4		16
Alteraciones y amenazas	3				4		12
Valores sociales y culturales	2					5	10
Diversas actividades e intereses en torno al páramo	1			3			3
Valor total de la matriz							56

Parámetro - indicador							
Institucionalidad - gobernanza	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Capacidades institucionales	5				4		20
Participación colaborativa	4			3			12
Acuerdos de conservación	3		2				6
Monitoreo y evaluación	2			3			6
Coordinación y cooperación intra e interinstitucional	1		2				2
Valor total de la matriz							46

Parámetro - indicador							
Geográfico	Índice de ponderación	Calificación					Valor
		1	2	3	4	5	
Grado de cobertura de la vegetación	5				4		20
Porcentaje de uso de tierras vs porcentaje de cobertura vegetal	4				4		16
Fragmentación dentro de la unidad hidrográfica	3				4		12
Perdida por clase de uso del suelo	2				4		8
Tasa de cambio de uso de suelo	1			3			3
Valor total de la matriz							59

Total 338

Calificación en % 64,4

IX. ESTRATEGIAS Y MONITOREO – PERMANENTE

9.1 ESTRATEGIAS

9.1.1 INTRODUCCIÓN

El Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua segunda fase (PACT II), tiene como propósito combatir la escasez del agua en la Provincia, ante las pocas posibilidades de mejorar la oferta del agua en la fuente, plantea usar el agua disponible de forma más eficiente, mediante la tecnificación del riego. El PACT II prevé, a través de la cooperación financiera con Ecuador (KfW), la implementación de dos componentes, Componente 1: La tecnificación de riego colectivo y parcelario, y Componente 2: Medidas que contribuyan a la gestión sostenible de las cuencas hidrográficas.

En el Componente 2 está previsto ejecutar un estudio de actualización del estado de salud del páramo, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego tecnificado del PACT II. Este estudio servirá como insumo, para la elaboración e implementación de un paquete de medidas de conservación y mitigación de las fuentes de agua, en los páramos.

El PACT entre sus componentes de ejecución plantea implementar “Medidas de conservación de fuentes de agua y páramos”, con la finalidad garantizar el recurso agua y asegurar la sostenibilidad de los proyectos de Tecnificación de Riego. Para el cumplimiento del componente 2 se propone el presente estudio denominado: “*Estado de Salud del Páramo, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II*”. En cumplimiento con el marco normativo vigente del Código Orgánico Ambiental, así como, en cumplimiento con los convenios y acuerdos internacionales en relación con los bosques, los ecosistemas naturales y su biodiversidad asociada.

Las zonas de recarga hídrica de las áreas de intervención de los proyectos de riego del PACT II corresponden a tres unidades hidrográficas (UH), cuyos puntos de descarga son las bocatomas del canal de riego Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Mocha-Huachi (MH) y Leito. Por lo tanto, la zona de recarga hídrica presenta un área total de 54.884,81 ha, dominada principalmente por ecosistemas de altura, entre ellos, el páramo y remanentes de bosque nativo, desde donde nacen los ríos Ambato, Mocha y Leito. Estos a su vez, alimentan los canales Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Toallo Alobamba (TA), Mocha-Huachi (MH) y Leito, que irrigan un aproximado de 5.800, 1.232 y 475 ha, respectivamente (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua [HGPT], 2016; Tamayo, 2015; HGPT, 2021).

Objetivos

General

Elaborar el Estado de Salud del Páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos del PACT II considerando aspectos biológicos, ambientales, socioeconómicos, institucionales y de gobernanza, en relación con indicadores claves.

Específicos

- Realizar un diagnóstico integral del estado de salud del páramo, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos del PACT II y su respectiva línea base.
- Identificar las principales presiones y amenazas que afectan la salud del páramo en las zonas de recarga hídrica de los proyectos del PACT II.
- Evaluar el estado de conservación y los servicios ecosistémicos proporcionados por el páramo en las zonas de recarga hídrica de las áreas de los proyectos del PACT II.
- Proponer medidas para la conservación y restauración del páramo, en las zonas de recarga hídrica de las áreas de los proyectos del PACT II.
- Diseñar un sistema de monitoreo integral de la salud del páramo en las zonas de recarga hídrica de las áreas de los proyectos del PACT II.

9.1.2 RESULTADOS

Los resultados para plantear las estrategias se la realizaron en base a la metodología de Manejo Adaptativo de Riesgo y vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). Cabe indicar que esta metodología se la aplico debido a que las diferentes instituciones y comunidad de las unidades hidrográficas en estudio conocían de esta metodología debido a los diferentes procesos de participación que se han realizado entorno de los recursos naturales en Tungurahua (Anexo 11).

9.1.2.1 UNIDAD HIDROGRÁFICA AMBATO-HUACHI-PELILEO (AHP)

Objetos de conservación

Se identificó como objeto de conservación al páramo que ocupa aproximadamente el 65% de la UH AHP, este a su vez involucra un complejo de ecosistemas terrestres que corresponden a:

- Herbazal y arbustal subnival de páramo
- Herbazal ultra húmedo subnival de páramo
- Herbazal húmedo subnival de páramo
- Herbazal inundable de páramo
- Herbazal húmedo montano alto superior del páramo
- Arbustal siempreverde y herbazal de páramo

Servicios ecosistémicos y objetos de bienestar humano

En la UH AHP se identificaron 12 servicios ecosistémicos representativos, agrupados en cuatro categorías: soporte, regulación, abastecimiento y cultural, tal y como se muestra a continuación, en la Figura 141.



Figura 141. Servicios ecosistémicos de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Los servicios ecosistémicos que ofrece el páramo contribuyen a la buena calidad de vida o bienestar humano a través del uso del agua (consumo humano y animal, riego) y especies vegetales (alimento, medicina) garantizando la seguridad alimentaria y, por ende, la salud. La preservación de los servicios ecosistémicos incrementa también la resiliencia de la UH ante amenazas climáticas como los eventos de sequía, heladas y lluvias que provocan deslizamientos de la tierra. También se consideran los servicios culturales, donde las actividades turísticas constituyen una fuente de ingresos económicos y ayudan a fortalecer la identidad cultural de las comunidades.

Red de impactos

La red de impactos de la UH AHP se construyó en base a las amenazas identificadas y validadas en los talleres, las cuales generan estreses directos al páramo, alterando su funcionalidad y disminuyendo la calidad de los servicios ecosistémicos. Cada amenaza a su vez, encuentra su origen en uno o varios factores contribuyentes que pueden actuar de manera independiente o en sinergia. Cabe mencionar que la información de la red de impactos fue contrastada con los resultados generados en diagnóstico descritos en cada uno de los componentes. La red de impactos completa y su calificación se observa en la Figura 142, mientras que cada amenaza se desarrolla juntamente con sus estreses y factores contribuyentes desde la Figuras 143 hasta la 147.

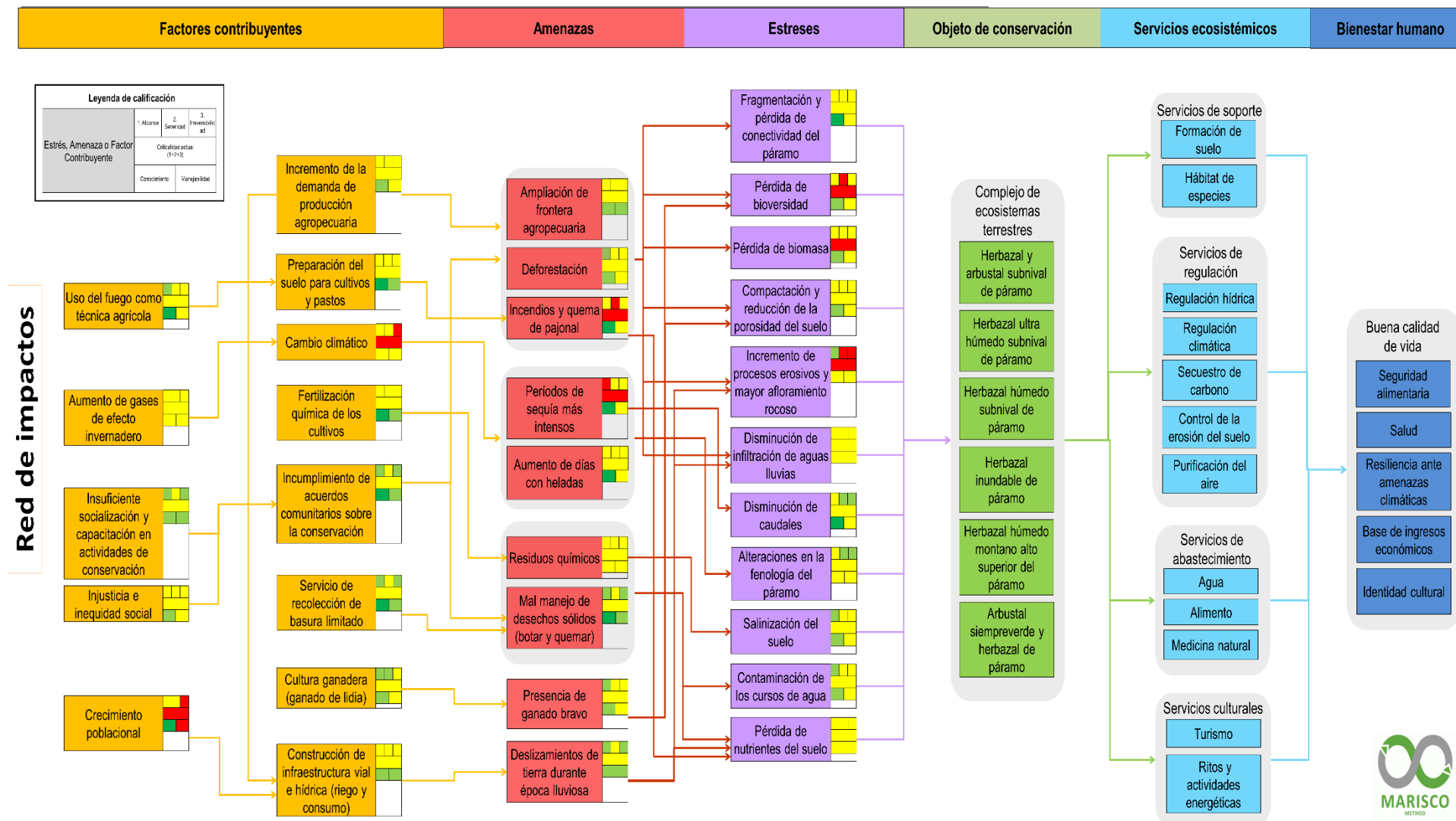


Figura 142. Red de impactos calificada en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Los elementos de la red de impactos de la UH AHP responden a 13 factores contribuyentes, 9 amenazas y 11 estreses que alteran la capacidad natural del páramo para brindar servicios ecosistémicos. Según la calificación de la criticalidad actual de las amenazas, los incendios, quema del pajonal y los períodos de sequía, son las que tienen mayor influencia sobre el estado de vulnerabilidad del páramo.

Ampliación de frontera agropecuaria, deforestación, e incendios y quema de pajonal

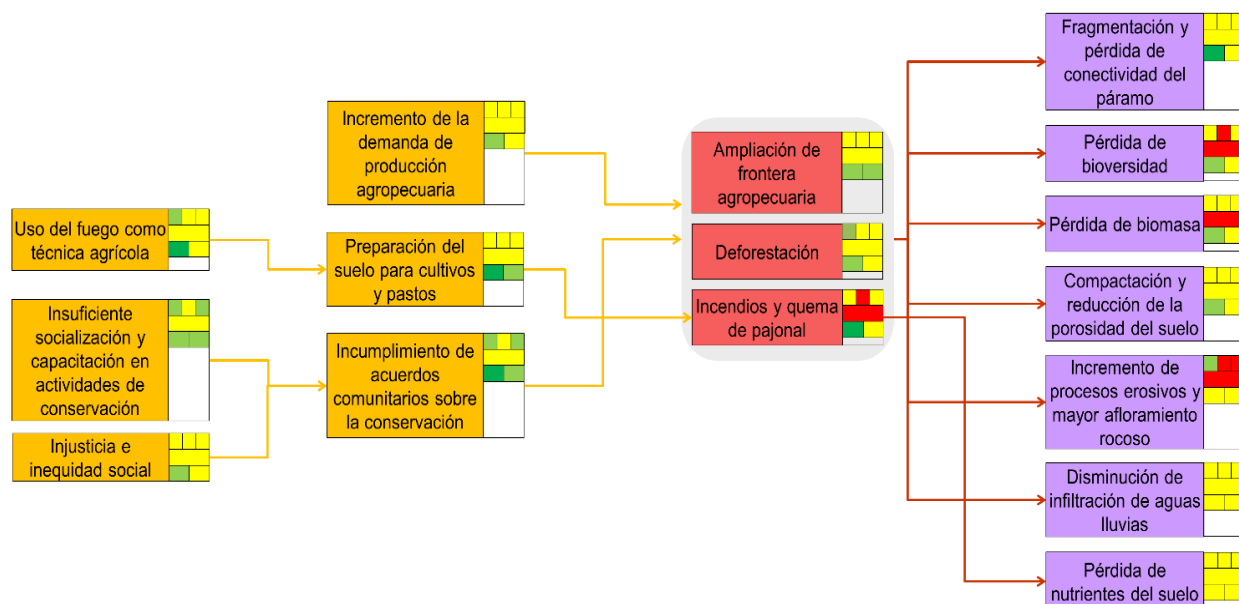


Figura 143. Cambio de uso de suelo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

El cambio de uso de suelo tiene efectos directos sobre el páramo, ya que causa la pérdida de biomasa y conectividad del paisaje, poniendo en riesgo la supervivencia de las especies. Además, al disminuirse la cobertura vegetal, el suelo es más propenso a procesos erosivos lo que genera la pérdida de nutrientes del suelo. El reemplazo de vegetación nativa por pastos para el ganado provoca la compactación del suelo y por consecuencia se disminuye la infiltración de aguas lluvias, situación que entra en sinergia con la oferta hídrica en la época seca.

Las causas fundamentales de las amenazas o factores contribuyentes en esta UH corresponden al incremento de la demanda de productos agropecuarios, por lo que ganaderos y agricultores amplían su zona de producción. Además, entre las técnicas ancestrales utilizadas para la preparación del suelo se encuentran las quemas de pajonal que varias veces han desembocado en incendios. Finalmente, el incumplimiento de los acuerdos comunitarios de conservación debido a la insatisfacción de incentivos recibidos, cambios de directivas, intereses políticos e insuficientes capacitaciones en actividades de conservación y producción sostenible, mantiene e incrementa dichas amenazas.

Períodos de sequía más intensos y aumento de días con heladas

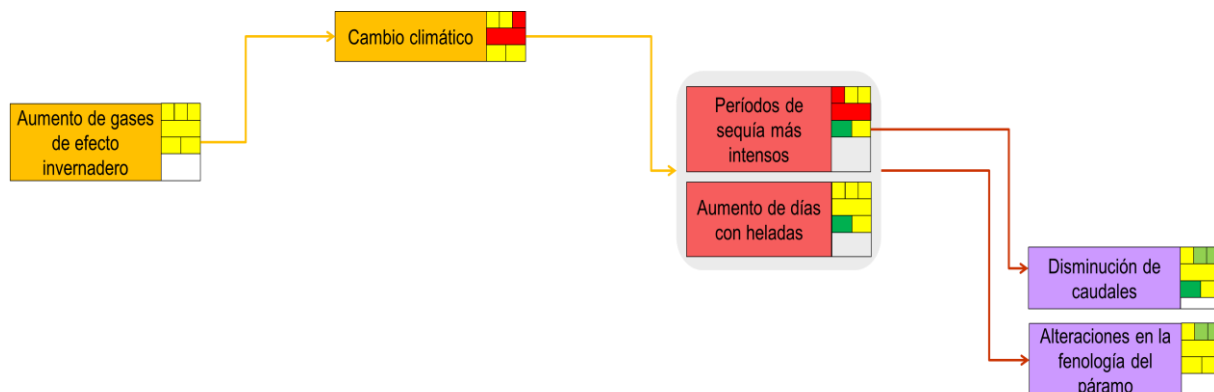


Figura 144. Variación climática en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

La variación climática en la microcuenca se traduce en períodos de sequía más intensos que alentados con el cambio de uso de suelo provocan la disminución de los caudales. Por otro lado, el aumento de días con heladas altera la fenología del páramo y genera pérdidas en la producción agrícola, como las reportadas en los cultivos de papa de los sectores El Salado y Loma Gorda de la Parroquia Pilahuín.

Los períodos de sequía, así como los días con heladas al término de afectar notablemente la producción de agua y alimentos son resultado del cambio climático, un fenómeno global, causado por las elevadas concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Residuos químicos y mal manejo de desechos sólidos

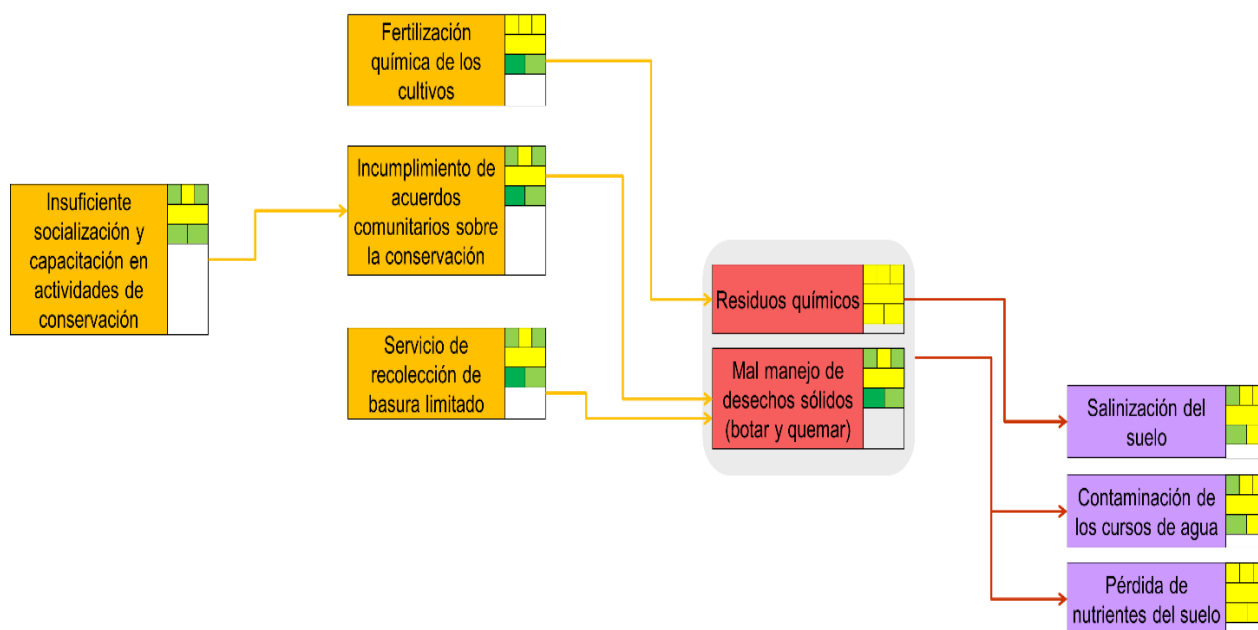


Figura 145. Contaminación en la en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Los residuos químicos, así como los desechos sólidos constituyen fuentes de contaminación que provocan la salinización del suelo y la pérdida de nutrientes, y cuando entran en contacto con el recurso hídrico pone en riesgo la seguridad alimentaria y salud de sus consumidores.

En este contexto, cabe indicar que el mal manejo de los desechos sólidos (botar y quemar) también es consecuencia de que en ciertos sectores el servicio de recolección de basura es limitado y en otros casos, la socialización y capacitación en temas ambientales es deficiente, lo que conlleva a que no se cumplan eficazmente los acuerdos comunitarios de conservación.

Además de la contaminación por desechos sólidos, también se reporta una contaminación derivada de los residuos químicos de los fertilizantes y plaguicidas en los cultivos, y del manejo inadecuado de sus envases fomentando la contaminación de fuentes de agua (ríos, vertientes, lagunas, daña la calidad del suelo y afectar la salud de animales y personas (salud integral del ecosistema). Esta contaminación es más agresiva por la naturaleza del producto y por la cantidad utilizada en la producción agrícola. En la UH AHP se encontró que solamente el 20% de los agricultores ocupan abonos orgánicos; mientras que, el 29,47% aplica fertilizantes químicos y el 50,53% restante, abonos orgánicos y fertilizantes químicos en conjunto.

Presencia de ganado bravo

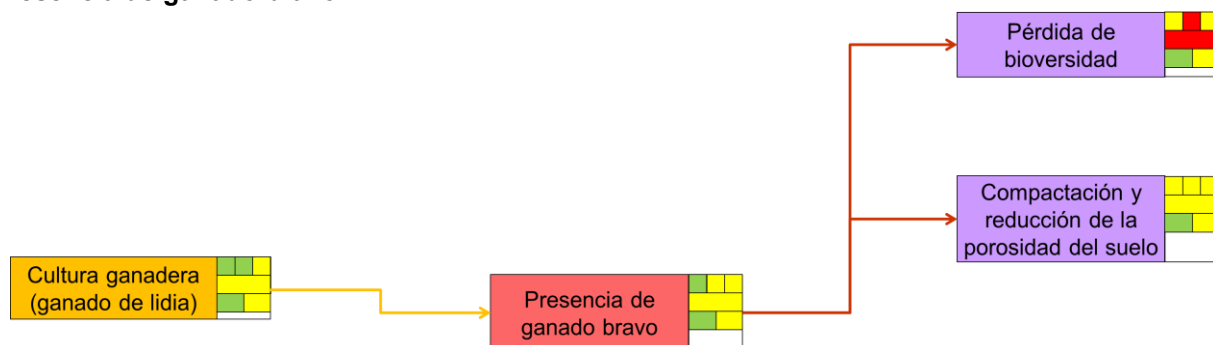


Figura 146. Impacto de ganado bravo en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

La presencia de ganado bravo o ganado de lidia en las áreas de conservación de los páramos es uno de los problemas localizados especialmente en la presa Mula Corral, antes de la captación de agua para el embalse. El ganado bravo puede generar alteraciones en el ecosistema ya que además de compactar el suelo, competirá con las especies nativas por el uso de los recursos naturales. Es importante mencionar que la ganadería de toros bravos se desarrolló en la serranía y que por los espectáculos taurinos forma parte de la cultura del país.

Deslizamientos de tierra en época lluviosa

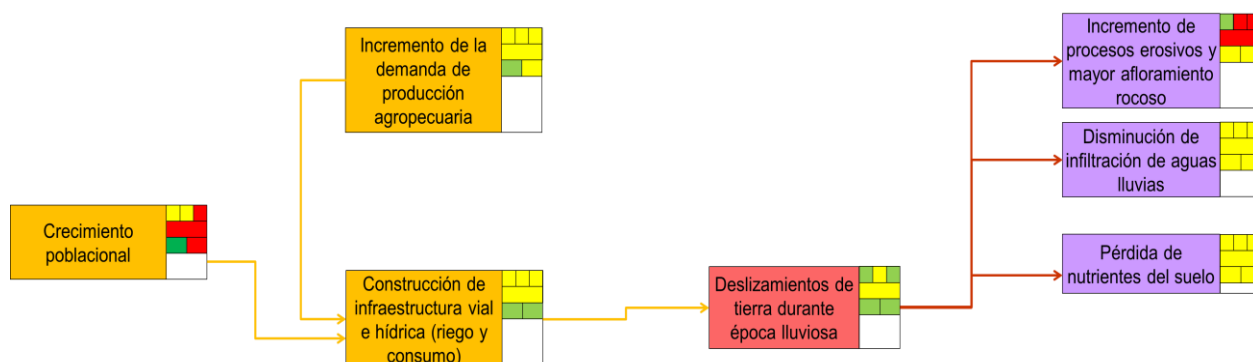


Figura 147. Deslizamientos de tierra en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Los derrumbes o deslizamientos de tierra tienen mayormente su protagonismo sobre terrenos descubiertos (sin cobertura vegetal) y con fuertes pendientes. Estos eventos aceleran los procesos erosivos del suelo y, por ende, afectan a la infiltración de aguas lluvias perdiéndose los nutrientes por la excesiva escorrentía. El principal factor contribuyente de los derrumbes es la construcción de infraestructura vial e hídrica, esta última para riego y consumo. Así mismo, la UH AHP al tratarse de una zona de producción agropecuaria, y ante la creciente demanda de alimentos, se requiere de una buena accesibilidad para la comercialización de los productos y de sistemas de riego tecnificados. Sin embargo, al no aplicarse medidas de protección del suelo en taludes, canales y sistemas de tubería, en cada época lluviosa se producen una serie de derrumbes que no solo terminan afectando el acceso a los poblados, sino que también pueden causar daño a la tubería del agua potable como sucedió en el sector de Chaqui Estancia en la parroquia Pilahuín.

Estrategias existentes y complementarias

La mitigación, control o prevención de las amenazas y por ende, de los estreses al páramo, se ha venido tratando a través de un conjunto de estrategias cuya acción puede estar ligada a una amenaza o a un factor contribuyente, o en algunos casos, a los estreses. Sin embargo, es importante resaltar que es mucho más efectivo direccionar las estrategias hacia los factores contribuyentes puesto que son las causas fundamentales de los problemas. Seguidamente, en la Tabla 143, se enlistan las estrategias existentes que las instituciones y organizaciones vinculadas con la conservación y restauración del páramo han propuesto y/o se encuentran desarrollando; y, en la Figura 148, se puede observar su zona de actividad a través de la simbología.

Tabla 143. Estrategias existentes de conservación y/o restauración en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Nº	Estrategias existentes	Encargado	Vigencia	PMP/Lugar	Símbolo
1	Acuerdos de conservación de páramos con comunidades y propietarios privados.	FMPLPT	2021	COCAP	Árboles
2	Mejora del acceso al agua de consumo humano.	FMPLPT	2021	COCAP	Llave de agua
3	Implementación de medidas de adaptación al cambio climático para asegurar la existencia del páramo con participación de las organizaciones campesinas.	DRH-HGPT	2019-2020	COCAP	Árbol + Flor
4	Apoyo al manejo y conservación del ecosistema páramo de la parroquia de Pilahuín, a través del manejo adecuado de los sitios de conservación.	DRH-HGPT	2019-2021	GAD Pilahuín	Árbol + Casa
5	Conservación del páramo privado de 150 ha de la comunidad Tamboloma y de 1050 ha de páramo comunitario de Pucará Grande, a través de actividades productivas sostenibles.	DRH-HGPT	2019-2021	Tamboloma-Pucará	Rosetas
6	Conservación del páramo comunitario de Pucará Grande, a través de actividades productivas sostenibles, en la zona de amortiguamiento.	DRH-HGPT	2020-2021	Pucará Grande	Persona escalando
7	Restauración natural de páramos y humedales, monitoreo y vigilancia comunitaria de los ecosistemas.	FMPLPT	2021	COCP	Persona escalando
8	Apoyo al fortalecimiento de las estrategias de recuperación de los humedales y de las economías familiares de la COCP, a través de estimular la producción agropecuaria en finca y apuntalar la microempresa de lácteos, bajo gestión social.	DRH-HGPT	2019-2021	COCP	Vaca
9	Gestión comunitaria de las áreas de la Reserva Ecológica de Llangahua y Pucutahua (RELP) mediante la reafirmación de los acuerdos y normas de uso, control y protección; la consolidación de las microempresas productivas y el fortalecimiento socio-organizativo para la sostenibilidad de la presa Mula Corral.	DRH-HGPT	2019-2021	Llangahua - Pucutahua	Montaña
10	Prolongación de la vida útil de la presa Mula Corral, mediante la protección de 3195 ha de páramo conservado, el fomento de actividades productivas sostenibles a nivel familiar y comunal, y el fortalecimiento de la gestión comunitaria de la Asociación Pucutahua.	DRH-HGPT	2020-2021	Pucutahua	Árbol + Flor
11	Implementación de estrategias para acelerar la restauración y recuperación ecológica del páramo y de las fuentes hídricas priorizadas por la Comuna Rumipata, mediante la gestión e integración comunitaria.	DRH-HGPT	2019-2021	Páramo Rumipata	Árboles
12	Restauración de áreas clave para garantizar la integridad del ecosistema páramo.	FMPLPT	2021	San Fernando	Casa con persona
13	Conservación del páramo de la comunidad de Tambaló, mediante la conformación de un corredor ecológico y la generación de alternativas agropecuarias que mejore la calidad de vida de las familias de la zona.	DRH-HGPT	2019-2021	San Fernando	Árbol + Flor
14	Conservación del ecosistema páramo de la comunidad La Estancia, a través de la formación de un corredor ecológico y la	DRH-HGPT	2020	Comunidad La Estancia	Árbol + Flor + Huella

	generación de alternativas agropecuarias que permita mejorar la calidad de vida de las familias de la zona.				
15	Conservación del páramo de Calamaca mediante alternativas agropecuarias en las zonas de amortiguamiento.	DRH-HGPT	2019	Comunidades de Calamaca	Árbol + Flor
16	Conservación del páramo de Calamaca Grande mediante alternativas de producción agropecuaria en las áreas de amortiguamiento.	DRH-HGPT	2020	Calamaca Grande	Árbol + Flor
17	Conservación del páramo de Santa Ana de Calamaca mediante alternativas agropecuarias en las zonas de amortiguamiento.	DRH-HGPT	2020-2021	Asociación Santa Ana de Calamaca	Árbol + Flor
18	Estatuto y reglamento interno de la Junta de Riego Ambato-Huachi-Pelileo.	Junta de Riego AHP	2017	UH-AHP	Legislación
19	Programa prevención de la contaminación de cuerpos de agua.	GADAM	2019-2023/ 2033/2050	Ambato	Árbol + Flor + Huella
20	Programa para la conservación y protección de Patrimonio Natural del cantón.	GADAM	2019-2023/ 2033/2050	Ambato	Árbol + Flor + Huella
21	Programa de Mitigación al cambio Climático.	GADAM	2019-2023/ 2033/2050	Ambato	Árbol + Flor + Huella
22	Programa de Educación Ambiental.	GADAM	2019-2023/ 2033/2050	Ambato	Árbol + Flor + Huella
23	Monitoreo hidrometeorológico.	HGPT	2019-2023	Tungurahua	Banderas
24	Política Provincial del Ecosistema Páramos.	HGPT	2019-2023	Tungurahua	Legislación

Fuente: PACT II, 2023 / PDOT GADAM, 2019-2023 / PDOT Tungurahua, 2019-2023 / SENAGUA, 2017

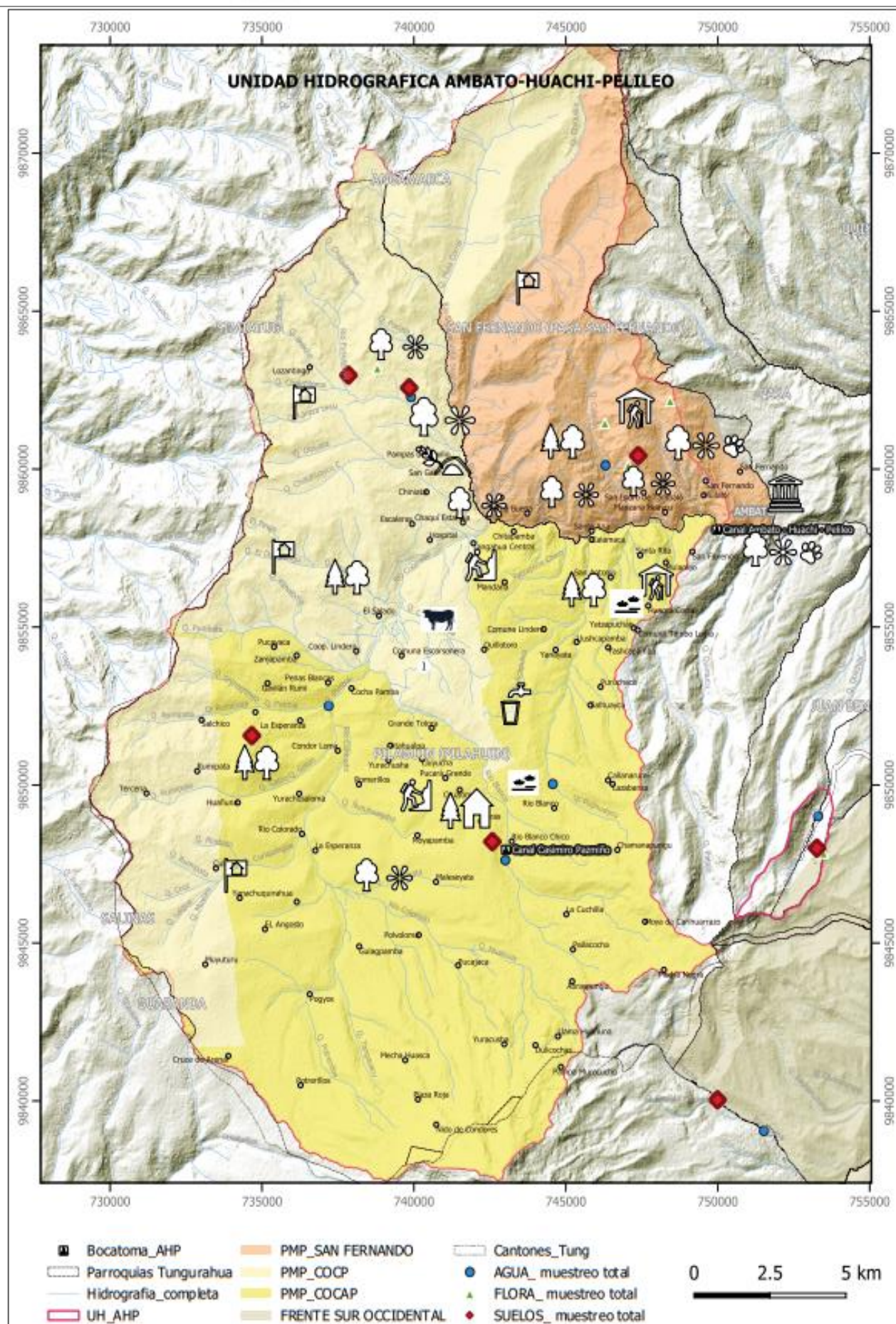


Figura 148. Zona de actividad de las estrategias existentes en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

A partir de información secundaria se encontraron 24 estrategias existentes que se enfocan en disminuir los factores contribuyentes, amenazas y estreses identificados en la UH AHP. Estas a su vez se localizan en la parte céntrica de la microcuenca, pudiendo visibilizarse las zonas que requieren mayor atención para la formulación de estrategias complementarias para fortalecer los esfuerzos de conservación y restauración de los páramos.

Con base al análisis de las estrategias existentes y a la experiencia obtenida en la aplicación de los PMP, cada subgrupo de trabajo planteó estrategias nuevas y complementarias para ayudar a minimizar los impactos que aún persisten en el páramo. Cada estrategia adquirió una calificación con la que se pudo predecir o anticipar de cierto modo su vulnerabilidad. En la siguiente matriz (Tabla 144) se observan los parámetros de viabilidad y eficacia utilizados para su evaluación, así como sus valores correspondientes.

Tabla 144. Calificación de estrategias complementarias en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Nº	Estrategia complementaria	Viabilidad			Eficacia			Total
		Nivel de aceptación de los grupos de interés relevantes	Generación de conflictos sociales, políticos e institucionales	Subtotal	Eficacia de la reducción de amenazas	Incremento directo de la funcionalidad de los objetos de biodiversidad	Subtotal	
Equipo de la OSG San Fernando								
1	Ordenanza provincial específica.	4	3	7	4	3	7	14
2	Contratación de guarda páramos.	4	4	8	3	4	7	15
3	Educación ambiental vinculada al turismo.	4	3	7	3	3	6	13
4	Regulación de convenios.	4	2	6	3	3	6	12
5	Ayuda interinstitucional para la generación de proyectos completos, viables y sostenibles.	4	4	8	4	4	8	16
6	Medidas de compensación por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).	4	4	8	4	4	8	16
Equipo de la OSG COCAP								
7	Reforma a los estatutos de juntas de riego para asignar un presupuesto para la conservación de páramos a través de proyectos sostenibles.	2	3	5	4	4	8	13
8	La municipalidad genere una ordenanza para asignar presupuesto a las comunidades como compensación por conservar el páramo.	2	2	4	4	4	8	12
9	EMAPA y EEASA eleve una ordenanza para asignar presupuesto para la conservación de los páramos de las comunidades.	1	2	3	4	4	8	11
10	MAATE, MAG y MIES apoyen dentro de sus competencias al fortalecimiento de la conservación del páramo.	3	3	6	3	4	7	13

Nº	Estrategia complementaria	Viabilidad			Eficacia			Total
		Nivel de aceptación de los grupos de interés relevantes	Generación de conflictos sociales, políticos e institucionales	Subtotal	Eficacia de la reducción de amenazas	Incremento directo de la funcionalidad de los objetos de biodiversidad	Subtotal	
11	Articular los Planes de Uso y Gestión del Suelo (PUGs) con el uso sostenible de los páramos para fortalecer emprendimientos comunitarios mediante ordenanzas.	1	2	3	4	4	8	11
12	Impulsar la restauración pasiva y aplicar técnicas solamente en áreas que lo requieran.	3	2	5	3	4	7	12
13	Monitoreo participativo para garantizar la aplicación de la normativa ambiental.	1	2	3	4	4	8	11
14	Voluntad política para el cumplimiento de los acuerdos y convenios de los PMP.	4	2	6	4	4	8	13
Equipo de las instituciones								
15	Reforzar las mesas técnicas de coordinación interinstitucional.	3	4	7	2	3	5	12
16	Políticas de incentivo para la conservación de los páramos.	3	4	7	4	4	8	15
17	Instrumentos, acuerdos y/o convenios a largo plazo para la conservación del páramo anclados a los PMP.	2	2	4	4	4	8	12

Como resultado del taller se obtuvo un total de 17 estrategias nuevas y/o complementarias a las estrategias existentes para impulsar y focalizar los esfuerzos de conservación y restauración de los páramos. Las estrategias con mayor puntaje (16 puntos) para su priorización fueron:

- Ayuda interinstitucional para la generación de proyectos completos, viables y sostenibles.
- Medidas de compensación por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante el acuerdo de pago basado en desempeño.

No obstante, las estrategias que le siguen por puntaje en cada subgrupo corresponden a:

- Políticas de incentivo para la conservación de los páramos (Institucional – 15 puntos).
- Contratación de guarda páramos (OSG San Fernando – 15 puntos).
- Ordenanza provincial específica (OSG San Fernando – 14 puntos).
- Educación ambiental vinculada al turismo (OSG San Fernando – 13 puntos).
- MAATE, MAG y MIES apoyen dentro de sus competencias al fortalecimiento de la conservación del páramo (OSG COCAP – 13 puntos).
- Voluntad política para el cumplimiento de los acuerdos y convenios de los PMP (OSG COCAP – 13 puntos).

Una vez compiladas las estrategias existentes y complementarias, estas se añadieron al modelo conceptual existente (Figura 149). De esta forma, se pudo visualizar de mejor manera a que elemento o elementos de la red de impactos pretende contrarrestar cada estrategia para propiciar la conservación del páramo y garantizar la preservación de sus servicios ecosistémicos.

