

SERIE DE INVESTIGACIÓN

1

Restauración Ecológica
de los Páramos de
JATUNHUAYCU:

Degradación, Sistemas de Referencia y
Estrategias de Restauración



Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu



Fondo para la Protección del Agua-FONAG/ 2014
SERIE DE INVESTIGACION 1

Restauración ecológica de los páramos de Jatunhuaycu:
degradación, sistemas de referencia y estrategias de restauración

Investigación y Redacción
Nikolay Aguirre
Jonathan Torres

Revisión de textos
Gustavo Galindo y Sergio Torres / FONAG

Edición
Nancy Puente / FONAG

Diseño
QBO

Impresión
Marzo 2014
Publiasesores

ISBN 978-9942-9983-2-3

Se autoriza la reproducción total o parcial, siempre que se cita la fuente de la siguiente manera:
Aguirre N. y Torres J. 2014. Restauración ecológica de los páramos de Jatunhuaycu:
degradación, sistemas de referencia y estrategias de restauración. Fondo para la Protección del
Agua -FONAG. Quito, Ecuador

Todos los derechos reservados.

Fondo para la Protección del Agua-FONAG
Isla Santa Fe N43-106 entre Río Coca y Tomás de Berlanga, sector Jipijapa
Teléfonos ++593.02.2430233 / 2275634
www.fonag.org.ec

Contenido

Presentación	7
1. Descripción de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	9
Características físicas de los páramos andinos	10
Características biofísicas de los páramos de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	15
2. Caracterización del escenario de degradación	17
Barreras que detienen la restauración	18
Escenario histórico de degradación de los páramos	21
Período Preincaico o aborigen	21
Período Incaico (1460-1523)	22
Período Colonial y de las haciendas	24
Período Moderno (a partir de 1946)	27
Degradación del Páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	29
Selección de zonas degradadas con potencial de restauración en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	32
Metodología utilizada para la zonificación de áreas potenciales a restaurar	32
Tipos de zonas de degradación en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	33
Caracterización florística de las zonas identificadas	36
Patrones de degradación en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	40
3. Caracterización del ecosistema de referencia	43
Proceso metodológico para caracterizar ecosistemas de referencia	44
Revisión y análisis de información secundaria	44
Caracterización en campo	44
Descripción de los ecosistemas de referencia	48
Tipología de los ecosistemas de referencia	48
Composición florística de los ecosistemas de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	50

4. Anexos	67
Anexo 1. Bases conceptuales de la restauración ecológica	68
Alcance conceptual de la restauración ecológica	72
Anexo 2. Especies nativas potenciales para restaurar el páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	75
Anexo 3: Lineamientos generales para el monitoreo de las estrategias para la restauración ecológica del páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu	79



Presentación

La importancia de los ecosistemas de páramos radica en su alta capacidad de almacenar y regular el agua que reciben de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve y el hielo que pueden encontrarse más arriba; esta propiedad se debe principalmente a la gran acumulación de materia orgánica y a la morfología de ciertas plantas de páramo (Mena et al. 2000, Ministerio de Ambiente de Colombia 2001, Llambí et al. 2012). Además esos ecosistemas presentan un alto grado de endemismo lo que lleva a estimarlos como más diversos que los ecosistemas de la selva húmeda tropical; esta diversidad y endemismo se observan en todos los niveles de la escala trófica (Hofstede et al. 2003, Beltrán 2009, Llambí et al. 2012). Así mismo, constituye uno de los pocos ecosistemas interconectados de norte al sur del Ecuador, lo cual los convierte en un corredor que facilita el intercambio de especies y genes (Aguirre 2012).

Sin embargo, también son considerados como uno de los ecosistemas más sensibles a cambios (Cuesta et al 2012); así por ejemplo, las especies de las montañas son más sensibles a cambios en sus patrones de distribución y alteraciones en la estructura de sus comunidades. Ello se debe a que tienen menos espacio geográfico por donde desplazarse. Al respecto, en los estudios relacionados con la complejidad y gravedad de esos escenarios de impactos e interacciones a escala local son todavía incipientes (Aguirre et al. 2010, Eguiguren et al. 2010). Estos cambios pueden traducirse no solo en la pérdida de especies de la biodiversidad sino también en la reducción de su capacidad de almacenar y retener el agua (Hofstede et al. 2003, Buytaert et al. 2011).

Pese a la importancia que tienen los páramos andinos en la provisión de servicios ecosistémicos principalmente vinculados al agua, su dinámica actual, especialmente en Ecuador, Perú y Colombia, se da bajo influencia humana; es por ello que la vegetación es un mosaico de estados que suceden unos a continuación de otros con diferentes regímenes de disturbio (Insuasty et al. 2011, Llambí et al. 2012). Además, existen serias amenazas para la conservación de ese ecosistema, entre las cuales se destacan el pastoreo extensivo e intensivo, la agricultura, el establecimiento de plantaciones forestales con especies exóticas, los incendios de vegetación y la minería (Insuasty et al. 2011, Vargas y Velasco 2011, Toro et al. 2012); actividades que afectan severamente la composición y estructura vegetal, las propiedades del suelo y favorecen al establecimiento de pastos exóticos y hierbas rasantes altamente competitivas.

Bajo esos escenarios de cambios asociados tanto al uso de estos ecosistemas como a cambios climáticos globales, se requiere iniciar verdaderos procesos de restauración de la funcionalidad



sobre todo hidrológica de estas zonas de importancia nacional. Por ello, el Fondo para la Protección del Agua-FONAG, emprendió un proceso a largo plazo de cofinanciamiento de acciones orientadas al manejo de las cuencas hídricas proveedoras de agua para el Distrito Metropolitano de Quito, a través de la ejecución de un conjunto de programas interdisciplinarios. Uno de ellos es el Programa de Recuperación de la Cubierta Vegetal, el que interviene a través de varios proyectos de restauración y plantaciones forestales con fines de conservación del recurso hídrico con especies nativas en diversos sitios, localizados en las cuencas hídricas del río Guayllabamba y en los flancos interiores de las cuencas de la cordillera oriental.

Bajo este contexto, el FONAG seleccionó la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu (UHJ) localizada dentro de la Zona de Conservación Antisana, para desarrollar una propuesta piloto de intervención a largo plazo con la finalidad de establecer un espacio en donde se diseñe, implemente y monitoree estrategias de restauración ecológica en esos ecosistemas. La selección de esta zona piloto radica en su importancia hídrica para la ciudad de Quito, en vista que sus aguas son captadas hacia el embalse de la laguna de La Mica que forma parte del sistema de agua potable La Mica - Quito Sur. La zona piloto se caracteriza porque fue un espacio de pastoreo intensivo por más de dos siglos, lo cual se traduce en la presencia de áreas con elevados niveles de degradación, en donde se evidencia la pérdida de cobertura vegetal, erosión y compactación del suelo y alteración de la funcionalidad hídrica de esa zona.

La propuesta estudia los escenarios para conocer a fondo los procesos que llevaron a su degradación, lo mismo que se complementará con el diseño de técnicas para su restauración. Los aprendizajes se recogen en esta publicación que compila las bases conceptuales y prácticas para emprender un proceso, a largo plazo, de recuperación de la funcionalidad de los ecosistemas de páramo en el Ecuador.

El FONAG procura -a través de este estudio- proporcionar un instrumento técnico a fin de tomar decisiones informadas que aporten al mantenimiento en el largo plazo de las funciones principalmente hidrológicas del ecosistema páramo. El libro contiene cuatro capítulos, en el primero se hace una descripción biofísica general de la zona piloto de estudio; en el segundo se presenta la caracterización del nivel de degradación de los páramos de Jatunhuaycu; en el tercero se comparte una caracterización de ecosistemas de referencia. Estos dos elementos constituyen elementos básicos para diseñar un programa de restauración ecológica de la zona; y en el cuarto capítulo, se propone una serie de estrategias de restauración ecológica sustentadas conceptual y técnicamente, para superar el umbral de degradación en el que se encuentra el páramo de la zona de estudio.





Descripción de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu



Características físicas de los páramos andinos

Los páramos en general cumplen con importantes funciones naturales, culturales y económicas. Además, prestan múltiples servicios ecosistémicos relacionados con su capacidad de interceptar, almacenar y regular los flujos hídricos superficiales y subterráneos, lo cual le da un valor estratégico a este ecosistema (MAC 2001, Vargas et al. 2010). Además, Llambí et al. (2012) considera que el páramo posee características únicas que también permiten el desarrollo de muchas comunidades rurales y son hábitat de una gran diversidad plantas y de animales.

Este ecosistema forma parte de la identidad andina, ya que alberga un cúmulo de cultura ancestral al haber formado parte de las rutas de comunicación de la cultura Inca, guardando restos arqueológicos importantes (Eguiguren y Ojeda 2009). Desde el punto de vista económico, el agua del páramo es la base de la producción, de la electricidad y la salud. Actividades como el turismo y la recreación también le confieren una importancia económica directa. En la Figura 1 se presenta en forma resumida, un esquema de las principales razones que justifican la importancia del páramo andino.

La característica fundamental de los páramos es almacenar y regular el agua que reciben de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve y el hielo que pueden encontrarse más arriba. Esta propiedad hidrológica se debe principalmente a la gran acumulación de materia orgánica y a la morfología de ciertas plantas de páramo (Mena et al. 2000, Zegarra 2006, De Bièvre et al. 2006). Principales parámetros físicos que caracterizan al páramo:

- **Clima**

La temperatura es uno de los principales factores que caracteriza a los ecosistemas de páramos; con

Los páramos cumplen importantes funciones naturales, culturales y económicas.



Fuente: Llambí et al. (2012)

Figura 1. Razones de la importancia del páramo

temperaturas diarias muy variables, con una amplitud térmica que va desde frío congelante durante la noche y calor de más de 25 °C durante el día. Presentan una temperatura media anual entre 2 °C y 10 °C (Hofstede et al. 2003, Llambí et al. 2012). Con estas temperaturas presentes en los páramos, la actividad biológica se reduce y como consecuencia de ello hace que la mineralización de la materia orgánica sea baja y permite su acumulación en grandes cantidades (Mena *et al.* 2000, De Bièvre et al. 2006). Los páramos de Ecuador, junto con los de Colombia, están influenciados por la convergencia intertropical de las masas de aire, por tal razón, son húmedos durante muchos meses del año. Contrario a ello, los páramos del norte de los Andes de Venezuela, Colombia y Costa Rica poseen una estación seca muy marcada, debido a la influencia de los vientos alisios provenientes del norte (Llambí et al. 2012).