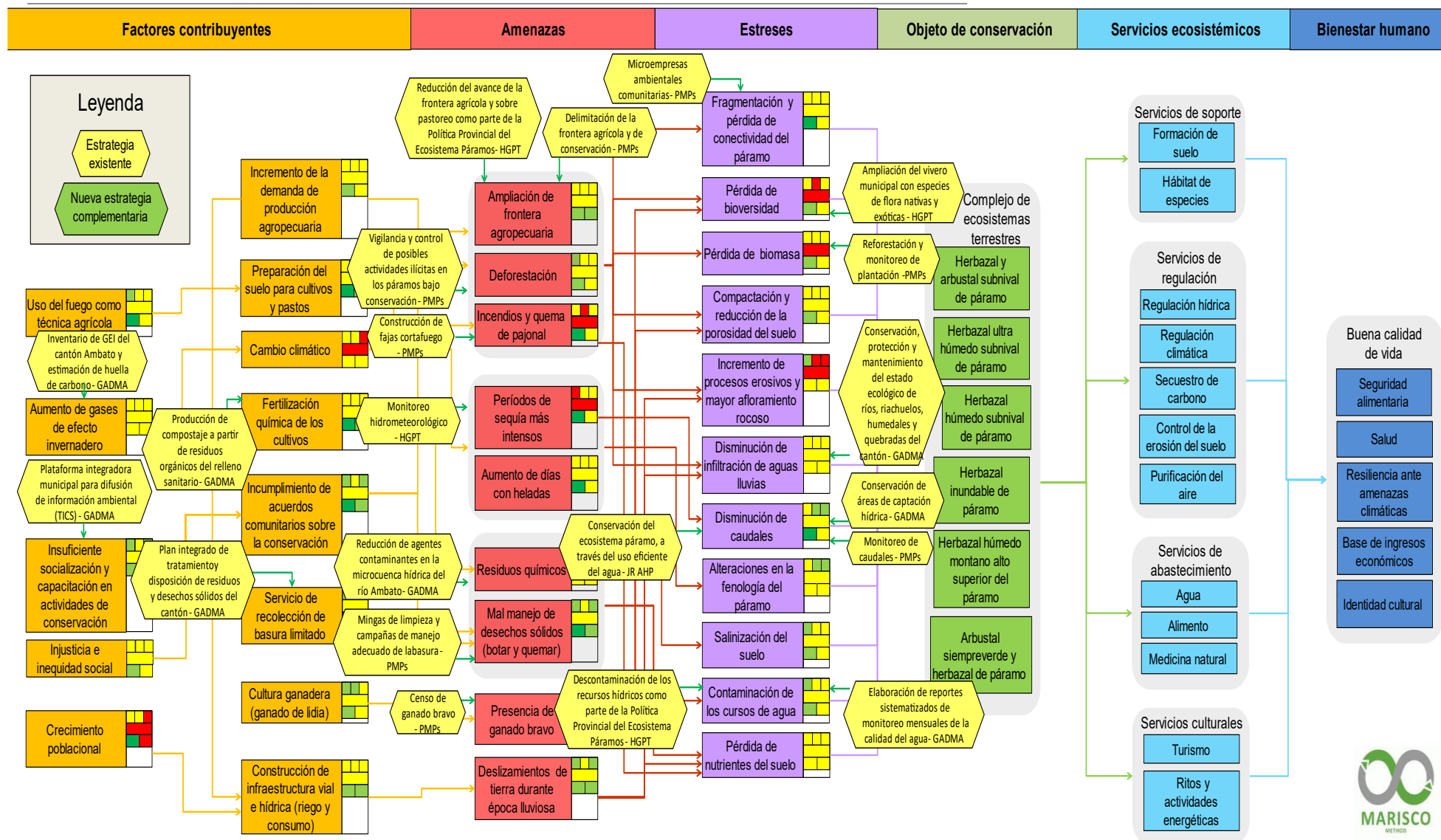


Figura 149. Estrategias existentes y complementarias en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Las estrategias existentes como las propuestas en el taller sumaron un total de 35 estrategias formuladas para controlar y disminuir el impacto de las amenazas sobre el páramo y sus servicios de soporte, regulación, abastecimiento y culturales, que en conjunto aportan a la calidad de vida de los habitantes de la UH AHP.

Red de resultados

La red de resultados comprende el planteamiento de hipótesis de cambio sobre los elementos de la red de impactos, lográndose visualizar previamente el nivel de eficacia que alcanzarían las estrategias propuestas para la conservación y/o restauración de los páramos una vez implementadas en la UH AHP. En la Figura 150 se muestra una sección de la formulación de hipótesis de cambio y en la Figura 151, la red de resultados completa con la intervención de todas las estrategias existentes y complementarias.

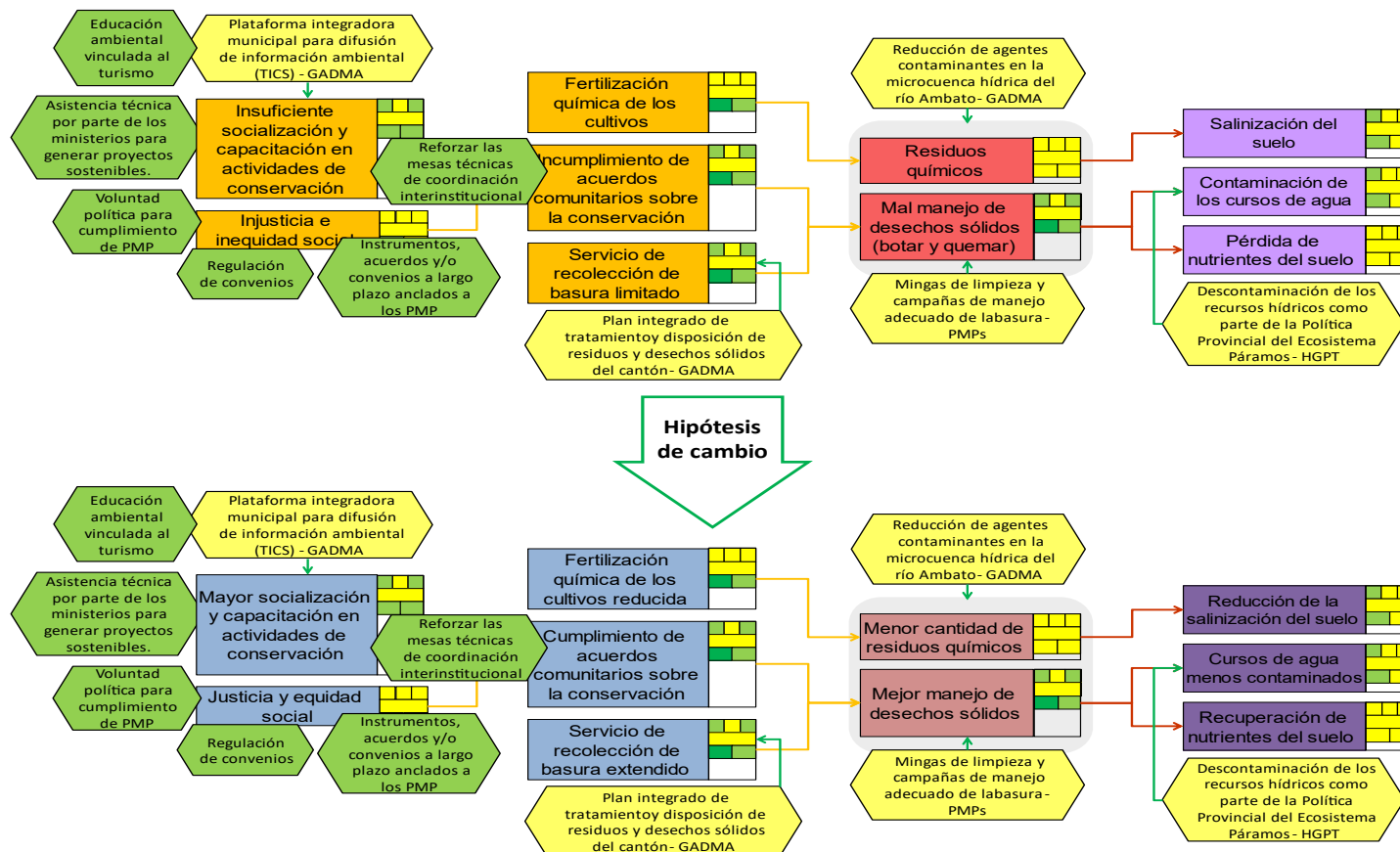


Figura 150. Formulación de hipótesis de cambio en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Las estrategias establecidas tienen como fin controlar y/o mitigar el impacto de las amenazas, por lo que una forma de representar la funcionalidad de la estrategia es generando una hipótesis de cambio sobre un elemento de la red de impactos, lo que a su vez influirá y modificará a los demás elementos que estén vinculados. De esta manera, la sinergia del ecosistema permitirá que la red de impactos se convierta en una red de resultados.

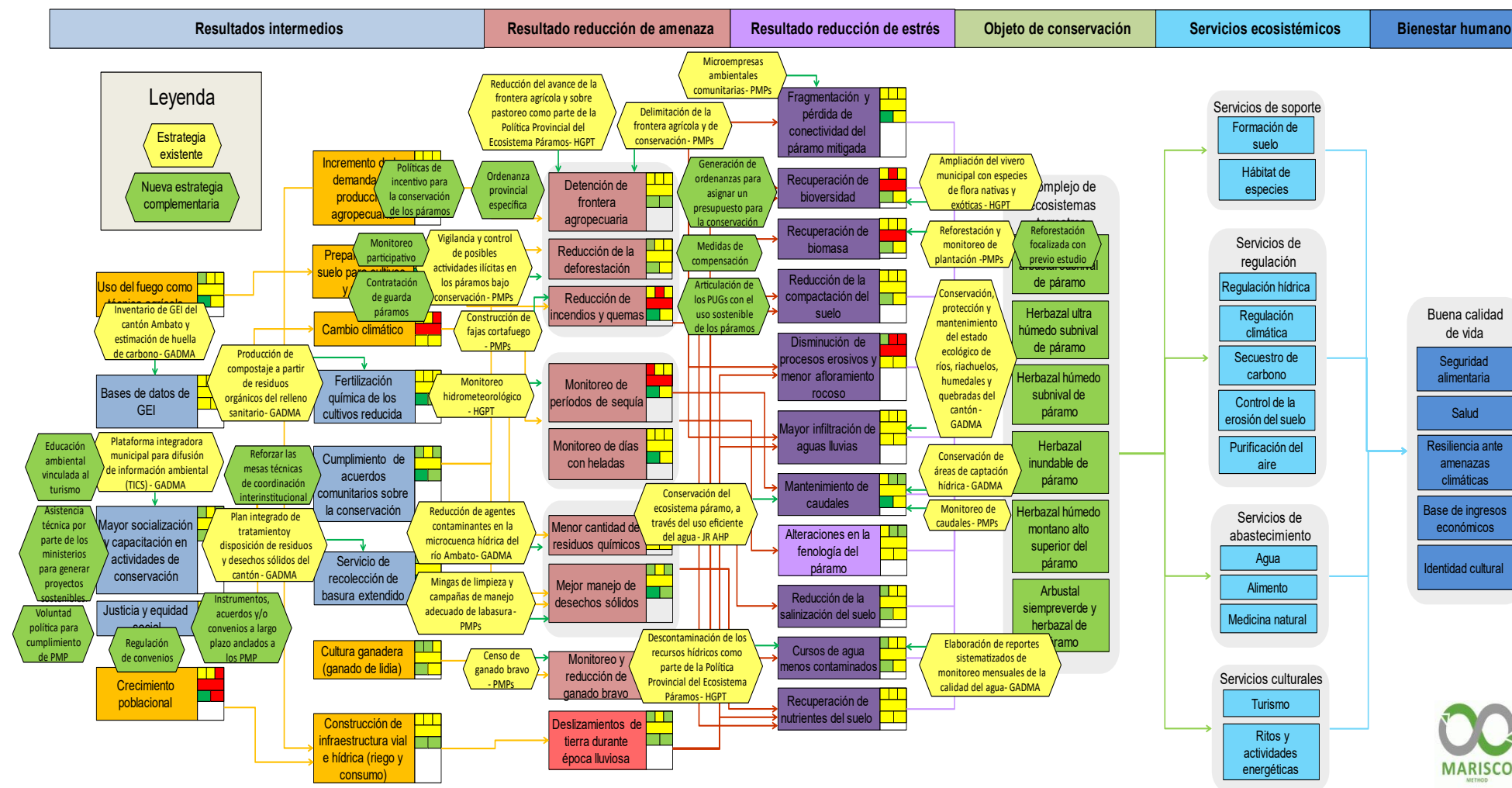


Figura 151. Red de resultados de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

El modelo conceptual con las estrategias existentes y complementarias se convirtió en la red de resultados a través de las hipótesis de cambio. De esta forma, se pudo observar que el nivel de alcance de las estrategias propuestas dejó por fuera a algunos elementos de la red de impactos que son más difíciles de manejar directamente como el cambio climático, crecimiento poblacional, la cultura ganadera, etc. Por otra parte, esta información permitió conocer los problemas que la población de la UH AHP está considerando como prioritarios.

El total de estrategias complementarias se analizaron y simplificaron según las similitudes y relaciones existentes entre ellas. En la Tabla 145 se describió la forma en que cada estrategia aportaría a la reducción de los impactos de las amenazas, estreses y factores contribuyentes de la UH AHP. Cabe indicar que con la simplificación de las estrategias algunos puntajes se fusionaron y dieron como resultado un nuevo orden de priorización.

Tabla 145. Descripción de estrategias complementarias para la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Nº	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	PRIORIZACIÓN
Conservación / Restauración		
1	Introducción de áreas de páramo a mecanismos de compensación por conservación. - Los mecanismos de compensación funcionan como un incentivo para que las comunidades continúen conservando, al recibir un apoyo que puede ser económico, en especie o en servicios, como asistencia técnica o proyectos productivos. Esta medida permite reconocer la importancia que tienen los humedales y la vegetación natural de los páramos en el almacenamiento de agua y carbono, así como mitigar las emisiones de CO ₂ causantes de la crisis climática global. Por ejemplo, el MAATE está desarrollando el proyecto Pago por Resultados que apoya dos medidas: 1) Implementación de planes de uso del suelo a nivel local, a través de la herramienta de Acuerdo de Pago Basado en Desempeño y 2) mejoramiento de la gestión de los derechos sobre la tierra dentro de bosques protectores y las áreas protegidas nacionales.	E6: 16 puntos
2	Vigilancia y control de las áreas de recarga hídrica. - En la UH AHP el avance de frontera agrícola está afectando ecosistemas como el herbazal inundable de páramo en el cual existe un balance hídrico positivo (Geoinformática y Sistemas Cía. Ltda., 2015). Se sugiere que se complementen las medidas de protección con sistemas de vigilancia y control a través de guarda páramos capacitados y equipados a fin de disminuir la presión hacia los ecosistemas claves para la recarga hídrica.	E2: 15 puntos
3	Restauración focalizada en áreas degradadas de páramo. - Toda técnica de restauración incluye una metodología que se va adaptando al contexto de los distintos ecosistemas. Reconocer cuando se debe aplicar una restauración pasiva, activa o combinada depende de los estudios preliminares que permiten conocer el estado de conservación. Es fundamental contar con un plan de restauración focalizado según la degradación de las áreas para optimizar los recursos disponibles y obtener mejores resultados en la recuperación de los ecosistemas. Además, transversalmente se debe incluir la participación colaborativa entre instituciones y comunidades locales para la sostenibilidad de las acciones en territorio.	E12: 12 puntos
4	Monitoreo participativo para garantizar la aplicación de la normativa ambiental. - Una forma para que las comunidades comprendan de cerca la salud del páramo y exista una mayor equidad en la toma de decisiones es implementando un monitoreo participativo. Al involucrar a las comunidades en la recolección de datos, se fortalece la democracia y se promueve la transparencia en la rendición de cuentas. Por lo tanto, se requiere formular un instrumento de uso comunitario con apoyo interinstitucional para garantizar la toma de decisiones informadas.	E13: 11 puntos
Socio organizativo / Culturales		
1	Articulación de los PUGs con el uso sostenible de los páramos. - Dentro de las alternativas para que la población que posee tierras de páramo realice conservación es fortaleciendo otros emprendimientos locales, como por ejemplo	E5, E10 y E11: 13,33 puntos

Nº	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	PRIORIZACIÓN
	la actividad turística. En este aspecto, las comunidades buscan atraer mayor cantidad de visitantes y proponen el mejoramiento como la ampliación de servicios básicos e infraestructura, sin embargo, los PUGs limitan estas peticiones debido a la zonificación establecida. Por lo tanto, es imperativa una mesa técnica que analice los requerimientos de las comunidades y pueda brindar soluciones viables mediante la articulación de los PUGs con el uso sostenible de los páramos, este último, declarado en la constitución.	
2	Actualización de la Ordenanza Provincial de Manejo y Conservación del Ecosistema de Páramo.- Las comunidades sostienen que la política pública de ser más específica y proponen la actualización de la ordenanza provincial en la que se incluya la aplicación de acuerdos vinculantes como la regulación de convenios en donde los incentivos se entreguen a los propietarios en función de las hectáreas de páramo bajo conservación. De esta manera se reduce la concentración de incentivos en el mismo territorio y se amplían las áreas de conservación.	E1 y E4: 13 puntos
3	Educación ambiental vinculada al turismo.- La concientización de las personas hacia la protección de su entorno natural es uno de los propósitos que guía el turismo. Por lo que se recomienda realizar convenios entre las instituciones educativas y los centros turísticos para fortalecer las actividades de educación ambiental a través de recorridos por los senderos del páramo e infraestructura hídrica y concientizar el uso del agua. También se requiere la capacitación continua de los guías turísticos sobre la situación actual de los páramos.	E3: 13 puntos
4	Creación de una tasa ambiental para la conservación y restauración de las fuentes hídricas.- Una tasa ambiental plantea una forma de captar financiamiento para la conservación y protección de las fuentes hídricas a través de los aportes de diferentes usuarios del agua como las Juntas de Riego. De esta manera, se fortalece la gestión sostenible de las cuencas hidrográficas para garantizar la provisión de agua a largo plazo con calidad y cantidad óptima para los consumidores de la zona.	E16, E7, E8 y E9: 12,75 puntos
5	Instrumentos, acuerdos y/o convenios a largo plazo anclados a los PMP.- Los PMP como toda estrategia es ajustable en el tiempo a través de las experiencias en su aplicación. Se recomienda que se realice una actualización del formato del PMP para incluir un sistema de control y monitoreo que permita medir su nivel de impacto. Además de declarar áreas de conservación pertenecientes al SNAP para el establecimiento de acuerdos y/o convenios a largo plazo que provean sostenibilidad a los PMP.	E14 y E17: 12,5 puntos
6	Reforzamiento de las mesas técnicas de coordinación interinstitucional.- Existen diferentes actores vinculados directa e indirectamente con la conservación de los páramos cuya influencia puede impulsar o entorpecer los esfuerzos de conservación. Por tal motivo, se necesita que la formulación de los proyectos sea producto de mesas técnicas completas, con diversidad institucional y aplicación de procedimientos participativos que ya han dado resultado como el de los parlamentos gente, agua y trabajo.	E15: 12 puntos

Las 17 estrategias definidas en el taller se simplificaron en diez, donde seis son de tipo socio organizativo / cultural e involucran acuerdos y convenios, apoyo interinstitucional, y una política de incentivos para la conservación. Las cuatro estrategias restantes que se enfocan en la conservación / restauración del páramo resaltaron la importancia del monitoreo constante, así como de la vigilancia y control para frenar las amenazas al páramo. No se plantearon estrategias relacionadas con los medios de vida / producción sostenible.

Meta y objetivos

En base a las estrategias complementarias y los resultados que pretenden alcanzar, se formuló la meta y los objetivos enfocados en mejorar el estado de salud del páramo de la UH AHP. Para ello, se plantearon un total de 10 objetivos alineados con la meta, tal y como se observa en la Figura 152.

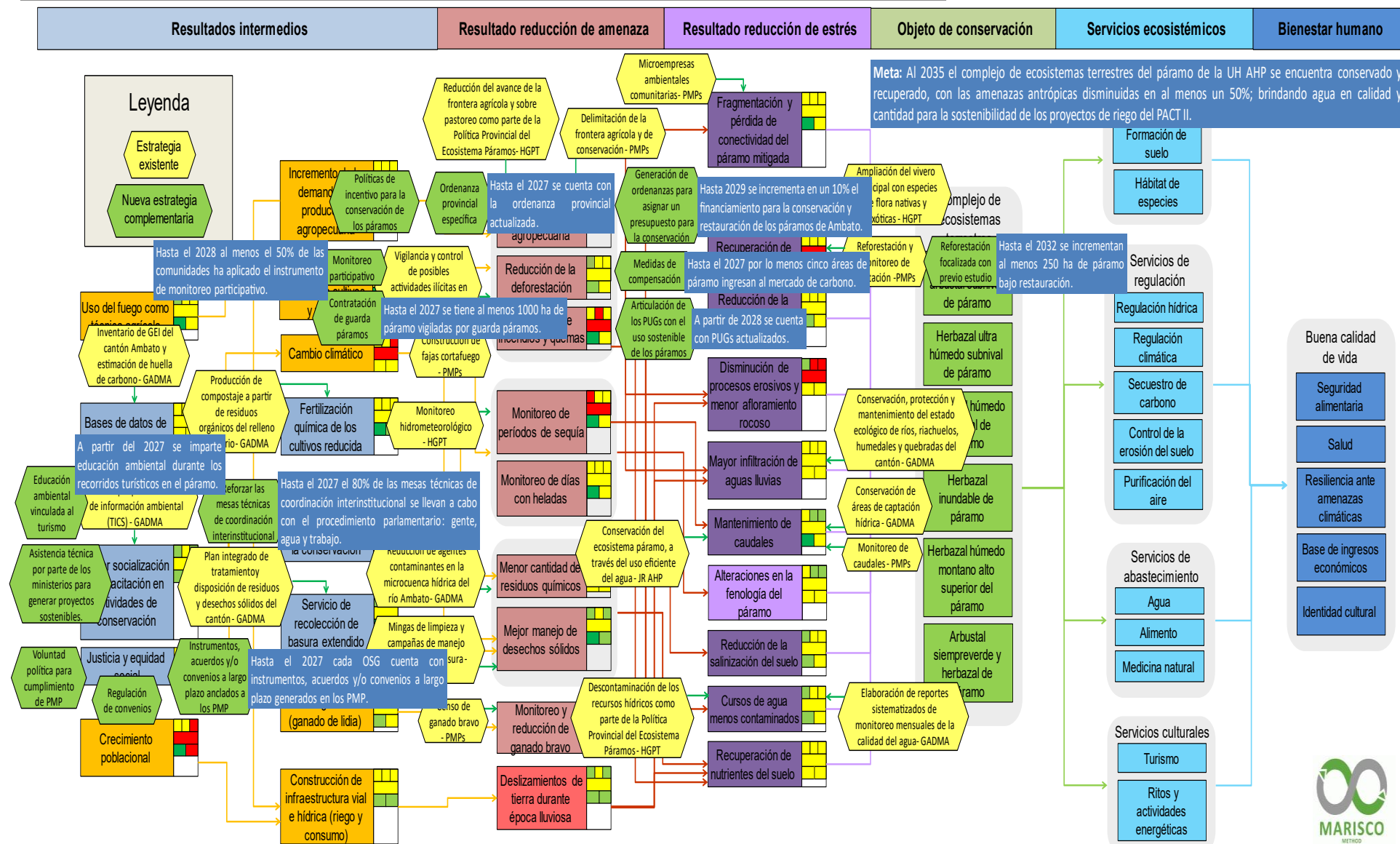


Figura 152. Red de resultados con metas y objetivos en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Meta.- Al 2035 el complejo de ecosistemas terrestres del páramo de la UH AHP se encuentra conservado y recuperado, con las amenazas antrópicas disminuidas en al menos un 50 %; brindando agua en calidad y cantidad para la sostenibilidad de los proyectos de riego del PACT II.

Objetivos

- 1) Hasta el 2027 por lo menos cinco áreas de páramo se encuentran bajo mecanismos de compensación por conservación.
- 2) Hasta el 2027 se tiene al menos 1000 ha de páramo vigiladas por guarda páramos.
- 3) A partir del 2027 se imparte educación ambiental durante los recorridos turísticos en el páramo.
- 4) Hasta el 2027 se cuenta con la ordenanza provincial actualizada.
- 5) Hasta el 2027 cada OSG cuenta con instrumentos, acuerdos y/o convenios a largo plazo generados en los PMP.
- 6) Hasta el 2027 el 80% de las mesas técnicas de coordinación interinstitucional se llevan a cabo con el procedimiento parlamentario: gente, agua y trabajo.
- 7) Hasta el 2028 al menos el 50% de las comunidades ha aplicado el instrumento de monitoreo participativo.
- 8) A partir de 2028 se cuenta con PUGs actualizados.
- 9) Hasta 2029 se incrementa en un 10% el financiamiento para la conservación y restauración de los páramos de Ambato.
- 10) Hasta el 2032 se incrementan al menos 250 ha de páramo bajo restauración.

Plan de estrategias de la UH AHP

Cada estrategia de conservación y/o restauración de los páramos requiere también de una serie de actividades puntuales que incluyan la participación activa de las instituciones y organizaciones sociales para garantizar el cumplimiento de las mismas. A continuación, en la Tabla 146, se presenta una propuesta de plan de estrategias para la UH AHP empleando los insumos generados en el taller.

Tabla 146. Plan de estrategias para la conservación y restauración en la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP), Tungurahua.

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
1	Introducción de áreas de páramo a mecanismos de compensación por conservación. (E6: 16 puntos)	Hasta el 2027 por lo menos cinco áreas de páramo se encuentran bajo mecanismos de compensación por conservación.	- Socialización de los mecanismos de compensación por conservación a las asociaciones y comunas propietarias de páramo. - Identificación y diagnóstico de las áreas de páramo. - Diseño del mecanismo de compensación. - Gestión de los recursos financieros. - Acordar compromisos de conservación con las comunidades. - Formalizar los compromisos (acuerdos o convenios). - Realizar seguimiento técnico y social de	- Hasta el 2026 se ha socializado a las comunas el funcionamiento de los mecanismos de compensación y se tiene las áreas de páramo seleccionadas. - Hasta mediados de 2026 se cuenta con el diseño de mecanismo de compensación. - Hasta finales de 2026 se tiene identificadas las fuentes de financiamiento.	- Comunidades y asociaciones - GADs - HGPT - MAATE - FMPLPT

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
			las acciones de conservación.	- A partir de 2027 se formalizan los compromisos de conservación. - Hasta el 2028 se tiene un informe anual con los avances de la conservación aplicando los mecanismos de compensación.	
2	Vigilancia y control de las áreas de recarga hídrica. (E2: 15 puntos)	Hasta el 2027 se tiene al menos 1000 ha de páramo vigiladas por guarda páramos.	- Generación de mapas de las áreas de páramo a vigilar. - Creación de un reglamento para designar funciones a los guarda páramos. - Adquisición del presupuesto para el equipamiento de los guarda páramos. - Contratación de guarda páramos. - Elaboración de reportes mensuales.	- Hasta el 2026 se tiene el mapa de las áreas de páramo y se ha elaborado el reglamento para los guarda páramos. - Hasta el 2027 se ha contratado y equipado a al menos cinco guarda páramos. - Hasta el 2028 se cuenta con un informe anual sobre la reducción de las actividades ilícitas en los páramos vigilados.	- EMAPA - Regantes - HGPT - FMPLPT - MAATE
3	Articulación de los PUGs con el uso sostenible de los páramos. (E5, E10 y E11: 13,33 puntos)	A partir de 2028 se cuenta con PUGs actualizados.	- Mesa técnica. - Elaboración de una propuesta de actualización de los PUGs donde se considere la ampliación de servicios básicos e infraestructura elemental para fortalecer los emprendimientos locales como el turismo. - Revisión, ajuste y aprobación de la	- Hasta 2026 se tiene una propuesta de articulación. - Hasta el 2027 se aprueba la propuesta de actualización de los PUGs. - Hasta 2028 se actualizan los PUGs. - Hasta el 2029 la actividad turística se incrementa en	- GADAM - MAATE

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
			propuesta de actualización de los PUGs.	al menos un 50%.	
4	Educación ambiental vinculada al turismo. (E3: 13 puntos)	A partir del 2027 se imparte educación ambiental durante los recorridos turísticos en el páramo.	- Convenios para vincular las actividades de educación ambiental con el turismo. - Capacitaciones a los guías turísticos sobre la situación actual de los páramos y los períodos de sequía. - Recorridos por los senderos del páramo e infraestructura hídrica para concientizar el uso del agua.	- Hasta el 2027 las actividades curriculares educativas incluyen salidas a los centros turísticos. - Hasta el 2027 se ha capacitado al 100% de los guías turísticos. - Hasta el 2028 se ha incrementado en un 50% las visitas a los centros turísticos.	- Ministerio de Educación - Ministerio de Turismo - GADs - HGPT
5	Actualización de la Ordenanza Provincial de Manejo y Conservación del Ecosistema de Páramo. (E1 y E4: 13 puntos)	Hasta el 2027 se cuenta con la ordenanza provincial actualizada.	- Análisis de la actual ordenanza. - Generación una propuesta de ordenanza en la que se incluyan los acuerdos vinculantes y la regulación de convenios para que los incentivos se entreguen en función de las hectáreas de páramo y caudal bajo conservación. - Revisión y aprobación de la propuesta de ordenanza. - Socialización de la ordenanza actualizada.	- Hasta el 2026 se cuenta con una propuesta de actualización de la ordenanza. - Hasta 2027 se aprueba la actualización de la ordenanza. - A partir de 2027 se socializa la actualización de la ordenanza a las organizaciones e instituciones vinculadas con la conservación del páramo. - A partir de 2027 se elaboran instrumentos y/o herramientas para la creación de convenios	- Comunas - GADAM - HGPT - FMPLPT - MAATE

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
				vinculantes y para la entrega equitativa de incentivos a las comunidades.	
6	Creación de una tasa ambiental para la conservación y restauración de las fuentes hídricas. (E16, E7, E8 y E9: 12,75 puntos)	Hasta 2029 se incrementa en un 10% el financiamiento para la conservación y restauración de los páramos de Ambato.	- Estudio de viabilidad (social, económico y ambiental) de la tasa ambiental. - Diseño de la tasa ambiental con lineamientos de negociación y constitución legal. - Aprobación de la tasa ambiental con aportes públicos, y de juntas de agua potable y riego. - Implementación y cobro de la tasa ambiental. - Reportes mensuales de la recaudación.	- Hasta el 2026 se tiene un estudio de viabilidad para la creación de la tasa ambiental. - Hasta el 2027 se cuenta con el diseño de a tasa ambiental. - Hasta finales de 2027 se aprueba la tasa ambiental. - A partir de 2028 inicia el cobro de la tasa ambiental. - Hasta 2029 se cuenta con un informe anual del financiamiento destinado a los páramos.	- GADAM - EMAPA - EEASA - Juntas de agua potable y riego
7	Instrumentos, acuerdos y/o convenios a largo plazo anclados a los PMP. (E14 y E17: 12,5 puntos)	Hasta el 2027 cada OSG cuenta con instrumentos, acuerdos y/o convenios a largo plazo generados en los PMP.	- Línea base. - Operación interinstitucional para actualización de PMP donde se incluya el control y monitoreo de indicadores para conocer el impacto de los PMP. - Declaratoria de áreas de conservación (APH, ACUS, etc.).	- Hasta 2026 se cuenta con una línea base para realizar el monitoreo. - Hasta 2026 se tiene el formato actualizado del PMP. - Hasta el 2027 cada OSG habrá establecido al menos un área de conservación en sus territorios.	- OSG - GADs - FMPLPT - HGPT (Dirección de Planificación)
8	Reforzamiento de las mesas técnicas de coordinación interinstitucional.	Hasta el 2027 el 80% de las mesas técnicas de coordinación	- Identificación de los actores cuya participación es clave para la	- Hasta mediados de 2025 se tiene un mapeo de	- OSG - Juntas de Agua Potable y Riego

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
9	(E15: 12 puntos)	interinstitucional se llevan a cabo con el procedimiento parlamentario: gente, agua y trabajo.	- conservación del páramo. - Capacitaciones sobre el procedimiento parlamentario para que las reuniones sean más objetivas y se evite duplicación de acciones y/o proyectos. - Aplicación del procedimiento parlamentario.	- actores vinculados al páramo. - Hasta el 2026 se capacitan al 100% de las instituciones en el procedimiento parlamentario. - A partir de 2026 se aplica el procedimiento parlamentario en las mesas técnicas. - Hasta el 2027 se han propuesto mínimo dos proyectos con participación activa interinstitucional.	- EMAPA - GADAM - HGPT - FMPLPT - MAATE
	Restauración focalizada en áreas degradadas de páramo. (E12: 12 puntos)	Hasta el 2032 se incrementan al menos 250 ha de páramo bajo restauración.	- Determinación de áreas degradadas de páramo. - Firmas de acuerdos vinculantes para actividades de restauración. - Elaboración de un plan de restauración de áreas degradadas de páramo. - Aprobación y aplicación del plan de restauración.	- Hasta el 2026 se tiene un mapa de áreas de páramo con niveles de degradación para decidir aplicar restauración activa o pasiva. - Hasta mediados de 2026 se cuenta con al menos cinco acuerdos de conservación. - Hasta fines de 2026 se tiene un plan de restauración focalizado aprobado. - A partir de 2027 se realizan actividades de restauración con participación interinstitucional.	- OSG - GADs - Instituciones educativas - Universidades - FMPLPT - HGPT - MAATE

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
10	Monitoreo participativo para garantizar la aplicación de la normativa ambiental. (E13: 11 puntos)	Hasta el 2028 al menos el 50% de las comunidades ha aplicado el instrumento de monitoreo participativo.	- Inclusión del monitoreo participativo en la ordenanza provincial. - Formulación de un instrumento de monitoreo de uso comunitario. - Capacitaciones en la aplicación del instrumento de monitoreo. - Monitoreo de las actividades de conservación por las comunidades. - Elaboración de informes de monitoreo.	- Hasta el 2026 se incluye en la ordenanza provincial el monitoreo participativo. - Hasta el 2027 se aprueba el instrumento de monitoreo participativo. - Hasta el 2028 se cuenta con un informe anual de monitoreo.	- Comunidades - GADs - HGPT - MAATE

9.1.2.2 UNIDADES HIDROGRÁFICAS MOCHA-HUACHI Y TOALLO ALOBAMBA (MH/TA)

Objetos de conservación

Se identificó como objeto de conservación al páramo, el cual ocupa aproximadamente el 75% de la UH MH y el 70 % de la UH TA. Este a su vez está conformado por los siguientes ecosistemas terrestres:

- Herbazal de páramo
- Herbazal ultrahúmedo subnival del páramo
- Herbazal húmedo subnival del páramo
- Herbazal y arbustal siempreverde subnival de páramo
- Herbazal húmedo montano alto superior de páramo

Servicios ecosistémicos y objetos de bienestar humano

En las UH MH/TA se identificaron 12 servicios ecosistémicos representativos, agrupados en cuatro categorías: soporte, regulación, abastecimiento y cultural, tal y como se muestra a continuación, en la Figura 153.



Figura 153. Servicios ecosistémicos de la unidad hidrográfica Mochas-Huachi/Toallo- Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Los servicios ecosistémicos derivados del páramo contribuyen al bienestar humano mediante el abastecimiento de agua en cantidad y calidad (seguridad alimentaria), madera, leña y medicina natural. Los servicios de regulación garantizan un ambiente seguro y saludable, resiliente ante eventos climáticos como los días intensos de sequía. Además, el páramo es el hábitat de múltiples especies de flora y fauna que desembocan en un paisaje de gran belleza escénica atrayendo al turismo y fortaleciendo la identidad cultural, y convirtiéndolo en un espacio representativo para el desarrollo de la investigación científica.

Red de impactos

La red de impactos de las UH MH/TA se construyó en base a las amenazas identificadas y validadas en los talleres, las cuales generan estreses directos al páramo, alterando su funcionalidad y disminuyendo la calidad de los servicios ecosistémicos. Cada amenaza a su vez, encuentra su origen en uno o varios factores contribuyentes que pueden actuar de manera independiente o en sinergia. La red de impactos completa y su calificación se observa en la Figura 154, mientras que cada amenaza se desarrolla juntamente con sus estreses y factores contribuyentes desde la Figuras 155 hasta la 159.

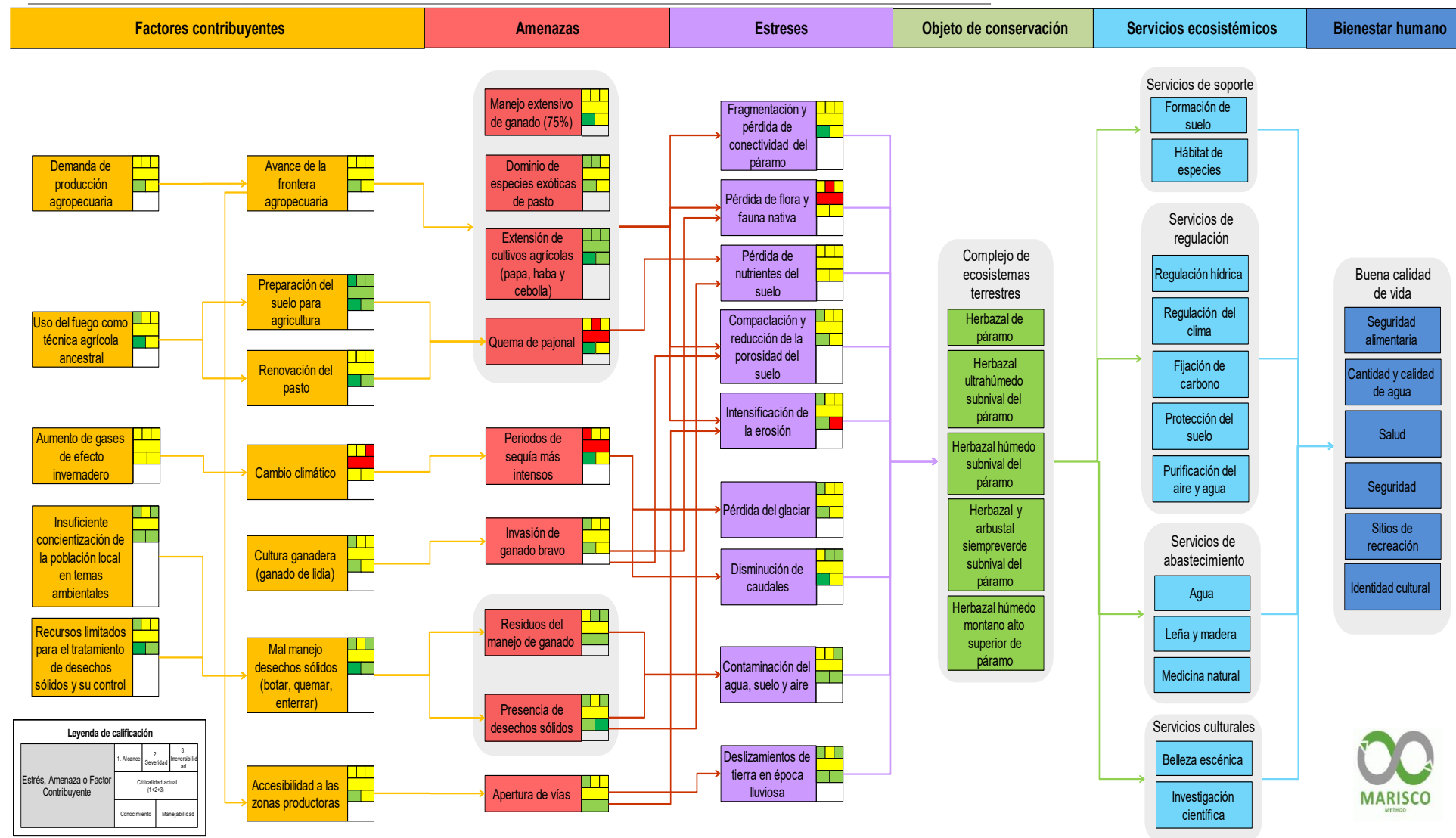


Figura 154. Red de impactos calificada de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Los elementos de la red de impactos de las UH MH/TA responden a 12 factores contribuyentes, 9 amenazas y 9 estreses que alteran la capacidad natural del páramo para brindar servicios ecosistémicos. Según la calificación de la criticalidad actual de las amenazas, la quema de pajonal y los períodos de sequía, son las que tienen mayor influencia sobre el estado de vulnerabilidad del páramo.