• Geomorfología

La forma del paisaje es un aspecto que determina la distribución espacial de seres vivos. Procesos geológicos como las erupciones, glaciaciones, deslaves naturales, etc., determinan la forma del paisaje montañoso con pendientes fuertes y suaves, planicies con pantanos, cañones de ríos, peñas, etc. Una característica directamente relacionada con el drenaje pero que también por sí misma tiene efecto sobre la distribución de los seres vivos en el páramo es la pendiente; solo algunos tipos de plantas son capaces de permanecer en pendientes muy escarpadas, con consecuencias sorprendentes (Mena et al. 2001).

• Suelos

Los suelos de la mayoría de los páramos del Ecuador se hallan sobre depósitos volcánicos, aunque hacia el sur del país existen páramos que descansan sobre depósitos no volcánicos a altitudes sobre los 3 000 m s.n.m. (Mena et al. 2000); que presentan características químicas como la asociación entre aluminio activo y materia orgánica; entre las más importantes características físicas y químicas inherentes a esta asociación

están: bajan densidad aparente, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación irreversible, alta estabilidad estructural, alta fijación de fósforo, alta capacidad reguladora y alto pH (Mena et al. 2000, Hofstede et al. 2003). La alta humedad y el clima frío de los páramos fomentan una descomposición de materia orgánica muy lenta y permite que se acumule una gruesa capa de suelo orgánico. El suelo es retenido por una intrincada red de raíces y rizomas que hacen parte de la cubierta vegetal continua de los páramos en buen estado (Mena et al. 2000, De Bièvre et al. 2006).

La característica fundamental de los páramos es almacenar y regular el agua que reciben de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve y el hielo que pueden encontrarse más arriba.



• Biodiversidad

Comparada con otros ecosistemas tropicales, la riqueza de especies en los páramos es menor. En cuanto a flora, lo que sin duda es lo más estudiado, existe alrededor de 5000 especies determinadas para los páramos andinos, que representan entre el 10 y 20 % del total de la riqueza florística de los Andes. Pero, si compáramos esta riqueza con otro tipo de ecosistemas de alta montaña tropical (páramos de África y Asia) o de zonas templadas, el páramo andino es extremadamente rico en especies vegetales (Hofstede et al. 2003).

Sólo en los páramos de Sudamérica hay 4 000 especies de plantas vasculares, de las cuales el 60% son endémicas. Los géneros con más especies son *Espeletia* (126), *Pentacalia* (111), *Diplos-
tephium* (73), *Senecio* (67), *Calceolaria* (65), *Valeriana* (58), *Lupinus* (56), *Hypericum* (56), *Miconia* (54) y *Gentianella* (51). Sólo en Ecuador se registran un total de 1 524 (38 %) especies con 0,8 especies/km² (Llambí et al. 2012).

La fauna del páramo casi no es estudiada, quizás por la dificultad de acceder a muchas áreas o por la gran movilidad de los animales. En este sentido se estima que la mayoría de las especies de fauna, especialmente de mamíferos y aves, utilizan el páramo como un corredor o zona de transición para realizar sus actividades en otras zonas de vida. Los mamíferos del páramo incluyen 70 especies, dentro de las cuales tenemos el oso de anteojos *Tremarctos ornatus*, el tapir lanudo *Tapirus pinchaque*, el venado de páramo *Mazama rufina*, el conejo de páramo *Sylvilagus brasiliensis*, entre otros. Las aves registradas son cerca de 70 especies. De igual manera la diversidad faunística del páramo es evidente en herpetofauna e invertebrados (Llambí et al. 2012).

• Páramos andinos del Ecuador

Dentro del contexto ecuatoriano, se considera a los páramos como el área en el Ecuador que está sobre la cota 3500 m s.n.m. en los páramos ubicados en el norte del paralelo tres de latitud sur, y sobre los 3000 m s.n.m. al sur de dicho paralelo. En términos biológicos, los páramos constituyen una parte importante de la extraordinaria diversidad ecológica de un país relativamente pequeño como Ecuador, pero con una variedad ambiental y biológica mayor a la de países con extensiones superiores. Esta diversidad ecológica, debido fundamentalmente a la posición tropical, a la presencia de las cordilleras andinas y el paso de corrientes frías y cálidas cerca de sus costas, llama la atención y se la estudia desde hace siglos (Hofstede et al. 2003).

El proceso de recuperación del páramo toma bastante tiempo y la quema repetida y pastoreo causan daños permanentes a largo plazo, convirtiéndolos en ecosistemas más vulnerables que las selvas tropicales, ya que los páramos pueden ser adaptados fácilmente para el cultivo y la ganadería con solo la quema de los predios (Morales y Estévez 2006, Eguiguren y Ojeda 2009).

Los páramos se encuentran constantemente amenazados por actividades humanas llevadas a cabo sin previa planificación. La expansión de actividades agrícolas, el incremento de la actividad ganadera, los proyectos de forestación extensiva con especies exóticas, el calentamiento global y un incremento de la demanda de agua, son las principales causas de un impacto en los páramos que afectan sus capacidades de captación de agua y recreación y con estos la calidad de vida de la gente que depende directa o indirectamente de este ecosistema (Hofstede et al. 2003).



• Tipos de páramos en Ecuador

Según Mena et al. (2001), en el Ecuador, los páramos del norte y del sur son muy diferentes. También hay páramos más secos y otros más húmedos. Estos se encuentran distribuidos a lo largo de la Cordillera de los Andes, tanto en el ramal occidental como oriental (Figura 2).

Esta variabilidad viene dada por factores naturales y antropogénicos de diversa naturaleza (Mena et al. 2001). Según Valencia et al. (2006), en el Ecuador existen seis tipos de páramo incluidos en las subregiones norte-centro y sur de la Región Sierra: páramo herbáceo, páramo de frailejones, páramo seco, páramo de almohadillas, páramo arbustivo, gelidofita y herbazal lacustre montano. Esta propuesta se complementó por Mena et al. (2001), dando un total de diez tipos de páramos, los cuales se describen en el Cuadro 1.