Manejo extensivo de ganado, dominio de especies exóticas de pasto, extensión de cultivos agrícolas y quema de pajonal

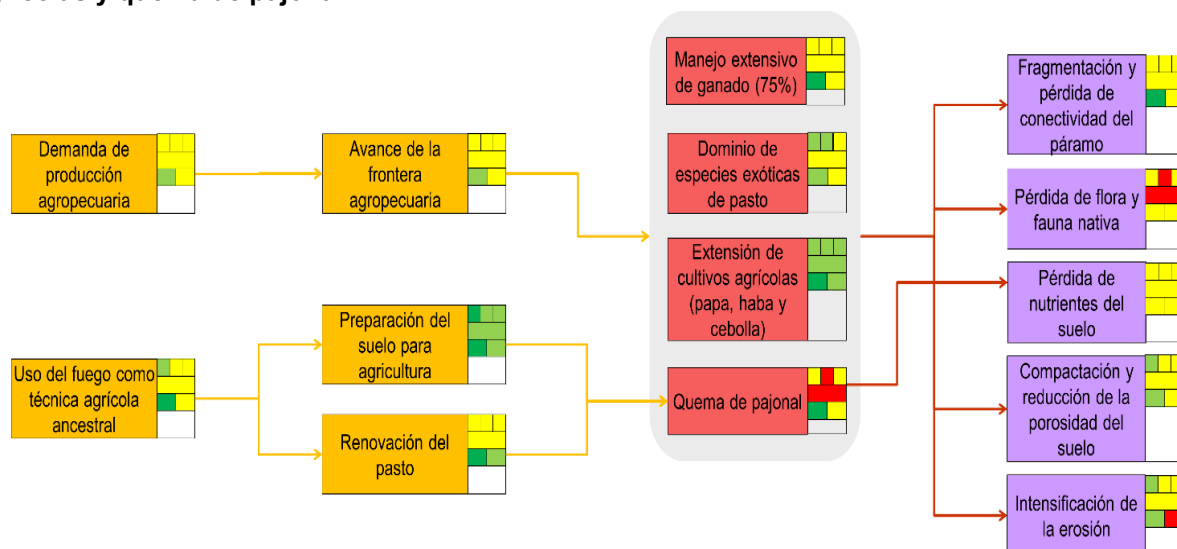


Figura 155. Cambio de uso de suelo de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

El cambio de uso de suelo tiene como resultado la pérdida de conectividad del páramo, y por ende, de su biodiversidad. Además, ante la falta de cobertura nativa y el continuo impacto de las actividades de manejo de la producción agropecuaria, el suelo se compacta y se altera su capacidad de infiltración de aguas lluvia.

El factor contribuyente radica en el incremento de la demanda de la producción agropecuaria, ya que la UH MH es una zona altamente ganadera y también comercializa productos agrícolas como la papa, haba y cebolla principalmente. De esta manera, al tratarse de la ocupación principal de sus habitantes, la frontera agropecuaria continúa incrementándose. En este sentido, también se suman las quemas del pajonal para la preparación del suelo, consideradas una técnica agrícola ancestral, pero que sin embargo generan la pérdida de los nutrientes del suelo e intensifican los procesos erosivos del mismo.

Períodos de sequía más intensos

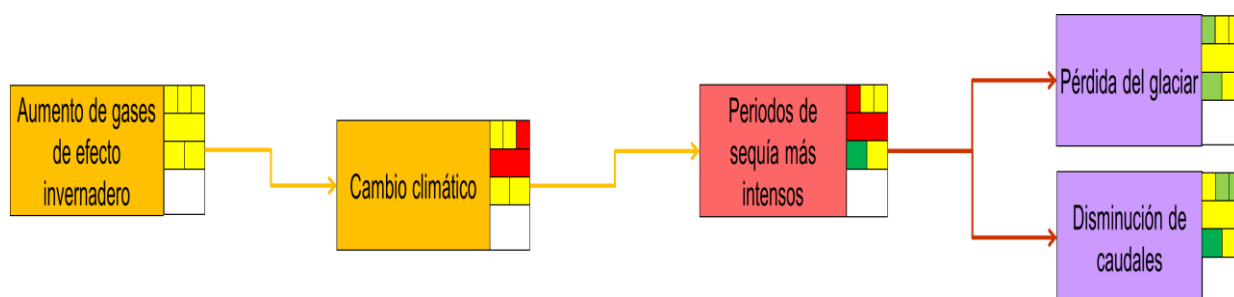


Figura 156. Variabilidad climática de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Los períodos de sequía más intensos aunados al cambio de uso de suelo provocan la disminución de los caudales, además de la pérdida del glaciar del Chimborazo. Es importante mencionar que ya se había estimado un incremento de temperatura de al menos 1,5°C en los valles interandinos del Ecuador para el período 2020 a 2039, lo que reduciría las precipitaciones (ESPOCH y GIZ, 2018). La causa fundamental

de los períodos de sequía se explica a través del cambio climático, un fenómeno de alcance global generado por las altas emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Invasión de ganado bravo

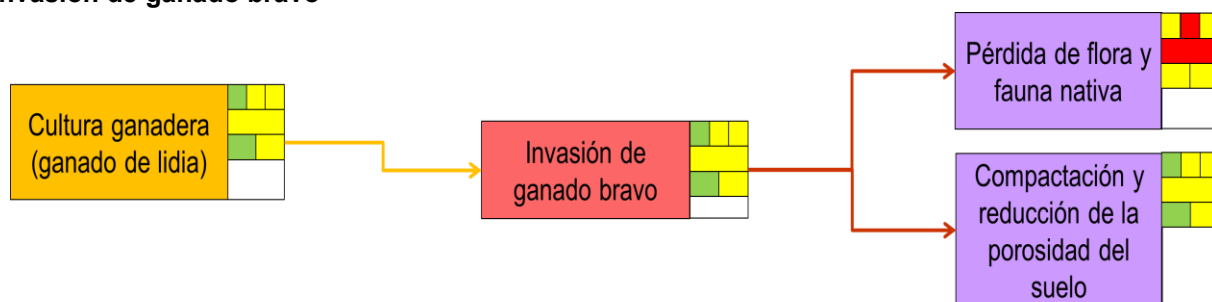


Figura 157. Invasión de ganado bravo de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

La presencia de ganado bravo en los páramos genera alteraciones en el ecosistema, entra en competencia con las especies nativas y compacta el suelo de tal manera que se reducen los procesos de infiltración hídrica y se incrementa la escorrentía. Como factor contribuyente se encuentra el aspecto cultural, ya que el ganado de lidia ha permanecido tradicionalmente en estas zonas de la serranía debido a los eventos taurinos del país.

Residuos del manejo del ganado y presencia de desechos sólidos

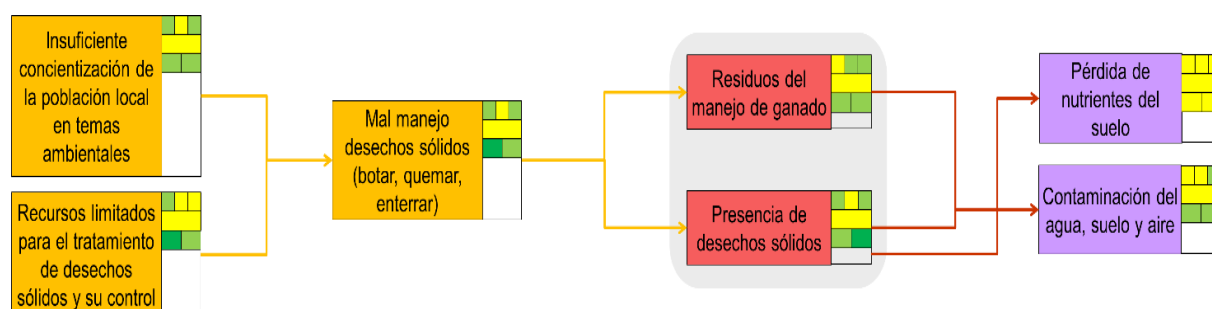


Figura 158. Contaminación en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Los residuos producto de la actividad ganadera, así como los desechos sólidos de los hogares sometidos a un mal manejo contaminan el aire, suelo y agua alterando sus parámetros de calidad. Esto a vez, pone en riesgo la salud de los habitantes y beneficiarios de la microcuenca. Como principales factores contribuyentes se encuentran la insuficiente concientización de la población local en temas ambientales debido a la falta de socialización y capacitaciones; y, los limitados recursos para extender el servicio de recolección de basura y controlar el cumplimiento de la ley.

Apertura de vías

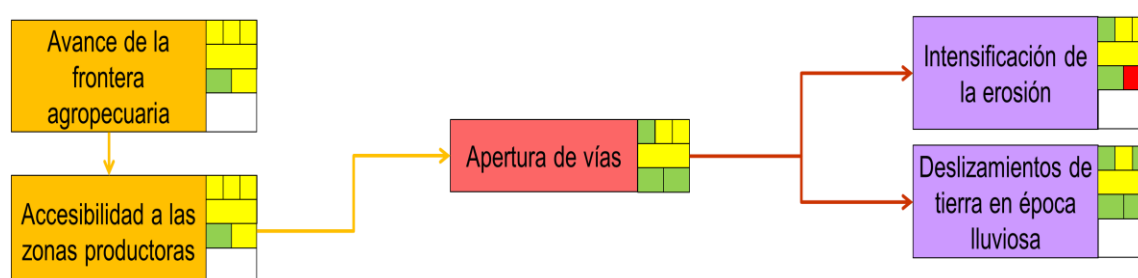


Figura 159. Apertura de vías en las unidades hidrográficas Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

La apertura de vías es una de las necesidades de infraestructura para mejorar la accesibilidad a las zonas productoras según vaya avanzando la frontera agropecuaria; sin embargo, su construcción sin obras de

remediación puede causar derrumbes en los taludes debido al nivel de las pendientes como a la falta de cobertura vegetal.

Los derrumbes generan a su vez, pérdida de suelo e incremento de la erosión imposibilitando la retención adecuada de las aguas lluvias. Finalmente, estos eventos terminan afectando al propósito de conectividad de las vías, impidiendo el paso y demandando recursos para su despeje. Se han reportado casos en los sectores Mauca Corral y Atillo Bajo pertenecientes a la parroquia Mocha, como en Jaloa La Playa de la parroquia Yanayacu.

Estrategias existentes y complementarias

La mitigación, control o prevención de las amenazas y por ende, de los estreses al páramo, se ha venido tratando a través de un conjunto de estrategias cuya acción puede estar ligada a una amenaza o a un factor contribuyente, o en algunos casos, a los estreses. Es importante resaltar que es mucho más efectivo direccionar las estrategias hacia los factores contribuyentes puesto que son las causas fundamentales de los problemas. A continuación, en la Tabla 147, se enlistan las estrategias existentes que las instituciones y organizaciones vinculadas con la conservación y restauración del páramo han propuesto y/o se encuentran desarrollando; y, en la Figura 160, se puede visualizar su zona de actividad a través de la simbología.

Tabla 147. Estrategias existentes de conservación y/o restauración en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Nº	Estrategias existentes	Encargado	Vigencia	PMP/Lugar	Símbolo
1	Regularización del uso del suelo en áreas de protección a través de la creación y aprobación de ordenanzas.	GAD Mocha	2015-2019	Cantón Mocha	Legislación
2	Recuperación y control de áreas protegidas a través de forestación y reforestación de la zona intervenida de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo (RPFCH), creación de un grupo de vigilancia continua, e inclusión de los páramos al Programa Socio Páramo.	GAD Mocha	2015-2019	Cantón Mocha	Árboles
3	Protección ambiental gestionando la construcción del relleno sanitario y de plantas de tratamiento de aguas residuales.	GAD Mocha	2015-2019	Cantón Mocha	Reciclaje
4	Creación de ordenanza para la prohibición del fraccionamiento de suelo en zonas rurales.	GAD Mocha	2015	Cantón Mocha	Árboles
5	Conservación y uso sustentable del ecosistema / Acuerdos de conservación de páramos con comunidades y propietarios privados.	FMPLPT	2021	FSO	Árbol + Flor + Huella
6	Conservación de ecosistemas naturales de los cantones del Frente Sur Occidental para garantizar agua en calidad y cantidad, a través de alternativas productivas.	DRH-HGPT	2019-2021	FSO	Árbol + Flor + Huella Árboles APH
7	Estatuto de la Junta de Aguas del Canal de Riego Acequia Mocha-Huachi.	Junta de Agua Mocha Huachi	2003	Cantones Mocha, Cevallos y parroquia Montalvo (Ambato)	Legislación
8	Estatuto de la Junta General de Usuarios del Directorio de Aguas de la Acequia Central Toallo Alobamba.	Junta de Agua Toallo Alobamba	---	Parroquia Santa Rosa (Ambato)	Legislación
9	Monitoreo hidrometeorológico.	HGPT	2019-2023	Tungurahua	Banderas
10	Política Provincial del Ecosistema Páramos.	HGPT	2019-2023	Tungurahua	Legislación

Fuente: PACT II, 2023 / PDOT GAD Mocha, 2015-2019 / PDOT Tungurahua, 2019-2023 / SENAGUA, s.f. y 2003

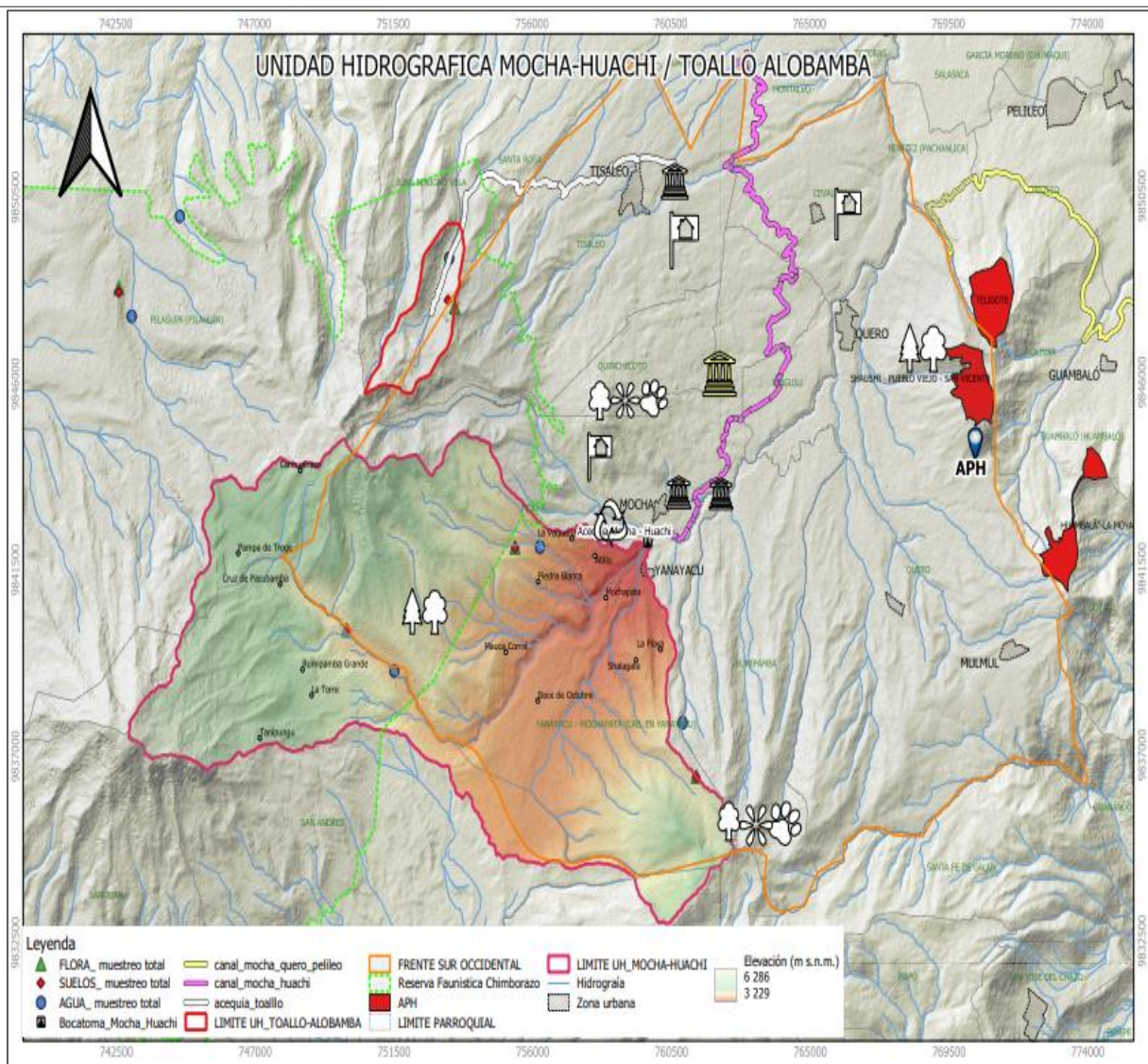


Figura 160. Zona de actividad de las estrategias existentes de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

A partir de información secundaria se encontraron 10 estrategias existentes que se enfocan en disminuir de forma directa e indirecta los factores contribuyentes, amenazas y estreses identificados en las UH MH/TA. Estas a su vez se localizan mayormente en la parte externa de las microcuencas, pudiendo visibilizarse las zonas que requieren mayor atención para la formulación de estrategias complementarias para fortalecer los esfuerzos de conservación y restauración de los páramos.

Con base al análisis de las estrategias existentes y a la experiencia obtenida en la aplicación de los PMP, cada subgrupo de trabajo planteó estrategias nuevas y complementarias para ayudar a minimizar los impactos que aún persisten en el páramo. Cada estrategia adquirió una calificación con la que se pudo predecir o anticipar de cierto modo su vulnerabilidad. En la siguiente matriz (Tabla 148) se observan los parámetros de viabilidad y eficacia utilizados para su evaluación, así como sus valores correspondientes.

Tabla 148. Calificación de estrategias complementarias en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Estrategia complementaria		Viabilidad			Eficacia			Total
		Nivel de aceptación de los grupos de interés relevantes	Generación de conflictos sociales, políticos e institucionales	Subtotal	Eficacia de la reducción de amenazas	Incremento directo de la funcionalidad de los objetos de biodiversidad	Subtotal	
Equipo de la Junta de Riego Mocha Huachi								
1	Definir las áreas de páramo y legalizar la tenencia de tierras para conservar las fuentes hídricas.	4	1	5	4	4	8	13
2	Restaurar zonas degradadas de páramo.	4	1	5	4	4	8	13
3	Definir frontera agrícola con los dueños particulares de páramo.	1	1	2	4	4	8	10
4	Impulsar un mecanismo para compra de páramo.	4	3	7	4	4	8	15
Equipo de la Mancomunidad FSO								
5	Reforestación en las vertientes de Atillo.	4	4	8	4	4	8	16
6	Reforestación con especies nativas en Cerro Puñalica.	4	4	8	4	4	8	16
7	Protección de fuentes de agua en los páramos comunales de Mocha.	2	2	4	3	4	7	11
8	Ordenanza para limitar el acceso de las motocicletas en Puñalica y Pampas de Salasaca.	2	2	4	3	4	7	11
9	Campañas de concientización de manejo de desechos de los agroquímicos en la cascada Jun.	2	2	4	3	3	6	10
10	Sanción para los que contaminan los cuerpos de agua.	2	2	4	3	3	6	10
Equipo de las instituciones								
11	Articulación interinstitucional.	4	3	7	3	3	6	13
12	Monitoreo para toma de decisiones.	3	4	7	4	3	7	14
13	Tenencia de tierra para realizar conservación.	2	1	3	4	3	7	10
14	Mecanismos de conservación.	4	4	8	4	4	8	16
15	Control y vigilancia.	4	2	6	3	4	7	13

En el taller se plantearon un total de 15 estrategias nuevas y/o complementarias a las estrategias existentes para impulsar y focalizar los esfuerzos de conservación y restauración de los páramos. Las estrategias con mayor puntaje (16 puntos) para su priorización fueron:

- Reforestación con especies nativas evitando especies exóticas como la quinua peruana en las vertientes de Atillo.
- Reforestación con especies nativas en Cerro Puñalica.
- Mecanismos de conservación.

No obstante, las estrategias que le siguen por puntaje en cada equipo corresponden a:

- Impulsar un mecanismo para compra de páramo (Junta de Riego MH – 15 puntos).
- Monitoreo para toma de decisiones (Institucional – 14 puntos).
- Articulación interinstitucional (Institucional – 13 puntos).
- Control y vigilancia (Institucional – 13 puntos).

Una vez compiladas las estrategias existentes y complementarias, estas se añadieron al modelo conceptual existente (Figura 161). De esta forma, se pudo visualizar de mejor manera a que elemento o elementos de la red de impactos pretende contrarrestar cada estrategia para propiciar la conservación del páramo y garantizar la preservación de sus servicios ecosistémicos.

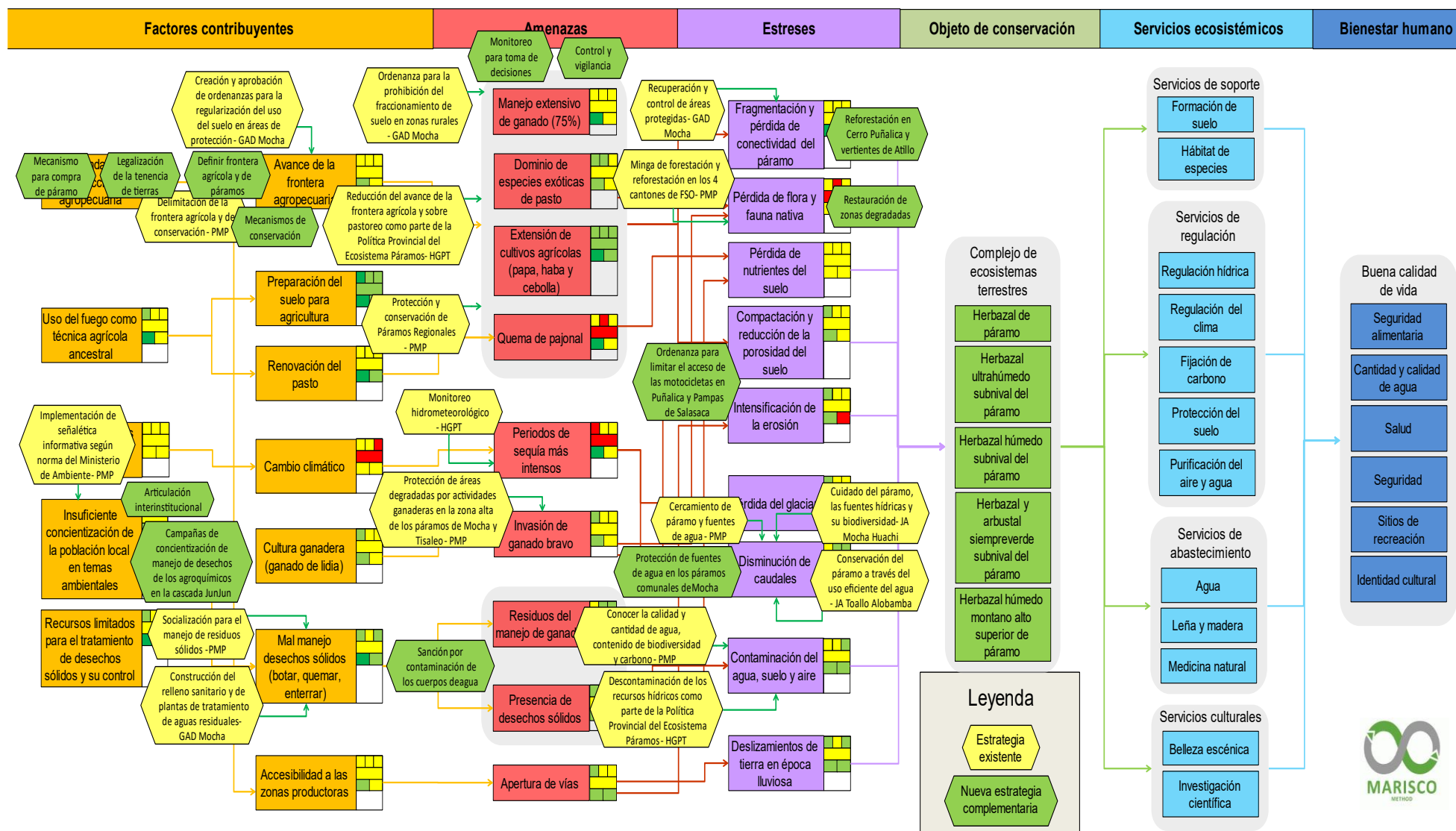


Figura 161. Estrategias existentes y complementarias en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Las estrategias existentes como las propuestas en el taller sumaron un total de 30 estrategias formuladas para controlar y disminuir el impacto de las amenazas sobre el páramo y sus servicios de soporte, regulación, abastecimiento y culturales, que en conjunto aportan a la calidad de vida de los habitantes de las UH MH/TA.

Red de resultados

La red de resultados comprende el planteamiento de hipótesis de cambio sobre los elementos de la red de impactos, lográndose visualizar previamente el nivel de eficacia que alcanzarían las estrategias propuestas para la conservación y/o restauración de los páramos una vez implementadas en las UH MH/TA. En la Figura 162 se muestra una sección de la formulación de hipótesis de cambio y en la Figura 163, la red de resultados completa con la intervención de todas las estrategias existentes y complementarias.

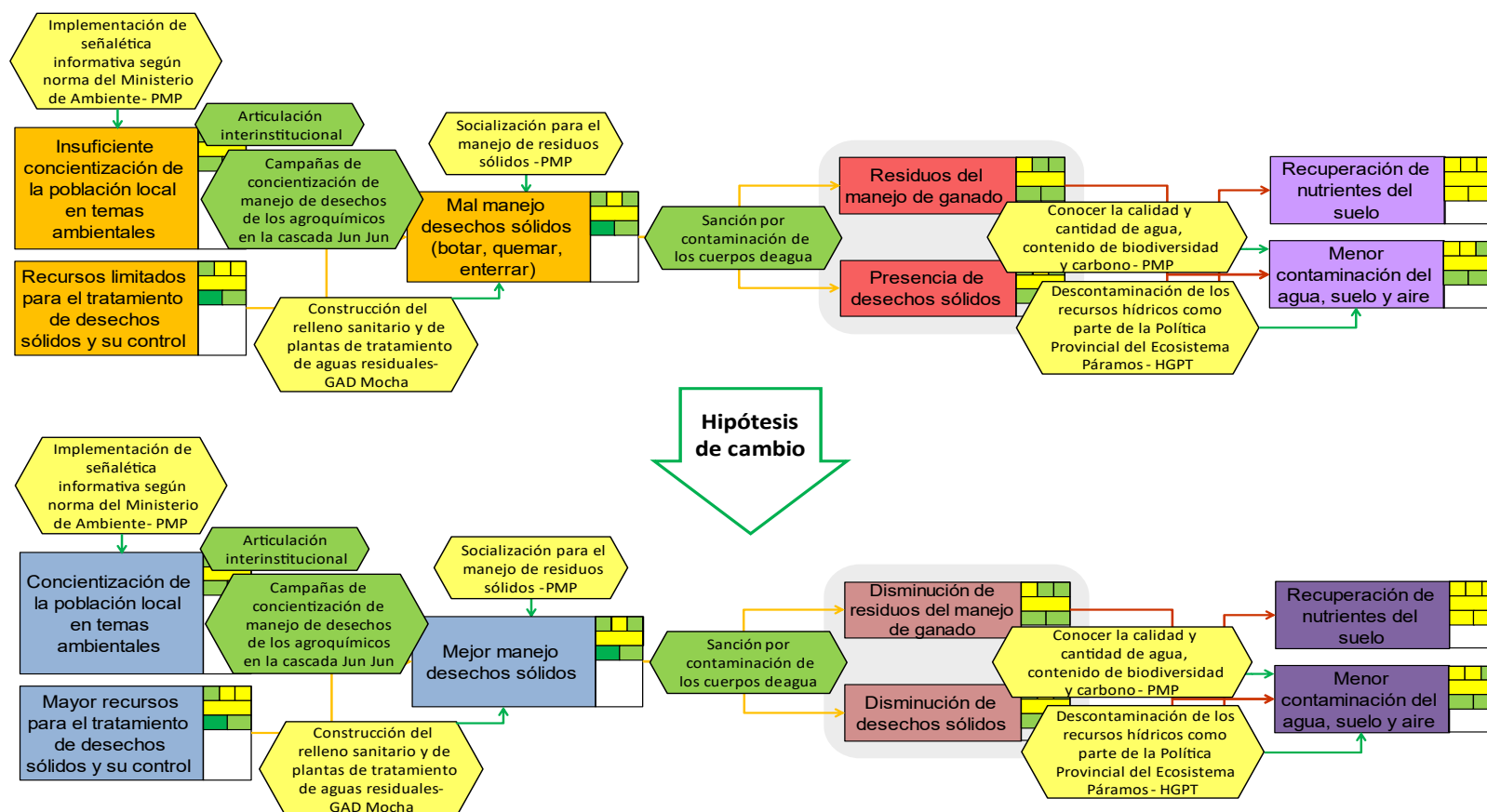


Figura 162. Formulación de hipótesis de cambio en la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Las estrategias establecidas tienen como fin controlar y/o mitigar el impacto de las amenazas, por lo que una forma de representar la funcionalidad de la estrategia es generando una hipótesis de cambio sobre un elemento de la red de impactos, lo que a su vez influirá y modificará a los demás elementos que estén vinculados. De esta manera, la sinergia del ecosistema permitirá que la red de impactos se convierta en una red de resultados.

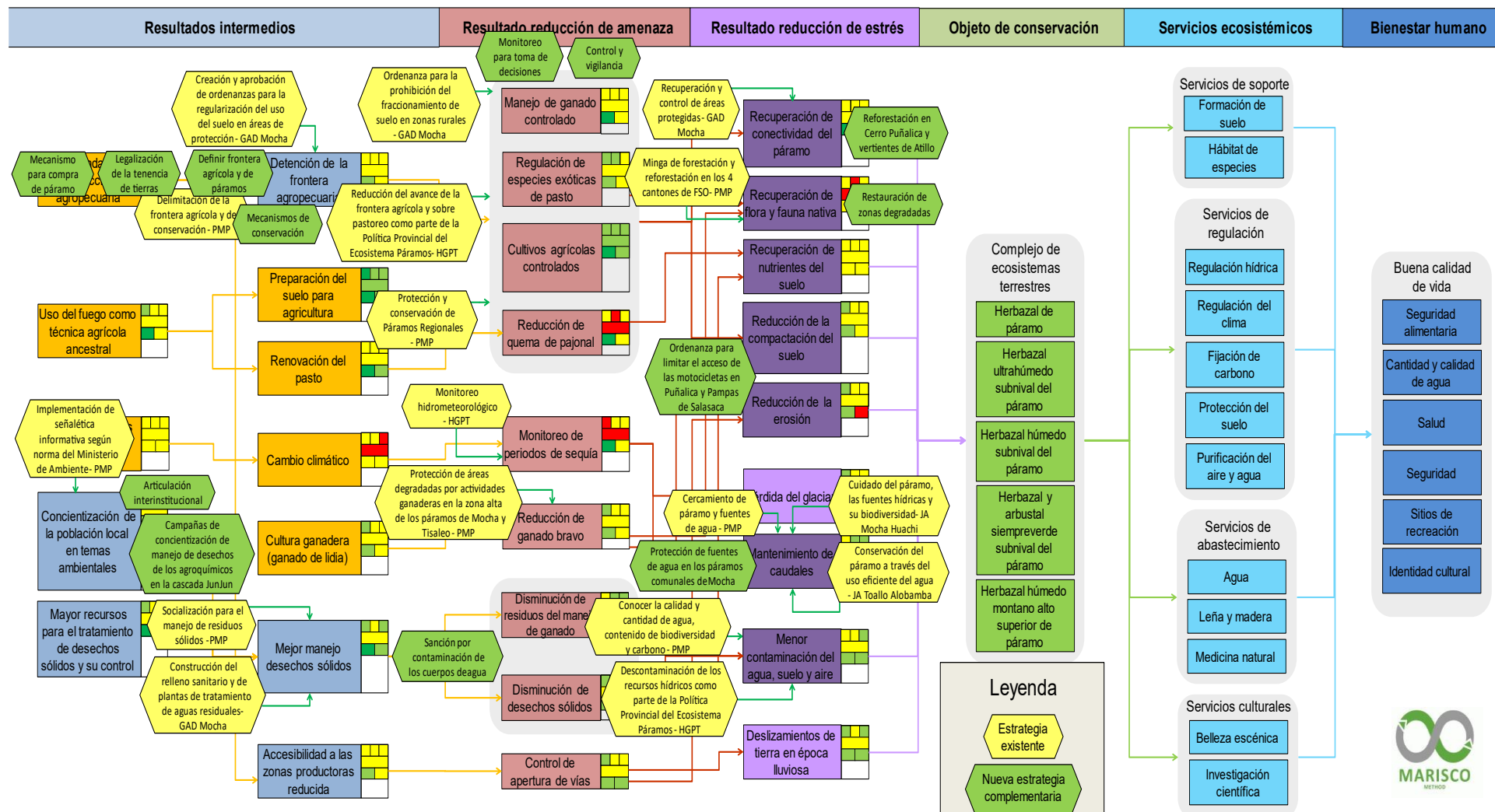


Figura 163. Red de resultados de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

El modelo conceptual con las estrategias existentes y complementarias se convirtió en la red de resultados a través de las hipótesis de cambio. De esta forma, se pudo observar que el nivel de alcance de las estrategias propuestas dejó por fuera a algunos elementos de la red de impactos que son más difíciles de manejar directamente como la demanda de producción agropecuaria, uso del fuego como técnica ancestral, aumento de gases de efecto invernadero, etc. Por otra parte, esta información permitió conocer los problemas que la población de las UH MH/TA está considerando como prioritarios.

El total de estrategias complementarias se analizaron y simplificaron según las similitudes y relaciones existentes entre ellas. En la Tabla 149 se describió la forma en que cada estrategia aportaría a la reducción de los impactos de las amenazas, estreses y factores contribuyentes de las UH MH/TA. Cabe indicar que con la simplificación de las estrategias algunos puntajes se fusionaron y dieron como resultado un nuevo orden de priorización.

Tabla 149. Descripción de estrategias complementarias de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Nº	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	PRIORIZACIÓN
Conservación / Restauración		
1	Creación de una categoría de conservación para el páramo.- El páramo es uno de los ecosistemas frágiles y amenazados mencionados en la constitución, por lo que se recomienda crear una categoría específica dentro del SNAP para su conservación. Los problemas actuales por el suministro del agua requieren de medidas estrictas para proteger estos ecosistemas bajo un marco legal establecido y contar con las herramientas necesarias para la sostenibilidad de los PMP.	E14: 16 puntos
2	Restauración de zonas degradadas de páramo.- La restauración comprende una serie de técnicas que se aplican para recuperar la funcionalidad de los ecosistemas. En las UH MH/TA existen zonas degradadas en el Cerro Puñalica, vertientes de Atillo y humedales como la Laguna Colorada, por lo que se recomienda establecer convenios con universidades o expertos que aporten conocimientos sobre la propagación in vivo de especies verdaderamente nativas y que puedan validar su origen, evitando el uso de especies no propias del ecosistema, como la quinua peruana. Además, complementar las medidas ya aplicadas como la reforestación con medidas biofísicas (construcción de gaviones de madera y diques), promoviendo la colaboración participativa en todos los procedimientos de restauración.	E2, E5, E6 y E7: 14 puntos
3	Control y vigilancia de áreas de páramo.- Además de implementar medidas de conservación y restauración de páramos es necesario incluir la vigilancia y control de las actividades ilícitas para la aplicación de la normativa ambiental. La contratación de guarda páramos debidamente equipados y en constante capacitación contribuye significativamente a la protección y recuperación del recurso hídrico.	E15: 13 puntos
4	Recuperación del suelo en los arenales del volcán Chimborazo.- Las actividades de recuperación del suelo anteceden a las de recuperación de cobertura vegetal por lo que resulta prioritario atender debidamente las necesidades del suelo en áreas degradadas de los páramos. Se recomienda implementar medidas mecánicas como el uso de tabloncillos y gaviones de madera para la contención del suelo y disminución de su erosión.	Estrategia sugerida por el equipo impulsor
Socio organizativo / Culturales		
5	Sistema de información sobre la conservación y restauración de los páramos.- Existen varios estudios ejecutados en diferentes sectores de las UH MH/TA relacionados con los páramos y sus respectivas bases de datos. Una forma evidente para evitar su duplicación y efectivizar su generación es a través de un sistema de información para la recopilación, organización y visualización de los datos de monitoreo de los páramos, manejado por las instituciones públicas vinculadas con la conservación, incluyendo a las universidades.	E12: 14 puntos
6	Política de articulación interinstitucional.- La toma de decisiones para garantizar la efectividad de las acciones de conservación en los páramos debe incluir una articulación interinstitucional sólida. Se recomienda implementar un	E11: 13 puntos

Nº	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	PRIORIZACIÓN
	procedimiento parlamentario como el de gente, agua y trabajo en el desarrollo de las mesas técnicas para la formulación de proyectos sostenibles que ayuden a optimizar los recursos disponibles con la reducción de actividades duplicadas.	
7	Adquisición de tierras de páramo para la conservación de fuentes hídricas de las UH MH/TA.- Los conflictos de tenencia de la tierra son una limitante representativa para ampliar y sostener las actividades de conservación; por lo tanto, se requiere contar con un mecanismo de compra mancomunada de tierras privadas para brindar sostenibilidad a las prácticas de conservación del páramo y de sus fuentes hídricas.	E1, E3, E4 y E13: 12 puntos
8	Regulación de actividades recreativas en Puñalica y Pampas de Salasaca.- En relación con el control de las actividades recreativas en zonas turísticas con presencia de páramos, se recomienda la formulación de un reglamento que pueda ser aplicado por la comunidad para regular el acceso de las motocicletas en áreas de páramo con el apoyo de actividades de vigilancia en puntos de control.	E8: 11 puntos
Medios de vida / Producción sostenible		
9	Manejo de los desechos de agroquímicos en la cascada Jun.- Gran parte de los agricultores del cantón Quero aún dependen los agroquímicos para su producción agrícola y a través del mal manejo de sus desechos se contaminan las vertientes que desembocan en la cascada Jun Jun, un espacio turístico representativo de la zona. Se recomienda realizar campañas de concientización sobre la contaminación hídrica, un reglamento para el manejo adecuado de los desechos de los agroquímicos y capacitaciones a los agricultores. Todo ello con la finalidad de recuperar la calidad del agua en la microcuenca.	E9 y E10: 10 puntos

Las 15 estrategias definidas en el taller se simplificaron en nueve, donde cuatro corresponden a la conservación / restauración e involucran actividades de protección, control y vigilancia de áreas de páramo; cuatro más, relacionadas con el tipo socio organizativo / culturales para la generación de instrumentos de articulación interinstitucional y reglamentos, y para la legalización de tenencia de las tierras; mientras que, por otro lado, se planteó una estrategia vinculada con los medios de vida / producción sostenible con la finalidad de mejorar el manejo de los desechos de los agroquímicos.

Meta y objetivos

En base a las estrategias complementarias y los resultados que pretenden alcanzar, se formuló la meta y los objetivos enfocados en mejorar el estado de salud del páramo de las UH MH/TA. Para ello, se plantearon un total de 9 objetivos alineados con la meta, tal y como se observa en la Figura 164.

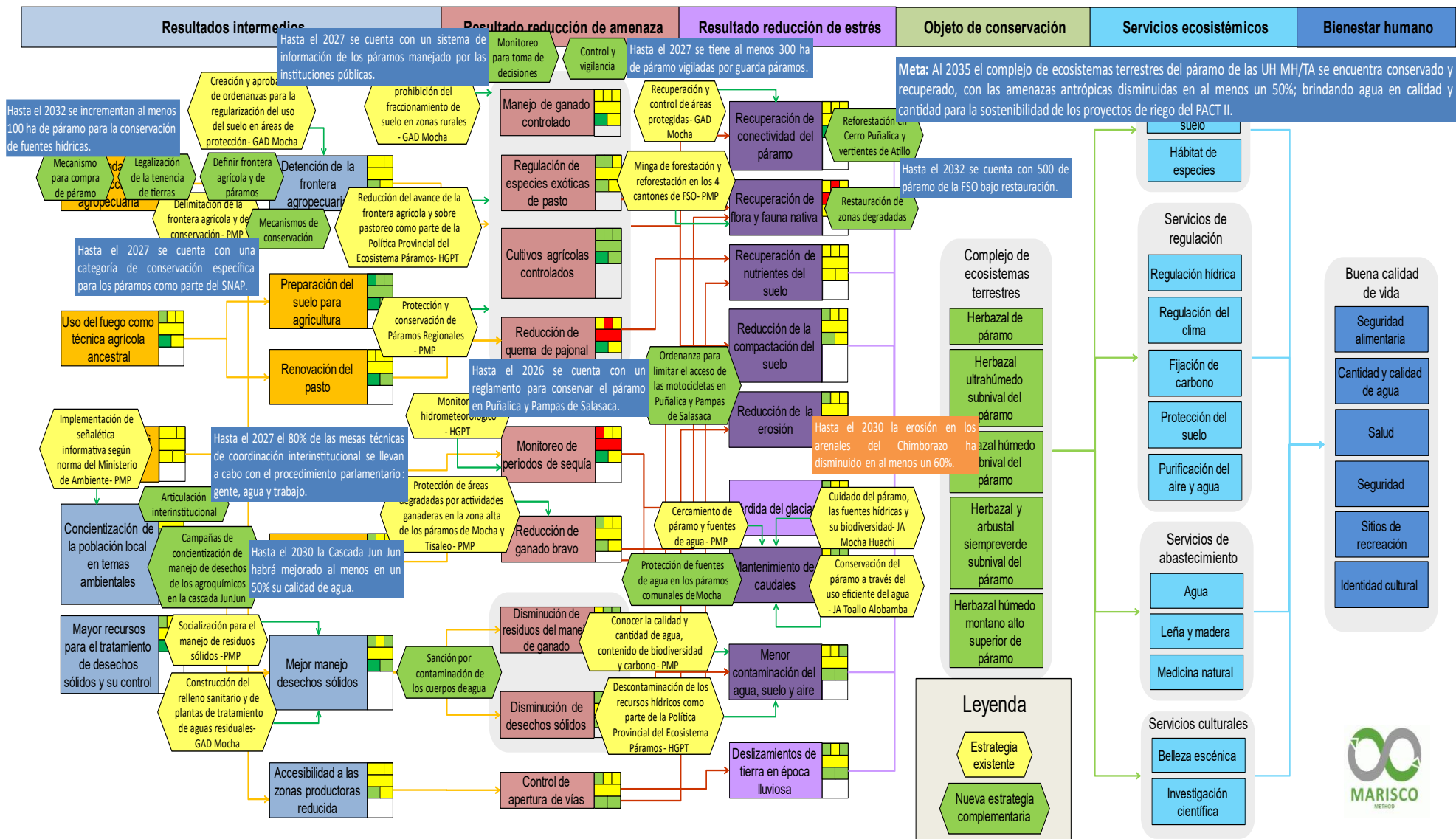


Figura 164. Red de resultados con metas y objetivos de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Meta.- Al 2035 el complejo de ecosistemas terrestres del páramo de las UH MH/TA se encuentra conservado y recuperado, con las amenazas antrópicas disminuidas en al menos un 50 %; brindando agua en calidad y cantidad para la sostenibilidad de los proyectos de riego del PACT II.

- 1) Hasta el 2026 se cuenta con un reglamento para conservar el páramo en Puñalica y Pampas de Salasaca.
- 2) Hasta el 2027 se cuenta con una categoría de conservación específica para los páramos como parte del SNAP.
- 3) Hasta el 2027 se cuenta con un sistema de información de los páramos manejado por las instituciones públicas.
- 4) Hasta el 2027 el 80% de las mesas técnicas de coordinación interinstitucional se llevan a cabo con el procedimiento parlamentario: gente, agua y trabajo.
- 5) Hasta el 2027 se tiene al menos 300 ha de páramo vigiladas por guarda páramos.
- 6) Hasta el 2030 la Cascada Jun Jun habrá mejorado al menos en un 50 % su calidad de agua.
- 7) Hasta el 2030 la erosión en los arenales del Chimborazo ha disminuido en al menos un 60 %.
- 8) Hasta el 2032 se cuenta con 500 de páramo de la FSO bajo restauración.
- 9) Hasta el 2032 se incrementan al menos 100 ha de páramo para la conservación de fuentes hídricas.

Plan de estrategias de las UH MH/TA

Cada estrategia de conservación y/o restauración de los páramos requiere también de una serie de actividades puntuales que incluyan la participación activa de las instituciones y organizaciones sociales para garantizar el cumplimiento de las mismas. A continuación, (Tabla 150), se presenta una propuesta de plan de estrategias para las UH MH/TA empleando los insumos generados en el taller.

Tabla 150. Plan de estrategias para la conservación y restauración de la unidad hidrográfica Mocha – Huachi / Toallo – Alobamba (MH/TA), Tungurahua.

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
1	Creación de una categoría de conservación para el páramo. (E14: 16 puntos)	Hasta el 2027 se cuenta con una categoría de conservación específica para los páramos como parte del SNAP.	- Presentación de la propuesta de la categoría de conservación. - Revisión y aprobación de la propuesta. - Creación de la categoría de conservación juntamente con los requisitos para establecerla.	- Hasta el 2027 se ha creado una categoría considerada en el SNAP para la conservación de los páramos. - Hasta el 2028 se cuenta con al menos tres áreas declaradas bajo la nueva categoría de conservación. - Hasta el 2029 se tiene un informe sobre la calidad y cantidad de agua de la UH MH/TA.	- MAATE - GADs - FSO
2	Restauración de zonas degradadas de páramo. (E2, E5, E6 y E7: 14 puntos)	Hasta el 2032 se cuenta con 500 de páramo de la FSO bajo restauración.	- Firma de acuerdos vinculantes para actividades de restauración.	- Hasta el 2027 se cuenta con al menos cinco acuerdos vinculantes	- Unidades Educativas - Universidades

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
			- Elaboración del plan de restauración que incluya: • Reforestación con especies nativas en el Cerro Puñalica y las vertientes de Atillo. • Construcción de diques para la recuperación de humedales como la Laguna Colorada. • Protección de fuentes de agua con cercado de alambre y postes ecológicos (posterior reemplazo con cerca viva). - Aprobación y aplicación del plan de reforestación.	- firmados y con el plan de restauración aprobado. - A partir de 2027 se implementa el plan de restauración. - Hasta el 2028 se cuenta con 150 ha reforestadas. - Hasta el 2028 se tiene un informe sobre la calidad y cantidad de agua de las zonas que están siendo restauradas.	- Juntas de Riego y Agua Potable - FSO - HGPT - FMPLPT - MAATE
3	Sistema de información sobre la conservación y restauración de los páramos. (E12: 14 puntos)	Hasta el 2027 se cuenta con un sistema de información de los páramos manejado por las instituciones públicas.	- Diseño del sistema de información para la organización y visualización de datos de monitoreo de los páramos. - Revisión, ajuste y aprobación del sistema de información. - Capacitaciones en el uso del sistema de información.	- Hasta el 2026 se tiene el diseño del sistema de información. - Hasta mediados de 2026 se aprueba el sistema de información. - Hasta el 2027 se ha capacitado a las instituciones en el uso de sistema de información. - Hasta el 2029 el sistema de información será utilizado activamente	- Universidades - GADs - HGPT (Soporte técnico) - FMPLPT

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
				por al menos el 70% de las instituciones vinculadas con la conservación de los páramos.	
4	Política de articulación interinstitucional. (E11: 13 puntos)	Hasta el 2027 el 80% de las mesas técnicas de coordinación interinstitucional se llevan a cabo con el procedimiento parlamentario: gente, agua y trabajo.	- Capacitaciones sobre el procedimiento parlamentario para que las reuniones sean más objetivas y se evite duplicación de acciones y/o proyectos. - Aplicación del procedimiento parlamentario.	- Hasta el 2026 se capacitan al 100% de las instituciones en el procedimiento parlamentario. - A partir de 2026 se aplica el procedimiento parlamentario en las mesas técnicas. - Hasta el 2027 se han propuesto mínimo dos proyectos con participación activa interinstitucional.	- FSO - Juntas de Agua Potable y Riego - HGPT - FMPLPT - MAATE
5	Control y vigilancia de áreas de páramo. (E15: 13 puntos)	Hasta el 2027 se tiene al menos 300 ha de páramo vigiladas por guarda páramos.	- Elaboración de un mapa con las áreas de páramo a vigilar. - Creación de un reglamento para designar funciones a los guarda páramos. - Formulación del presupuesto para el equipamiento de los guarda páramos. - Contratación de guarda páramos. - Elaboración de reportes mensuales.	- Hasta mediados de 2026 se cuenta con un mapa de las áreas de páramo, reglamento y presupuesto para la contratación de guarda páramos. - Hasta el 2027 se ha contratado, capacitado y equipado a al menos tres guarda páramos. - Hasta el 2028 se cuenta con un informe anual sobre la reducción de las actividades ilícitas en los	- FSO - Juntas de riego - HGPT - FMPLPT

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
				páramos vigilados.	
6	Adquisición de tierras de páramo para la conservación de fuentes hídricas de las UH MH/TA. (E1, E3, E4 y E13: 12 puntos)	Hasta el 2032 se incrementan al menos 100 ha de páramo para la conservación de fuentes hídricas.	- Diseño de un mecanismo para la compra de páramo. - Aprobación del mecanismo de compra. - Delimitación de la frontera agrícola y páramo con los dueños particulares de las tierras. - Compra mancomunada y legalización de la tenencia de tierras para conservación.	- Hasta el 2026 se cuenta con un mecanismo de compra de áreas privadas de páramo para conservación. - Hasta el 2027 se ha comprado 50 ha de páramo. - Hasta 2031 se incrementa el financiamiento en un 20 % para la adquisición de tierras de páramo.	- Juntas de Agua Potable y Riego - GADs - FSO - HGPT - FMPLPT
7	Regulación de actividades recreativas en Puñalica y Pampas de Salasaca. (E8: 11 puntos)	Hasta el 2026 se cuenta con un reglamento para conservar el páramo en Puñalica y Pampas de Salasaca.	- Formulación de un reglamento para limitar el acceso de motocicletas a las zonas de páramo. - Aprobación y socialización del reglamento. - Aplicación del reglamento por la comunidad. - Construcción de puntos de control.	- Hasta el 2026 se tiene un reglamento para regular las actividades recreativas en los páramos. - Hasta el 2027 se ha construido al menos dos puestos de control para impedir el ingreso de las motocicletas. - Hasta el 2028 se cuenta con un reporte donde se haya reducido al menos en un 70% las actividades de motocross en las zonas de páramos.	- Comunidades - GAD Mocha y Tisaleo
8	Manejo de los desechos de agroquímicos en la cascada Jun Jun. (E9 y E10: 10 puntos)	Hasta el 2030 la Cascada Jun Jun habrá mejorado al menos en un 50% su calidad de agua.	- Campañas de concientización de la contaminación hídrica por agroquímicos. - Elaboración de un reglamento para el manejo adecuado de los	- Hasta el 2026 se realizan al menos tres campañas de concientización. - Hasta el 2026 se cuenta con un reglamento sobre el	- Comunidades - GADs - FSO - MAG - MAATE - SENAGUA

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
			desechos de los agroquímicos. - Socialización del reglamento y capacitación a los agricultores de la zona alta que utilizan agroquímicos. - Monitoreo trimestral de la calidad de agua en la cascada Jun Jun.	manejo de desechos de los agroquímicos. - Hasta mediados de 2026 se han capacitado a al menos el 80% de los agricultores. - Hasta el 2028 se tiene un informe sobre la calidad de agua en la cascada Jun Jun.	
9	Recuperación del suelo en los arenales del volcán Chimborazo.*	Hasta el 2030 la erosión en los arenales del Chimborazo ha disminuido en al menos un 60%.	- Elaboración de un mapa con las áreas de arenales. - Línea base de las características del suelo. - Elaboración del plan de recuperación del suelo que incluya medidas mecánicas como el uso de tablonés para contención del suelo e instalación de gaviones de madera. - Monitoreo semestral de los parámetros físicos y químicos del suelo.	- Hasta el 2026 se cuenta con un mapa de áreas de arenales y el estudio de las características del suelo: línea base. - A partir de 2027 se implementa el plan de recuperación del suelo. - Hasta el 2028 se tiene el primer informe anual de monitoreo del suelo. - Hasta el 2035 se cuenta con suelo suficiente para iniciar a aplicar actividades de recuperación de cobertura vegetal.	- Comunidades - RPFCH - MAATE

Nota: *Estrategia sugerida por el equipo impulsor.

9.1.2.3 Análisis de la Unidad Hidrográfica Leito

Objetos de conservación

El objeto de conservación se localiza en la parte este de la UH Leito y ocupa aproximadamente el 40% de la misma. Además, está conformado por un complejo de ecosistemas terrestres que corresponden a:

- Bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes
- Herbazal del páramo

Servicios ecosistémicos y objetos de bienestar humano

En la UH Leito se identificaron 12 servicios ecosistémicos representativos, agrupados en cuatro categorías: soporte, regulación, abastecimiento y cultural, tal y como se muestra a continuación, en la Figura 165.

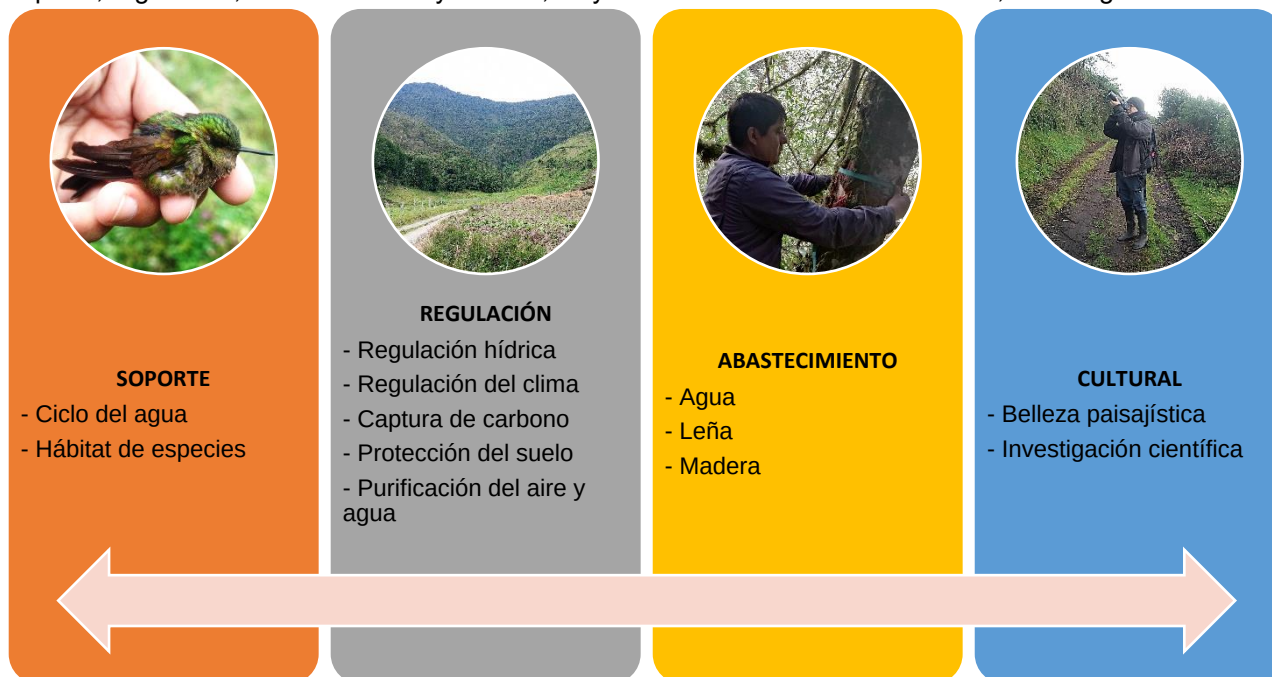


Figura 165. Servicios ecosistémicos de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Los servicios ecosistémicos derivados de la preservación de los ecosistemas de la UH Leito (bosque/páramo) garantizan el bienestar humano de la población, a través de los procesos de regulación para habitar en un ambiente sano y seguro, del abastecimiento de agua para consumo humano y riego, y de materia prima (madera y leña). Además, constituye un espacio con diversidad de especies que denota gran belleza paisajística y que favorece al desarrollo del turístico, incluyendo la investigación científica para contribuir a la gestión sostenible de la microcuenca.

Red de impactos

La red de impactos de la UH Leito se construyó en base a las amenazas identificadas y validadas en los talleres, las cuales generan estreses directos al páramo, alterando su funcionalidad y disminuyendo la calidad de los servicios ecosistémicos. Cada amenaza a su vez, encuentra su origen en uno o varios factores contribuyentes que pueden actuar de manera independiente o en sinergia. La red de impactos completa y su calificación se observa en la Figura 166, mientras que cada amenaza se desarrolla juntamente con sus estreses y factores contribuyentes desde la Figuras 167 hasta la 171.

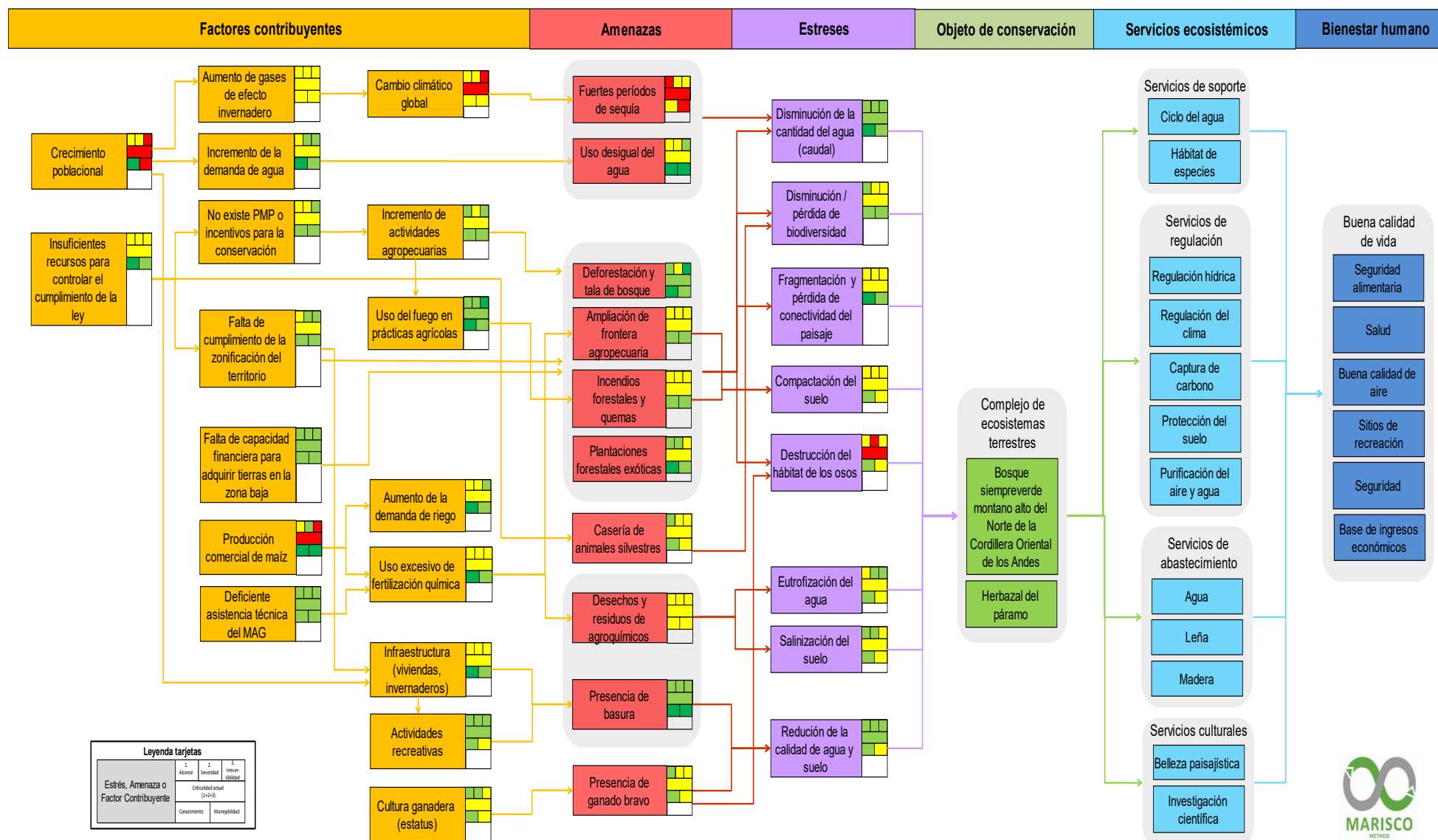


Figura 166. Red de impactos calificada de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Los elementos de la red de impactos de la UH Leito responden a 17 factores contribuyentes, 10 amenazas y 8 estreses que alteran la capacidad natural del bosque/páramo para brindar servicios ecosistémicos. Según la calificación de la criticalidad actual de las amenazas, la quema de pajonal y los períodos de sequía, son las que tienen mayor influencia sobre el estado de vulnerabilidad del bosque/páramo.

Fuertes períodos de sequía y uso desigual del agua

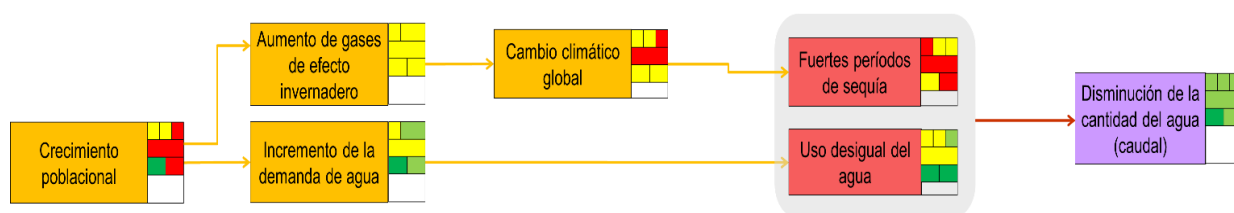


Figura 167. Variabilidad climática en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Los fuertes períodos de sequía de los últimos años sumados a la falta de equidad en el uso del recurso hídrico, han desembocado en la disminución de los caudales. Un claro ejemplo se evidencia en el sector San Jorge, que, a causa de la sequía y falta de riego, durante el año 2023, los agricultores reportaron pérdidas en la producción de maíz de hasta el 50 %.

Los cambios bruscos de temperatura y la inexactitud de la llegada de la época seca y lluviosa en el país se explican con el cambio climático cuyo origen principal se localiza en la actividad antrópica. Sin embargo, la demanda del recurso hídrico va creciendo con la población y con menos probabilidades de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes y beneficiarios de la UH Leito.

Deforestación y tala de bosque, ampliación de frontera agropecuaria, incendios forestales y quemas, y plantaciones forestales exóticas

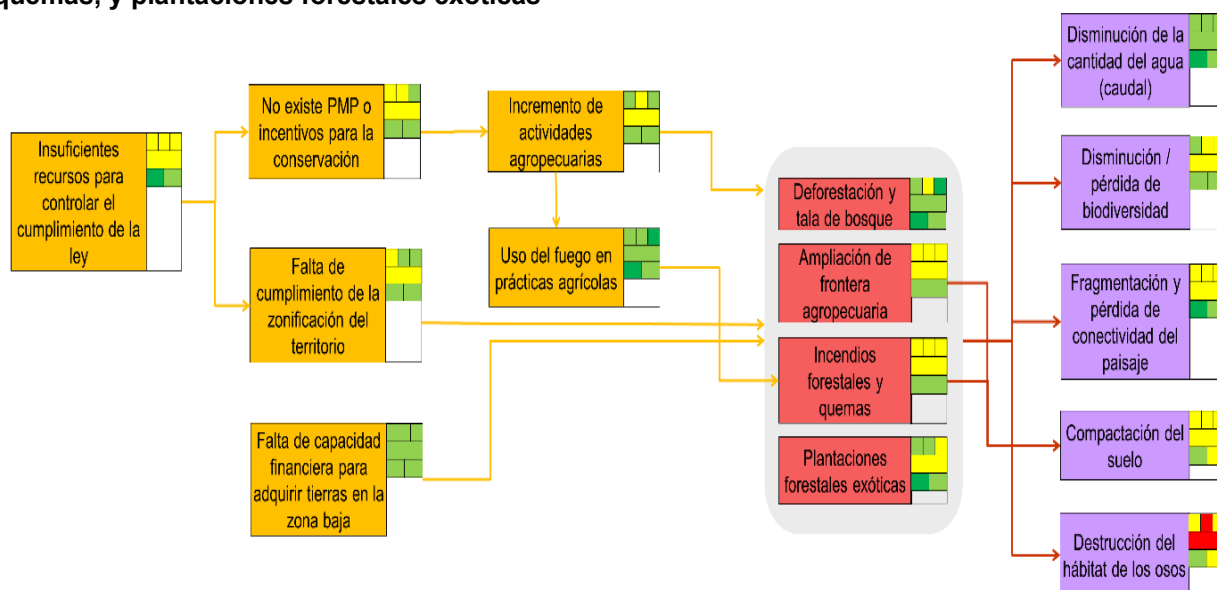


Figura 168. Cambio de uso de suelo en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

El cambio de uso de suelo en las áreas de conservación representa una amenaza clara para los ecosistemas naturales. En la UH Leito se ha evidenciado una mayor fragmentación y pérdida de conectividad del paisaje, lo que altera el hábitat de las diferentes especies nativas incluyendo al oso andino. Además, la pérdida de cobertura vegetal y la actividad agropecuaria exponen al suelo a procesos de compactación que influyen directamente en la infiltración adecuada de las aguas lluvias de la microcuenca, agravando así la oferta hídrica durante la época seca.

Entre los factores contribuyentes para el cambio de uso de suelo se encuentra el fomento de las actividades agropecuarias en un marco donde falta priorizar la conservación como parte del desarrollo sostenible. Esto implica también, los insuficientes recursos que se puedan destinar para controlar el

cumplimiento de la ley ambiental, así como la falta de la capacidad financiera de la población para adquirir terrenos en la zona baja de la microcuenca, manteniendo e incrementando las amenazas para el bosque nativo y páramo de la microcuenca.

Casería de animales silvestres

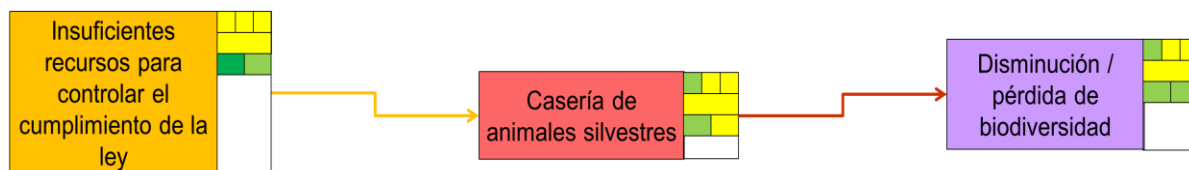


Figura 169. Casería de animales silvestres en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

La UH Leito se destaca por una gran diversidad faunística debido a la combinación de los ecosistemas bosque y páramo, no obstante, ya en el PDOT de Patate del 2015 se registra la caza de especies de aves como la pava de monte, tiucurpilla, torcaza, zumbador, loro (venta como mascotas) y de mamíferos como el oso de anteojos, tapir de montaña, venado colorado, venado cola blanca, conejo de páramo y sachacuy. Esta actividad ilegal ha generado una disminución directa de la biodiversidad, alterando el equilibrio ecológico de los ecosistemas y causando la pérdida de calidad de los servicios ecosistémicos en general. El factor contribuyente para esta amenaza radica principalmente en el insuficiente control y vigilancia de las áreas de bosque/páramo debido a los recursos limitados para esta actividad. Hay que recalcar que a diferencia de las anteriores UH, en ésta aún no ha desarrollado ningún PMP, ya que dentro de estos se han establecido patrullajes semanales para evitar actividades ilícitas en los páramos, incluyendo la caza.

Desechos y residuos de agroquímicos, y presencia de basura

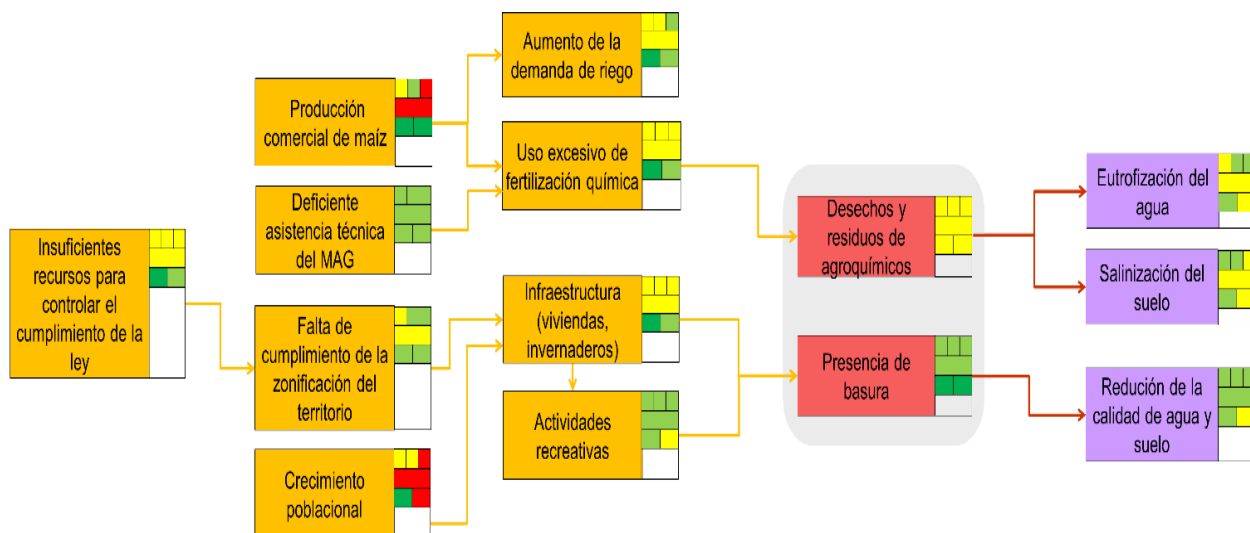


Figura 170 Contaminación en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

El deficiente manejo de los distintos tipos de desechos en la UH Leito disminuye la calidad de los servicios ecosistémicos. En relación a los agroquímicos, se encontró que solamente el 3,45 % de la población anexa a los bosques/páramos utiliza abonos orgánicos para la producción agrícola, el 62,07 % ocupa exclusivamente fertilizantes químicos; mientras que, el 34,48 % restante, ambos. Los residuos químicos pueden provocar la salinización del suelo y la eutrofización del agua, poniendo en peligro la seguridad alimentaria y salud de sus beneficiarios. También, los desechos sólidos provenientes de las viviendas o de las personas que visitan el lugar en calidad de turistas incrementan los niveles de contaminación y alteración del paisaje.

Los factores contribuyentes de los residuos químicos son la producción comercial de maíz como fuente de ingresos principal de la zona y la deficiente asistencia técnica por parte del MAG para implementar opciones de fertilización menos contaminantes, e inclusive para diversificar la producción (monocultivo de maíz). Por el lado de la presencia de basura, su factor contribuyente es la propia cercanía de la zona

poblada a las áreas de recarga hídrica, donde se debe priorizar de manera general el manejo de los desechos sólidos, incluyendo el respectivo control y sanción de quienes no lo hagan.

Presencia de ganado bravo

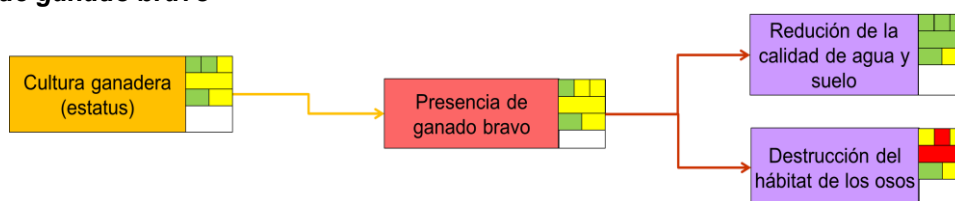


Figura 171. Impacto de ganado bravo en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

La crianza del ganado de lidia forma parte de la cultura taurina en el Ecuador, sin embargo, su presencia ha generado cambios significativos en el hábitat de las especies nativas de los bosques/páramos del cantón Patate, en especial para el oso de anteojos, cuyo estado de conservación actualmente se encuentra en la categoría vulnerable. Ante la falta de alimento el oso ha tenido que descender cerca de las zonas habitadas para buscarlo, lo que ha generado gran controversia entre población, ya que muchas veces se encierran estos eventos en una amenaza, y no se identifican como un claro indicador de la pérdida de la funcionalidad de los ecosistemas.

Estrategias existentes y complementarias

La mitigación, control o prevención de las amenazas y, por ende, de los estreses al páramo, se ha venido tratando a través de un conjunto de estrategias cuya acción puede estar ligada a una amenaza o a un factor contribuyente, o en algunos casos, a los estreses. Es importante resaltar que es mucho más efectivo direccionar las estrategias hacia los factores contribuyentes puesto que son las causas fundamentales de los problemas. A continuación (Tabla 151) se enlistan las estrategias existentes que las instituciones y organizaciones vinculadas con la conservación y restauración del páramo han propuesto y/o se encuentran desarrollando; y, en la Figura 172, se puede visualizar su zona de actividad a través de la simbología.

Tabla 151. Estrategias existentes de conservación y/o restauración en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Nº	Estrategias existentes	Encargado	Vigencia	PMP/Lugar	Símbolo
1	Programa de forestación y reforestación. Programa de preservación de los páramos. Establecimiento del Sello Verde. Apoyo para la creación de emprendimientos turísticos.	GAD Patate	2023-2027	Patate	Árboles
2	Preservación de cuencas hidrográficas, quebradas y rívera de los ríos. Fortalecimiento de la estructura administrativa y operativa de las juntas administradoras de agua potable y alcantarillado.	GAD Patate	2023-2027	Patate	Llave de agua
3	Establecimiento de un sistema adecuado de clasificación de la basura en espacios e instituciones públicas.	GAD Patate	2023-2027	Patate	Reciclaje
4	Estatuto de la Junta de Riego de la Acequia Leito.	Junta de Riego Leito	2016	Patate	Legislación
5	Monitoreo hidrometeorológico.	HGPT	2019-2023	Tungurahua	Banderas
6	Política Provincial del Ecosistema Páramos.	HGPT	2019-2023	Tungurahua	Legislación
7	Área de Protección Hídrica San Jorge.	MAATE	2021	Patate	APH
8	Proyecto del agua potable y de riego del Aluleo.	HGPT - FECOPA	2024	Patate	Llave de agua
9	Monitoreo del oso por la Fundación Oso Andino.	Fundación Oso Andino - MAATE	2021	Patate	Huella
10	Estatuto de la Junta Administradora de Agua Potable Regional San Jorge.	Junta de Agua San Jorge	---	Patate	Legislación

Fuente: PDOT Patate, 2023 - 2027 / PDOT Tungurahua, 2019 – 2023 / SENAGUA, 2016 / Entrevistas semiestructuradas.