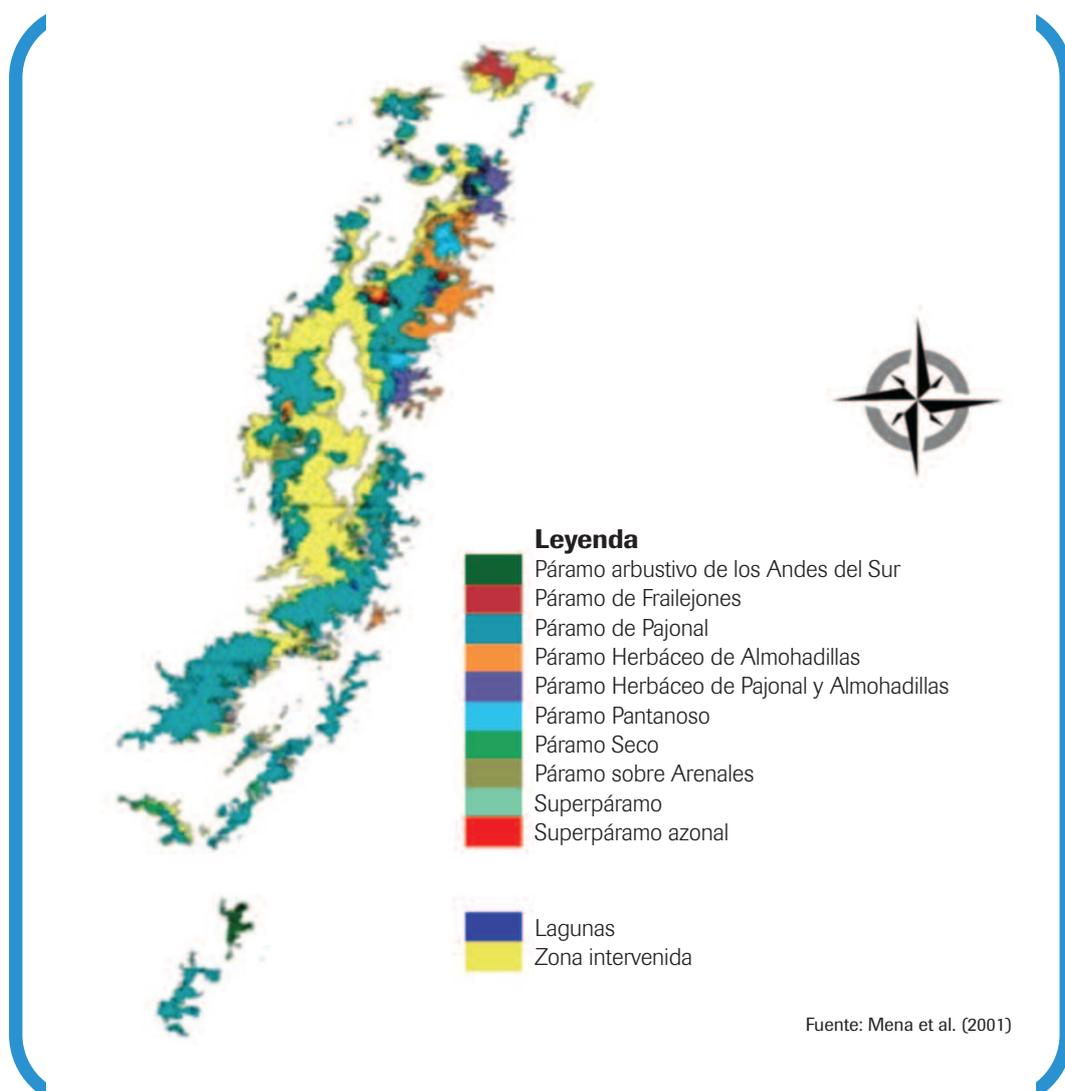


Figura 2. Distribución de los tipos de páramo del Ecuador

Cuadro 1. Tipos de páramos del Ecuador

Tipo	Distribución	Especies características
Páramo de pajonal	Es el más extenso y cubre cerca del 70 % de la superficie total del ecosistema en el Ecuador.	<i>Calamagrostis</i> , <i>Festuca</i> y <i>Stipa</i> , matizadas por manchas boscosas con <i>Polylepis</i> , <i>Buddleja</i> , <i>Oreopanax</i> y <i>Miconia</i> , arbustos de géneros como <i>Valeriana</i> , <i>Chuquiragua</i> , <i>Arcytophyllum</i> , <i>Pernettya</i> y <i>Brachyotum</i> .
Páramo de frailejones	Páramos norteños del Carchi y Sucumbíos, con una mancha pequeña en los Llanganates.	<i>Espeletia pycnophylla</i> es muy notable aunque la forma de vida dominante es el pajonal.
Páramo herbáceo de almohadillas	Sector de las antenas, cerca del páramo de la Virgen en la Reserva Ecológica Cayambe Coca.	Azorella, <i>Werneria</i> y <i>Plantago</i> .
Páramo herbáceo de pajonal y almohadillas	Es una combinación de los dos anteriores en el cual no se encuentra un dominio claro de una u otra forma de vida. Un análisis fitosociológico más detallado permitirá asegurar la existencia de este tipo de páramo o su inclusión en otro páramo de clima intermedio.	
Páramo pantanoso	Son comunes en la Cordillera Oriental en las partes más húmedas, especialmente en Cayambe, Antisana, Llangantes y Sangay.	<i>Isoetes</i> , <i>Lilaeopsis</i> , <i>Cortaderia</i> , <i>Chusques</i> , <i>Neurolepis</i> ; varios géneros formados por almohadillas, <i>Oreobolus</i> y musgo turbero <i>Sphagnum magellanicum</i> .
Páramo seco	Se encuentran en el sur de Azuay y norte de Loja.	<i>Stipia</i> y otras hierbas resistentes a la desecación como <i>Orthrosanthus</i> y <i>Buddleja</i> .
Páramo sobre arenales	Se desarrollan sobre un suelo arenoso, como los arenales del Chimborazo. En estos sitios, la humedad es mayor y la escasez de cobertura vegetal se puede deber más bien a erosión climática y antropogénica.	
Páramo arbustivo del sur	Se encuentra en la provincia de Loja.	Vegetación arbustiva y herbácea dominada por <i>Puya</i> , <i>Miconia</i> , <i>Neurolepis</i> , <i>Oreocallis</i> , <i>Weinmannia</i> y <i>Blechnum</i> . Hay muchos elementos de bosque andino y menos de páramo.
Superpáramo	Situado a los 4 200 m s.n.m.	<i>Draba</i> , <i>Culcitium</i> , <i>Chuquiraga</i> , <i>Cortaderia</i> , <i>Baccharis</i> y <i>Gentiana</i> .
Superpáramoazonal	Los lares del Cotopaxi y del Antisana son ejemplos notables de este tipo de páramo.	Existen especies como las del superpáramo y líquenes foliosos.

Fuente: Eguiguren y Ojeda (2009)

Características biofísicas de los páramos de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

La Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu* tiene una superficie de 1 476 hectáreas y se localiza dentro del ecosistema de páramo de la Zona de Conservación Antisana, en la zona de amortiguamiento de la Reserva Ecológica Antisana, en las siguientes coordenadas: 77° 45' a 78° 23' de longitud oeste; y, 00° 17' a 00° 49' de latitud sur (Figura 3).

El clima que predomina en el área de estudio es el tipo húmedo y muy húmedo, caracterizado por una alta humedad relativa con variaciones apreciables en el transcurso del día y una variación poco

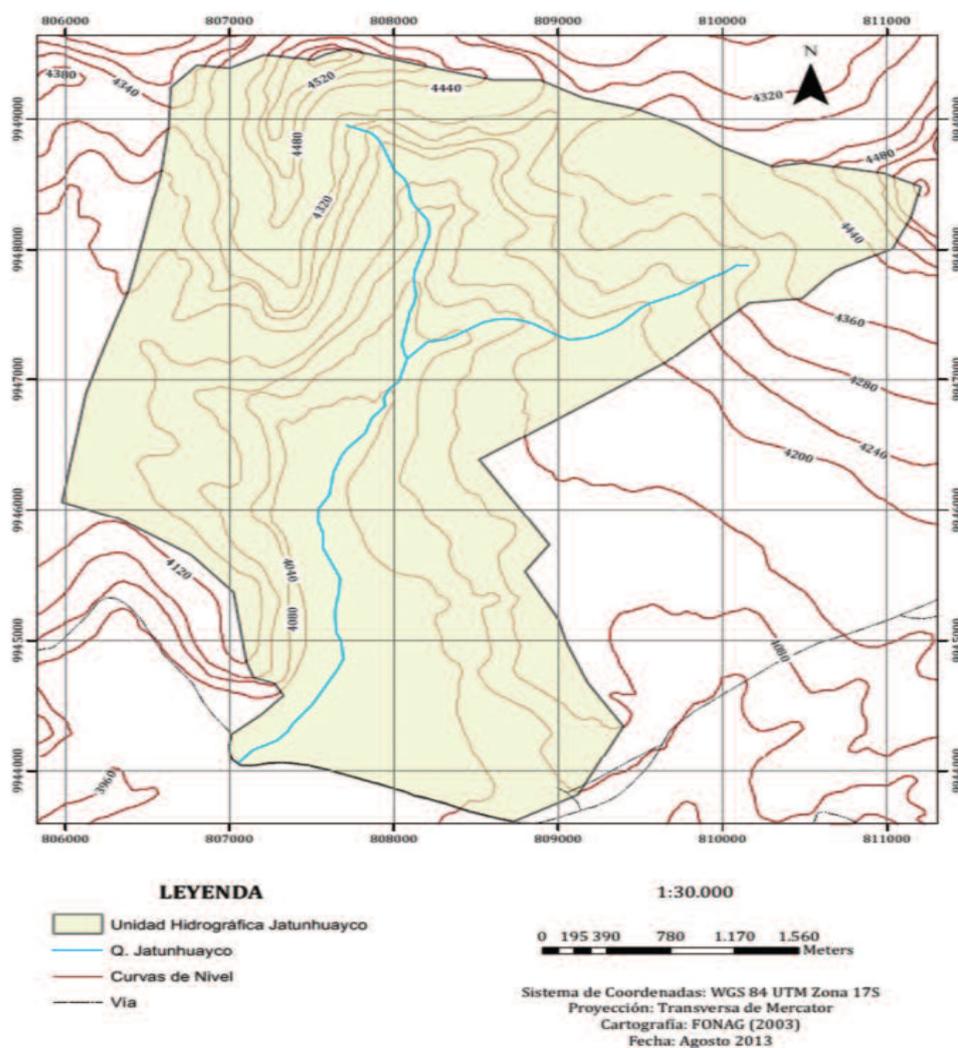


Figura 3. Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

* La Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu, en adelante se llamará también microcuenca Jatunhuaycu.

significativa de la humedad relativa media mensual a lo largo del año. La temperatura media fluctúa alrededor de los 8°C; en pocas ocasiones sobrepasan los 20°C y las mínimas alcanzan generalmente valores de 0°C. Los totales de lluvia anual son irregulares, oscilan alrededor de los 1.600 mm., las precipitaciones son generalmente de larga duración con débiles intensidades y la humedad relativa es casi siempre superior a 90 % (FA 2005).

La expresión topográfica y la diversidad de sustratos rocosos en el área de estudio se relacionan con la edificación de la Cordillera de Los Andes y, específicamente, con los procesos endógenos y exógenos desarrollados sobre la Cordillera Oriental asociados al vulcanismo, los glaciares generados durante el Pleistoceno y Holoceno y las condiciones climáticas del sitio. Por lo tanto, la expresión topográfica y las formas de relieve, obedecen a las diferentes condiciones morfoclimáticas (FA 2005).

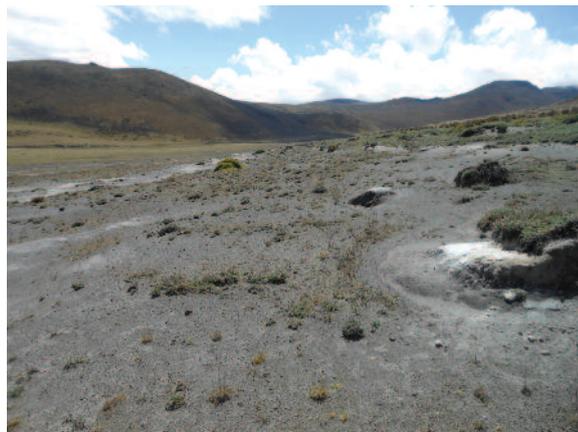
La quebrada Jatunhuayco es uno de los aportes hídricos de la laguna la Micacocha, la cual, junto con la laguna Papallacata abastecen de agua a una gran parte de la ciudad de Quito (ECOLAP y MAE 2007). Las lagunas de la ZCA son captadas hacia el embalse de la laguna de La Mica, el cual forma parte del sistema de agua potable La Mica-Quito Sur.

Por su parte, el uso histórico del suelo de la UHJ se produjo desde el Período Inca. El uso fuerte del páramo de esta microcuenca empezó en 1913 (Período Colonial), cuando indígenas que trabajaban para hacendados ocuparon el sitio de estudio para la crianza de ganado vacuno y ovejas. El pastoreo intensivo fue acompañado por quemas del pajonal, principalmente en el valle de la microcuenca. Estas formas de producción continuaron hasta la primera Reforma Agraria, ya que en la segunda, el ganado fue expropiado y los descendientes de los primeros ocupantes migraron a las ciudades para dedicarse a otras actividades. Desde hace aproximadamente 40 años el pastoreo intensivo cesó y de forma más estricta con la declaración de la Reserva Ecológica Antisana en 1993.

El resultado del uso del suelo intensivo y extensivo de la UHJ fue la compactación, pérdida de la vegetación y erosión del suelo. Este nivel de degradación es mayor en el valle, donde se puede observar una franja de suelo compactado y erosionado que ha permanecido así por más de 100 años (Figura 4).

Esta franja cubre aproximadamente 9 ha. Según Vargas (2007), dentro de una dimensión espacial este tipo de disturbio es pequeño, ya que representa aproximadamente el 0.7 % de la superficie total de la microcuenca. Pero, si se considera su magnitud y el tiempo que permanece en este estado, es un disturbio grande y continuo, ya que tuvo la influencia del pastoreo intensivo.

Figura 4. Franja de suelo erosionado de la UHJ



⋮

2

Caracterización del escenario de degradación



Barreras que detienen la restauración

La dinámica actual de los páramos andinos del Ecuador se da bajo influencia humana. La vegetación de este ecosistema es un mosaico de estados de sucesión con diferentes regímenes de disturbio, los cuales depende del contexto -principalmente, social- económico y político en el que se desarrollen.

En términos generales, existen algunas barreras naturales y antrópicas que detienen los procesos naturales de restauración de los páramos (Cuadro 2). Estos factores naturales y antrópicos que degradan los páramos, son una condición que sigue un patrón común para estos ecosistemas en la región.

Cuadro 2. Disturbios naturales y antrópicos que provocan la degradación del páramo

Clase de disturbio	Tipo de disturbio	Descripción
Natural	Glaciaciones	Ocurrieron hace miles de años. Los hielos cubrieron los páramos desde los 3 000 m s.n.m. hacia arriba.
	Volcanes	Muchos volcanes estuvieron activos hace miles de años y alteraron los páramos. Actualmente en Ecuador y Colombia están activos algunos volcanes.
	Fuegos	A pesar de que la ocurrencia de los fuegos naturales en los páramos es reducida, cuando se da los casos afectan de forma considerable a estos ecosistemas.
	Heladas	Las heladas ocurren en los páramos en las épocas secas. Cuando son muy fuertes, producen la muerte de plantas y animales.
	Lluvias y vientos	Si estos son fuertes, producen deslizamientos y erosión.
	Animales	Los disturbios por animales son pequeños. Estos se dan cuando escarban o se alimentan de plantas.
Antrópico	Ganadería	Las vacas, caballos, ovejas y cabras no existían en los páramos, fueron introducidos por los españoles, causando sobre todo la reducción de la vegetación por la compactación del suelo.
	Agricultura	Para cultivar en el páramo es necesario destruir la vegetación y alterar el suelo. Así por ejemplo, en el cultivo de papa se emplean sustancias químicas que causan contaminación del suelo y el agua.
	Quemas	Las quemas son utilizadas para remover la vegetación seca que no come el ganado y producir rebrotes tiernos que sí puede consumir.
	Minería	Esta actividad es una de las más destructivas, ya que se elimina la vegetación, contamina el suelo y el agua.
	Plantaciones forestales (con pino principalmente)	Las plantaciones de pino alteran drásticamente al páramo, ya que desplazan las plantas del páramo, los animales que dependen de ellas y altera el suelo.

Fuente: Eguiguren y Ojeda (2009)

En términos generales, existen algunas barreras naturales y antrópicas que detienen los procesos naturales de restauración de los páramos.

De estos factores, las heladas, lluvias y vientos, ganadería y quemadas, son las barreras que condicionan la sucesión natural del páramo de la zona de estudio. En la actualidad predomina aún la ganadería, no siendo propia del sitio, sino de terrenos adyacentes a la zona.

Por otro lado, las barreras que impiden la restauración ecológica son todos los factores que limitan o desvían la sucesión natural de las áreas alteradas por disturbios naturales y/o antrópicos (Vargas 2007, Vargas 2011, Aguirre 2013). Estas se pueden clasificar en dos tipos: **barreras de tipo ecológico**,

relacionadas con factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, los cuales influyen en los mecanismos de regeneración y colonización de las especies; y **barreras socioeconómicas**, que se relaciona con los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural, principalmente los tipos de uso de la tierra.

Bajo estas consideraciones, dentro de la microcuenca Jatunhuaycu, se identificaron los dos tipos de barreras. Por un lado la barrera socioeconómica que predomina, aunque en menor intensidad, es la actividad de pastoreo de ganado vacuno. Por otro lado las barreras ecológicas son los que tienen mayor influencia en la restauración de los páramos microcuenca. Al respecto Vargas (2011) menciona que los tensionantes ecológicos para ecosistemas están relacionados con siguientes aspectos:

- Tensionantes para la dispersión de las plantas, los cuales son causados generalmente por la fragmentación y pérdida de hábitats y la extensión de matrices de áreas diferentes al ecosistema natural. Estos tensionantes hacen referencia al destino de los propágulos o semillas.
- Tensionantes para el establecimiento de las plantas, se relacionan con la germinación de las semillas y el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas, los cuales pueden ser bióticos o abióticos.
- Tensionantes para la persistencia de las plantas, los cuales hacen referencia a que una especie una vez establecida pueda crecer y cumplir su ciclo de vida de una forma normal.

Sobre la base de estos principios, en el Cuadro 3 se presenta las barreras ecológicas encontradas en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu.

En el cuadro 3 se analiza tres de las principales barreras ecológicas que detienen la ocurrencia de procesos naturales que faciliten la restauración pasiva de los ecosistemas en la microcuenca Jatunhuaycu.



Cuadro 3. Barreras ecológicas de la restauración de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Fase	Factores		Consecuencias o efectos
	Bióticos	Abióticos	
Dispersión		Pérdida de individuos y/o coberturas vegetales.	-
		Ausencia de plantas niñeras o plantas facilitadoras (como <i>Calamagrostis intermedia</i>).	-
Establecimiento		-	Ausencia de micrositos para el establecimiento de las plántulas (los cuales se pueden generar a través de las especies facilitadoras).
		-	Restricciones climáticas (heladas).
		-	Suelo inadecuado (erosión, compactación y pérdida de materia orgánica).
Persistencia		-	Restricciones climáticas (heladas).

Fuente: Eguiguren y Ojeda (2009)

Ausencia de plantas facilitadoras

La vegetación del páramo se adapta muy bien a las condiciones climáticas de este ecosistema. Una especie que cumple con la característica de facilitar el ingreso y desarrollo de otras especies es *Calamagrostis intermedia*; este comportamiento fue estudiado por Hosftede et al. (2003), cuando se demostró que bajo los penachos formados por *Calamagrostis* la temperatura es regulada y es mayor a lugares en donde no existe vegetación, lo que permite el ingreso y crecimiento de otras plantas especialmente herbáceas.

Ausencia de micrositos para el establecimiento de las plántulas

La degradación y fragmentación del páramo, transforma el paisaje y crea matrices homogéneas con condiciones bióticas y abióticas para la dispersión, establecimiento y persistencia de especies nativas de este ecosistema. Para que estos procesos ocurran de manera exitosa, es necesario que exista un entorno químico, físico y biótico determinado, principalmente relacionado con el suelo. A estos requisitos se los conoce como micrositos o sitios seguros para el establecimiento de las plántulas. Su ausencia resulta en la disminución de la regeneración de las especies nativas, ya que causa una reducción de la microheterogeneidad del suelo, la disponibilidad de nutrientes y de la viabilidad de semillas que permanecen largos períodos de tiempo sin germinar (Vargas 2007).

Suelo compactado

El suelo es un componente crítico y determinante de los ecosistemas ya, que según el estado en el que se encuentre, afectará el desarrollo de las comunidades vegetales y animales del área de interés. La degradación del suelo implica la disminución de su capacidad productiva a causa del uso intensivo, lo cual conduce a cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

En la microcuenca Jatunhuaycu, la compactación del suelo es el principal efecto del uso intensivo por el cual atravesó este sitio. La compactación, consiste en la disminución del volumen y el aumento de la densidad del suelo, lo que hace que la resistencia mecánica sea mayor y se produzca una reducción del espacio poroso. Esto resulta en la disminución del oxígeno en el interior del suelo, de la infiltración del agua y el aumento de la escorrentía superficial. Todos estos factores dificultan el establecimiento y desarrollo de las plántulas, así como su crecimiento y la expansión de las raíces (Vargas 2007, Vargas y Velasco 2011, Llambí et al. 2012).

Escenario histórico de degradación de los páramos

Construir el escenario de degradación es de gran importancia, ya que permite determinar qué tipos de perturbaciones y en qué nivel de degradación están los páramos del sitio de estudio, y de ser así, es muy importante establecer las causas y determinar hasta qué punto han padecido estos ecosistemas a fin de tomar medidas que detengan e inviertan el proceso (Simula y Mansur 2011).

Así la historia del uso de la tierra de los páramos del Ecuador se estructura en cuatro grandes períodos: 1) período preincaico; 2) período incaico; 3) período colonial y de las haciendas; y, 4) período moderno. Cada uno de estos períodos, presentan características particulares, determinadas por factores sociales (como el crecimiento demográfico, desplazamientos, etc.), culturales (concepciones del páramo), económicos (tipos e intensidad de uso de la tierra) y políticos (conquistas, reformas políticas y de leyes, etc.) que condicionan el estado actual de estos ecosistemas.

El suelo es un componente crítico y determinante de los ecosistemas ya, que según el estado en el que se encuentre, afectará el desarrollo de las comunidades vegetales y animales del área de interés.

económicos (tipos e intensidad de uso de la tierra) y políticos (conquistas, reformas políticas y de leyes, etc.) que condicionan el estado actual de estos ecosistemas.

A continuación se describe los principales sucesos históricos que se suscitaron en cada uno de estos períodos en torno a los páramos ecuatorianos.

Período Preincaico o aborigen

• Concepciones sobre los páramos

Según Llambí et al. (2012), se conoce muy poco de la historia de ocupación del páramo en este período. Sin embargo, con base en la información disponible se conoce que en esta época no se utilizó la



noción de páramo. Esto se pudo haber dado por tres razones: 1) la presencia de varias lenguas (ya que el quichua alcanzó su expansión en el siglo XVII); 2) los aborígenes eran sensibles a la diversidad y por ello era difícil crear un término genérico que designara tal diversidad; y, 3) los asentamientos incas dificultaron el conocimiento sobre los pueblos de este período (Mena et al. 2008).

Como resultado de ello, estos ecosistemas se encontraban bautizados y designados como: loma, cerro, huecada, piedra, bosque. Cada una de estas designaciones dependían de las particularidades de los sitios en los que se encontraban las poblaciones de este período (Hofstede et al. 2003).