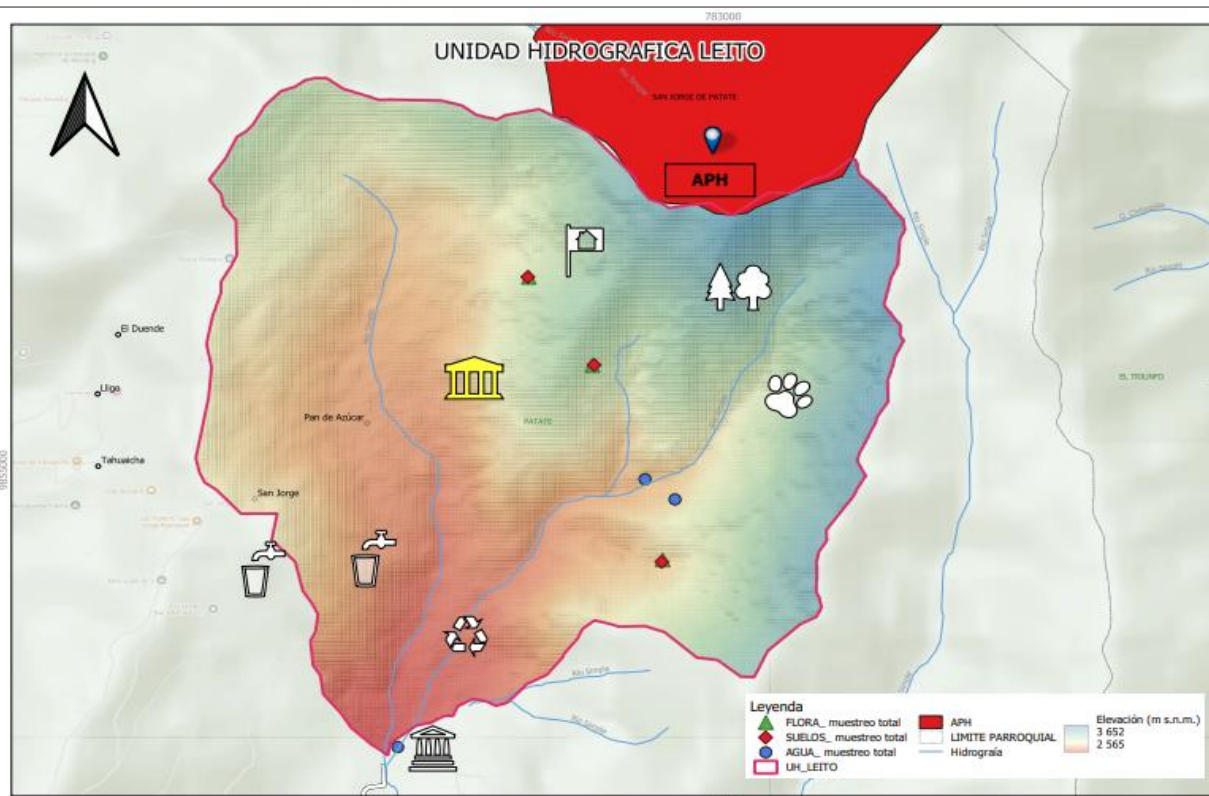


Figura 172. Zona de actividad de las estrategias existentes en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

A partir de información secundaria y de las entrevistas semiestructuradas se recopilieron 10 estrategias existentes que se enfocan en disminuir los factores contribuyentes, amenazas y estreses identificados en la UH Leito. Estas a su vez ocupan un área limitada de la microcuenca e incluso el APH San Jorge se encuentra fuera de la zona. Es así como se visibilizan las zonas que requieren de una mayor atención para la formulación de estrategias complementarias que fortalezcan los esfuerzos de conservación y restauración del bosque/páramo.

En base al análisis de las estrategias existentes, cada subgrupo de trabajo planteó estrategias nuevas y complementarias para ayudar a minimizar los impactos que aún persisten en el bosque/páramo. Cada estrategia adquirió una calificación con la que se pudo predecir o anticipar de cierto modo su vulnerabilidad. En la siguiente matriz (Tabla 152) se observan los parámetros de viabilidad y eficacia utilizados para su evaluación, así como sus valores correspondientes.

Tabla 152. Calificación de estrategias complementarias en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

N°	Estrategia complementaria	Viabilidad			Eficacia			Total
		Nivel de aceptación de los grupos de interés relevantes	Generación de conflictos sociales, políticos e institucionales	Subtotal	Eficacia de la reducción de amenazas	Incremento directo de la funcionalidad de los objetos de biodiversidad	Subtotal	
Equipo de mujeres								
1	Reforestación con plantas nativas para proteger las fuentes de agua de riego.	4	2	6	3	4	7	13
2	Declaratoria de área protegida en la zona de la cuenca hídrica	3	2	5	4	4	8	13

Nº	Estrategia complementaria	Viabilidad			Eficacia			Total
		Nivel de aceptación de los grupos de interés relevantes	Generación de conflictos sociales, políticos e institucionales	Subtotal	Eficacia de la reducción de amenazas	Incremento directo de la funcionalidad de los objetos de biodiversidad	Subtotal	
3	Inclusión del PMP para conservar las fuentes de agua de Leito.	3	4	7	3	4	7	14
4	La junta de agua asigne un presupuesto para educación ambiental.	3	3	6	4	4	8	14
5	Capacitaciones y alternativas para el manejo adecuado de los desechos de los agroquímicos.	4	4	8	3	4	7	15
Equipo de hombres								
6	Compensación por conservar los bosques y páramos.	3	2	5	4	3	7	12
7	Establecimiento de un vivero con especies nativas.	3	2	5	4	4	8	13
8	Reforestación a partir de los 3000 m s.n.m.	2	2	4	4	4	8	12
9	Ordenanzas y vigilancia para conservar los bosques y páramos de San Jorge.	3	2	5	4	4	8	13
10	Señalética ambiental en los bosques de San Borja.	4	3	7	4	4	8	15
11	Creación de un fondo para la conservación de fuentes hídricas.	2	2	4	4	4	8	12
Equipo de Junta de Riego Leito								
12	Reducción de la frontera agrícola y deforestación.	2	2	4	4	3	7	11
13	Reforestación y protección de las vertientes de agua y márgenes.	2	3	5	4	4	8	13
14	Implementación de viveros con especies nativas.	4	4	8	3	3	6	14
15	Mecanismos de incentivos por conservación.	4	3	7	3	4	7	14
16	Creación de una tasa económica para la conservación de fuentes hídricas.	3	2	5	3	3	6	11

En el taller se plantearon un total de 16 estrategias nuevas y/o complementarias a las estrategias existentes para impulsar y focalizar los esfuerzos de conservación y restauración del bosque/páramo. Las estrategias con mayor puntaje (15 puntos) para su priorización fueron:

- Capacitaciones y alternativas para el manejo adecuado de los desechos de los agroquímicos.
- Señalética ambiental en los bosques de San Borja.

No obstante, las estrategias que le siguen por puntaje en cada equipo corresponden a:

- Inclusión del PMP para conservar las fuentes de agua de Leito (Mujeres – 14 puntos).
- La junta de agua designe un presupuesto para educación ambiental (Mujeres – 14 puntos).
- Implementación de viveros con especies nativas (Junta de Riego Leito – 14 puntos).
- Mecanismos de incentivos por conservación (Junta de Riego Leito – 14 puntos).
- Reforestación con plantas nativas para proteger las fuentes de agua de riego (Mujeres – 13 puntos).

Una vez compiladas las estrategias existentes y complementarias, estas se añadieron al modelo conceptual existente (Figura 173). De esta forma, se pudo visualizar de mejor manera a que elemento o elementos de la red de impactos pretende contrarrestar cada estrategia para propiciar la conservación del bosque/páramo y garantizar la preservación de sus servicios ecosistémicos.

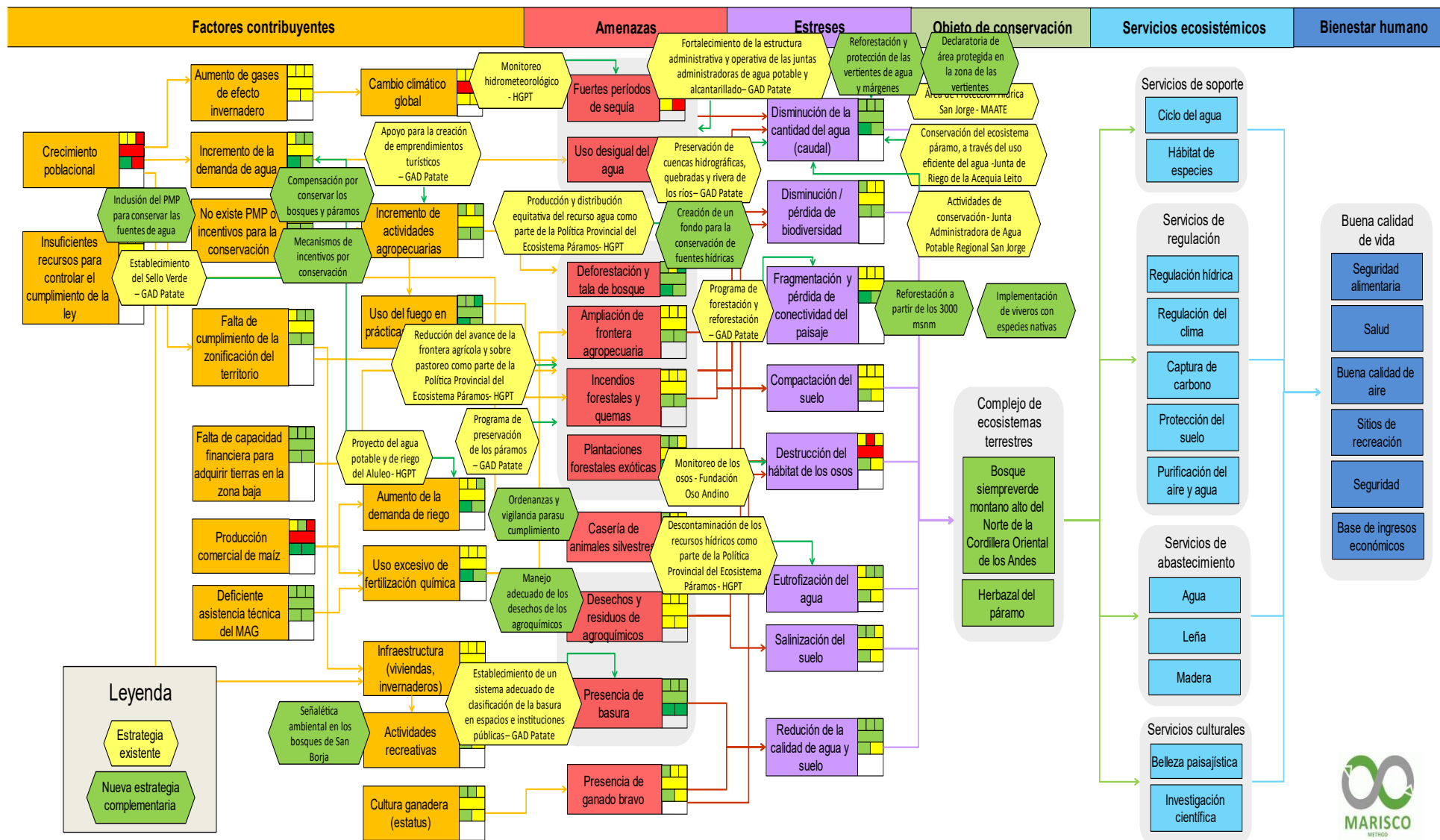


Figura 173. Estrategias existentes y complementarias en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Las estrategias existentes como las propuestas en el taller sumaron un total de 27 estrategias formuladas para controlar y disminuir el impacto de las amenazas sobre el bosque/páramo y sus servicios de soporte, regulación, abastecimiento y culturales, que en conjunto aportan a la calidad de vida de los habitantes de las UH Leito.

Red de resultados

La red de resultados comprende el planteamiento de hipótesis de cambio sobre los elementos de la red de impactos, lográndose visualizar previamente el nivel de eficacia que alcanzarían las estrategias propuestas para la conservación y/o restauración de los páramos una vez implementadas en las UH Leito. En la Figura 174 se muestra una sección de la formulación de hipótesis de cambio y en la Figura 175, la red de resultados completa con la intervención de todas las estrategias existentes y complementarias.

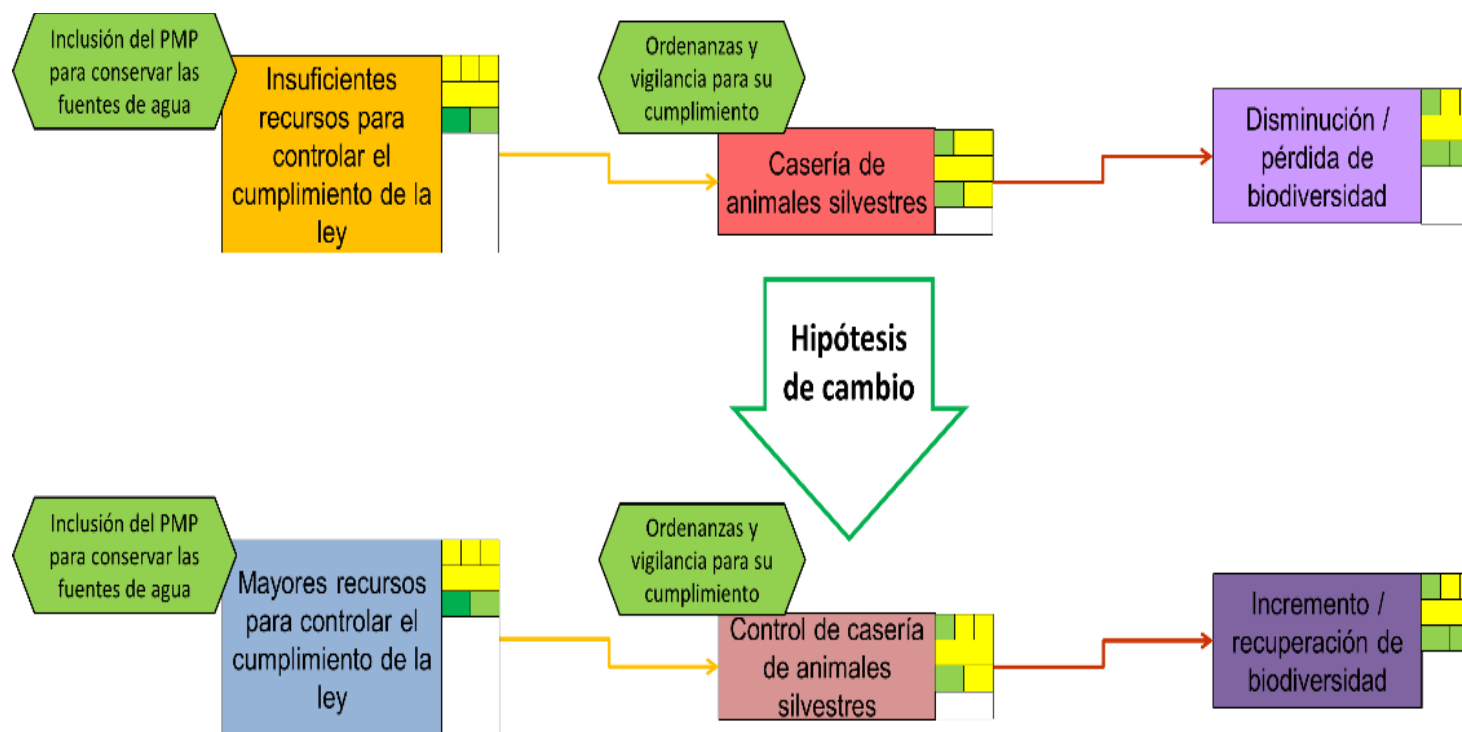


Figura 174. Formulación de hipótesis de cambio en la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Las estrategias establecidas tienen como fin controlar y/o mitigar el impacto de las amenazas, por lo que una forma de representar la funcionalidad de la estrategia es generando una hipótesis de cambio sobre un elemento de la red de impactos, lo que a su vez influirá y modificará a los demás elementos que estén vinculados. De esta manera, la sinergia del ecosistema permitirá que la red de impactos se convierta en una red de resultados.

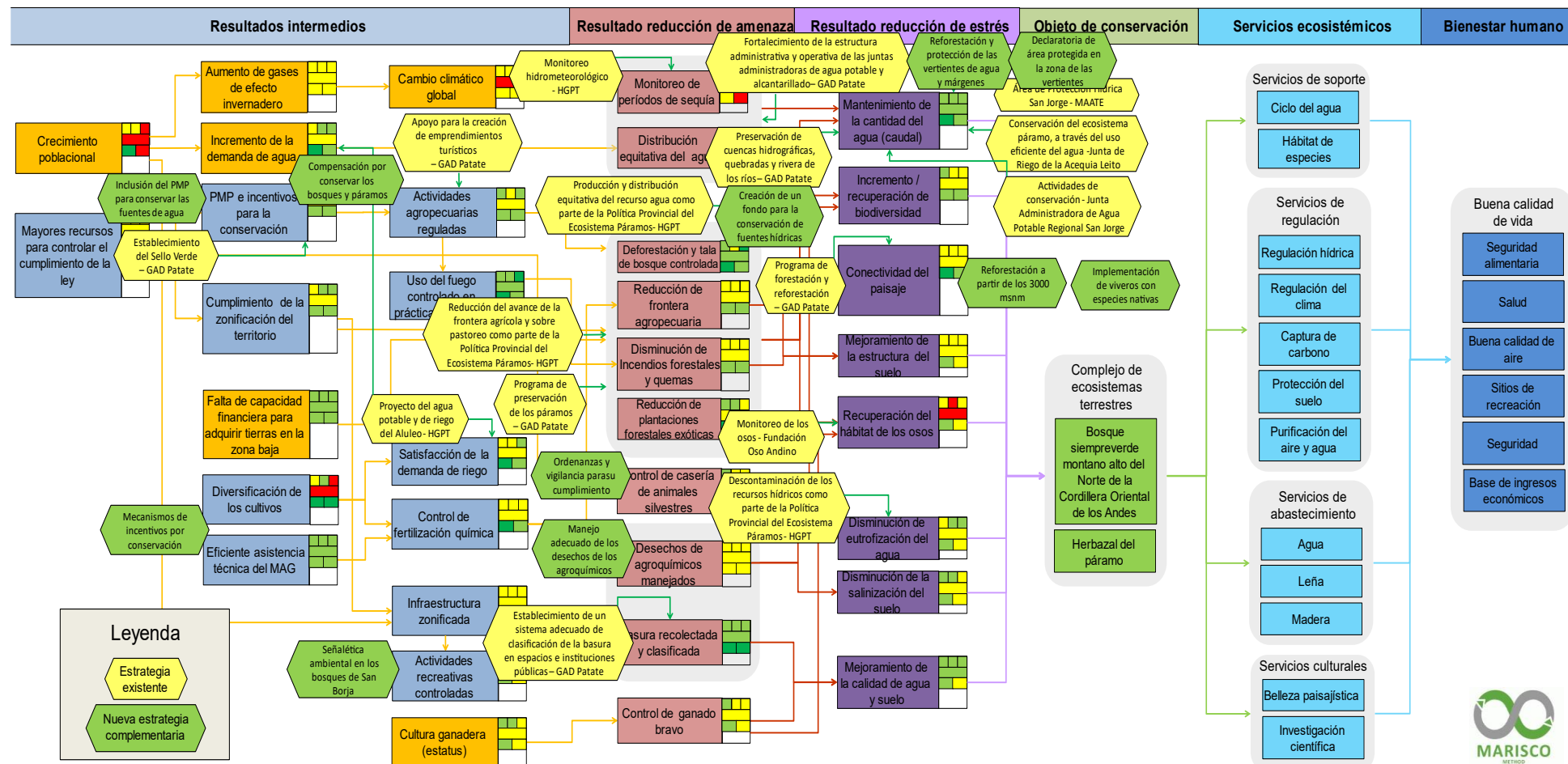


Figura 175. Red de resultados de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

El modelo conceptual con las estrategias existentes y complementarias se convirtió en la red de resultados a través de las hipótesis de cambio. De esta forma, se pudo observar que el nivel de alcance de las estrategias propuestas dejó por fuera a algunos elementos de la red de impactos que son más difíciles de manejar directamente como el crecimiento poblacional, cambio climático, cultura ganadera, etc. Además, de conocer los problemas que la población de la UH Leito está considerando como prioritarios.

El total de estrategias complementarias se analizaron y simplificaron según las similitudes y relaciones existentes entre ellas. En la Tabla 153 se describió la forma en que cada estrategia aportaría a la reducción de los impactos de las amenazas, estreses y factores contribuyentes de la UH Leito. Cabe indicar que con la simplificación de las estrategias algunos puntajes se fusionaron y dieron como resultado un nuevo orden de priorización.

Tabla 153. Descripción de estrategias complementarias para la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Nº	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	PRIORIZACIÓN
Conservación / Restauración		
1	Implementación de un vivero comunitario con especies nativas en San Jorge.- Las actividades de recuperación de la cobertura vegetal requieren de una serie de recursos donde la gestión comunitaria juega un rol clave en el cumplimiento de los objetivos de reforestación a largo plazo. Un vivero comunitario permite que la comunidad reestablezca una relación de respeto hacia el medio natural involucrándose en la solución de los problemas presentes como en la prevención de los futuros. Este vivero comunitario puede ser implementado como una microempresa ambiental comunitaria liderada por mujeres, inspirada en experiencias exitosas del Programa de Manejo de Páramos (PMP), donde se las capacita y remunera por actividades como la reforestación, el mantenimiento ecológico y la producción de plantas nativas. Esta iniciativa no solo fortalecería la sostenibilidad del vivero comunitario con asesoría técnica, sino que también abordaría una problemática socioeconómica relevante como es el alto porcentaje de mujeres desempleadas o dedicadas exclusivamente a tareas domésticas no remuneradas, promoviendo así su inclusión productiva y empoderamiento local.	E7 y E14: 13,5 puntos
2	Vigilancia y control en los bosques y páramos de San Jorge.- Las acciones de conservación requieren también de sistemas comunitarios para la vigilancia y control de las actividades ilícitas como la tala, quema, pastoreo, caza, ingreso ilegal en la zona, entre otras. Además, como parte de las funciones de los guarda bosques - páramos se encuentra el apoyo a la investigación científica y a la concientización de la población sobre la protección y manejo de los ecosistemas.	E9, E10 y E12: 13 puntos
3	Declaratoria de área protegida de la zona de recarga hídrica de Leito.- Tal y como se observó anteriormente, dentro de la microcuenca no existe áreas de conservación declaradas por el MAATE; sin embargo, es fundamental contar con instrumentos, acuerdos y/o convenios a largo plazo que ayuden a garantizar la provisión del recurso hídrico en la UH Leito y a recuperar el hábitat del oso andino. Esto se vería favorecido mediante el marco legal que aplica para las todas las áreas de conservación pertenecientes al SNAP.	E2: 13 puntos
4	Restauración de áreas degradadas de bosque y páramo de la UH Leito.- Ante la destrucción del bosque/páramo y alteración de sus funciones ecológicas, se necesitan implementar acciones de restauración con previo estudio para efectivizar su propósito en las áreas degradadas, incluyendo durante todo el proceso la participación interinstitucional y de las comunidades, como por ejemplo, a través del funcionamiento de los viveros comunitarios.	E1, E8 y E13: 12,67 puntos
Socio organizativo / Culturales		
1	Generación del Plan de Manejo de Páramo y Bosque (PMPb) para conservar las fuentes de agua de Leito.- Aunque la proporción de la cobertura de páramo (4,07 ha) en la UH Leito es menor a la de bosque, constituye un área de recarga hídrica del PACT II, y actualmente es la UH donde la población reportó mayores problemas de suministro de agua durante las épocas de sequía. Por lo tanto, es menester contar con financiamiento continuo destinado a la conservación y/o restauración del bosque/páramo. Además, dentro de los PMP pueden surgir	E3: 14 puntos

Nº	ESTRATEGIAS COMPLEMENTARIAS	PRIORIZACIÓN
	alternativas económicas como la implementación de microempresas donde se contrata mano de obra femenina para reforestar. Esto, además de conservar el páramo, ayudaría a disminuir el porcentaje de desempleo de las mujeres de Leito que se dedican a los quehaceres domesticos sin ningún tipo de remuneración.	
2	Mecanismos de compensación por conservación de bosques y páramos en Patate.- La desigualdad en cuanto a las restricciones de la producción agropecuaria entre los pobladores de la zona baja y alta de la microcuenca interviene directamente en el éxito de la conservación del bosque/páramo. Por ello, y en cumplimiento a la ordenanza provincial es necesario implementar mecanismos de compensación para quienes realizan conservación en sus terrenos, incluyendo la exoneración de impuestos, asistencia técnica, entrega de insumos para el mejoramiento productivo, entre otras opciones.	E6 y E15: 13,5 puntos
3	Creación de un fondo para la conservación y restauración de los bosques y páramos de Patate.- El agua, al ser un recurso de uso público, requiere de un financiamiento continuo para asegurar su existencia en cantidad y calidad para los pobladores de la zona. Los fondos de agua, son una alternativa para mejorar la gestión sostenible de las cuencas a través de la aportación de los usuarios del agua: comunidad, GADs y Juntas de Agua Potable y Riego.	E4, E11 y E16: 12,33 puntos
Medios de vida / Producción sostenible		
1	Manejo de los desechos de los agroquímicos en San Jorge.- Según las entrevistas semiestructuradas, el uso de fertilizantes químicos en la producción de maíz es alto y el deficiente manejo de los desechos de los agroquímicos se convierte en una fuente de contaminación directa. En consecuencia, se recomienda capacitar a los agricultores en técnicas como el triple lavado para evitar la eliminación de estos desechos en las vertientes, a la vez que se fomenta la reducción del uso de los agroquímicos por métodos alternativos.	E5: 15 puntos

Las 16 estrategias definidas en el taller se simplificaron en ocho. Cuatro son de conservación / restauración y se enfocan en la declaratoria de áreas protegidas, implementación de vigilancia y control, y de un vivero comunitario; las tres siguientes, relacionadas con el tipo socio organizativo / culturales se dirigen a la creación de un PMPb, fondo de agua y mecanismos de compensación por conservación; por último, se obtuvo una estrategia sobre los medios de vida / producción sostenible para mejorar el manejo de los desechos de los agroquímicos bastante utilizados en la UH Leito.

Meta y objetivos

En base a las estrategias complementarias y los resultados que pretenden alcanzar, se formuló la meta y los objetivos enfocados en mejorar el estado de salud del bosque/páramo de la UH Leito. Para ello, se plantearon un total de ocho objetivos alineados con la meta, tal y como se observa en la Figura 176.

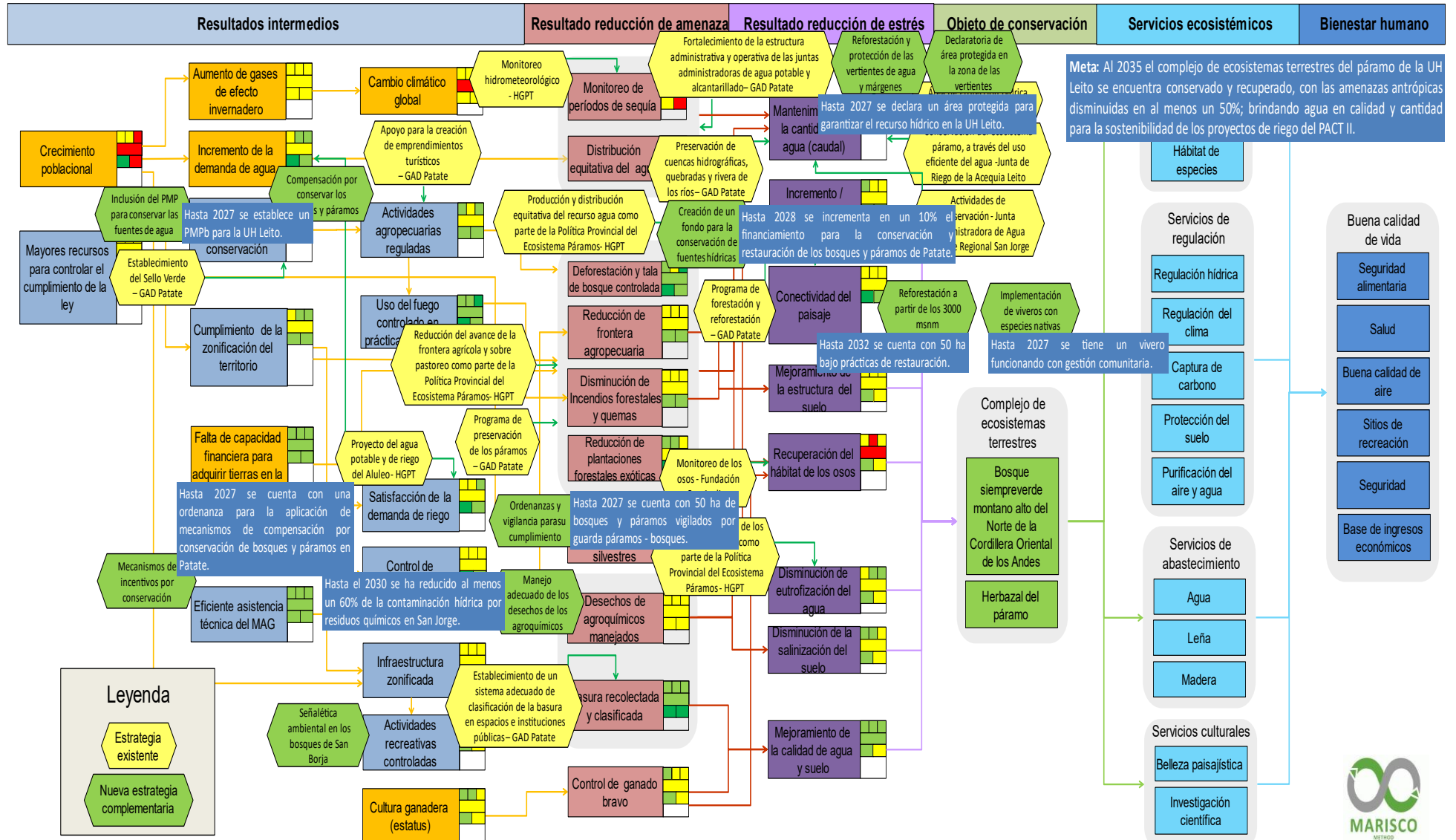


Figura 176. Red de resultados con metas y objetivos de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Meta.- Al 2035 el complejo de ecosistemas terrestres del bosque/páramo de la UH Leito se encuentra conservado y recuperado, con las amenazas antrópicas disminuidas en al menos un 50 %; brindando agua en calidad y cantidad para la sostenibilidad de los proyectos de riego del PACT II.

- 1) Hasta 2027 se establece un PMPb para la UH Leito.
- 2) Hasta 2027 se tiene un vivero funcionando con gestión comunitaria.
- 3) Hasta 2027 se cuenta con una ordenanza para la aplicación de mecanismos de compensación por conservación de bosques y páramos en Patate.
- 4) Hasta 2027 se declara un área protegida para garantizar el recurso hídrico en la UH Leito.
- 5) Hasta 2027 se cuenta con 50 ha de bosques y páramos vigilados por guarda páramos - bosques.
- 6) Hasta 2028 se incrementa en un 10% el financiamiento para la conservación y restauración de los bosques y páramos de Patate.
- 7) Hasta el 2030 se ha reducido al menos un 60% de la contaminación hídrica por residuos químicos en San Jorge.
- 8) Hasta 2032 se cuenta con 50 ha bajo prácticas de restauración.

Plan de estrategias de la UH Leito

Cada estrategia de conservación y/o restauración del bosque/páramo requiere también de una serie de actividades puntuales que incluyan la participación activa de las instituciones y organizaciones sociales para garantizar el cumplimiento de las mismas. A continuación, (Tabla 154), se presenta una propuesta de plan de estrategias para la UH Leito empleando los insumos generados en el taller.

Tabla 154. Plan de estrategias para la conservación y restauración de la unidad hidrográfica Leito, Tungurahua.

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
1	Manejo de los desechos de los agroquímicos en San Jorge. (E5: 15 puntos)	Hasta el 2030 se ha reducido al menos un 60% de la contaminación hídrica por residuos químicos en San Jorge.	- Elaboración de un reglamento para el manejo adecuado de los desechos de los agroquímicos. - Aprobación y socialización del reglamento. - Capacitaciones a los agricultores de la zona en: triple lavado y reciclaje de los envases de agroquímicos. - Monitoreo trimestral de la calidad de agua en la acequia de Leito.	- Hasta 2026 se cuenta con un reglamento del manejo de desechos de los agroquímicos. - Hasta mediados de 2026 se ha capacitado a al menos el 90% de los agricultores. - Hasta 2028 se tiene un informe sobre la calidad de agua en las zonas agrícolas.	- Comunidad de San Jorge - Juntas de Agua Potable y Riego de Leito - MAG: Agrocalidad
2	Generación del Plan de Manejo de Páramo y Bosque (PMPb) para conservar las fuentes de agua de Leito. (E3: 14 puntos)	Hasta 2027 se establece un PMPb para la UH Leito.	- Estudio de factibilidad para la implementación del PMPb Leito. - Firma del acuerdo de conservación con las comunidades y juntas de agua. - Elaboración de reglamento para	- Hasta 2026 se tiene el estudio de factibilidad. - Hasta mediados del 2026 se firma el acuerdo de conservación. - Hasta finales del 2026 se	- Comunidades - Junta de Riego Leito - HGPT - FMPLPT

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
			operativizar el acuerdo de conservación.	tiene el reglamento del acuerdo vinculante de conservación.	
			- Elaboración e implementación del POA del PMPb Leito.	- A partir de 2027 se implementa el POA del PMPb Leito.	
				- Hasta 2028 se tiene el reporte anual de actividades correspondientes al PMP de Leito.	
3	Implementación de un vivero comunitario con especies nativas en San Jorge. (E7 y E14: 13,5 puntos)	Hasta 2027 se tiene un vivero funcionando con gestión comunitaria.	- Identificación del área para establecer el vivero. - Apoyo técnico para la producción de especies nativas. - Planificación del manejo del vivero. - Inicio de actividades del vivero.	- Hasta mediados de 2026 se cuenta con la infraestructura del vivero. - Hasta finales de 2026 se tiene el reglamento y el plan de manejo del vivero. - A partir de 2027 el vivero comienza a funcionar. - Hasta 2028 se tiene el reporte anual de actividades.	- Comunidades - Juntas de Agua - GAD Cantonal - HGPT
4	Mecanismos de compensación por conservación de bosques y páramos en Patate. (E6 y E15: 13,5 puntos)	Hasta 2027 se cuenta con una ordenanza para la aplicación de mecanismos de compensación por conservación de bosques y páramos en Patate.	- Creación de una ordenanza en la que se incluya: exoneración de impuestos, asistencia técnica y entrega de insumos para el mejoramiento productivo, e inclusión al Programa Socio Bosque, a las personas que realicen conservación en sus terrenos. - Revisión y aprobación de la ordenanza.	- A partir de 2027 se socializa y aplica la ordenanza de mecanismos de compensación. - Hasta 2032 al menos el 70% de los propietarios de bosques y páramos han accedido a mecanismos de compensación por conservación.	- Comunidades - GAD Cantonal - HGPT - MAATE

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
5	Declaratoria de área protegida de la zona de recarga hídrica de Leito. (E2: 13 puntos)	Hasta 2027 se declara un área protegida para garantizar el recurso hídrico en la UH Leito.	- Identificación y delimitación del área de recarga hídrica de Leito. - Entrega de documentación en las oficinas del MAATE para la declaratoria del territorio en el subsistema correspondiente. - Revisión y ajustes de la documentación presentada. - Recibo de Acuerdo Ministerial de declaratoria.	- Hasta 2026 se presenta la documentación correspondiente para la declaratoria. - Hasta 2027 se aprueba la declaratoria del área protegida. - Hasta el 2028 se tiene un informe anual del plan de manejo. - Hasta 2032 se tiene un estudio sobre la calidad y cantidad de agua de la UH Leito.	- Juntas de Agua Potable y Riego - GADs - MAATE
6	Vigilancia y control en los bosques y páramos de San Jorge. (E9, E10 y E12: 13 puntos)	Hasta 2027 se cuenta con 50 ha de bosques y páramos vigilados por guarda páramos - bosques.	- Identificación de las áreas de bosques y páramos amenazados. - Creación de un reglamento para controlar el acceso a los bosques y páramos de San Jorge: como el motocross en los bosques de San Borja. - Colocación de señalética ambiental. - Contratación de guarda páramos - bosques.	- Hasta el 2026 se tiene el mapa de áreas de bosques y páramos amenazados. - Hasta mediados de 2026 se cuenta con el reglamento y se ha colocado la señalética ambiental. - Hasta 2027 se ha contratado y equipado a al menos tres guarda páramos - bosques. - Hasta 2028 se tiene un informe sobre la reducción de actividades ilícitas en los bosques y páramos de San Jorge.	- Comunidades - GAD Patate - HGPT - MAATE
7	Restauración de áreas degradadas de bosque y	Hasta 2032 se cuenta con 50 ha bajo	- Estudio del estado de conservación de los bosques y	- Hasta 2026 se cuenta con un estudio del estado de	- Comunidades

Nº	ESTRATEGIA	OBJETIVO	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTORES
	páramo de la UH Leito. (E1, E8 y E13: 12,67 puntos)	prácticas de restauración.	páramos: línea base. - Firma de acuerdos vinculantes para actividades de restauración. - Elaboración del plan de restauración que incluya: • Protección de fuentes hídricas con cercado de alambre y postes ecológicos (posterior reemplazo con cerca viva). • Reforestación con especies nativas del vivero comunitario. Entre los fines de la restauración estará la recuperación del hábitat del oso de anteojos.	conservación de los bosques y páramos. - Hasta mediados de 2026 se cuenta con al menos tres acuerdos vinculantes. - Hasta finales de 2026 se aprueba el plan de restauración. - A partir de 2027 se realizan actividades de restauración con participación interinstitucional.	- Juntas de Agua Potable y Riego - GADs - HGPT - Unidades educativas - Universidades
8	Creación de un fondo para la conservación y restauración de los bosques y páramos de Patate. (E4, E11 y E16: 12,33 puntos)	Hasta 2028 se incrementa en un 10% el financiamiento para la conservación y restauración de los bosques y páramos de Patate.	- Estudio de viabilidad (social, económico y ambiental) del Fondo de Agua de Patate. - Diseño del fondo con lineamientos de negociación y constitución legal. - Aprobación del fondo con aportes públicos y de juntas de agua potable y riego.	- Hasta el 2026 se tiene un estudio de viabilidad para la creación del fondo. - Hasta mediados de 2026 se cuenta con el diseño del fondo. - Hasta finales de 2026 se aprueba y se socializa el fondo. - A partir de 2027 inician las actividades del fondo.	- Comunidades - GAD municipal - Juntas de Agua Potable y Riego

9.2 MONITOREO - PERMANENTE

9.2.1 INDICADORES

Para la implementación del monitoreo integral de la salud del páramo se seleccionaron por cada componente indicadores de común aplicación para todas las unidades hidrográficas. Los indicadores se obtuvieron a partir de los métodos utilizados en el levantamiento de información en campo para el establecimiento de la línea base de la salud del páramo. A través de la aplicación del monitoreo se logra conocer en qué medida los esfuerzos de conservación están disminuyendo los impactos que alteran la funcionalidad ecológica de los páramos. Para ello, se planteó la siguiente matriz (Tabla 155):

Tabla 155. Matriz de indicadores para el monitoreo de la salud del páramo de las unidades hidrográficas, en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II, Tungurahua.