...se concebía a la altura como un escenario de poder, en donde se controlaba el territorio y se construían los pucarana ofensivos y defensivos, que eran las tolas para vigilar el nacimiento de las acequias.

Por otro lado, se concebía a la altura como un escenario de poder, en donde se controlaba el territorio y se construían los pucarana ofensivos y defensivos, que eran las tolas para vigilar el nacimiento de las acequias. Por otro lado, se le daba un uso de tipo ceremonial, ya que habían adoratorios y centros rituales que servían para conectarse con los dioses (Hofstede et al. 2003, Llambí et al. 2012).

•Uso de la tierra

Para los aborígenes, el páramo fue un piso ecológico de valor productivo moderado y muy cuidadosamente manejado. La producción se realizó de forma no intensiva, esporádica y ligera, ya que estos ecosistemas eran utilizados para la cacería temporal de conejos, venados y tortugas; la recolección de plantas útiles (leña, plantas medicinales); y, como sitios de emplazamiento de caminos y otras infraestructuras (Hofstede et al. 2003, Mena 2010).

Con relación a la construcción de infraestructuras, en los páramos de la parte central del Ecuador (Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar y Cañar) se evidencia fortificaciones, miradores, reservorios y otros indicios de culturas como la Kañari, la Puruhá, la Caranqui y la Palta, situadas en varios puntos distribuidos a lo largo de los Andes ecuatorianos (Mena y Hofstede 2006).

Período Incaico (1460-1523)

Según Larrea (2005), la dominación incaica duró muy poco en Ecuador. Se dio en forma gradual y relativamente lenta, sus intensidades y efectos fueron distintos en varias regiones del país. Así por ejemplo, en la Sierra sur la dominación incaica duró aproximadamente 50 años. En la Sierra

central, la dominación efectiva duró entre 40 y 50 años. Finalmente, en la Sierra norte (entre Quito y Pasto), la integración fue parcial, debido a su menor duración (entre 30 y 40 años) y a la sangrienta resistencia.

Se conoce que en el período, los Incas crearon y utilizaron algunos términos genéricos para referirse a los páramos. Esto se debió a la necesidad de consolidar un bloque panandino y de concebir y nombrar al Tahuantinsuyo como una sola unidad. Es así que crearon dos categorías: los antis y las punas. La primera se deriva de “Antisuyo”, el mismo que trata de uno de los cuadrantes del Tahuantinsuyo. Era el territorio entre la montaña y la selva. Se lo relacionaba con lo femenino, la noche, la penumbra, al mundo salvaje, a la naturaleza y a la libertad natural. Como se puede apreciar, el Antisuyo era todo lo contrario al Chinchaisuyo (representaba orden y civilización), o al Collasuyo (se lo relacionaba con lo masculino). El segundo término se refería a las zonas más desérticas que se encontraban en los Andes (Mena et al. 2008).

Por otro lado, los Incas articularon a las culturas preexistentes, manteniendo su identidad, con medios como el comercio, el tributo y las migraciones forzadas en casos de dominación política efectiva (Larrea 2005).

• Uso de la tierra

Con la llegada de los incas a los páramos del Ecuador se inició el primer período de transformación antrópica más intensiva en relación al período preincaico, ya que este pueblo se caracterizó por ser muy hábil para administrar los sistemas denominados Ayllus. A nivel agrícola, desarrollaron importantes técnicas de cultivos, de uso del suelo y de riego; construyeron terrazas en zonas escarpadas; aprovechando la funcionalidad hídrica de los páramos, construyeron grandes sistemas de riego y camellones inundables en los valles (Lasso 2008, Mena 2010).

Durante este período, se introdujo algunas especies tanto vegetales como animales y nuevas técnicas para mejorar la producción del páramo, la misma que estuvo asociada con la producción de maíz en las partes bajas y papa en las partes altas (sobre los 3 000 m s.n.m.) (Hofstede et al. 2003, Lasso 2008). Ya que el inca exigió tributos similares a los exigidos por los curacas locales, la producción de maíz sirvió para cumplir con estos tributos, mientras que la papa se la utilizó como un producto de subsistencia (Crissman 2003).

Con la llegada de los Incas a los páramos del Ecuador se inició el primer período de transformación antrópica más intensiva en relación al período preincaico...

En cuanto a los animales, se introdujo camélidos y llamas (escasos en el período preincaico), los mismos que se manejaban con base al pastoreo ligero. En las partes



bajas, los incas criaron animales menores como el cuy (Mena y Hofstede 2006, Mena 2010). Con base en la lana de estos camélidos se estableció obrajes para la fabricación de textiles en el norte del país (Larrea 2005, Lasso 2008).

Los páramos ecuatorianos se constituyeron en uno de los elementos unificadores del Imperio Inca, así por ejemplo, mucho del QapacÑan o Gran Camino del Inca va por estos ecosistemas. Esta gran construcción, facilitó no solo el intercambio de productos, sino también el avance de la conquista (Mena y Hofstede 2006). Todas estas permitieron una mayor explotación de la zona altoandina, de manera adaptada al ecosistema (Lasso 2008).

Período Colonial y de las haciendas

• Una nueva concepción de los páramos

Es importante partir del hecho de que con la llegada de los españoles, aparecieron nuevos términos para designar a los páramos. Entre 1532 y 1570, estos ecosistemas era llamados como “tierras altas, tierras frías, tierras ásperas y dobladas, montaña, cordillera”. En estos años, los españoles realizaron visitas a los indígenas sobre la situación en la que se encontraba su zona. A partir de 1570, es decir, luego de 40 años de presencia española ya se empezó a utilizar el término páramo para referirse a estos ecosistemas. Muchos caciques, a partir de 1590, comenzaron a utilizar este nuevo término eminentemente español. El 1600 el término *antis* (utilizado en el período incaico), se transformó en *Andes* y ya no se refería a la zona selvática, sino únicamente a la cordillera (Mena et al. 2008). De esta forma, desde el siglo XVII se comenzó a utilizar de manera simultánea los términos páramo, tierras altas, Andes y cordillera.

• La Conquista Española

Luego del período incaico, se dio paso a un segundo período de transformación de los páramos, resultado de la conquista liderada por los españoles (Llambí et al. 2012). A partir de este período e incluso luego de la época Republicana, se inició una explotación intensiva que modificó de forma excepcional el paisaje de los páramos ecuatorianos (Lasso 2008).

Empecemos por describir algunas características de la conquista española. En primer lugar, la Corona Española despojó a los pueblos originarios para convertirse en dueña de sus tierras. Se creó instituciones para el control y manejo de las tierras, entre las cuales tenemos la encomienda. Con ese sistema, la corona entregó a los españoles, una extensión de terreno en la que se incluyó a los habitantes indígenas de cada sitio. El encomendero se encargó de cobrar tributos (pagados con trabajo y recolección de madera) a cambio de protección y atención para los indígenas; sin

A partir de 1570, es decir, luego de 40 años de presencia española, se utilizó el término páramo para referirse a esos ecosistemas.

Además del huasipungo, los españoles monopolizaron el acceso a los recursos naturales y aumentaron las obligaciones tributarias, con las cuales los indígenas fueron endeudados al hacendado...

embargo, estas acciones muchas veces no se cumplían. Además de ese sistema, los españoles exigieron tributos en bienes locales, principalmente de productos agrícolas. (Lasso 2008).

- **Uso de la Tierra**

Recordemos que los incas utilizaron un sistema dual de producción (maíz y papa). Sobre este modelo, los españoles impusieron el sistema de haciendas (el cual duró por más de tres siglos y medio) con sus arreglos económicos y sociales feudales (dentro de las cuales se incluyeron grandes extensiones de páramos) (Crissman 2003). Con ese sistema, se creó para el trabajo el concertaje, el mismo que era un mecanismo que sujetaba a los indígenas con las haciendas.

Sin embargo, para retener aún más la mano de obra gratuita de los indígenas, los españoles crearon el huasipungo, mecanismo que cambió el trabajo esclavizante de los pueblos indígenas en las haciendas, por una pequeña extensión de terreno, para que sus familias puedan vivir y trabajar, pero bajo la humillación y maltrato permanentes (Lasso 2008, Mena 2010, Llambí et al. 2012).

Además del huasipungo, los españoles monopolizaron el acceso a los recursos naturales (agua y leña) y aumentaron las obligaciones tributarias, con las cuales los indígenas fueron endeudados al hacendado, por lo que se vieron obligados a quedarse en las haciendas y trabajar para el acceso a los recursos, los mismos que en el período incaico, eran compartidos de manera comunal entre familias (Lasso 2008).

- **Principales cambios provocados por la Conquista Española**

Según Hofstede et al. (2008), la habilitación de los páramos como un sitio para la producción intensiva fue un proceso diferencial que tiene lugar en diversos momentos, dependiendo de las particularidades de cada sitio. Así por ejemplo, en Cangahua el proceso de habilitación de la altura se inició en 1808, cuando el Estado junto con la iglesia buscó fijar población forastera para que paguen tributos y sirvan a la iglesia. En este caso, el páramo aparece como un sitio poco habitable y poco adecuado para producir, razón por la cual que fue semi abandonado hasta 1840.

Estos mismos autores mencionan que a partir de este período, se dieron tres oleadas de ocupación de los páramos ecuatorianos. Los dos primeros corresponden netamente a este período y el tercero se lo abordará más adelante en el período moderno. La primera oleada de ocupación real se produjo entre 1840 y 1900, a cargo de indígenas libres que no tuvieron espacio para vivir. Esto fue acompañado por un lento proceso de adaptación de personas, animales y cultivos.



La segunda oleada de ocupación masiva se produjo con el sistema de hacienda colonial descrito anteriormente. Existe información documental y de fotografías aéreas del período 1900 y 1962, que muestran una ocupación intensa del páramo.

La segunda oleada involucró dos procesos:

- Los hacendados expandieron la frontera agrícola, desplazando matorrales a través de quemas para la producción de carbón y luego para la producción de papa.
- Los hacendados reubicaron las viviendas de los huasipungueros, esto con la finalidad de ganar más terreno para mantener la rentabilidad en sus sistemas productivos, principalmente, porque entre 1930 y la Reforma Agraria de 1964, las haciendas comenzaron a producir leche con nuevas tecnologías. También, los hacendados buscaron tierras de barbecho para producir, luego de que las tierras tuvieron un descanso prolongado, ya que sus rotaciones no incluían un ciclo de leguminosas sino la siembra continua. Dentro de este proceso, en 1937 con la legalización de las comunidades, el Estado empezó a intervenir adjudicando tierras a familias en los páramos, con criterios realmente lamentables.