Componente	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
FLORA	Composición florística	Unidad de muestreo conglomerado (UMC)	GPS, formato de registros impresos y cinta métrica.	Cada 5 años
	Porcentaje de cobertura de pajonal	Unidad de muestreo conglomerado (UMC)	GPS, formato de registros impresos, cinta métrica, flexómetro y grilla (100 unidades divididas en cuadrados de 10cm x 10cm).	
SUELO	Características físico – químicas: color, textura, pH, densidad, humedad y materia orgánica.	Toma de muestras de los horizontes (Análisis en laboratorio y observación directa)	GPS, lampa, cilindros, fundas ziploc, marcador permanente, papel aluminio y cinta masking.	Cada 5 años
	Capacidad de almacenamiento de agua: humedad gravimétrica, densidad aparente, humedad volumétrica y la lámina de agua en milímetros.	Toma de muestras no disturbadas (Análisis en laboratorio: Sobresaturación)	GPS, lampa, cilindros, fundas ziploc, marcador permanente, papel aluminio, cinta masking y cooler.	
	Almacenamiento de carbono orgánico	Toma de muestras de los horizontes (Análisis en laboratorio)	GPS, lampa, cilindros, fundas ziploc, marcador permanente, papel aluminio y cinta masking.	
AGUA	Estimación de caudales	Método volumétrico para caudales pequeños Método flotador para caudales grandes	GPS, recipiente de 15lts y cronómetro (método volumétrico). Flotador, cinta métrica y cronómetro (método flotador).	Mensual
	Índice de calidad de agua (ICA): temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales.	Toma de muestras agua (Análisis en laboratorio)	GPS, recipientes con tapa, cinta masking, marcador permanente, hielo y cooler.	Anual

Componente	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
FAUNA	Diversidad y abundancia de aves	Captura con redes	Fichas de registro, redes de neblina, cámara fotográfica y guías de identificación.	Cada 5 años
		Censo por puntos	Binoculares, GPS, fichas de registro y guías de identificación.	
		Recorridos en transectos (Observación directa)	Binoculares, cámara fotográfica, GPS, cinta métrica, fichas de registro y guías de identificación.	
	Riqueza de aves	Transectos (Registro de vocalizaciones)	Libreta de campo, grabadora digital y base de datos en línea Xenocanto.	
	Diversidad y abundancia de anfibios y reptiles	Relevamientos de Encuentros Visuales (Observación directa en recorridos libres)	Fichas de registro, cámara fotográfica y guías de identificación.	Cada 5 años
		Transectos (Registro por encuentros visuales)	GPS, fichas de registro, cámara fotográfica, cinta métrica y guías de identificación.	
	Riqueza de anfibios y reptiles	Registro de vocalizaciones	Grabadora digital y libreta de campo.	
	Diversidad y abundancia de mamíferos	Trampas de captura viva para micromamíferos no voladores	Fichas de registro, trampas, cámara fotográfica y guías de identificación.	Cada 5 años
		Captura con redes para micromamíferos voladores	Fichas de registro, redes de neblina, cámara fotográfica y guías de identificación.	
		Recorridos libres en transectos (Observación directa)	Fichas de registro, cámara fotográfica y guías de identificación.	
SOCIOECONÓMICO	Evaluación de las condiciones socioeconómicas	Recorridos libres en transectos (Observación indirecta: huellas, excrementos, madrigueras, excavaciones, comederos, huesos, sonidos y vocalizaciones)	Grabadora digital, libreta de campo, cámara fotográfica, regla y guías de identificación.	Cada 5 años
		Encuestas semiestructuradas	GPS, encuestas y cámara fotográfica.	

Componente	Indicador	Tipo de muestreo	Equipo necesario	Frecuencia de monitoreo
INSTITUCIONALIDAD - GOBERNANZA	Estructura de institucionalidad y gobernanza	Entrevistas personales	Entrevistas, grabadora digital y cámara fotográfica.	Cada 5 años
	Validación de amenazas identificadas en territorio y análisis de estrategias de conservación existentes	Talleres en territorio	Agendas, guías de taller, mapas, computadora, cámara fotográfica y material de trabajo.	

Nota: Específicamente para estimación de caudales, la matriz contiene los indicadores mínimos establecidos para evaluar el estado de salud del páramo. No obstante, en caso de que el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (HGPT) disponga de la capacidad técnica para generar y sistematizar datos de forma continua, incluyendo mediciones diferenciadas para los períodos seco y húmedo, se fortalecería significativamente el proceso de toma de decisiones.

X. CONCLUSIONES

10.1 BIÓTICO

10.1.1 FLORA

En la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, la cobertura vegetal predominante corresponde al ecosistema de páramo, destacándose especialmente el páramo de pajonal, caracterizado por una alta densidad y cobertura de *Calamagrostis intermedia*, que cumplen funciones clave en la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad. Esta formación vegetal caracteriza a los páramos debido a su notable adaptación a condiciones climáticas extremas, como bajas temperaturas, alta nubosidad y vientos intensos.

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, los páramos presentan condiciones más húmedas, donde dominan especies como *Azorella pedunculata* y *Plantago rigida*. Estas especies forman cojines vegetales compactos que cumplen una función clave en la regulación del recurso hídrico y proporcionan hábitat especializado para flora y fauna adaptadas a este ambiente.

En la unidad hidrográfica Toallo-Allobamba, se identificó un páramo arbustivo con presencia de árboles aislados, principalmente de los géneros *Polylepis* y *Gynoxys*. Este tipo de ecosistema cumple funciones ecológicas fundamentales, como la regulación hídrica, la conservación del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad. Sin embargo, estos páramos son considerados ecosistemas frágiles, altamente vulnerables a la intervención humana. La fragmentación del paisaje y el cambio de uso de suelo, especialmente para cultivos intensivos de papa, maíz, zanahoria y otras hortalizas, así como el pastoreo intensivo de ganado vacuno, bovino y caballar, representan amenazas directas. Estas actividades provocan la pérdida de cobertura vegetal y, con ello, la disminución de la diversidad de plantas endémicas, muchas de las cuales se encuentran en distintas categorías de amenaza.

En las unidades hidrográficas de Leito y Ambato-Huachi-Pelileo se identificó la presencia de bosque siempreverde montano alto de la cordillera oriental, un ecosistema que se distingue por su elevada diversidad biológica y considerable biomasa aérea. En comparación con los bosques siempreverdes montano alto y montano alto superior de páramo de la unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo, estos bosques presentan una mayor complejidad estructural y riqueza ecológica. Su importancia ecológica radica en su papel clave en la regulación del recurso hídrico, así como en la provisión de hábitats especializados para numerosas especies de flora y fauna adaptadas a estas condiciones ambientales particulares. No obstante, la cobertura de este tipo de bosque se encuentra actualmente fragmentada, restringida a parches aislados ubicados en zonas de difícil acceso, lo que evidencia los efectos de la intervención humana. Además, es importante resaltar que se registro especies de flora en situación de amenaza, según la UICN y el Libro Rojo de Plantas del Ecuador, como *Polylepis reticulata*, clasificada en peligro (EN) debido a su limitada regeneración natural, alta vulnerabilidad frente al cambio climático y al uso no sostenible del suelo.

En términos de similitud florística, Ambato-Huachi-Pelileo comparte un 40% de especies con la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, lo que indica que ambos ecosistemas presentan condiciones ambientales similares. Sin embargo, la similitud con el páramo arbustivo de Toallo-Allobamba es menor (30%), mientras que la relación con los bosques siempreverdes de Leito es baja, con un rango entre el 5% y 10%.

Una de las principales amenazas identificadas, especialmente en la unidad hidrográfica de Leito, es el avance de la frontera agrícola. Este fenómeno ha provocado una severa degradación del bosque nativo, principalmente a través del desmonte, roce y quema de vegetación para convertirla en suelo agrícola. La facilidad de acceso, facilitada por la presencia de vías carrozables cercanas a los remanentes de vegetación nativa, ha intensificado esta presión antrópica, comprometiendo la integridad ecológica de estos ecosistemas forestales.

A partir de la comparación entre los estudios de 2015 y 2024 en el Bosque Siempreverde del Páramo, se identifican tendencias que reflejan cambios sutiles pero significativos en la estructura y composición arbórea del ecosistema. Una de las principales observaciones es el leve incremento en la riqueza de

especies arbóreas en ciertos sitios, como T1Ambatillo y T2Tambaló, donde se registraron hasta cuatro especies adicionales en comparación con los datos de 2015. Este aumento puede estar relacionado con procesos de regeneración natural en áreas previamente degradadas por actividades humanas como el pastoreo, las quemas o la conversión a uso agropecuario producto de las actividades realizadas en los Planes de manejo de páramos. Otra tendencia destacada es la presencia de especies nuevas para el área de estudio, como *Saracha quitensis* y *Hesperomeles ferruginea*, que no fueron reportadas en 2015. Estas especies, propias de zonas de transición entre el bosque montano y el páramo, sugieren una mejora en la conectividad entre hábitats y condiciones ecológicas favorables para la colonización, dispersión y establecimiento de nuevas especies. Su aparición también puede ser indicativa de una recuperación paulatina del ecosistema y de una mayor complejidad estructural en ciertas áreas del bosque. En conjunto, estas tendencias apuntan a una lenta pero positiva recuperación en algunos sectores del Bosque Siempreverde del Páramo. Aunque los cambios no son drásticos, sí refuerzan la necesidad de continuar con el monitoreo ecológico para evaluar la dinámica de este ecosistema y orientar adecuadamente las estrategias de conservación y manejo.

10.1.2 FAUNA

El estudio de mamíferos en las unidades hidrográficas de Tungurahua revela una diversidad variable entre sitios, siendo Ambato-Huachi-Pelileo la unidad con mayor riqueza y número de especies, seguida por Mocha-Huachi y Leito. En todas las unidades, los mamíferos mostraron hábitos mayoritariamente nocturnos y una preferencia por hábitats terrestres, lo que refleja adaptaciones a la presión ambiental. Los gremios tróficos dominantes fueron los omnívoros y herbívoros, con funciones ecológicas clave como el reciclaje de nutrientes y la dispersión de semillas. Sin embargo, la presencia de especies en categorías de amenaza, tanto nacionales como internacionales (UICN y CITES), así como la detección de una especie endémica, evidencia una preocupante presión antrópica y fragmentación del hábitat. Esta situación demanda estrategias de conservación diferenciadas para cada unidad hidrográfica, priorizando el monitoreo continuo, la protección de especies sensibles y la conservación de hábitats críticos para garantizar la sostenibilidad de la fauna silvestre en el largo plazo.

El análisis de la avifauna en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Leito evidencia una diversidad estructurada y funcionalmente equilibrada, con variaciones notables en la riqueza y abundancia entre las zonas. Ambato-Huachi-Pelileo destacó por su alta diversidad, abundancia de individuos y representatividad trófica y estratificada, mientras que Mocha-Huachi mostró una comunidad rica y balanceada, con potencial para mayor diversidad según el índice de Chao 1. Por su parte, Leito presentó una comunidad moderadamente diversa, dominada por especies con sensibilidad media, lo que sugiere una calidad de hábitat intermedia y tolerancia a perturbaciones. En todas las unidades predominaron las especies de hábitos diurnos y una distribución equitativa entre nichos alimenticios y estratos verticales, lo que refleja un ecosistema funcional. La mayoría de las especies registradas se encuentran bajo la categoría de Preocupación Menor, aunque la presencia de especies bajo el Apéndice II de CITES y casos aislados de especies Casi Amenazadas refuerzan la necesidad de mantener y fortalecer los esfuerzos de monitoreo y conservación. Estas acciones son clave para preservar la biodiversidad aviar y asegurar la sostenibilidad ecológica de estos ecosistemas andinos en el largo plazo.

El monitoreo de herpetofauna en las unidades hidrográficas estudiadas evidencia una baja diversidad y abundancia de especies, pero revela la presencia de anfibios endémicos y en categorías de amenaza, lo que resalta la urgencia de implementar acciones de conservación focalizadas. La dieta insectívora común a todas las especies registradas recalca su papel ecológico crucial en el control de poblaciones de insectos y en el mantenimiento del equilibrio del ecosistema. La actividad exclusivamente nocturna y la preferencia por hábitats terrestres indican patrones ecológicos consistentes en todas las unidades. Sin embargo, la ausencia de especies indicadoras en Ambato-Huachi-Pelileo, frente a la presencia de especies vulnerables y sensibles en Mocha-Huachi y Leito, refleja distintos niveles de alteración ambiental. Esto refuerza la necesidad de estrategias diferenciadas de conservación que prioricen la protección de hábitats críticos, especialmente en áreas donde se ha confirmado la existencia de especies endémicas y amenazadas como *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae*.

A partir de la comparación entre los estudios de 2015 y 2024 sobre mamíferos en los páramos, se evidencian varias tendencias importantes. La primera es una disminución en la diversidad registrada: en 2024 se identificaron 12 especies de mamíferos, mientras que en 2015 se registraron 16 especies. En cuanto a la composición taxonómica, en 2015 el orden Rodentia fue claramente dominante, mientras que en 2024 se observó una mayor representatividad de los órdenes Rodentia y Carnívora. Esto podría sugerir una posible modificación en la estructura de las comunidades de mamíferos, ya sea por cambios en el entorno, por una mayor presencia de depredadores o por una detección más eficiente de carnívoros en el estudio reciente. Respecto a la abundancia, también se detecta una disminución significativa. En 2015 se registraron 133 individuos, frente a apenas 11 en 2024, lo que representa apenas el 14 % de la abundancia observada previamente. Esta diferencia refleja una tendencia hacia una menor densidad de mamíferos en las zonas monitoreadas, posiblemente vinculada a factores como la fragmentación del hábitat, la presión humana, o cambios en la cobertura vegetal.

La comparación entre los estudios de 2015 y 2024 sobre la avifauna, evidencian varias tendencias significativas que reflejan cambios en la diversidad, estructura ecológica y estado de conservación de las especies. La tendencia más destacada es la disminución evidente en la riqueza de especies, pasando de 86 en 2015 a solo 40 en 2024, y en el número total de individuos observados, que descendió de 859 a 267. Esta reducción puede atribuirse, en parte, a diferencias metodológicas, lo que limitó la representación espacial y la diversidad de ambientes evaluados. A pesar de esta reducción en la diversidad específica, se observa una tendencia a la estabilidad en cuanto a la composición taxonómica general, es decir, el número de familias y órdenes de aves se mantuvo relativamente constante entre ambos estudios. Esto sugiere que, si bien muchas especies menos comunes o con requerimientos ecológicos más estrictos pueden haber desaparecido localmente o no haber sido detectadas, las especies más generalistas continúan presentes y dominan la comunidad actual. Esta situación puede indicar una simplificación ecológica, donde sobreviven principalmente aquellas especies con mayor tolerancia a la perturbación y capacidad de adaptación a entornos alterados.

En términos de estructura trófica, también se evidencian cambios. Mientras en 2015 se registraron ocho gremios alimenticios, en 2024 solo se identificaron siete, con la ausencia de gremios especializados como los que consumen invertebrados y plantas acuáticas. Además, la ausencia de especies con alta sensibilidad ecológica en 2024 frente a las tres reportadas en 2015 sugiere una pérdida de especies indicadoras de ambientes bien conservados o han sido degradados.

En cuanto al estado de conservación, los datos de 2024 muestran una reducción en el número de especies en categorías de amenaza: no se registraron especies Vulnerables ni En Peligro, a diferencia del estudio de 2015. Sin embargo, también hubo una disminución en el número total de especies observadas, lo que podría significar que las especies amenazadas no necesariamente han mejorado su situación, sino que ya no están presentes o no fueron detectadas en las áreas estudiadas. También disminuyó el número de especies listadas en el Apéndice II de CITES, pasando de 19 a 11, lo cual podría reflejar cambios en la composición de especies comercialmente sensibles o simplemente una menor representación de la diversidad total. Finalmente, una tendencia positiva es que no se evidenció el uso actual de aves por parte de la población, a diferencia del 2015, donde algunas especies eran utilizadas como fuente de alimentación. Esto podría indicar una mejora en la conciencia ambiental o en las condiciones socioeconómicas que reducen la presión directa sobre la avifauna.

En conjunto, estas tendencias reflejan una posible pérdida de biodiversidad específica y funcional en el territorio, una simplificación ecológica de las comunidades de aves y la necesidad urgente de ampliar los esfuerzos de monitoreo en términos de cobertura espacial y diversidad de hábitats para tener una imagen más completa de la situación actual de las aves en la región. Además, se destaca la importancia de conservar y restaurar ecosistemas especializados, como humedales y turberas, fundamentales para las especies más sensibles y amenazadas.

10.2 SOCIOECONÓMICO

El estudio refleja una profunda interdependencia entre las comunidades locales y los recursos del páramo, esenciales tanto para su subsistencia como para su desarrollo económico. Las comunidades analizadas en las unidades hidrográficas (UH) Ambato-Huachi-Pelileo/Toallo-Alobamba (AHP/TA), Mocha-Huachi (MH) dependen principalmente de la ganadería, mientras que en Leito dependen de la agricultura como fuentes de ingreso y sustento. Sin embargo, existen diferencias significativas en el acceso a recursos como el riego y en las condiciones climáticas. La participación femenina es crucial en las actividades productivas, especialmente en el manejo de huertos familiares, la crianza de animales menores y el cuidado de cultivos. En contraste, los hombres lideran actividades de mayor escala, como la ganadería comercial y la agricultura extensiva. Por otro lado, la migración emerge como un fenómeno significativo, particularmente en la UH AHP/TA, donde un 28% de los hogares registra movimientos migratorios hacia otras regiones o al exterior en busca de oportunidades económicas en sectores como la construcción, mecánica y los servicios.

En cuanto a la tenencia de la tierra, predomina la propiedad privada en todas las UH. No obstante, en la UH AHP/TA persisten terrenos comunitarios y casos de tierras alquiladas o prestadas. La fragmentación de la tierra es un desafío notable, con propiedades que varían desde grandes extensiones hasta pequeños lotes heredados. A esto se suma la falta de títulos de propiedad formalizados en muchas zonas, especialmente en aquellas con subdivisiones familiares.

La participación en los Planes de Manejo del Páramo (PMP) es desigual. En la UH AHP/TA, la mayoría de los hogares conocen y participan en acciones de conservación, como cercado, reforestación y vigilancia del páramo; sin embargo, en MH y Leito predomina el desconocimiento sobre estas iniciativas. En consecuencia, en MH se debería mejorar la comunicación y procurar que la implementación de los PMP alcance a toda la UH; y en Leito, establecer un PMP para incentivar a la población a participar activamente en la gestión y monitoreo del bosque/páramo, así como en la protección de sus fuentes hídricas. Adicionalmente, se debe reconocer que los esfuerzos de conservación enfrentan problemas de sostenibilidad, como la falta de financiamiento, la limitada diversificación de proyectos y la escasa capacitación técnica, factores que afectan la efectividad a largo plazo de las medidas implementadas.

La implementación de los PMP ha tenido un impacto positivo en algunas áreas, como la UH AHP, donde se observa una mejora en la calidad de vida y una probable reducción de la presión sobre los páramos. Sin embargo, en otras áreas como MH y Leito, los resultados indican que aún existen desafíos significativos debido a que no se conocen las actividades que se ejecutan en los PMP, y en el caso de Leito no se tiene PMP.

En términos de articulación institucional, se observa una gestión heterogénea. Las comunidades reconocen principalmente la presencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), especialmente en acciones puntuales como la vacunación de ganado. Sin embargo, la percepción sobre el trabajo interinstitucional es baja en la UH AHP/TA y en MH que podría afectar la efectividad de las estrategias, limitando los beneficios esperados, mientras que en Leito la percepción de la coordinación interinstitucional es alta.

En general, según la información socioeconómica se obtuvo un estado de salud del páramo y bosque predominantemente “medio” en las unidades hidrográficas (UH) MH y Leito, mientras que en la UH AHP fue valorada como “alta” la salud del páramo. La participación comunitaria en actividades de conservación es notablemente más activa en las UHs AHP y MH, donde predominan los niveles medio y alto de involucramiento. En Leito, aunque hay participación, persiste un alto porcentaje (45%) de población con participación baja, lo que sugiere la necesidad de reforzar los procesos de educación ambiental, fortalecimiento organizativo y mecanismos de inclusión comunitaria. En cuanto a los servicios ecosistémicos, la percepción es altamente positiva, especialmente en MH y Leito, donde el 100% de los encuestados reconoce que el páramo ofrece múltiples beneficios. Estos servicios incluyen: provisión de agua dulce, filtración del agua de lluvia, moderación del clima local y regional, y prevención de la erosión del suelo. Estas funciones son vitales no solo para el bienestar humano y la sostenibilidad de las

actividades productivas, sino también para la salud de los páramos y la regulación hidrológica en las unidades hidrográficas.

10.3 INSTITUCIONALIDAD Y GOBERNANZA

El análisis de gobernanza e institucionalidad en las unidades hidrográficas de Tungurahua revela avances significativos en la participación de actores institucionales, aunque con desafíos en la coordinación y ejecución de proyectos de conservación del páramo. Existe alta participación en Planes de Manejo del Páramo en Ambato-Huachi-Pelileo (90%), buena percepción de espacios participativos en Leito (100%) y una relación social fuerte entre la zona alta y baja en Toallo-Alobamba (67%). Sin embargo, existe baja articulación entre el HGPT y el FMPLPT, especialmente en Mocha-Huachi y Toallo-Alobamba, participación institucional limitada en Mocha-Huachi (baja en un 100%), implementación lenta de proyectos en Leito y Toallo-Alobamba.

La capacidad de gestión varía considerablemente entre las diferentes Unidades Hidrográficas, y aunque algunas áreas, como MH, muestran una gestión más fuerte y consolidada, otras como TA y Leito enfrentan desafíos en cuanto a la coordinación, implementación y evaluación de las estrategias de conservación, lo que subraya la necesidad de fortalecer la gestión y mejorar los recursos en las zonas con menor capacidad. A pesar de que la mayoría de las unidades hidrográficas presentan un nivel medio de capacidad de gestión por parte de los beneficiarios, MH sobresale por su mayor involucramiento, lo que sugiere que el compromiso en los proyectos es un factor importante que mejora la gestión en la conservación de los páramos. La degradación de la zona parece elevada, principalmente debido a la presencia de ganado, un desafío histórico difícil de controlar. Las unidades con menores niveles de capacidad de gestión, como TA y Leito, podrían necesitar esfuerzos adicionales en cuanto a la sensibilización y capacitación de los beneficiarios para mejorar su participación activa en los PM.

Las diferencias en la participación entre las UH resaltan fortalezas como la alta frecuencia en TA y desafíos importantes, como la baja transparencia y calidad en MH y Leito. Una mayor comunicación, inclusión y transparencia son esenciales para garantizar procesos más efectivos y participativos. Se recomienda enfocar esfuerzos en fortalecer la participación ciudadana en las áreas con baja puntuación y replicar las mejores prácticas observadas en las UH con mejores indicadores, como en TA. Esto contribuirá a mejorar la sostenibilidad de las iniciativas de conservación y restauración.

Se evidencia una tendencia generalizada de mayor participación masculina en las actividades de conservación del páramo en todas las unidades hidrográficas analizadas. Esta situación revela una brecha de género que persiste, a pesar de los múltiples esfuerzos comunitarios y organizativos. La limitada participación femenina no necesariamente responde a falta de interés, sino más bien a barreras estructurales como la sobrecarga de trabajo doméstico y de cuidados, la falta de corresponsabilidad familiar, y una escasa disponibilidad de mecanismos que faciliten el acceso equitativo de las mujeres a los beneficios de los programas de manejo del páramo.

Si bien se percibe un predominio de los hombres en las actividades de conservación del páramo, los ejemplos de mayor participación femenina en la UH TA y a nivel provincial indican un progreso hacia la equidad de género. Estas iniciativas pueden servir de modelo para otras regiones, fomentando un enfoque más inclusivo y colaborativo en la gestión y conservación de los páramos. El fortalecimiento de la equidad de género es esencial aprovechar y replicar los factores que han permitido la mayor participación femenina en la UH TA y a nivel provincial. Esto podría lograrse a través de políticas de inclusión específicas, actividades que alineen las prioridades comunitarias con los objetivos de conservación, y programas que desafíen las barreras estructurales de género. La participación femenina no solo impulsa la igualdad de género, sino que también enriquece el alcance y la sostenibilidad de las iniciativas, ya que incorpora una mayor diversidad de perspectivas y experiencias.

En todas las unidades hidrográficas estudiadas, las instituciones involucradas muestran un nivel significativo de coordinación en la gestión del páramo, con un patrón de esfuerzos calificados como de medio a alto. Esto incluye planificación, implementación y monitoreo, tanto a nivel intrainstitucional como interinstitucional. Sin embargo, la intensidad y el liderazgo de las instituciones varían según la unidad

hidrográfica, con una fuerte presencia del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, el MAATE y el Fondo de Páramos. Estos resultados subrayan la importancia de fortalecer la colaboración en las unidades con menor coordinación y de consolidar los logros en las que presentan una gestión destacada.

El grado de articulación entre la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) y el Fondo de Páramos de Tungurahua (FMPLPT) presenta una variabilidad significativa entre las unidades hidrográficas. La UH AHP y Prov tienen niveles de articulación más destacados, mientras que, en TA, Leito y especialmente en MH, la relación entre las instituciones parece ser más débil. Este patrón puede reflejar diferencias en prioridades, recursos asignados, o dinámicas locales que afectan la colaboración. Para fortalecer la gestión del páramo, sería crucial promover mecanismos que mejoren la comunicación y el trabajo conjunto, especialmente respaldados en una política provincial clara, específica y con amplia difusión. Las dos instituciones son líderes a nivel provincial en el financiamiento para los PMP y son clave para este modelo de gestión de conservación de los páramos. Una por las políticas y competencias (HGPT) y otra por la capacidad de dar financiamiento al manejo del ecosistema (FMPLPT), sin embargo, actualmente no son claras las diferencias de roles, en varios casos se percibe duplicidad de esfuerzos y recursos en los mismos sitios, sin que se logre superar brechas de acceso a otras áreas, nuevos beneficiarios, impacto de conservación en el ecosistema o sostenibilidad de las medidas.

La UH MH se destaca por presentar una red de colaboración más diversa, lo que podría potenciar sus esfuerzos de conservación y restauración del páramo al integrar recursos y conocimientos de múltiples actores, lo que puede deberse a la presencia de la Mancomunidad del FSO que actúa como instancia técnica para la gestión y ejecución del PMP. En contraste, las otras unidades muestran un panorama menos diverso en cuanto a alianzas, lo que representa una oportunidad para fomentar la colaboración con comunidades, ONGs, empresas privadas u otros actores clave. El fortalecimiento de estas alianzas podría mejorar significativamente la efectividad de las medidas de conservación y restauración en el páramo.

El grado de implementación de planes de monitoreo y evaluación varía ampliamente entre las unidades hidrográficas, con UH TA liderando como un modelo de éxito y UH Leito y Prov rezagadas en este aspecto. La falta de planes en estas últimas puede limitar la capacidad de tomar decisiones informadas y de garantizar la sostenibilidad de las medidas implementadas. Es crucial priorizar el desarrollo y la implementación de planes de monitoreo y evaluación en las unidades más rezagadas, lo que permitiría una gestión más efectiva e integral del páramo en todas las unidades hidrográficas estudiadas.

El nivel de participación de los beneficiarios varía considerablemente entre las unidades hidrográficas, con un desempeño destacado en la UH MH, mientras que la UH TA presenta una ausencia preocupante de involucramiento en acciones de monitoreo y evaluación. Estas diferencias subrayan la necesidad de implementar estrategias que fomenten una participación comunitaria más activa, especialmente en las unidades donde es limitada o nula. La participación de los beneficiarios es crucial para asegurar el monitoreo efectivo y la sostenibilidad de las medidas adoptadas, al mismo tiempo que fortalece el sentido de corresponsabilidad en la conservación del páramo. Asimismo, el monitoreo contribuye a identificar el impacto de los PMP en el ecosistema.

El nivel de monitoreo ambiental de los componentes clave varía significativamente entre las unidades hidrográficas. La UH MH destaca por su enfoque más uniforme y consistente, mientras que la UH TA y el nivel provincial presentan importantes deficiencias, especialmente en el monitoreo de carbono y degradación. Estas brechas en el monitoreo ambiental pueden limitar la capacidad de las autoridades y comunidades para gestionar de manera sostenible los páramos. Por lo tanto, es esencial fortalecer las capacidades técnicas, financieras y organizativas para implementar un monitoreo ambiental más riguroso y consistente en todas las unidades hidrográficas. Esto permitirá una evaluación más precisa del estado del páramo y la planificación de estrategias efectivas de conservación y restauración. Así como una actuación rápida e informada para la toma de decisiones.

En la UH AHP se percibe en cierta medida la existencia de algún modelo de acuerdo vinculante, no así en el resto de áreas. Esto es importante en términos de gobernanza y para apoyar la sostenibilidad de los acuerdos de conservación a largo plazo. En este sentido sería valioso profundizar en el análisis de la

normativa vigente, aplicable en la escala local, a partir de la ordenanza provincial de Manejo y Conservación del Ecosistema Páramo de la Provincia, as ordenanzas municipales relacionadas, estatutos de las juntas de riego, acuerdos comunitarios de conservación, y otros afines, para con ello identificar concordancias, brechas y vacíos a superar.

Es fundamental Impulsar la construcción de política pública provincial específica y detallada, que sea el marco para la elaboración de reglamentos y protocolos, fortalecer la claridad y difusión de las normas, adaptándolas al contexto específico de cada área para garantizar una comprensión más homogénea y fomentar una gestión sostenible del páramo a través de la difusión del conocimiento sobre los servicios que ofrece y las prácticas adecuadas de manejo. Además, sería útil investigar las razones detrás de las variaciones en las percepciones para abordar las posibles brechas en la comunicación o implementación.

Un aspecto crítico que debe indicar es la falta de coordinación entre las Juntas de Riego (beneficiarias del recurso hídrico) y los propietarios o comunidades de las zonas altas, donde se origina el agua en las unidades hidrográficas. Para ello, se requiere establecer mecanismos de diálogo, acuerdos de corresponsabilidad y esquemas de compensación o incentivos, que promuevan una gobernanza hídrica más justa, articulada y efectiva.

10.4 SUELOS

Los suelos de la Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) presentan un estado de buena salud, con altos niveles de materia orgánica, característica que le permiten mantener funciones esenciales del ecosistema de páramo, como la retención hídrica, la fertilidad natural y la captura de carbono. El color oscuro del suelo y la presencia de raíces finas reflejan una actividad biológica activa y una estructura adecuada para la infiltración y anclaje vegetal. Sin embargo, se advierten signos incipientes de degradación por actividades pecuarias y quema, lo que implica la necesidad de implementar medidas preventivas de manejo y restauración para evitar el deterioro progresivo de este recurso.

La UH AHP presenta una alta capacidad de almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, con un promedio de 1376,5 t ha⁻¹, lo cual refleja un ecosistema de páramo relativamente bien conservado. Los valores más altos se encuentran en herbazales ubicados en zonas de valle, donde las condiciones de humedad y bajas temperaturas favorecen la acumulación de materia orgánica. Esta unidad confirma la importancia del páramo como sumidero de carbono y subraya la necesidad de prevenir la degradación para mantener su rol en la regulación climática.

La UH AHP presenta la mayor capacidad de almacenamiento de agua en el suelo entre todas las unidades analizadas, alcanzando en promedio 906,59 mm en 1,5 metros de profundidad. Los suelos cubiertos por páramo de almohadilla destacan por su alta humedad volumétrica (hasta 89,04%) y baja densidad aparente (0,15 g/cm³), características que reflejan un excelente estado de conservación. Estos suelos funcionan como esponjas naturales y desempeñan un papel clave en la regulación hídrica del ecosistema. Sin embargo, también se identificaron zonas con degradación moderada, especialmente en páramos herbáceos degradados y pajonales. Aun así, en general, esta unidad hidrográfica mantiene una funcionalidad ecológica alta y representa un ecosistema prioritario para su conservación y monitoreo.

En la Unidad Hidrográfica Mocha-Huachi (MH), el suelo muestra una condición heterogénea, con zonas que varían desde bien conservadas hasta degradadas. La zona baja refleja un claro deterioro del suelo, con bajo contenido de materia orgánica y posible pérdida funcional, lo cual puede estar relacionado con impactos antrópicos como el sobrepastoreo. Por el contrario, la zona media se destaca por un alto contenido orgánico y buena estructura, lo que favorece el funcionamiento ecológico del páramo. La zona alta, aunque con un contenido orgánico aceptable, muestra signos de vulnerabilidad debido a su pendiente y débil cobertura vegetal. Estos contrastes indican que las acciones de conservación deben ser zonificadas, priorizando restauración en áreas degradadas y mantenimiento en las bien conservadas.

La UH MH muestra los valores más bajos de almacenamiento de carbono (promedio de 782,1 t ha⁻¹), reflejando un ecosistema con alto grado de intervención antrópica y condiciones naturales menos favorables (páramos más secos, mayor exposición al viento). Las zonas con cobertura vegetal conservada aún mantienen cierto potencial de almacenamiento, pero las áreas degradadas pierden significativamente

esta capacidad. Esto destaca la urgencia de restaurar los páramos degradados y proteger las áreas funcionales restantes para recuperar el servicio ecosistémico de secuestro de carbono.

La UH MH presenta una capacidad de almacenamiento intermedia, con un promedio de 730,38 mm en 1,5 metros de profundidad. Los mejores valores de retención de agua se registran en suelos de herbazal húmedo montano alto superior de páramo, con humedad volumétrica superior al 63%, lo que evidencia una conservación parcial. No obstante, los suelos de páramo sin herbazal y aquellos más expuestos presentan valores bajos (cerca al 40%), lo que refleja procesos de degradación en curso, posiblemente asociados a pérdida de cobertura vegetal, sobrepastoreo o condiciones climáticas adversas. En consecuencia, esta unidad muestra una condición ambiental más comprometida, requiriendo acciones de restauración y manejo adaptativo para mejorar su funcionalidad hídrica.

Los suelos de la UH Leito presentan un estado de salud general bueno, asociado a la cobertura de bosque andino. El contenido de materia orgánica es alto en todos los perfiles, lo que sostiene funciones clave como la retención de agua y la estabilidad ecológica. Aunque algunos colores de suelo indican materia orgánica menos activa, la estructura laminar estable, raíces abundantes y texturas favorables sugieren un sistema biológicamente activo y funcional. La cobertura forestal desempeña un rol clave en la protección frente a la erosión, incluso en áreas de pendiente. Esta unidad posee alto potencial de conservación, siempre que se mantenga la cobertura vegetal y se evite la expansión de actividades antrópicas.

La UH Leito registra los mayores niveles de almacenamiento de carbono orgánico del estudio (promedio de 1739,4 t ha⁻¹), gracias a la cobertura de bosque andino, suelos profundos y altos contenidos de materia orgánica. La conservación de este ecosistema debe ser prioritaria, ya que actúa como un sumidero natural de carbono y sostiene múltiples funciones ecológicas esenciales.

La UH Leito muestra una capacidad de almacenamiento de agua más limitada (promedio de 628,40 mm en 1,5 m de profundidad), influenciada por la predominancia de bosque andino en lugar de páramo. La humedad volumétrica varía de forma significativa según el tipo de cobertura y altitud, registrándose los valores más altos en sectores de bosque andino medio (hasta 61,92%) y los más bajos en el piedemonte (36,14%). La densidad aparente es intermedia a alta (0,93–1,42 g/cm³), lo que indica estructuras del suelo menos porosas y con menor capacidad de retención de agua, especialmente en profundidad. Aunque algunas áreas del bosque presentan un buen estado de conservación, otras evidencian signos de compactación y degradación. Esta unidad requiere una gestión diferenciada, con énfasis en la conservación del bosque andino y la implementación de prácticas sostenibles que reduzcan la escorrentía y favorezcan la infiltración.

En la Unidad Hidrográfica Toallo-Alobamba (TA), el suelo presenta una condición medianamente saludable, con signos de empobrecimiento y materia orgánica por debajo de los niveles esperados para un páramo bien conservado. Si bien la textura y estructura favorecen procesos como la infiltración y aireación, la baja plasticidad y adhesividad indican una limitada actividad biológica. A pesar de una cierta estabilidad estructural, la tendencia a la degradación es evidente y requiere acciones urgentes de conservación, enfocadas en aumentar el contenido de materia orgánica y proteger la cobertura vegetal, a fin de preservar los servicios ecosistémicos de la zona.

La UH TA presenta un almacenamiento moderado de carbono (promedio de 925,4 t ha⁻¹), con valores más altos en páramos arbustivos de zonas altas. Aunque estos ecosistemas no igualan la capacidad de almacenamiento de los pajonales o bosques andinos, aún conservan un potencial relevante. No obstante, existe la necesidad de aplicar medidas de conservación y manejo adaptativo, especialmente para mantener la cobertura vegetal y mejorar la estructura del suelo.

La UH TA evidencia el menor nivel de almacenamiento de agua en el suelo entre las unidades estudiadas, con un promedio de apenas 325,89 mm en 1,5 metros de profundidad. La humedad volumétrica promedio (21,72%) y la elevada densidad aparente (hasta 1,53 g/cm³) indican una condición severamente degradada, con suelos compactados y con baja porosidad. La cobertura dominante de páramo arbustivo, aunque cumple funciones ecológicas, no ofrece la misma capacidad de retención hídrica que otros tipos de páramo más conservados. Además, el contenido de materia orgánica es reducido, lo que agrava la pérdida de capacidad de infiltración y retención de agua. Esta unidad muestra signos claros de deterioro

ecológico, por lo que se recomienda aplicar con urgencia medidas de restauración ambiental, como la reintroducción de especies nativas y el manejo integral del paisaje.

Entre 2015 y 2024 se observa una tendencia generalmente estable en el almacenamiento de carbono en las unidades hidrográficas analizadas; sin embargo, se identifican riesgos en la UH Mocha-Huachi (MH), donde podría estar ocurriendo una pérdida progresiva de carbono debido a la degradación asociada al cambio de uso del suelo, especialmente por la conversión de páramos hacia áreas agrícolas. En contraste, las unidades Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) y Leito mantienen una alta y estable capacidad de retención de carbono, lo que las posiciona como áreas prioritarias para la conservación de ecosistemas de páramo y bosque andino. En cuanto al almacenamiento de agua en el suelo, en 2015 los ecosistemas de páramo presentaban una capacidad estimada entre 1200 y 1600 mm, evidenciando un buen estado de conservación y una eficaz regulación hídrica. No obstante, para 2024 se registra una reducción significativa en esta capacidad en casi todas las unidades, con valores promedio que oscilan entre 326 y 907 mm, lo que refleja un deterioro progresivo de la funcionalidad hídrica del suelo, posiblemente vinculado a presiones antrópicas y pérdida de cobertura vegetal nativa.

10.5 HÍDRICO

Desde 2015, la calidad del agua en las cuatro unidades hidrográficas se ha mantenido estable, aunque se observan aumentos puntuales de contaminantes como coliformes fecales, fosfatos y nitratos, vinculados principalmente a la agricultura y ganadería. La contaminación, proveniente también de actividades industriales, representa un desafío para la gestión sostenible del recurso hídrico, clave para el desarrollo social, económico y ecológico de las áreas de intervención del PACT II en la provincia de Tungurahua.

La aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA), basado en la metodología NSF y evaluando nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, revela que la mayoría de los cuerpos de agua analizados se clasifican dentro de la categoría de calidad Buena, lo que indica su idoneidad para consumo con tratamiento previo y para uso en riego agrícola. Sin embargo, dentro de la UH Ambato-Huachi-Pelileo en el sitio de la Quebrada Pimbaló (UH AP03), la calidad del agua se clasifica como Media, atribuible a la presencia de contaminantes asociados a escorrentías superficiales y actividades ganaderas intensivas. Estos resultados evidencian la necesidad de monitoreo continuo y la implementación de medidas de manejo para mitigar las fuentes de contaminación y preservar la calidad del recurso hídrico.

El análisis de los caudales instantáneos evidenció una variabilidad significativa entre los puntos muestreados. Los mayores caudales se registraron en el río Mocha (532,65 l/s) y la quebrada Cubillín (438,24 l/s), mientras que cuerpos de agua como la quebrada Pilco presentaron caudales considerablemente bajos (0,19 l/s). Estas diferencias reflejan las características heterogéneas de las cuencas, incluyendo factores topográficos, cobertura vegetal y grado de protección natural. Adicionalmente, se identificó la falta generalizada de áreas de protección permanente en la mayoría de los cauces evaluados, lo cual representa un riesgo significativo para la conservación de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. Este escenario enfatiza la necesidad de fortalecer las medidas de conservación y gestión territorial para garantizar la sostenibilidad hídrica en las unidades hidrográficas.