Mena et al. (2008) consideran que fueron tres principales cambios que se produjeron durante este período. El primero consistió en un desastre etnográfico, ya que la población fue reducida en razón de tres a uno en la Sierra. Con ello, los españoles asumieron el control de valles fértiles y dotados de riego en cuencas enteras, mientras que expulsaron a los indígenas a las zonas altas.

El segundo impacto tiene que ver con la introducción de nuevos cultivos (cebada, trigo y avena), pero principalmente con la de animales (Mena et al. 2008). La semejanza superficial de estos ecosistemas con ciertos paisajes españoles, hizo que se implantaran hatos de vacas, caballos, cabras y principalmente ovejas, lo que resultó en un pastoreo intensivo en los páramos y el desplazamiento de las llamas y alpacas (Llambí et al. 2012). Así por ejemplo, CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) estimó el uso del suelo del Ecuador correspondiente a 1952 (Figura 5) se observa que los páramos para este año, fueron convertidos a grandes superficies agrícolas, principalmente para el cultivo de papa, cereales y para la ganadería (Larrea 2005).

Según Mena (2010), estos animales exóticos se adaptaron muy bien a las condiciones parameras, pero fue todo lo contrario con estos ecosistemas. Las ovejas, al igual que las cabras, desprenden desde la raíz la vegetación (las cuales carecen de una gran capacidad regenerativa) y dejan desnudo el suelo, el cual queda expuesto a la erosión. Las vacas, caballos y burros, con su peso y cascos, compactan el suelo y hacen que este pierda su especial y frágil estructura, fundamentalmente para el servicio hídrico de los páramos.

El tercer impacto para los páramos ecuatorianos, tiene que ver con la introducción de nuevos estilos de producción, las cuales provocaron la ruptura del manejo del agua que comprendió la desecación de lagunas para el riego, para la plantación de árboles o para el pastoreo de vacas



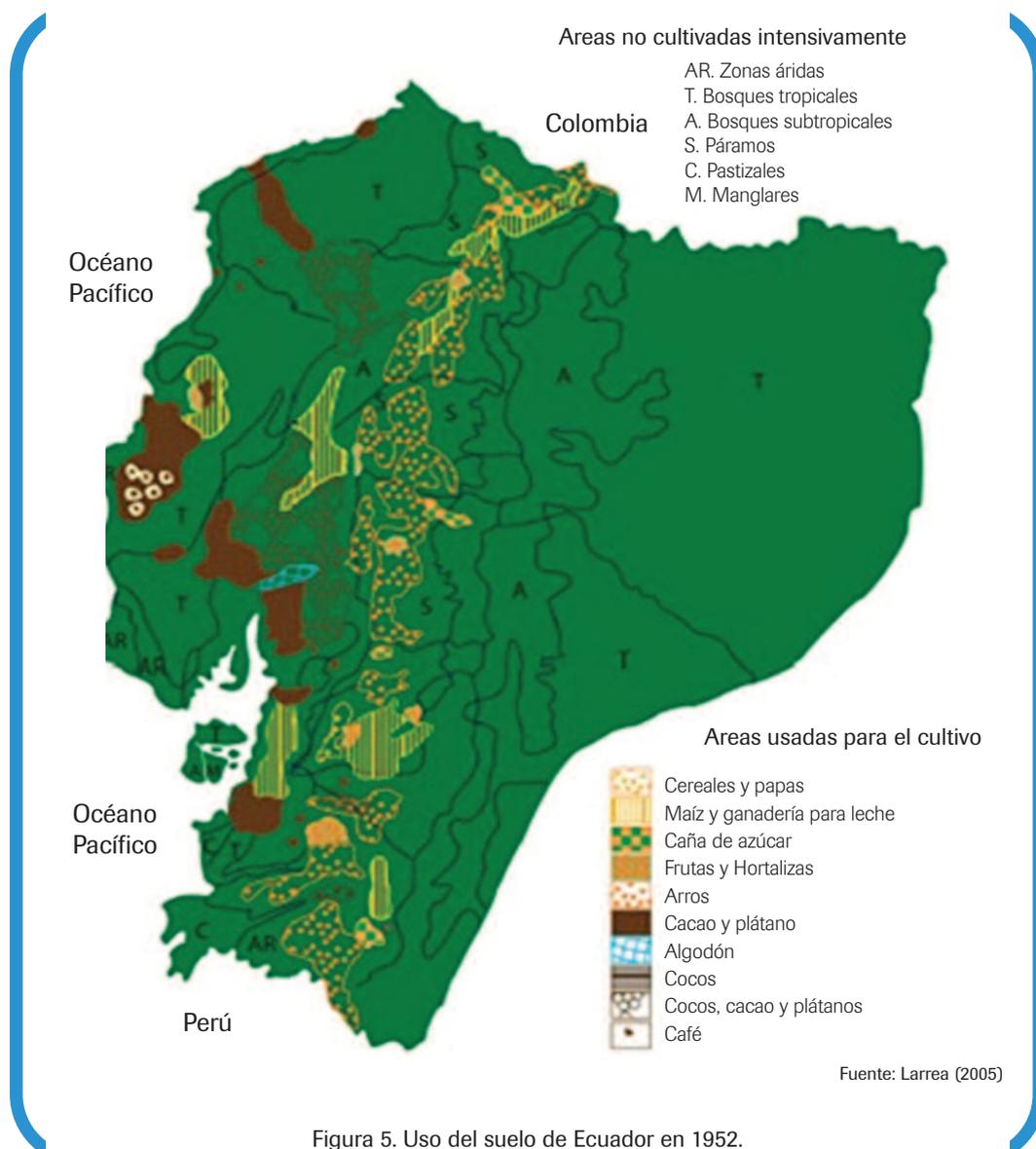


Figura 5. Uso del suelo de Ecuador en 1952.

(Mena et al. 2008). El páramo se convierte en extensas zonas de pastoreo para borregos. Los/as pastores/as se ubican en chozas dispersas para vigilar y apacentar el ganado. El matorral andino retrocede y comienza la práctica de quema para el rebrote del pasto para los borregos. En esta época, muchas acequias y las tolas pierden su uso. Con todos estos cambios, el páramo adquiere una vegetación predominantemente baja, dominada por gramíneas (Hofstede et al. 2003).

Período Moderno (a partir de 1946)

• Primera Reforma Agraria (1964)

A partir de la período Colonia se dieron tres oleadas de ocupación. La tercera, que corresponde

a este período, tiene que ver con la reforma agraria. Muchos terratenientes entregaron a los indígenas terrenos en las partes altas (como parte de los que se denominó “iniciativa terrateniente”). En otros casos, se parcelaron terrenos en las partes altas, las mismas que fueron entregadas a los campesinos. En pocas ocasiones, los campesinos recibieron tierras bajas por las reforma y lo que más bien operó fue un proceso de colonización (Hofstede et al. 2003).

Con la primera Ley de Reforma Agraria en 1964 y la colonización como uno de sus resultados, se dio un gran impulso a la expansión de la frontera agrícola. En la Sierra ecuatoriana, la mayoría de la nueva área de colonización fueron las faldas exteriores de los valles interandinos (Crissman 2003).

Para ejecutar esta ley, el Estado creó el Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC). A más de la promoción de la ley y la colonización, esa institución privilegió el impulso de nuevos frentes agrícolas, evitando así afectar los intereses de los terratenientes (Lasso 2008).

Es importante destacar que esta ley tuvo efectos secundarios positivos. Así por ejemplo: motivó la organización indígena, la lucha por la tierra e impulsó el nacimiento de entidades de campesino a nivel nacional como la ECUARUNARI, cuyo objetivo principal fue el acceso a la tierra con o sin ley. Con esta primera reforma, algunas organizaciones aprovecharon para reclamar sus derechos sobre los páramos en los cuales habitaban (Lasso 2008).

Con la primera Ley de Reforma Agraria en 1964 y la colonización como uno de sus resultados, se dio un gran impulso a la expansión de la frontera agrícola.

• Segunda Reforma Agraria (1973)

Esta segunda reforma promulgada por el gobierno de Rodríguez Lara impulsó la legalización de tierra ya ocupadas, se asignaron 196 000 ha a más de 30 000 familias. También se realizaron negociaciones, reversiones y expropiaciones de tierras consideradas baldías. De manera limitada, se realizó la parcelación de haciendas para la redistribución de la tierra, que se ejecuta mínimamente pero cumple el papel de constituirse en un elemento de presión para la modernización del sistema de haciendas (Lasso 2008).

Las tierras cultivables pasaron a poder del IERAC, los huasipungueros recibieron tierras de acuerdo a sus años de servicio, al número de habitantes y capacidad económica. Se adjudicaron tierras cultivables y páramo bajo una sola escritura. Entre 1973 y 1979, continuó la presión por el acceso a la tierra, el gobierno de turno mantuvo un combate por la nacionalización petrolera, insistió en una reforma agraria y otras medidas de corte nacionalista. Pero, no pudo concretar sus propuestas,

al contrario, el ejército intervino en varios momentos en zonas tanto urbanas como rurales, para frenar la movilización campesina (Lasso 2008).

Según Hofstede et al. (2003) fue a partir de esta reforma, cuando se produjo la incorporación masiva del páramo, la que produjo una serie de efectos que hoy son materia de observación y evaluación:

- Las familias organizaron sus espacios comunales y lograron controlar un territorio que fue la base del proceso de revitalización étnica.
- En estos espacios, las familias reprodujeron la idea del control y manejo de varias parcelas para obtener productos diversificados.
- Se creó una nueva noción de hábitat: un centro comunal, escuelas, cancha deportiva y viviendas con sus parcelas en núcleos de afinidad o barrios. Es el espacio del desarrollo, ya que se construyeron las vías y puentes, se instaló el riego, luz eléctrica, agua potable, nuevas iniciativas productivas, centros de artesanías y comercialización.
- En muchos lugares se produjo una recuperación del ejercicio del poder. Por ejemplo: los activistas políticos intentaron eliminar las relaciones comerciales con los centros parroquiales, creando su propio sitio de comercialización; se vivió una intensa disputa entre la ruralidad y la zona urbana mestiza.

De este proceso, vino una serie de efectos no deseables: la ceja de montaña o ceja andina (2 900 – 3 100 m s.n.m.) que es más escarpada se erosionó con la agricultura mecánica y el monocultivo de la cebada; los árboles desaparecieron de los terrenos e incluso de la cultura de la gente (el eucalipto y principalmente el pino, comenzaron a ocupar algunos sitios de la altura); las vías y los nuevos caminos de agua provocaron verdaderos deslaves de masa.

Según Llambí et al. (2012), los procesos de producción en ese período son más intensivos en insumos (fertilizantes, pesticidas) orientados al mercados, que generaron procesos importantes de contaminación y expansión de la frontera agrícola. Estas zonas de producción intensiva, coexisten hoy en día, en área más aisladas, en las que aún existen modalidades de producción más tradicionales, con el uso de estrategias como los descansos largos para promover la recuperación parcial de la vegetación y la fertilidad del suelo y con un menor uso de insumos agroindustriales.

Degradación del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

A base de entrevistas y testimonios de los moradores de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu y la ciudad de Pintag se logró determinar que la presencia antrópica en el sitio de estudio se dio desde el Período Incaico; sin embargo, los testimonios de los entrevistados proporcionaron mayor información desde hace 100 años atrás, es decir, a partir del Período Colonial o de Haciendas (Figura 6).

Los mayores cambios que se dieron en la UHJ empezaron desde el Período Colonial, es decir, con la segunda oleada de ocupación del páramo, que se dio entre 1900 y 1962. Según los testimonios,



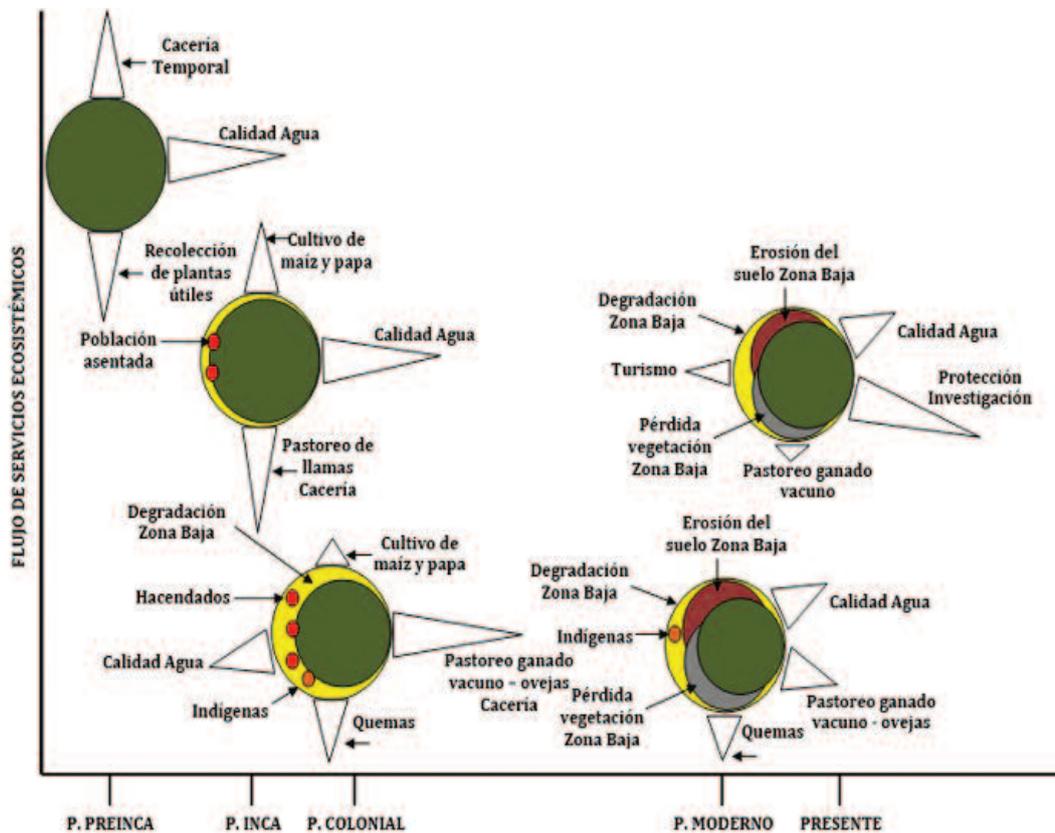


Figura 6. Modelo conceptual de la secuencia de la degradación y el flujo de los servicios ecosistémicos en la UHJ. El cambio de color en los círculos representa el grado en la degradación del ecosistema. El círculo externo de cada "sol" representa la matriz socioeconómica y los triángulos representan los diferentes servicios ecosistémicos y actividades antrópicas, los cuáles aumentan o disminuyen según su uso

aproximadamente desde 1913 se produjo la ocupación del sitio de estudio a cargo de los indígenas que trabajaban para los hacendados.

La UHJ al ser un territorio que formaba parte de una hacienda, se la destinó principalmente al pastoreo intensivo para la crianza de ganado vacuno (vulgarmente denominado ganado bravo, que sirvió para la producción de carne) y ovejas. Según los entrevistados, el número de animales fue mayor de 100 cabezas para el ganado vacuno y 50 para las ovejas que fueron cuidados por una pareja de indígenas que laboraba para el hacendado y que viven en las típicas chozas que los jefes construyeron para que sus trabajadores cumplan con estas actividades (Figura 7).

La UHJ no fue exenta de los estilos de producción colonias, ya que el pastoreo intensivo fue acompañado de la quema del pajonal, principalmente en valle de esta microcuenca.

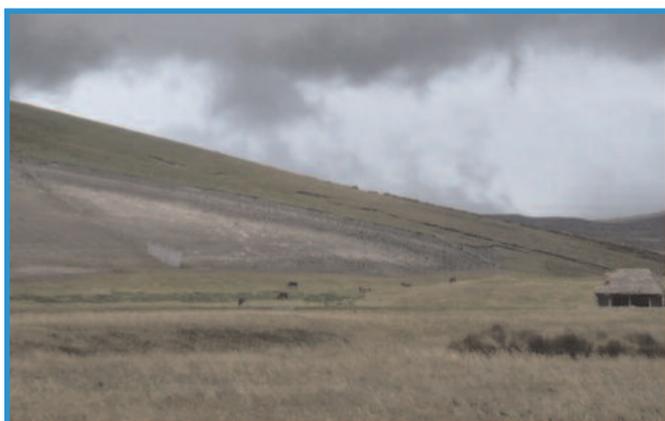


Figura 7. Choza indígena del Período Colonial de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Luego de este período, ya con la primera Reforma Agraria en 1964, los hacendados entregaron estos territorios a la pareja de indígenas junto con un gran número de cabezas de ganado. Los nuevos propietarios de la UHJ continuaron con las prácticas de pastoreo intensivo y las quemas en el valle de este sitio. Pero, ya en la segunda Reforma Agraria de 1973, la mayor parte del ganado de estos indígenas fue expropiado. Por otro lado, sus descendientes empezaron a migrar a las ciudades, como Pintag y Quito para dedicarse a otras actividades, razón por la cual, desde aproximadamente 40 años

el pastoreo intensivo cesó en el sitio, y de forma más estricta con la declaración de la Reserva Ecológica Antisana en 1993.

Como se puede observar, el proceso de degradación del sitio de estudio se dio con mayormente en la parte baja y media de la microcuenca (Figura 8 y 9), en donde se concentró el pastoreo



Figura 8. Zona baja y media de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu. Fotografía tomada en julio de 2013

intensivo. El ganado vacuno, con su peso y forma de cascos provocó la compactación del suelo y su posterior erosión. Según los testimonios, la franja de suelo descubierto que se puede observar en el valle de la microcuenca presenta ese estado por más de 100 años. En la actualidad, la UHJ se encuentra afectada por el pastoreo de ganado vacuno de propietarios de tierras contiguas al sitio de estudio, aunque en niveles muchos menores a los de 40 o 100 años atrás.



Figura 9. Niveles de degradación presentes en la zona baja de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Selección de zonas degradadas con potencial de restauración en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

El conocimiento de los niveles de degradación presentes en el ecosistema de páramo constituye un aspecto clave para emprender medidas de restauración. Estos niveles de degradación fueron representados en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu a través de la identificación y selección de zonas con diferentes niveles de degradación (que de aquí en adelante la llamaremos zonificación). A continuación se presenta el procedimiento metodológico utilizado para identificación y selección de zonas potenciales a ser restauradas.

Metodología utilizada para la zonificación de áreas potenciales a restaurar

El procedimiento que se utilizó para la identificación y selección de zonas degradadas se detalla a continuación:

- Con la información recopilada en la línea histórica de degradación (ver detalles en Aguirre y Torres 2013), se logró determinar que la zona baja y media de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu han sido las más afectadas por las actividades antrópicas desde hace más de dos siglos.
- Posteriormente se procedió a realizar una primera zonificación de la intervención de la microcuenca, para ello se utilizó información cartográfica digital escala 1:25000 (generada por el FONAG), la cual fue procesada en el programa ArcGis 10.1. Los criterios usados para esta zonificación fueron: (1) altitud y (2) uso histórico de la tierra.
- Posteriormente se visitó la microcuenca y se aplicó una evaluación ecológica rápida (EER), en las zonas identificadas. Para ello se construyó una metodología de evaluación ecológica basada en la propuesta metodología desarrollada por The Nature Conservancy (Guamán 2010), Aguirre y Aguirre (1999), Eguiguren y Ojeda (2009) y Guzmán y Salinas (2010).
- Finalmente, se procedió a realizar una segunda zonificación; para ello se usaron los insumos generados en los pasos anteriores, y se complementó con la aplicación de dos criterios indicadores de degradación (Cuadro 4), los cuales fueron evaluados en campo e incluidos en un mapa final de degradación de la microcuenca.