El análisis de las concesiones de uso del agua evidencia que la demanda predominante corresponde al riego agrícola, seguido por el consumo humano y otras actividades como la acuicultura y el abastecimiento para abrevaderos. La asignación de caudales en las unidades hidrográficas refleja una presión significativa sobre el recurso hídrico, particularmente en zonas donde los cuerpos de agua son compartidos entre múltiples comunidades y provincias. En este contexto, el estudio enfatiza la necesidad de implementar medidas integrales de conservación y manejo sostenible, centradas en la protección de las fuentes hídricas y la mitigación de impactos antropogénicos que comprometen tanto la calidad como la cantidad del recurso. Asimismo, resulta prioritario fortalecer los sistemas de monitoreo, regulación y restauración de los ecosistemas acuáticos, especialmente en las áreas de páramo, para asegurar la disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

El almacenamiento de agua en el suelo en la UH Ambato-Huachi Pelileo, la alta variabilidad y los elevados contenidos de agua en algunos perfiles resaltan la importancia de suelos con alta porosidad para la

regulación hídrica. Por su parte, Mocha Huachi y Leito presentan una capacidad de retención más homogénea y moderada, que, aunque menor en magnitud, resulta esencial para sostener la vegetación y favorecer la recarga de acuíferos locales. Finalmente, en Toallo-Alobamba, a pesar de los bajos valores absolutos de retención, la homogeneidad en las propiedades físico-hídricas del suelo contribuye significativamente a la estabilidad del ecosistema de páramo, garantizando la provisión continua de agua.

10.6 GEOGRÁFICO

En la Unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo el análisis multitemporal de siete años (2015-2022), muestra una tendencia de cambio de uso hacia actividades agropecuarias y agrícolas mixtas, con un aumento de 1747,46 hectáreas y una disminución de las áreas de páramo, representadas en -1751,83 hectáreas. La disminución y fragmentación del ecosistema natural están íntimamente ligados a la dinámica de las actividades económicas de la zona. La tasa de cambio de la cobertura páramo estimada en -0,91%, con una pérdida (250,26 ha/año). Siguen la tendencia de incremento continuo de cambio de uso de suelo, de ecosistemas naturales por áreas para la agricultura y ganadería. Siendo, un problema recurrente frente a la conservación del ecosistema y la biodiversidad, este tipo de cambios enfrentan al desarrollo económico y la preservación de los servicios ecosistémicos derivados del páramo.

En la unidad hidrográfica Mocha-Huachi, el análisis multitemporal realizado entre 2015 y 2022 evidencia una marcada tendencia de cambio en el uso del suelo hacia actividades agropecuarias y agrícolas mixtas, con un incremento de 1.177,50 hectáreas en estas áreas, acompañado de una significativa disminución del páramo, que perdió 1.316,26 hectáreas. Esta degradación y fragmentación progresiva del ecosistema natural están estrechamente vinculadas a la dinámica económica local, principalmente a la ganadería extensiva, que ejerce una presión considerable sobre el territorio. La tasa anual de cambio de la cobertura de páramo se estima en -3,18%, equivalente a una pérdida aproximada de 188,03 hectáreas por año. Esta tendencia refleja un proceso continuo y acelerado de conversión de uso.

La unidad hidrográfica Toallo-Alobamba, a partir del análisis multitemporal realizado entre 2015 y 2022, evidencia una tendencia de cambio en el uso del suelo hacia áreas degradadas, reflejada en un aumento de la clase Intervención en 65,68 hectáreas. Paralelamente, se observa una disminución de las áreas de bosque y páramo, con pérdidas de 12,84 y 52,84 hectáreas, respectivamente. La tasa anual de cambio para la cobertura de bosque se estima en -2,25%, lo que corresponde a una pérdida aproximada de 1,83 hectáreas por año, mientras que la cobertura de páramo presenta una tasa de cambio de -1,75%, equivalente a una reducción de 7,54 hectáreas anuales. Esta dinámica refleja una tendencia sostenida de conversión de ecosistemas naturales hacia áreas degradadas y, en menor medida, hacia pequeñas zonas destinadas a la ganadería.

La unidad hidrográfica Leito presenta una tendencia clara de cambio en el uso del suelo entre 2015 y 2022, caracterizada por un aumento en las actividades agropecuarias y una correspondiente reducción de las áreas boscosas. La clase Intervención incremento en 17,92 hectáreas, mientras que el bosque disminuyó en 18,35 hectáreas, reflejando un proceso continuo de degradación y fragmentación que afecta la conservación del ecosistema. La tasa anual de pérdida de cobertura boscosa se estimó en -0,81%, equivalente a una reducción promedio de 2,62 hectáreas por año. Este cambio está principalmente impulsado por la expansión de áreas destinadas a la ganadería.

En general la pérdida de páramo en las unidades hidrográficas Ambato-Huachi-Pelileo, Mocha-Huachi y Toallo-Alobamba analizada entre 2015 y 2022 alcanzaron una tasa anual de reducción de -0,91%, -3,18% y -2,25 % respectivamente, cifras que superan significativamente la tasa de pérdida anual nacional de 0,13%. Estos resultados evidencian que el cambio de este ecosistema hacia otros usos del suelo ocurre a una velocidad considerablemente notable, poniendo en riesgo la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Si bien la aplicación de los Planes de Manejo de Páramo (PMP) han logrado cierto nivel de gestión para conservar y proteger el ecosistema, es claro que resulta indispensable fortalecer, ajustar y mejorar estos mecanismos para mitigar de manera efectiva la tasa de pérdida del páramo y asegurar su conservación a largo plazo.

El análisis multitemporal evidencia un patrón persistente de deterioro del páramo en dentro de las áreas de las unidades hidrográficas, reduciendo la biodiversidad y afecta la disponibilidad y calidad del agua,

esencial para las comunidades y la economía local. Por ello, es crucial fortalecer la conservación, promover el manejo sostenible y la restauración ecológica para preservar los servicios ecosistémicos y garantizar la resiliencia ambiental y socioeconómica de las unidades hidrográficas. Un enfoque integral es clave para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de este ecosistema estratégico.

10.7 EVALUACIÓN

La salud de los páramos en las unidades hidrográficas estudiadas presenta variaciones entre estados "aceptable" y "bueno", reflejando una condición general positiva, pero con ciertos desafíos. La unidad hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (AHP) alcanzó una valoración de 3,89, equivalente a un estado de salud "bueno". Esta unidad presenta una alta diversidad de flora con especies como *Calamagrostis intermedia*, *Azorella pedunculata* y *Alchemilla orbiculata*, predominando paisajes de herbazal húmedo montano alto superior de páramo. En cuanto a fauna, se identificó una diversidad media con mamíferos como *Puma concolor*, *Tremarctos ornatus* y *Lycalopex culpaeus*, además de aves y herpetofauna que muestran adaptabilidad a cambios antrópicos. La calidad del agua fue calificada como buena, y más del 50% de los entrevistados perciben el estado de salud del páramo como alto.

La unidad hidrográfica Mocha-Huachi (MH) alcanzó una valoración de 3,62, correspondiente a un estado de salud del páramo "aceptable". En esta unidad se identificó una diversidad media de flora dominada por *Calamagrostis intermedia*, *Azorella orbiculata* y *Azorella pedunculata*. La fauna registrada incluye especies de mamíferos como el ciervo de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), así como aves y dos especies endémicas de herpetofauna, *Pristimantis gloria* y *Gastrotheca riobambae*, ambas en peligro de extinción. La calidad del agua también fue buena, y el 88% de los entrevistados considera que la salud del páramo es media-alta, subrayando la importancia de conservar el ecosistema.

La unidad hidrográfica Leito y Tollo-Alobamba obtuvo una valoración de 3,38, lo que corresponde a un estado de salud "aceptable". Aquí, la diversidad florística es alta, con especies como *Acalypha diversifolia*, *Beilschmiedia costaricensis* y *Erythrina edulis*, mientras que en fauna se registró una diversidad media representada por mamíferos como el puma (*Puma concolor*), osos de anteojos (*Tremarctos ornatus*) y murciélagos, así como aves y herpetofauna endémica. A pesar de que la calidad del agua fue clasificada como buena, el estado general del páramo es percibido por el 55% de los entrevistados como moderado debido a impactos antrópicos como el cambio de usos del suelo en la UH Leito de bosque hacia área de cultivos.

10.8 ESTRATEGIAS

En cada unidad hidrográfica se priorizó estrategias adaptadas a su realidad ambiental y socioeconómica. En la UH AHP se destacó el enfoque en gobernanza y articulación institucional; la UH MH/TA se puso énfasis en restauración estructural del ecosistema y regulación de actividades antrópicas debido a que el área donde se observó el mayor cambio de uso de suelo de páramos a ganadería; y la UH Leito se centró sus esfuerzos en la compensación por servicios ecosistémicos y participación comunitaria en la gestión y restauración. Este enfoque diferenciado permite avanzar hacia una gestión integral del páramo, combinando protección ambiental, desarrollo comunitario y sostenibilidad hídrica.

Unidad Hidrográfica Ambato-Huachi-Pelileo (UH AHP)

1. Conservación y restauración:

- Implementar un sistema de compensación financiera por conservación, aprovechando el valor del páramo como sumidero de carbono.
- Vigilancia y control en áreas de recarga hídrica, mediante la contratación y equipamiento de guarda páramos.
- Restauración focalizada en zonas degradadas, combinando técnicas de restauración activa y pasiva.
- Monitoreo comunitario participativo, para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental.

2. Socio-organizativas y culturales:

- Articulación de los Planes de Uso y Gestión del Suelo (PUGs) con la conservación del páramo, promoviendo actividades sostenibles como el ecoturismo.
- Actualización de la ordenanza provincial para fortalecer la gobernanza del ecosistema de páramo e incluir mecanismos vinculantes.
- Educación ambiental y turismo responsable, involucrando a actores locales en la sensibilización.
- Creación de fondos para la conservación, con aportes de usuarios del agua para riego.
- Actualización de los Planes de Manejo de Páramos (PMP) con acuerdos a largo plazo e instrumentos de seguimiento.
- Reforzamiento de mesas técnicas de coordinación, para consolidar la gestión interinstitucional del páramo.

Unidad Hidrográfica Mocha Huachi-Toallo Alobamba (UH MH/TA)

1. Conservación y restauración:

- Restauración de zonas degradadas, como el cerro Puñalica y Laguna Colorada, con reforestación y medidas físicas como gaviones y diques.
- Control y vigilancia del páramo, con guarda páramos bien capacitados.
- Recuperación de suelos degradados, especialmente en los arenales del volcán Chimborazo.
- Creación de una categoría legal de conservación dentro del SNAP para proteger los páramos.

2. Socio-organizativas y culturales:

- Sistema de información ambiental para recopilar datos y monitorear el estado del ecosistema.
- Política de articulación interinstitucional, mediante la metodología “Gente, Agua y Trabajo”.
- Adquisición mancomunada de tierras de páramo, para ampliar las áreas de conservación y proteger fuentes hídricas.
- Regulación de actividades recreativas, como el uso de motocicletas en Puñalica y Pampas de Salasaca.

3. Producción sostenible:

- Gestión adecuada de desechos agroquímicos, especialmente en zonas como la cascada Jun Jun, con campañas educativas, reglamentos y capacitaciones.

Unidad Hidrográfica Leito

1. Conservación y restauración:

- Implementación de un vivero comunitario con especies nativas en San Jorge, para apoyar procesos de restauración.
- Vigilancia y control comunitario, para frenar actividades ilícitas como la tala, quema y pastoreo no regulado.
- Declaratoria de área protegida en zonas de recarga hídrica clave, bajo el SNAP, para preservar la provisión de agua y el hábitat del oso andino.
- Restauración participativa de áreas degradadas, con base en estudios previos.

2. Socio-organizativas y culturales:

- Generación del Plan de Manejo de Páramo y Bosque (PMPb), enfocado en conservar las fuentes de agua ante eventos de sequía.
- Mecanismos de compensación por conservación, con incentivos económicos, asistencia técnica e insumos productivos para propietarios de tierras en zonas estratégicas.
- Creación de un fondo financiero para conservación, con aportes de comunidades, GADs y juntas de agua.

3. Producción sostenible:

- Reducción del impacto agropecuario en fuentes hídricas, especialmente en San Jorge, mediante capacitación en prácticas agrícolas sostenibles y sustitución de fertilizantes químicos.

10.9 MONITOREO - PERMANENTE

El sistema de monitoreo integral del páramo en las unidades hidrográficas que son las zonas de recarga hídrica constituye una herramienta científica clave para la planificación y gestión sostenible de estos ecosistemas. La implementación periódica de indicadores biofísicos y sociales no solo permite establecer líneas base comparables en el tiempo, sino también generar conocimiento técnico que sustente la toma de decisiones en conservación y restauración. De esta manera, se garantiza la protección de los servicios ecosistémicos fundamentales del páramo, como la regulación hídrica, la biodiversidad y el almacenamiento de carbono, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

El sistema de monitoreo propuesto para los páramos de las unidades hídricas en Tungurahua responde a un enfoque integral y multidisciplinario que permite evaluar la salud ecológica del páramo de manera periódica y sistemática. Este sistema contempla la recopilación de información clave de componentes biofísicos y socioinstitucionales, a partir de una línea base técnica que establece metodologías estandarizadas, replicables y ajustadas al contexto andino. Su propósito es identificar tendencias en el tiempo, alertar sobre procesos de degradación o recuperación, y orientar decisiones de manejo adaptativo. Para lo cual se plantea el monitoreo de los componentes: flora, fauna, edáfico, hídrico, socioeconómico y de gobernanza, y un análisis multitemporal.

El componente florístico se centra en la caracterización de la composición y estructura de la vegetación, con énfasis en la cobertura de pajonal y especies indicadoras de conservación. Para ello, se utilizan unidades de muestreo denominadas conglomerados. Las evaluaciones, se realizarán cada cinco años, lo cual permite identificar cambios en la diversidad vegetal y el avance de procesos de transformación del paisaje, especialmente en zonas intervenidas.

En cuanto a la fauna, el sistema considera la diversidad y abundancia de aves, mamíferos, anfibios y reptiles como indicadores sensibles del estado ecológico. Se plantea que apliquen metodologías como la observación directa, registros acústicos, trampas de captura y cámaras trampa, con el objetivo de obtener información sobre la presencia y distribución de especies. El monitoreo quinquenal de este componente permite identificar alteraciones en las dinámicas poblacionales y en la conectividad ecológica del páramo.

En el componente edáfico se plantea el análisis de las propiedades físico-químicas del suelo, su capacidad de retención de agua y el contenido de carbono orgánico. La toma de muestras en campo se realiza en puntos representativos, con posterior análisis en laboratorio de parámetros como textura, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de campo y carbono orgánico total. Esta información es importante para evaluar la funcionalidad del suelo como soporte de vida y regulador hídrico, así como su rol en el secuestro de carbono y mitigación del cambio climático.

Respecto al componente hídrico, en el monitoreo se plantea tanto la cuantificación de los caudales como la evaluación integral de la calidad del agua en las fuentes presentes dentro del ecosistema de páramo. Para cuerpos de agua con bajo caudal, se emplea el método volumétrico, mientras que en flujos más altos se aplica el método del flotador. Se propone realizar mediciones mensuales del caudal con el fin de capturar la variabilidad estacional y establecer patrones de disponibilidad hídrica a lo largo del año.

La calidad del agua será evaluada anualmente mediante la determinación de diversos parámetros físico-químicos y microbiológicos, con el objetivo de calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA). Entre los parámetros básicos a monitorear se incluyen: temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (STD). Asimismo, se consideran indicadores de contaminación orgánica como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO), además de la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, que son claves para evaluar procesos de eutrofización. Se incorporan también análisis microbiológicos, específicamente la cuantificación de coliformes totales y coliformes fecales (*Escherichia coli*), los cuales son esenciales para determinar la aptitud del recurso hídrico para el consumo humano y uso agrícola. Este enfoque integral de monitoreo hídrico permite no solo detectar la contaminación puntual o difusa, sino también establecer tendencias asociadas al cambio climático, variabilidad estacional y actividades antrópicas. A través del

cálculo del ICA se podrá clasificar la calidad del agua en categorías (excelente, buena, aceptable, mala o muy mala), facilitando la toma de decisiones para la gestión y conservación de las fuentes hídricas del ecosistema de páramo.

Finalmente, el componente socioeconómico y de gobernanza incorpora la dimensión humana en la gestión del páramo. A través de encuestas, entrevistas y mapeos participativos, se recopila información sobre condiciones de vida, niveles de organización comunitaria, percepciones sobre amenazas ambientales y existencia de normativas locales. Este análisis permite fortalecer los procesos de gobernanza participativa, fomentar la corresponsabilidad entre actores y alinear las estrategias de conservación con las necesidades sociales y económicas de las comunidades locales.

Complementario a los componentes biofísicos y socioinstitucionales, el análisis multitemporal se constituye en una herramienta clave dentro del sistema de monitoreo del ecosistema páramo. A través del uso de imágenes satelitales, ortofotos y series históricas de datos geoespaciales, se evalúan los cambios en el uso y cobertura del suelo, la fragmentación del paisaje y la dinámica de las zonas de recarga hídrica. Esta metodología permite comparar distintas temporalidades, por ejemplo, cada cinco o diez años, para identificar procesos de expansión agrícola, avance de la frontera pecuaria, pérdida de cobertura natural o éxito de estrategias de restauración implementadas. El análisis multitemporal no solo proporciona evidencia visual y cuantitativa del estado del ecosistema, sino que además permite validar y complementar los datos recogidos en campo, generando una visión más amplia y precisa de los cambios en el territorio. Su integración en el sistema de monitoreo fortalece la capacidad de alerta temprana frente a presiones antrópicas y climáticas, y permite ajustar de manera proactiva las políticas y acciones de conservación del páramo.

XI. CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

En general, la salud de los páramos en las unidades hidrográficas estudiadas muestra una condición general entre "aceptable" y "buena", lo cual refleja un estado relativamente positivo, pero con desafíos crecientes. Aunque actualmente la diversidad biológica y la calidad del agua se mantienen en niveles aceptables, la presión sobre los ecosistemas altoandinos va en aumento, especialmente por el cambio de uso del suelo (AHP hacia zonas agrícolas y en MH para ganadería) y el incremento de la demanda hídrica para riego. En particular, la unidad hidrográfica Leito muestra signos de deterioro más visibles, debido a la conversión de bosques en áreas agrícolas, lo que ha afectado tanto la percepción social del estado del páramo como su funcionalidad ecológica.

Al contrastar la percepción comunitaria sobre la conservación de los páramos con la evidencia territorial disponible, se evidencian discrepancias significativas. Según las entrevistas realizadas, un alto porcentaje de la población afirma que se cuidan los páramos: 90 % en la Unidad Hidrográfica AHP, 88 % en MH y 76 % en Leito. Sin embargo, los datos de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal indican lo contrario. Esta pérdida se relaciona principalmente con el avance de la frontera agrícola (65% en UH AHP) y ganadera (85% en UH MH), lo que refleja un proceso de degradación del ecosistema, pese a la existencia de acuerdos comunitarios de conservación. Esto se debe a que estos acuerdos, si bien existen, no son vinculantes ni cuentan con mecanismos efectivos de monitoreo o sanción, lo que limita su cumplimiento. Esta situación pone en evidencia una brecha entre la percepción de compromiso expresada por las comunidades y la realidad observada en el territorio, subrayando la necesidad urgente de fortalecer instrumentos normativos, capacidades locales y estrategias de gobernanza ambiental con corresponsabilidad efectiva.

El análisis comparativo entre los estudios de 2015 y 2024 evidencia una tendencia positiva en la salud del páramo en cuanto a flora en la UH AHP, especialmente en el Bosque Siempreverde, donde se observa un incremento en la riqueza de especies arbóreas en sectores como T1Ambatillo y T2Tambaló. Este aumento sugiere procesos de regeneración natural asociados a una posible disminución de disturbios antrópicos. La presencia de nuevas especies como *Saracha quitensis* y *Hesperomeles ferruginea* refuerza esta recuperación ecológica y evidencia una mayor conectividad entre el bosque montano y el páramo. Aunque la diversidad general sigue siendo baja y dominada por *Polylepis*, se mantiene una estructura funcional que sostiene servicios ecosistémicos claves como agua y carbono. La persistencia de especies indicadoras como *Gynoxys acostae* y *Myrsine andina* demuestra estabilidad ecológica. Estas señales sugieren una recuperación parcial del ecosistema, que debe fortalecerse con monitoreo continuo, restauración y manejo adecuado. La mejora en la salud del páramo es incipiente, pero significativa.

El análisis comparativo entre los estudios de 2015 y 2024 en mamíferos y aves muestra una tendencia preocupante en la salud ecológica del páramo. En mamíferos, la reducción de 16 a 12 especies, junto con la drástica disminución de individuos observados, refleja una pérdida de diversidad biológica y funcional, destacando la ausencia de especies clave tanto generalistas como especialistas. En aves, la diversidad específica bajó de 86 a 40 especies, con una menor cantidad de individuos registrados, aunque se mantiene la representación de órdenes y familias, lo que sugiere la persistencia de especies generalistas. La pérdida de gremios alimenticios y la ausencia de especies con alta sensibilidad ecológica refuerzan la hipótesis de un deterioro en la complejidad y funcionalidad del ecosistema. Además, se observa una disminución en el número de especies en categorías de amenaza, lo que podría deberse tanto a la pérdida local como a limitaciones del esfuerzo de muestreo. Estos resultados reflejan un empobrecimiento ecológico del páramo que afecta directamente su resiliencia y la provisión de servicios ecosistémicos, subrayando la necesidad urgente de fortalecer el monitoreo, restaurar hábitats clave y limitar las presiones antrópicas en estas zonas estratégicas.

Entre 2015 y 2024, el almacenamiento de carbono en el suelo se ha mantenido relativamente estable en la mayoría de unidades hidrográficas, con excepciones como la UH MH, que muestra señales de pérdida de carbono por degradación del páramo. Unidades como AHP y Leito mantienen altos niveles de carbono, reflejo de coberturas vegetales saludables y condiciones ecológicas favorables, por lo que se perfilan como zonas prioritarias de conservación. En contraste, el almacenamiento de agua en el suelo ha disminuido drásticamente entre estos años, con reducciones que alcanzan hasta el 80% en unidades como Toallo-Alobamba. Esta caída se asocia a factores como pérdida de cobertura vegetal, compactación del suelo y cambio de uso del suelo. Aunque aún se mantienen ciertos servicios ecosistémicos en áreas específicas, los resultados indican una tendencia preocupante hacia la pérdida de funcionalidad hídrica del páramo,

comprometiendo su rol como regulador hídrico regional. Esta situación exige medidas urgentes de restauración, conservación del suelo y manejo del uso del territorio para revertir el deterioro observado.

Al contrastar la percepción de la población con los resultados técnicos del análisis de calidad del agua, se observa una correspondencia general positiva entre ambas fuentes de información. En la Unidad Hidrográfica AHP, el 77 % de los entrevistados calificó la calidad del agua como buena, lo cual se alinea con los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA), que arrojaron un valor máximo de 84, clasificando el agua en esta unidad como de buena calidad. De manera similar, en la UH MH, el 95 % de los encuestados también consideró buena la calidad del agua, coincidiendo con los análisis que indican condiciones favorables según el ICA. En la UH Leito, aunque un menor porcentaje de personas (67 %) percibió el agua como buena, los resultados del ICA también sitúan su calidad dentro de la categoría "buena", aunque con el valor más bajo entre las unidades evaluadas (ICA: 68). Estos datos sugieren que la percepción local sobre la calidad del agua refleja razonablemente bien las condiciones reales determinadas por los análisis físicoquímicos y biológicos, aunque en algunos casos existe una ligera subestimación de la calidad real, como se evidencia en Leito.

Al comparar la percepción de la población con los datos hidrológicos, se identifican discrepancias importantes. En la UH AHP, aunque el 68 % de los entrevistados considera suficiente la cantidad de agua, los caudales muestran una disminución, pasando de 624 l/s en 2015 a 438 l/s en 2024 en San Fernando – Tambaló, y de 77 l/s a 75 l/s en Pilahuin. En la UH MH, el 95 % percibe suficiencia, lo que coincide parcialmente con los registros de 2024, que varían entre 0,19 l/s y 533 l/s en Mocha, evidenciando alta variabilidad. En la UH Leito, solo el 58 % reporta suficiencia, en concordancia con caudales bajos (8–135 l/s en 2024). Estos datos sugieren que, aunque la percepción comunitaria es mayormente positiva, los registros técnicos evidencian una reducción real del recurso hídrico en sectores específicos, especialmente en AHP.

El análisis de las concesiones de agua en las unidades hidrográficas evaluadas muestra que el uso para riego representa el mayor volumen de agua otorgado, reflejando la alta demanda del sector agropecuario en estas zonas. Esta concentración del recurso en actividades de riego intensifica la presión sobre los ecosistemas de páramo y bosque andino, que cumplen funciones clave como zonas de recarga hídrica y fuentes de almacenamiento de carbono. Por lo tanto, es fundamental establecer un principio de corresponsabilidad entre los beneficiarios del agua, en particular los sistemas de riego, y los actores territoriales encargados de la conservación del paisaje. La sostenibilidad del recurso hídrico no puede depender únicamente del acceso o la infraestructura, sino que debe estar vinculada a acciones concretas de protección, restauración y manejo adecuado de las áreas de recarga. Por tanto, toda concesión de agua debería incorporar criterios de corresponsabilidad ambiental, promoviendo prácticas sostenibles, acuerdos comunitarios y mecanismos de seguimiento que garanticen no solo el uso eficiente del agua, sino también la conservación de los ecosistemas que la generan.

El análisis de la dinámica de cambio uso del suelo en las unidades hidrográficas AHP, MH, TA y Leito evidencia una pérdida significativa de cobertura natural, principalmente de páramo, como resultado de la expansión de actividades agrícolas y pecuarias. La UH AHP registra la mayor pérdida en términos absolutos con aproximadamente 250 ha/año (-0,91%), mayoritariamente transformadas en áreas agrícolas (65%) y pastos (25%), concentrándose en sectores de la parroquia Pilahuin dentro de la Reserva de Fauna Chimborazo. En contraste, la UH MH presenta la tasa porcentual más alta de pérdida de páramo (-3,18%, 188 ha/año), dominada por la expansión ganadera (85%) en sectores de la parroquia Mocha. La UH TA, aunque con pérdidas absolutas menores (8 ha/año de páramo y 1,83 ha/año de bosque), muestra tasas relativas importantes (-1,75% y -2,25%, respectivamente), también orientadas hacia el uso ganadero. Finalmente, la UH Leito evidencia pérdida exclusivamente de bosque (-0,81%, 7 ha/año), principalmente reemplazado por agricultura. Estos datos reflejan una presión generalizada sobre los ecosistemas altoandinos, con una marcada tendencia hacia la transformación del paisaje natural para fines productivos, incluso dentro de los límites y áreas de influencia de la Reserva de Fauna Chimborazo.

Los principales impulsores del cambio en la cobertura de páramo y bosque en las unidades hidrográficas analizadas están estrechamente vinculados a las actividades humanas, particularmente la expansión de la frontera agrícola y ganadera. El incremento de la demanda de tierras para cultivo y pastoreo, motivado por presiones socioeconómicas locales como el crecimiento poblacional, la necesidad de subsistencia y la falta de alternativas productivas sostenibles, ha intensificado la transformación del paisaje natural. En este contexto, la debilidad en la aplicación de normativas de conservación, junto con una limitada presencia institucional y mecanismos de control, facilita el avance de prácticas que degradan estos ecosistemas

frágiles. Además, la proximidad de las zonas más afectadas a los límites de la Reserva de Fauna Chimborazo sugiere una expansión no planificada y escasamente regulada del uso del suelo, lo que agrava el proceso de fragmentación ecológica y pérdida de servicios ambientales clave.

Si esta tendencia continúa sin intervenciones concretas, se proyecta que en los próximos diez años el estado de los páramos podría descender de "aceptable" a "regular", comprometiendo la capacidad de estos ecosistemas para regular el ciclo hidrológico, conservar biodiversidad y mantener la calidad del agua. Esto implicaría una reducción en la oferta hídrica disponible, especialmente en los puntos de descarga, afectando la sostenibilidad del riego y otros usos productivos.

No obstante, existe una oportunidad clara de revertir esta tendencia si se implementan estrategias efectivas de conservación. La activa participación de las organizaciones comunitarias, como las Juntas de Riego, es clave. Estas pueden convertirse en actores estratégicos si asumen corresponsabilidades a través de mecanismos como la recaudación de tasas ambientales para financiar la protección del páramo. Además, acciones como la restauración ecológica de áreas degradadas, la tecnificación de sistemas de riego y la educación ambiental contribuirían significativamente a estabilizar e incluso mejorar el estado de salud de estos ecosistemas.

Es fundamental establecer la pertinencia del estudio y las estrategias a implementar en función a las herramientas de planificación existentes, tanto a nivel local como nacional. En este sentido, los resultados deben articularse con instrumentos como el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de los Páramos (PAN Páramos), las ordenanzas municipales vigentes y los Planes de Manejo de Páramos (PMP), en coordinación con la Dirección de Recursos Hídricos (DRH). Esta articulación permitirá garantizar la coherencia entre la planificación técnica y la toma de decisiones en el territorio, evitando duplicidad de esfuerzos e incrementando la efectividad de las intervenciones.

Entre las principales medidas propuestas para mejorar la salud de los ecosistemas de páramo se destacan acciones de restauración y gobernanza territorial. A nivel general, se sugiere implementar procesos de restauración ecológica focalizada, acompañados del cercamiento de áreas clave para permitir la regeneración natural de la vegetación. También se plantea la contratación de guardapáramos y guardabosques, con funciones de monitoreo, protección y sensibilización ambiental en las zonas de recarga hídrica. Para fortalecer la sostenibilidad de estas acciones, se propone la implementación de mecanismos e incentivos para la conservación, así como la creación de una tasa ambiental administrada por las Juntas de Riego, destinada exclusivamente a la financiación de actividades de conservación y restauración, con el debido respaldo técnico y legal.

Otro aspecto clave es la formalización de acuerdos vinculantes entre actores comunitarios, instituciones y usuarios del agua, que aseguren compromisos claros y duraderos en la protección de los páramos. De manera específica, en la Unidad Hidrográfica MH se recomienda aplicar medidas mecánicas para la recuperación de suelos degradados, especialmente en zonas afectadas por arenales. En términos institucionales, se propone que todas las Juntas de Riego establezcan una tasa ambiental obligatoria, bajo asesoría técnica, para asegurar recursos permanentes destinados a la conservación. Estas estrategias deben articularse con los instrumentos de planificación vigentes, a fin de lograr una gestión efectiva, participativa y sostenible de los ecosistemas altoandinos.

Para avanzar hacia la consolidación de acuerdos vinculantes, así como una gestión más eficaz de los páramos y bosque andino, es fundamental fortalecer la organización comunitaria y promover una comunicación efectiva entre actores locales e institucionales. Esto requiere esfuerzos sostenidos en fortalecimiento organizativo, no solo en términos de estructura y representatividad, sino también en capacidades técnicas, liderazgo y toma de decisiones informada. Además, se deben abordar temas específicos del componente de gobernanza, como la clarificación de roles y responsabilidades, la construcción de confianza entre actores, la mejora de los mecanismos de diálogo y negociación, y la participación activa en la planificación y ejecución de acciones territoriales. Solo mediante estos procesos será posible establecer acuerdos que sean respetados y sostenibles en el tiempo, garantizando una gestión corresponsable de los ecosistemas de páramo y de los recursos hídricos asociados.

Existen problemáticas relevantes en las unidades hidrográficas que, si bien no corresponden directamente a las competencias de la Dirección de Recursos Hídricos (DRH), tienen un impacto significativo sobre la salud de los páramos y la disponibilidad del recurso hídrico. Entre estos se encuentran la construcción inadecuada de infraestructura (como caminos, viviendas y obras civiles en zonas sensibles), el manejo deficiente del agua a través de canales o drenajes mal diseñados que generan acumulación o escorrentía

no controlada, así como la gestión inadecuada de residuos sólidos y el uso de agroquímicos. Estos factores afectan directamente la integridad de las zonas de recarga hídrica y los flujos naturales del ecosistema. Aunque la DRH no tiene competencia directa sobre estos temas, es fundamental promover la coordinación interinstitucional con los departamentos municipales, provinciales y otras entidades responsables, a fin de articular acciones preventivas, correctivas y de control. Esta coordinación permitirá un abordaje integral de la gestión ambiental del territorio, alineado con los objetivos de conservación y uso sostenible del recurso hídrico.

Es crucial implementar estrategias integrales que impulsen el desarrollo socioeconómico sostenible de las comunidades que habitan y dependen de los ecosistemas de páramo en la provincia de Tungurahua. En este sentido, se recomienda fortalecer las capacidades organizativas y técnicas de los pobladores mediante programas de capacitación en prácticas agropecuarias sostenibles, manejo adecuado del ganado y técnicas de conservación de suelos. Estas acciones deben garantizar una participación equitativa entre hombres y mujeres, promoviendo también la inclusión activa de jóvenes para asegurar la continuidad generacional en las actividades productivas del territorio.

En cuanto a la gobernanza, se requiere el fortalecimiento de los Planes de Manejo del Páramo (PMP), promoviendo procesos participativos de socialización y comunicación clara sobre las medidas de conservación y las acciones de monitoreo. Esto facilitará el involucramiento comunitario y mejorará la apropiación social de estos instrumentos de gestión ambiental.

Es necesario realizar un análisis integral de la normativa aplicable al manejo del ecosistema páramo en Tungurahua, desde la ordenanza provincial hasta las ordenanzas municipales, estatutos de juntas de riego y acuerdos comunitarios. Este análisis debe identificar concordancias, brechas y vacíos, así como evidenciar los actores que se benefician o se ven afectados por el actual marco normativo. A partir de ello, se propone impulsar una política pública provincial específica que oriente la planificación, ejecución, monitoreo y gestión de riesgos en los páramos. Esta política debe articularse con reglamentos y protocolos técnicos. Además, se sugiere mapear iniciativas de capacitación y campañas educativas sobre el cuidado del páramo y del agua, con miras a su fortalecimiento. Es clave analizar la inversión ejecutada en los Planes de Manejo del Páramo (PMP), junto con los criterios de financiamiento utilizados y su relación con los resultados alcanzados. Esta evaluación permitirá mejorar la eficiencia de los recursos. Finalmente, reconocer las funciones de los actores involucrados facilitará una gobernanza más justa, participativa y sostenible del ecosistema.

Para avanzar hacia una participación más equitativa, es crucial identificar y abordar las barreras que limitan la participación de las mujeres. Se recomienda implementar acciones afirmativas que promuevan su inclusión activa, como:

- Fomentar la creación y fortalecimiento de microempresas verdes lideradas por mujeres, especialmente en actividades como reforestación, viveros y manejo sostenible del páramo.
- Asegurar que los mecanismos de contratación prioricen la inclusión femenina, dado que muchos fondos de cooperación y ambientales exigen criterios de equidad de género.
- Impulsar espacios de formación y liderazgo con enfoque de género para que las mujeres accedan a roles decisorios.
- Desarrollar campañas comunitarias que promuevan la corresponsabilidad en las tareas reproductivas y del hogar, como condición clave para liberar tiempo y posibilitar una mayor participación femenina.

Estas acciones no solo contribuirán a reducir la desigualdad, sino también a mejorar la efectividad de los Planes de Manejo del Páramo, al incorporar la diversidad de saberes y capacidades que las mujeres pueden aportar a la conservación y desarrollo sostenible en sus territorios.

Para disminuir la brecha “divorcio” entre los habitantes de las zonas alta y baja de las unidades hidrográficas, es fundamental fortalecer los mecanismos de gobernanza inclusiva. Esto implica crear o reactivar espacios de diálogo interzonal, como comités de cuenca o mesas de agua, que incluyan representación equitativa de ambas zonas. Estos espacios deben permitir la construcción colectiva de decisiones, fomentar el entendimiento mutuo y promover acuerdos transparentes sobre la gestión del agua

y los recursos naturales. Asimismo, se recomienda el diseño e implementación de esquemas de compensación o incentivos directos para las comunidades conservacionistas, con el fin de fortalecer la cohesión social y garantizar una gestión más equitativa y sostenible del recurso hídrico en toda la cuenca. Por ejemplo: la implementación de esquemas de compensación justos y sostenibles. Los pagos por servicios ambientales (PSA) representan una herramienta concreta, en la que los beneficiarios del agua en zonas bajas, como las juntas de riego o usuarios urbanos, aportan recursos económicos para compensar a las comunidades de zonas altas que conservan los ecosistemas hídricos. Estos mecanismos deben ir acompañados de acuerdos de conservación con beneficios tangibles, como el acceso a proyectos productivos, mejoras en infraestructura comunitaria o servicios sociales básicos. Asimismo, es esencial fomentar alternativas productivas sostenibles en las zonas altas. Esto puede incluir el impulso a la agroecología, la reforestación con especies nativas, el turismo comunitario o la producción orgánica, de modo que las comunidades puedan generar ingresos sin comprometer los ecosistemas. Estas iniciativas deben contar con apoyo técnico, financiero y de acceso a mercados, y ser valoradas como parte del esfuerzo colectivo por conservar las fuentes de agua.

En las unidades hidrográficas es necesario fortalecer la institucionalidad local y comunitaria. Esto incluye capacitar a los líderes en gestión de cuencas, negociación y resolución de conflictos, así como dotar a las organizaciones locales de herramientas para administrar recursos, fiscalizar acuerdos y promover proyectos integrados. Además, se recomienda establecer un mecanismo o estrategia eficaz de comunicación que permita un flujo constante, claro y bidireccional de información entre los actores involucrados. Este mecanismo debe facilitar la participación activa de las comunidades locales, promover la transparencia en los procesos de toma de decisiones y asegurar que las medidas implementadas respondan de manera adecuada a las particularidades sociales, culturales y ecológicas de cada territorio. Un mecanismo eficaz de comunicación que puede ser recomendado es la implementación de mesas de diálogo comunitario periódicas, en las que participen representantes de las comunidades locales, autoridades ambientales, técnicos y otros actores clave del territorio. Estas mesas deben funcionar como espacios inclusivos y horizontales, donde se comparta información clara sobre los objetivos, avances y desafíos de las medidas de conservación, y donde las comunidades puedan expresar sus necesidades, conocimientos y propuestas. Además, estas instancias pueden complementarse con boletines informativos en lenguas locales, programas radiales comunitarios y el uso de tecnologías accesibles como grupos de mensajería móvil, para asegurar una comunicación continua y adaptada a los contextos socioculturales. Este tipo de mecanismo fortalece la confianza, fomenta la corresponsabilidad y mejora la sostenibilidad de las acciones de conservación al incorporar activamente a los actores locales en la toma de decisiones.

En resumen, la salud del páramo es esencial para garantizar la seguridad hídrica de las unidades hidrográficas. Actuar ahora con planificación, corresponsabilidad y gestión comunitaria permitirá evitar un deterioro irreversible y asegurar que los servicios ecosistémicos de los páramos sigan beneficiando a las generaciones presentes y futuras.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Acostas, M. (1968). Divisiones Fitogeográficas y Formaciones Geobotánicas del Ecuador. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito.
- Albán, J., Carvajal, M., Domínguez, J., y Jumbo, C. (2004). Gestión pública de los recursos naturales [Archivo en PDF]. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/iee/20121115035711/modulo4.pdf>
- Albán, M. (2019). Plan de trabajo, metodología y mapeo de actores. Producto 1 de la Consultoría "Construcción de la posición país sobre producción sostenible y libre de deforestación." Proyecto "Preparación de instrumentos financieros y de planificación del uso del suelo para la reducción de emisiones y deforestación., Ministerio del Ambiente, Ministerio de Agricultura. Quito, Ecuador: Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible.
- Albuja, L., Almendáriz, A., Barriga, R., Mena, P., y Ron, S. (2012). Guía de especies amenazadas de los Andes del Ecuador. Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Albuja, L., et al. (2012). Piso zoogeográfico altoandino.
- Albujal. (1983). Mamíferos Ecuatorianos Considerados Raros o en Peligro de Extinción. MAG- Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Almeida, M. (2015). Adaptándose en los páramos. Prácticas productivas para la conservación del páramo y la adaptación al cambio climático en sus comunidades. UICN, Quito, Ecuador.
- Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña A. & Villareal, H. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Angehr, G. (1989). Descorriendo la Cortina Verde, Evolución de la Biología Tropical en Panamá. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá.
- Angulo, A., Rueda-Almonacid, J., Rodríguez-Mahecha, V., & La Marca, E. (2019). Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina (Vol. 2). Panamericana Formas e Impresos S.A. <http://surl.li/qoqxv>
- Arcos, R. (2017). Memorias del seminario-Taller Métodos Estandarizados para estudios de Biodiversidad. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales.
- Badii, M., Landeros, J., y Cerna, E. (2008). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. International Journal of Good Conscience, 3(1), 632–660. www.daenajournal.org
- Beltrán, L., Mejía, F., & Pérez, L. (2009). Estrategias de conservación en los páramos de los Andes Tropicales. Editorial Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Billerman, S. M., Keeney, B. K., Rodewald, P. G., & Schulenberg, T. S. (2020). Aves del mundo. Cornell Lab of Ornithology. <https://doi.org/10.2173/bow>
- Bioweb. (s/f). PUCE. <https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb/home>
- Boada, C. (2008). Composición y diversidad de la mastofauna en cuatro localidades de la provincia del Carchi dentro del área de intervención del proyecto GISRENA. Ecociencia y GPC, 71–91.
- Bracamonte, J. C. (2018). Protocolo de muestreo para la estimación de la diversidad de murciélagos con redes de niebla en estudios de ecología. Ecología Austral, 28(2), 446–454.
- Bravo, E. (2014). La biodiversidad en el Ecuador [Archivo PDF]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf>
- Briones, E. E. (1996). Estudio de Evaluación de la Calidad de Agua. Anexo al documento de Estudio Ambiental del Proyecto Chachimbiro. Manuscrito. EcoCiencia. Quito.

- Brizuela, A., Aguirre, C., & Velasco, I. (2007), Aplicación de métodos de corrección atmosférica de datos Landsat 5 para análisis multitemporal, TELEDETECCIÓN- Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional, 207-214,
- Brown, R. et al. (1970) “A water quality index: do we dare?”, Water & Sewage Works’, A water quality index—crashing the psychological barrier. In Indicators of environmental quality.
- Burneo, S. F., M. D. Proaño y D. G. Tirira. (2015). Plan de acción para la conservación de los murciélagos del Ecuador. Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador, Quito.
- Caín J. y Castro I. (1959). Medidas y Estimaciones Ecológicas. Wild Life Research. Servicio Forestal de los Estados Unidos. Montana.
- Calispa, M., Vasconez, F., Santamaría, S., Samaniego, P., Hosfstede, R., Mena-Vásconez, P., & Suárez Robalino, E. (2023). Los suelos de los páramos del Ecuador. *Los páramos del ecuador: pasado, presente y futuro*. Quito: USFQ Press. <https://doi.org/10.18272/usfqpress>, 71, c258.
- Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. Universidad Central del Ecuador: 77 – 92.
- Canaday, C. (1996). Loss of insectivorous birds along a gradient of human impact in Amazonia. Biological Conservation, 77(1), 63-77. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00113-1](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00113-1)
- Canaday, C., y Rivadeneyra, J. (2001). Initial effects of a petroleum operation on Amazonian birds: Terrestrial insectivores retreat. Biodiversity & Conservation, 10(4), 567-595. <https://doi.org/10.1023/A:1016668526223>
- CANEVARI P. (1995). Los Humedales de América del Sur. Humedales para las Américas. Estados Unidos.
- Carrillo, E., Aldás, M., Altamirano, F., Hayala, D., Cisneros, A., Endara, C., Márquez, M., Morales, F., Nogales, P., Salvador, M., Torres, J., Valencia, F., Villamarín, M., & Yáñez. (2005). LISTA ROJA DE LOS REPTILES DEL ECUADOR 2005. Fundación Novum Milenium; UICN-Sur; UICN-Comité Ecuatoriano, Ministerio de Educación y Cultura, 1–53. www.flacsoandes.edu.ec
- Castro Miguel. (2011). Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los Páramos Ecuatorianos.
- Cecia-Corporación Ecuatoriana Para La Conservación Einvestigación De Las Aves. (1996). Lista de Aves Amenazadas en el Ecuador. (inédito). Quito.
- Chao, A. (1984). Nonparametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics, 265–270.
- Chicaiza, E. (2018). Plan de Desarrollo Turístico del Cantón Patate 2018-2022. GAD de Patate, 1. <http://surl.li/qrpleg>
- Chuncho, C. y Chunco, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. Bosques Latitud Cero, 9(2): 71 – 83.
- Cierjacks, A., Iglesias, J. E., Wesche, K., & Hensen, I. (2007). Impact of sowing, canopy cover and litter on seedling dynamics of two *Polylepis* species at upper tree lines in central Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 23(3), 309-318.
- CITES. (2024). Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. Federal Food Safety and Veterinary Office (Swiss CITES Management Authority). https://cites.org/sites/default/files/1/Brochure_UNEP_CITES_eng.pdf
- CITES. (s/f). Checklist of CITES Species. https://checklist.cites.org/#/en/search/output_layout=alphabetical&level_of_listing=0&show_syn

onyms=1&show_author=1&show_english=1&show_spanish=1&show_french=1&scientific_name=&page=1&per_page=20

- Coloma I. (1996). Anfibios del Ecuador: Estado Poblacional y de conservación. Museo de Zoología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos (CERO). (2022). Lista de aves de Ecuador. Disponible en: www.ceroecuador.com
- Coppus, R., L. Endara; M. Nonhebel; V. Mera; S. León-Yáñez; P. Mena Vásconez; J. Wolf & R. Hofstede. (2001). El estado de salud de algunos páramos en el Ecuador: una metodología de campo. Pp 219-240 in: Mena V., P.; G. Medina & R. Hofstede (eds.). Los páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.
- Cordier, J., Aguilar, R., Lescano, J., Leynaud, G., Bonino, A., Miloch, D., Loyola, R., & Nori, J. (2021). A global assessment of amphibian and reptile responses to land-use changes. *Biological Conservation*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108863>.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., y Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2).
- Cuesta, F., Beltrán, K., Salgado, S., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., ... & Velástegui, A. (2009). Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. *Quito: EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA*.
- Curtis, J. T. (1959). *The Vegetation of Wisconsin: An Ordinal Analysis of Plant Communities*. University of Wisconsin Press.
- Dahlgren, R.A., Saigusa, M., Ugolini, F.C. (2004). The Nature, Properties and Management of Volcanic Soils. *Advances in Agronomy* 82, 113–182. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(03\)82003-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(03)82003-5)
- De Angelo C., Paviolo A., Di Blanco Y. & Di Bitetti. (2017). *Guía de Huellas de Mamíferos*. Ediciones del Subtrópico.
- De lange e. (1994). *Manual para el Análisis Simple de la Calidad de Agua*. Fundación IWT. Amsterdam.
- Delgado, E., León, M., Cantos, C., & Guzmán, M. (2023). Efecto de la actividad minera sobre la biodiversidad en un sector del cantón Paquisha, provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador. *Granja*, 38(2), 104–121. <https://doi.org/10.17163/lgr.n38.2023.08>
- Díaz, M. M., Solari, S., Aguirre, L. F., Aguiar, L. M. S., & Barquez, R. M. (2016). Clave de identificación de los murciélagos de Sudamérica (Publicació). PCMA.
- Díaz-Granados Ortiz, M. A., Navarrete González, J. D., & Suárez López, T. (2005). Páramos: hidrosistemas sensibles. *Revista de ingeniería*, (22), 64-75.
- Ellemberg e. (1994). *Estratificación y Biomasa*. Instituto Tropical de Investigaciones Smithsonian. Nueva York
- Emmons L. (1990). *Neotropical Rainforest Mammals*. Imprentade la Universidad de Chicago.
- Encalada M.y luje B. (s/f). *Manual para Medir las Calidad de las Aguas de los Cursos Menores (Ríos)*. Fundación Natura- EDUNAT ID / Ministerio de Educación y Cultura / Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias / USAID. Quito.
- Eriksson E. (1988). *Composición Química y Calidad del Agua*. En: *Ambio. 1988 El Agua*. Editorial Blume. Barcelona.
- Erkert, H.G. (1982). Ecological aspects of bat activity rhythms. In *Ecology of bats*: 201–242. T.H. Kunz (Ed.). New York: Plenum Press.

- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2018). Hacia un manejo adaptativo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo y su zona de amortiguamiento. Sistematización de la aplicación de la metodología Manejo Adaptativo de Riesgo y Vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). Quito-Ecuador.
- Espinel Ortiz, David & Muriel, Priscilla & Romoleroux, Chaquira & Romoleroux, Katya & Sklenář, Petr & Ulloa, Carmen. (2023). La flora de los páramos ecuatorianos: Orígenes, diversidad y endemismo. DOI: 10.18272/usfqpress.71.c260.
- Estrada-Herrera, I. R., Hidalgo-Moreno, C., Guzmán-Plazola, R., Almaraz Suárez, J. J., Navarro-Garza, H., y Etchevers-Barra, J. D. (2017). Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia*, 51(8), 813-831.
- FAO, 2017. FAOSTAT. Food And Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Farley, K. A., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2010). Effect of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. *Global Change Biology*, 16(1), 1-17. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02041.x>
- Frazier S. (1996). Visión General de los Sitios Ramsar en el Mundo. Publicaciones de Wetlands International. Oxford.
- Freile, J. F., y Poveda, R. (2019). Historia natural biogeográfica de las aves en Ecuador.
- Freile, J. F., y Restall, R. (2018). Aves del Ecuador. Ediciones Lynx.
- Gabaldón, N. (1980). Algunos conceptos de muestreo. División de publicaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Garavito, L.; Gómez, D.; Palacio, D. (2018) Gobernanza territorial en los páramos Chingaza y Sumapaz-Cruz Verde. Una comparación de sus principales actores y problemáticas. *Perspectiva Geográfica*, 23(1): 11–30 p.
- García, Y., Ramírez, W., y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y forrajes*, 35(2), 125-138.
- Gardner, A. L (Ed.), (2007). *Mammals of South America. Volume I. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Gardner, A. L (Ed.), (2015). *Mammals of South America. Volume II. Rodents*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Garzón Collahuazo, S. A. (2021). Estudio de vulnerabilidad a la contaminación de aguas subterráneas por nitratos en la microcuenca del río Tahuando Ibarra Ecuador utilizando las metodologías GOD Y DRASTIC (Bachelor's thesis).
- Gentry, A.H. (1986). Sumario de Patrones Fitogeográficos Neotropicales y sus Implicaciones para la Conservación en el Ecuador. *Cultura* 8(24)401-419. Banco Central del Ecuador, Quito.
- Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda. (mayo de 2015). Estudio del estado actual del ecosistema páramo en Tungurahua. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana para el Desarrollo).
- GIZ. (2020). Integración de los Servicios Ecosistémicos en la Planificación del Desarrollo. Un enfoque paso a paso para profesionales. Bonn y Eschborn: Cooperación Alemana al Desarrollo (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. gob.ec/mapainteractivo/
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato (GADAM). (2019). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Ambato 2050.

- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mocha (GAD Mocha). (2015). Propuesta del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Mocha 2015-2019.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón San Cristóbal de Patate (GAD Patate). (2023). Propuesta del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Patate 2023-2027.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón San Cristóbal de Patate (GAD Patate). (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Patate 2015-2019.
- Gómez, D. M., Lazo, D. G., Tapia, O. A. S., & Flores-Pacheco, J. A. J. (2020). Estructura de comunidades de murciélagos como bio-indicadores del hábitat en la Reserva Biológica Indio Maíz. *Revista Científica de FAREM-Estefí*, 34, 180–199.
- Groves, C. Peter (2022, August 17). biogeographic region. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/biogeographic-region>
- Guamán et al. (2002). Acceso a los páramos, normas legales, actores y conflictos. *Gestión de páramos y otras zonas de altura*, 95. Quito, Ecuador: CAMAREN - IEDECA.
- Gurrutxaga San Vicente, M., & Lozano Valencia, P. J. (2012). Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial =Effects of habitat fragmentation and loss of ecological connectivity within territorial dynamics. *Polígonos. Revista de Geografía*, (16), 35–54. <https://doi.org/10.18002/pol.v0i16.410>
- Hach. (1993). *Fresh water Aquaculture Manual*. HACH. U.S.A. HACH. 1996. HACH. *Products for Analysis*. HACH. U.S.A.
- HGPT. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) – Tungurahua 2019-2023.
- HGPT. (2023). Estado del Arte. Programa de Aguas y Cuencas de Tungurahua II, Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.
- HGPT. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2013). Ordenanza Provincial de Manejo y Conservación del Ecosistema de Páramo de la Provincia de Tungurahua. Ambato: HGPT.
- HGPT. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2024). Tungurahua, un modelo de gestión inclusivo y dinámico.
- Hidalgo Ponce, B. D. (2022). *El retroceso glaciar del Carihuairazo desde la percepción de la comunidad de Cunucyacu y andinistas que frecuentan la zona, contrastado con información meteorológica* (Master's thesis, Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador).
- Hill, M. (1973). Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427–432. doi: 10.2307/1934352
- Hiltys y Brownw. (1986). *A Guide to the Birds of Colombia*. Imprentade la Universidad de Princenton. Nueva Yersey. U.S.A.
- Hofstede, R. (2004). Health state of Páramos: an effort to correlate science and practice. *Lyonia a J Ecol Appl*, 6, 61-73.
- Hofstede, R. G. M., Lips, J. M., & Jongsma, W. (1998). Geografía, ecología y forestación de la Sierra Alta del Ecuador: Revisión de literatura.
- Hofstede, R. W., Krabbe, N., y Van der Wal, H. (2003). Biodiversity and Conservation of High-Altitude Ecosystems in the Andes of Ecuador. *Environmental Studies*, 27(2), 85-101.
- Hofstede, R.G.M. (1997). El impacto ambiental de las plantaciones de Pinus en la Sierra del Ecuador. Resultados de una investigación comparative. Proyecto ECopar-Universidad de Amsterdam. Amsterdam.

- Huayamave, J. (2013). Estudios de las aguas y sedimentos del río Daule, en la provincia del Guayas, desde el punto de vista físico químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico. Programa de Doctorado, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Departamento de Ingeniería de Procesos, España.
- Ibisch, P., y Hobson, P. (2014). Manejo Adaptativo de Riesgo y vulnerabilidad en Sitios de Conservación (MARISCO). Centre for Economics and Ecosystem Management.
- IDEAM. (2010). Glosario de términos hidrológicos. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia.
- INEC. (2024). *Canasta Familiar Básica Nacional y por Ciudades – Agosto*. Información Mensual. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/ipc-canastas-2024/>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Guía para la Interpretación de Cartografía: Uso del suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie V, [En línea], Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/uso_suelo/doc/guia_interusosuelov.pdf,
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2012), Glossary of terms, In C. B. Field, V. Ba- doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1298 Salinas-Castillo y col, (2020), Cambios de uso de la tierra en San Fernando, Tamaulipas CienciaUAT 173 INGENIERÍAS rros, T, F, Stocker, D, Qin, D, J, Dokken, K, L, Ebi, M, D, ..., and P, M, Midgley (Eds.), Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, [En línea], Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX-Annex_Glossary.pdf.
- IUCN. (2025). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. <https://www.iucnredlist.org/>
- IUNC. (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/es>
- Jenocanto. (2023). Base de datos de vocalizaciones de aves. Xenocanto.
- Jørgensen P. y León-Yáñez S. (1999). Catalogue of Vascular Plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden. San Louis, Missouri. USA.
- Karr, J. R. (1981). Estudios de aves con redes de niebla. Estudios en biología aviar, 6, 62-67.
- Kemp, T. S. (2005). The Origin and Evolution of Mammals. Oxford University Press.
- Kessler, M. (1995). Present and potential distribution of Polylepis (Rosaceae) forests in Bolivia. *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests*, 1995, 281-294.
- Kessler, M. (2006). Bosques de Polylepis. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 1, 110-120.
- Krebs C, H. (1978). Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. New York- USA. KREBS CH. 1985. Ecología. Estudio de la Distribución y Abundancia. 2da. Edición. Ed. Harla Harper & Row Latinoamericana. México-D.F. KREBS CH. 1986. Ecología. Editorial Pirámide S.A. Madrid-Espana.
- Lambin, E. F., B. L. Turner. J. G. Helmut, S. B. Agbola. A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F. Mora, M. Mortimore, P. S. Ramkrishnan, J. Richards, A. Skänes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel and J. Xu. (2001). "The causes of land cover change: moving beyond the myths", Global Environmental Change, 11, pp. 261.269.
- Larrea G. (1982).Patrimonio Natural y Cultural Ecuatoriano, Leyes e Instrumentos Internacionales para su Defensa. Banco Central del Ecuador.
- Larsonj S. (1991). Functional Assesment of FreshwaterWetlands: a Manual And Training Outline. The Environmental Institute of the University of Massachusetts at Arnherst & WWF. 89 (6).

- Laurance, W. F., Camargo, J. L. C., Luizão, R. C. C., Laurance, S. G., Pimm, S. L., Bruna, E. M., ... & Lovejoy, T. E. (2009). The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 142(11), 2279-2287. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.021>
- Laurance, W. F., et al. (2004). Efectos de la fragmentación del hábitat en especies de aves tropicales. *Conservation Biology*.
- Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., Vasconcelos, H. L., Bruna, E. M., Didham, R. K., Stouffer, P. C., Gascon, C., Bierregaard, R. O., Laurance, S. G., & Sampaio, E. (2002). Decadencia del ecosistema de fragmentos de bosque amazónico: una investigación de 22 años. *Conservation Biology*, 16(3), 605-618.
- Laurance, W. F., Pérez-Salicrup, D., Delamônica, P., Fearnside, P. M., D'Angelo, S., Jerozolinski, A., Pohl, L., & Lovejoy, T. E. (2004). Fragmentación de la selva tropical y la estructura de las comunidades de lianas amazónicas. *Ecology*, 82(1), 105-116.
- León-Yáñez S., Valencia R., Pitman N., Endara L., Ulloa C., Navarrete H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edn. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Llambi, L. D., Soto-W., A., Céleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., Borja, P., Ruggiero, M. S., Calle, T., Almeida, M., & Borja, P. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino. Diseño: El Antebrazo. Impresión: Monsalve Moreno. ISBN 9789942115492.
- López-Vazquez, V., Balderas-Plata, M., ChávezMejía, M., Juan-Pérez, J, y Gutiérrez Cedillo, J. (2015). Cambio de Uso de Suelo e Implicaciones Socioeconómicas en un Área Mazahua del Altiplano Mexicano, *CIENCIA Ergo-Sum*, 22(2): 136-144.
- Lovette, I. J., & Fitzpatrick, J. W. (Eds.). (2016). *Handbook of Bird Biology* (3ra ed.). Wiley-Blackwell.
- Lucas-Vidal, L., Carreño-Mendoza, Á., Hurtado, E. A., Barrios-Maestre, R., & Silva-Acuña, R. (2018). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en la Microcuenca del río Carrizal, Ecuador.//Surface water treatment system for human consumption in the Microbasin of the Carrizal River, Ecuador. *Ciencia Unemi*, 11(28), 76-87.
- Luje P., Blas y Encalada, Marco A. (1997). *Medición de las características físicas del agua de pequeños cauces*. Oikos.
- Luteyn, J. L., Churchill, S. P., Griffin, D., Gradstein, S. R., Sipman, H. J., & Mauricio R. Gavilanes A. (1999). *Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature* (Vol. 278). New York: New York Botanical Garden Press.
- Lynx Nature Books. (2023). All the mammals of the world. Lynx Nature Books.
- MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador). (2012). Caracterización ecológica del bosque siempre verde montano alto.
- MAATE. (2022). Mapa interactivo. <http://ide.ambiente>.
- Mac arthur y Connellh. (1966). *The Biology of Populations*. Edt, John Wiley and Sonso NewYork.
- MacArthur, R. H. (1972). *Geographical Ecology: Patterns in the Distribution of Species*. Harper and Row.
- MacArthur, R. H. (1996). *Evolution of Ecological Communities* (con J. M. Diamond, Eds.). Harvard University Press.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing Ltd. Retrieved from <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0632056339.html>

- Malagón, D. (2003). Ensayo sobre tipología de suelos colombianos - Énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fis. Nat.* 27(104):319-341
- Marsh, C. J., Sica, Y. V., Burgin, C. J., Dorman, W. A., Anderson, R. C., del Toro Mijares, I., ... & Jetz, W. (2022). Expert range maps of global mammal distributions harmonised to three taxonomic authorities. *Journal of Biogeography*, 49(5), 979-992.
- Mejía I., Castillom, y Zúñiga L. (1995). Determinación de Áreas de Bosques Remanentes en la Región Occidental Ecuatoriana. Fundación Natura, Serie Estudios, 1
- Mena Vásconez, P., A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa & D. Ortiz (Eds.). (2011). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA. Quito.
- Mena, P. (2001). El estado de salud de los páramos en el Ecuador: una aproximación conceptual. Pp 189-216
- Mena, P., y Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Botánica Económica Los Andes Cent*, 91-109.
- Minga, D., Ansaloni R., A. Verdugo y Ulloa C. (2016). Flora del páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco-Centro Gráfico Salesiano.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2022). Enfermedades transmitidas por agua y alimentos otras intoxicaciones alimentarias. Ecuador
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2020). Guía de inventario de la fauna silvestre (Vol. 2). Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. <http://surl.li/twmnof>
- Mitchell M. y Stapp W. (1993). Field Manual for Water Quality Monitoring; An Environmental Education Program for Schools. Thomson-Shore, Inc. Michigan.
- Mittermeier, R. A., Rylands, A. B., & Schwitzer, C. (2022). IUCN SSC Primate Specialist Group: Report 2018–2021. *Report to the International Primatological Society (IPS), Quito, Ecuador*, 9.
- Molina, E. C., Garcíadiego, L. H., Ruíz, H. G., & Macías, M. D. P. C. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Journal of the Mexican chemical society*, 47(1), 88-92.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Manuales y Tesis SEA*, 1, 84. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mosquera, R., Suárez, J., & García, M. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. *VI SEREA-Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil)*, 5.
- Mota-Vargas, C., Luévano, A., Ortega-Andrade, H., Prieto-Torres, D., Peña-Peniche, A., y Rojas-Soto, O. (2019). Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico: La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex. <https://www.researchgate.net/publication/339181920>
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons.

- Muellner-Riehl, A. N., Schnitzler, J., Kissling, W. D., Mosbrugger, V., Rijdsdijk, K. F., Seijmonsbergen, A. C., ... & Favre, A. (2019). Origins of global mountain plant biodiversity: Testing the 'mountain-geobiodiversity hypothesis'. *Journal of Biogeography*, 46(12), 2826-2838.
- Muñoz, J., Camacho, C., Ovalle, A., y Castillo, A. (2019). Anfibios y Reptiles. In *La vida en un fragmento de bosque las rocas: Una muestra de la diversidad andina* (Vol. 1, pp. 236–276). <https://n9.cl/9az6w>
- Muñoz, M., y Ramos, P. (2006). Anfibios y reptiles de la reserva los Encinos. Technical Report, 1–13. <https://n9.cl/1u4sf>
- Nanzoyo M. (2002). Unique properties of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*. 6: 99-112.
- Narváez, E. M. (2001). La actividad de ecoturismo en el páramo. en: P. Mena & G. Medina (eds.), *Páramo y turismo. Serie páramo 7*, Quito, Editorial Abya Yala-GTP
- Norma INEN 2176 (2013). "Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de Muestreo_ Primera revisión.
- Novoa, Sidney, Cadenillas, Richard, & Pacheco, Víctor. (2011). Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en bosques del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes, Perú. *Mastozoología neotropical*, 18(1), 81-93.
- Núñez Castro, M. O., Tituaña Ushiña, E. J., Landa Suque, M. I., y Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Diagnóstico de la Salud del Ecosistema Páramo en el GAD de San Fernando, Ecuador: Implicaciones para su Conservación. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E3), 81–96. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE3/300>
- ODI Global Advisory. (13 de enero de 2009). Planning Tools: Stakeholder Analysis. Successful Communication: Planning Tools. Inglaterra. Obtenido de <https://odi.org/en/publications/planning-tools-stakeholder-analysis/>
- Ortega-Andrade, H., Rodes, M., Cisneros-Heredia, D., Guerra, N., López, K., Sánchez-Nivicela, J., Armijos-Ojeda, D., Andrade, J., Reyes-Puig, C., Riera, B., Székely, P., Soto, R., Székely, D., Guayasamin, J., Pesántez, F., Amador, L., Betancourt, R., Ramírez-Jaramillo, S., Timbe-Borja, B., ... Muñoz, M. (2023). Red List assessment of amphibian species of Ecuador: A multidimensional approach for their conservation. *Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador - MAATE*, 16(5 May). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0251027>
- Ortiz, T. y Peralto, M. (2016). Identificación de vacíos y prioridades de conservación en el Ecuador Continental. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Quito.
- PACT II. (2023). Estado del arte de estudios y acciones de conservación realizadas en las zonas de recarga hídrica de los proyectos de riego del PACT II. Consulting Engineers Salzgitter (CES).
- Parra, Y., Andueza, F., Aguirre, M. J., Arciniegas, S., Escobar, S., Medina, G., & Araque, J. (2019). Calidad bacteriológica del agua de los manantiales termales del balneario "Santa Ana" Cantón Baños, Tungurahua, Ecuador.
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 285–307.
- Peyre, G., Balslev, H., & Font, X. (2018). Phytoregionalisation of the Andean páramo. *PeerJ*, 6, e4786.
- Phelps W. y Meyer r. (1979). *Una Guía de las Aves de Venezuela*. Princenton University Press. Caracas. 484 pp.
- Podwojewski, P. y J. Poulenard. (2000). Los suelos de los páramos del Ecuador. in: *Los suelos de los páramos. Serie Páramo 5*. GTP/Abya Yala. Quito.
- Prins, K. (2009). *Curso Desarrollo rural territorial y creación de institucionalidad: Síntesis de los conceptos de instituciones e institucionalidad*. Tu rrialba: CATIE.

- ProAmazonía. (23 de abril de 2019). Plan de Trabajo, Metodología y Mapeo de Actores. Producto 1 de la Consultoría "Construcción de la posición país sobre producción sostenible y libre de deforestación.". Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible. Quito, Ecuador.
- Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation, *Forest ecology and management*, 177(1-3), 593-596.
- Radulovich, R. (2009). Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agronomía costarricense*.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., & DeSante, D. F. (1996). Manual de métodos de monitoreo de aves terrestres. USDA Forest Service.
- Ramón, G. (2002). Visiones, usos e intervenciones en los páramos del Ecuador. En *Páramos y Cultura. Serie Páramo 12*. GTP/ Abya Yala. Quito
- Ramsay, Paul & Oxley, E. (1997). The Growth Form Composition of Plant Communities in the Ecuadorian Páramos. *Plant Ecology*. 131. 173-192. 10.1023/A:1009796224479.
- Rapport, D.; R. Costanza; P. Epstein; C. Gaudet & R. Levins (eds.). (1998). *Ecosystem Health*. Blackwell Science. Malden (Ma)
- Reino, P. (diciembre de 2011). Apuntaciones Históricas sobre el canal de riego Ambato - Huachi - Pelileo. Tungurahua gente de acequias. Riobamba: Sistema de Riego Ambato - Huachi - Pelileo.
- Ridgely, R. S., & Greenfield, P. J. (2001). *Las aves de Ecuador: guía de campo*. Cornell University Press.
- Ridgely, R. S., & Greenfield, P. J. (2006). *Aves del Ecuador: Guía de campo*. Ediciones Abya-Yala.
- Rodolfo, E., Eben, B., Almeyda, L., & Almeyda, C. (2015). Especies indicadoras del estado de conservación de Osa y Gofito. Stanford Woods Institute for the Environment. <http://inogo.stanford.edu>.
- Rodríguez-Tarrés R. (Ed.). (1987). *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. World Wildlife Fund. Maryland. U.S.A.
- Romero, S. (2006) La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental, [En Línea], Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/148/14802905.pdf>, AquaTIC, nº 24, 20,
- Romoleroux, K., Caiza Guamba, J. C., Kessler, M., Ramsay, P. M., Boza Espinoza, T. E., Renison, D., ... & Segovia-Salcedo M. C. (2021). ¿Cómo avanzar en la conservación de los bosques de Polylepis y su diversidad biológica?. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 318-326.
- Ron, S. (2020). Regiones naturales Ecuador. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador (PUCE). <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>
- Ron, S., Guayasamin, J., y Menéndez-Guerrero, P. (2011). Biodiversity and conservation status of Ecuadorian amphibians (Vol. 2). *Amphibian biology*. <http://surl.li/zxtaww>
- Sánchez, G., y Martínez, Í. (2023). Seguimiento de poblaciones de anfibios mediante la integración de historiales de captura y herramientas moleculares. *Munibe Monographs. Nature Series*, 1–12. <https://doi.org/10.21630/mmns.2023.5.06>
- Santiana, J. Báez, S. y Guevara, J. (2013). Páginas 110-111 en: Ministerio del Ambiente del Ecuador 2012. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito
- Santiana, J., et al. (2012). *Ecosistemas de los Andes ecuatorianos*. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

- Santiana, J., Vélez, M., Moscoso, P., Carvajal, C., Cruz, A., Álvarez, S., y Zambrano, C. (2012). Evaluación ecológica rápida de la biodiversidad en el norte de los Andes ecuatorianos. Fundación Natura.
- Sarmiento, F. (2000). Abundancia relativa y distribución de aves en Ecuador.
- SCHOUTEN K. (1990). Checklist of CITES, Fauna and Flora. CITES. Resultados de: 1988 Official Convention on International Trade in Endangered Species (CITES). U.S.A.
- Secretaría del Agua (SENAGUA). (2003). Estatuto del Directorio de Aguas de la Acequia Mocha-Huachi. P Parroquia Montalvo, Cantones Ambato, Mocha y Cevallos, Tungurahua-Ecuador.
- Secretaría del Agua (SENAGUA). (2016). Estatuto de la Junta de Leito. Parroquia La Matriz, Cantón Patate, Tungurahua-Ecuador.
- Secretaría del Agua (SENAGUA). (2017). Estatuto de la Junta de Riego Mocha – Huachi– Pelileo (AHP). Informe técnico SDHP-CACAM-IFE-2017-R-068.
- Secretaría del Agua (SENAGUA). (s/f). Estatuto de la Junta General de Usuarios del Directorio de Aguas de la Acequia Central Toallo Comunidades. Parroquia Santa Rosa, Cantón Ambato, Tungurahua-Ecuador.
- Sheng, T. C., (1992). *Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas*. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Roma. FAO. 185 pp.
- Shepherd, T. G., Stagnari, F., Pisante, M. and Benites, J. (2008). Visual Soil Assessment. Field guide for olive orchards. FAO, Rome, Italy
- Siavichay, F., Padilla, D., Oyagate, L., Webster, J., Pérez, M., Córdova, G., Martínez, C., Arbeláez, E., & Armijos, D. (2020). Experiencias en monitoreo biológico de anfibios. Ministerio del ambiente y agua Ecuador y Centro de conservación de anfibios ecuatorianos. <https://www.amphibianark.org/wp-content/uploads/2021/11/Libro-de-monitoreo-biologico-PARG.pdf>
- Sinclair, A. R. M. (2003). The role of mammals as ecosystem landscapers. *Alces*, 3, 161–176.
- Smith, J.M. B. y A.M. Cleef. (1988). Composition and origins of the world's tropic alpine floras. *J. Biogeogr.* 15: 631-645.
- Sobrevilla, C., Bath, P., & Cristofani, M. (1992). Manual de evaluación ecológica rápida. The Nature Conservancy.
- Sobrevilla y Bath. (1992).Evaluaciones Ecológicas Rápidas. Manual para Usuarios de América Latina y El Caribe. Arlington- USA.
- Solari, S. (2002). Mitochondrial DNA sequence, Karyotypic, and morphological variation in bats species complex. Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University.
- Stotz, D. F., Fitzpatrick, J. W., Parker III, T. A., & Moskovits, D. K. (1996). Neotropical birds: Ecology and conservation. University of Chicago Press.
- Suárez, C. (2017). Estudio sobre el estado de conservación de los páramos de Tungurahua. Page 22. Reporte de resultados, CONDESAN, Quito
- Suárez, E., Encalada, A., Chimbolema, S., Jaramillo, R., Duchicela, S., Segovia-Salcedo, C., Caiza, J., Pazmiño, G., Guamán, M., Riveros-Iregui, D. y Hofstede, R. (2023). Ecología de los páramos del Ecuador: un paisaje altoandino integrado por múltiples ecosistemas. En Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro (pp. 154-187). Andrea Naranjo.
- Tamburini D. and D.M Cáceres. (2017). Estrategias de Uso de la Fauna Silvestre por las Comunidades Campesinas de Argentina Central. *Etnobiología*, 15(3), 5-23

- Téllez, E., Díaz, A., y Díaz, N. (2020). Caracterización de la biodiversidad de los anfibios en agroecosistemas productivos de montaña. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 1. <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/260/548>
- Terborgh L. (1992). *Diversity and The Rainforest*. Scientific American Lybrary. New York.
- Thiollay, J. M. (1999). Effects of hunting on Guianan forest bird communities. *Conservation Biology*, 13(3), 708-721. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98128.x>
- Thiollay, J. M. (1999). Respuestas de una comunidad aviar a la degradación de la selva tropical. *Conservation Biology*, 13(3), 594-604.
- Tirira, D. (1998). *Técnicas de campo para el estudio de mamíferos silvestres*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Tirira, D. G. (2017). *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. 2a edición. Asociación Ecuatoriana.
- Tirira, D. G. (ed.). (2021). Lista Roja de los mamíferos del Ecuador, en: Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador (3a edición). Asociación Ecuatoriana de Mastozoología, Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Publicación Especial sobre los mamíferos del Ecuador 13, Quito.
- Tirira, D., y Cevallos, D. (2024). Levantamiento y diagnóstico biótico de la Reserva de Biodiversidad hemisferios, Napo, Ecuador (Vol. 2). Universidad Hemisferios. <https://www.uhemisferios.edu.ec/wp-content/uploads/2024/05/documento-diagnostico-biotico-HBR.pdf>
- Tirira, Diego & Brito M., Jorge & Burneo, Santiago & Pinto, C. & Salas, Jaime & AEM, Comisión. (2024). Mamíferos del Ecuador: lista oficial actualizada de especies/Mammals of Ecuador: official updated species checklist. Version 2024.1. de Mastozoología y Editorial Murciélago Blanco. Publicación Especial sobre los mamíferos del Ecuador 11, Quito.
- TULSMA. (2015). Reformar El Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente. <https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf>
- UICN. (1990). *UICN Red list of Threatened animals*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. WCMC. Cambridge.
- UICN. (1994). *Categorías de las Listas Rojas de la UICN*. Preparadas por la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Suiza.
- UICN. (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- UICN. (2024). *Lista roja de aves del Ecuador*. Lista Roja de la UICN.
- Ulloa, C. U., & Chanco, M. (2004). Las especies de *Nototriche* (Malvaceae) de Ecuador. *Sida, Contributions to Botany*, 693-703.
- Uribe, H. (2014). De ecosistema a socioecosistema diseñado como territorio del capital agroindustrial y del Estado-nación moderno en el valle geográfico del río Cauca, Colombia. (U. A. Occidente, Recopilador) Santiago de Cali, Colombia: *Revista Colombiana de Sociología*.
- USGS, United States Geological Survey. (2018). *EarthExplorer*, [En línea], Disponible en: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

- Valencia, R., Viteri, J., & Dodson, C. H. (1999). Ecosistemas del Ecuador: Patrones de biodiversidad y distribución de especies. Editorial ABYA-YALA, Quito, Ecuador
- Vega, L. (2020). Gobernanza hídrica en la ciudad de Ambato, respuestas en torno a la demanda de agua. [Tesina para obtener el título de especialización en Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades]. FLACSO Ecuador
- Vichicela, A. (2019). Caracterización ornitológica, en estribaciones de la cordillera occidental de los andes en los bosques montano, Montano Bajo y Piemontano, sector la Esperanza y recinto los Laureles, parroquia el Tingo, Cotopaxi 2019 [Tesis de pregrado] [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://surl.li/mzzqzz>
- Wheatons. (1993). Acuacultura, Diseño y Construcción de Sistemas. Edt. AGT. S.A. México D.F.- México.
- Whiles, M., Labios, K., Pringle, C., Kilham, S., Bixby, R., Brenes, R., Connelly, S., Colón-Gaud, J., Cazador-Marrón, M., Huryn, A., Montgomery, C., & Peterson, E. (2024). Los efectos de la disminución de las poblaciones de anfibios en la estructura y función de los ecosistemas fluviales neotropicales. *Frontiers in Ecology and the Environmental*, 42024. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0027:TEOAPD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0027:TEOAPD]2.0.CO;2)
- Whittaker R. (1965). Dominance and diversity in land plant communities. *Science*. 147: 250-260
- Wilson, D. E., y Reeder, D. D. (1993). *Mammal Species of the World, a Taxonomic and Geographic Reference* (2nd.). Smithsonian Institution Press.
- Wilson, M. G., Quintero, C. E., Boschetti, N. G., Benavidez, R. A., y Mancuso, W. A. (2000). Evaluación de atributos del suelo para su utilización como indicadores de calidad y sostenibilidad en Entre Ríos. *Revista Facultad de Agronomía*, 20(1), 23-30.
- Yáñez-Muñoz, M., Batallas, D., Franco-Mena, D., Meza-Ramos, Oyagata, L., Padilla, D., Paucar, C., Reyes-Puig, J., Rodríguez, M., Urgilés-Merchán, M., & Vega-Yáñez. (2020). Anfibios en los ecosistemas Andino-Tropicales de Carchi (Vol. 14). Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Carcho e Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO-GADPC). <http://surl.li/paufgp>