Cuadro 4. Criterios de zonificación de las áreas con diferentes niveles de degradación en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

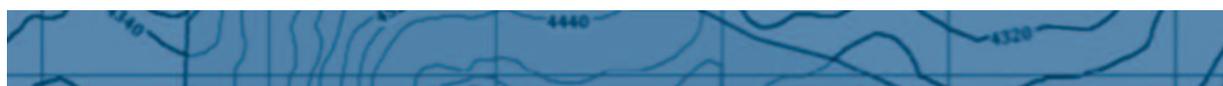
Pendiente (%)	Cobertura de vegetación (%)
0 - 20	0 - 100
20 - 45	
> 45	

Tipos de zonas de degradación en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Como resultado de la primera zonificación se logró determinar tres zonas con características diferentes dentro de la microcuenca Jatunhuaycu, estas se presentan en el Cuadro 5 y Figura 10.

Cuadro 5. Zonas y características de altitud de las tres zonas identificadas en Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Zonas	Altitud (m s.n.m.)	Uso histórico de la tierra
Z. baja	3900- 40100	Ganadería intensiva
Z. media	4101 - 4300	Ganadería extensiva
Z. alta	> 4301	Sin ganadería



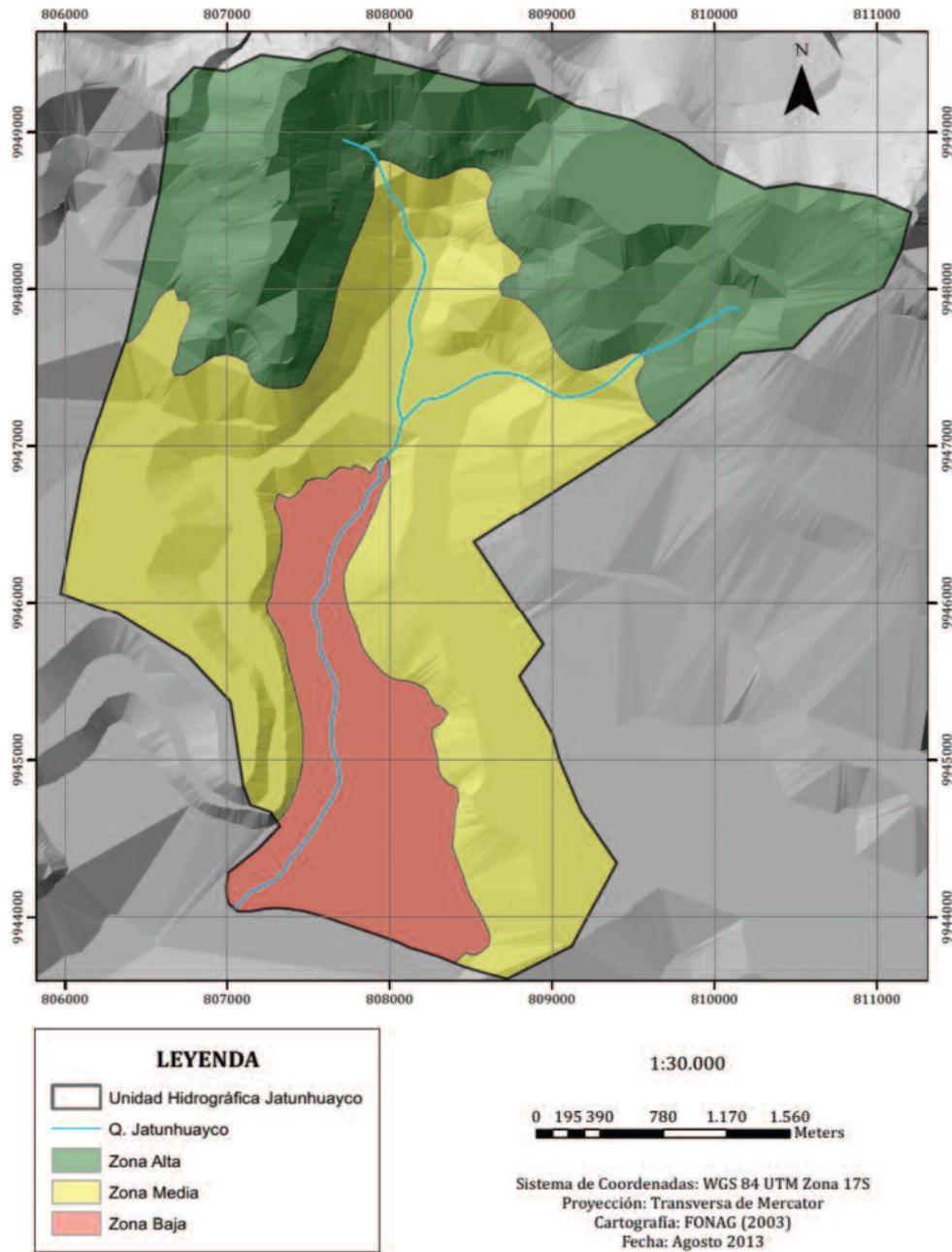


Figura 10. Distribución espacial de las tres zonas identificadas en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Producto de la segunda zonificación se logró determinar también tres zonas con diferentes niveles de degradación presentes en la microcuenca Jatunhuaycu y que cubren aproximadamente 89,26 ha (Figura 11). Las tres zonas identificadas son:

- Zona uno: con pendientes mayores a 45 % y con un porcentaje de vegetación entre 0 a 10% de vegetación
- Zona dos: con pendientes entre 10 a 45 % y con un porcentaje de vegetación entre 10 y 15%.
- Zona tres: con pendientes entre 0 a 10 % y con 40 % de porcentaje de vegetación.

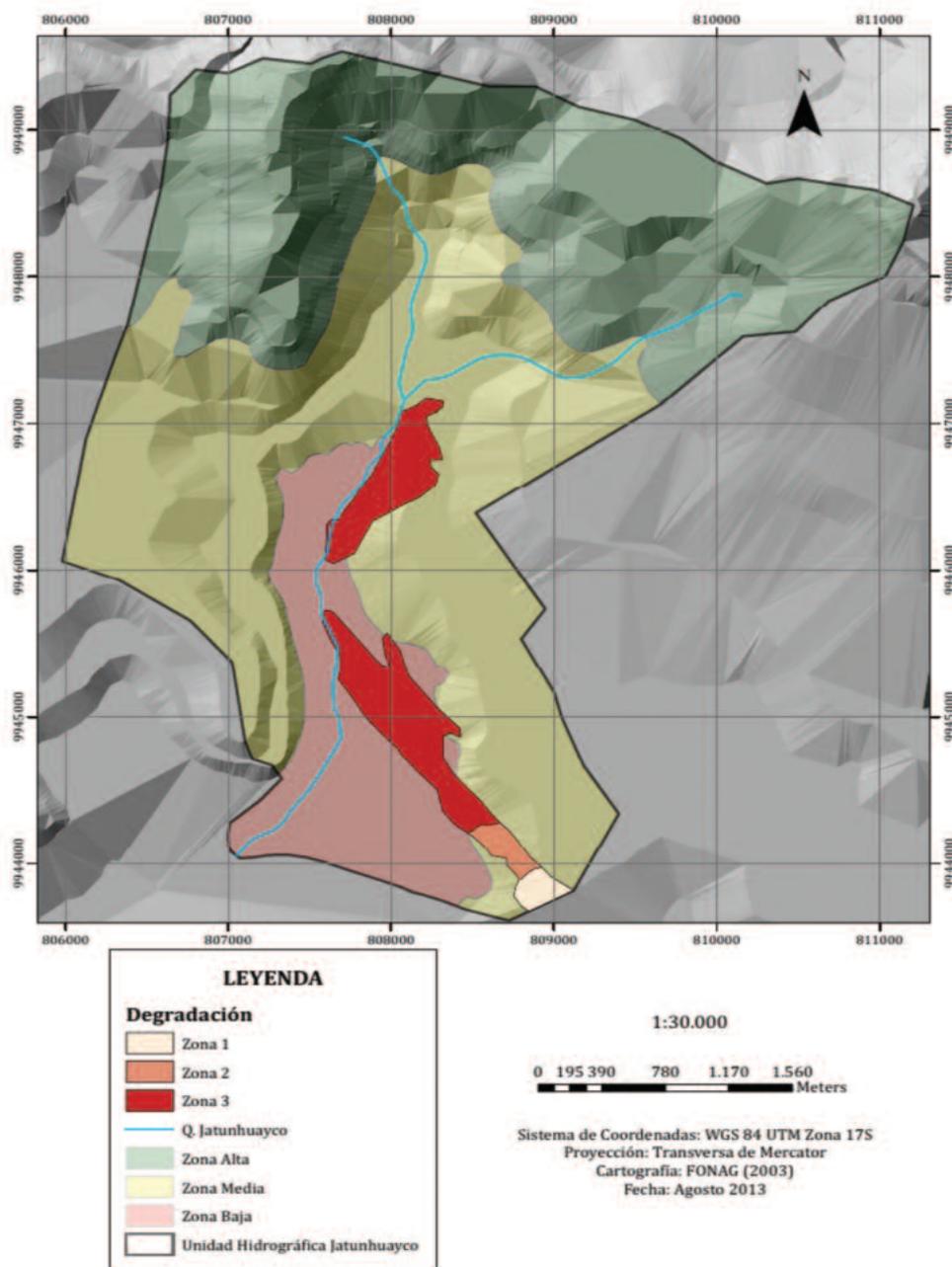


Figura 11. Distribución espacial de las tres zonas con diferentes niveles de degradación identificadas en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

En resumen las tres zonas que se pueden observar en la Figura 11 son las **zonas donde potencialmente se debe iniciar procesos de restauración**. Por ello a continuación se presenta algunas características de cada una de las zonas identificadas:

- **Zona uno:** presenta cuatro formaciones vegetales: (1) almohadilla, (2) regeneración natural en el valle, (3) franja de suelo erosionado, y (4) regeneración natural en la cumbre. La formación de regeneración presenta la colonización de especies herbáceas como *Azorellapedunculata* y *Lachemillaorbiculata*, principalmente. Esta formación se encuentra entre 2 y 5 m del margen de la franja de suelo erosionado tanto en el valle como en la cumbre. En esta zona, la franja de suelo erosionado presenta pendientes mayores a 45 % y el porcentaje de suelo desnudo es de 100 %, esto como consecuencia de una mayor compactación y erosión del suelo. El suelo superficial es arenoso hasta 5 o 10 cm de profundidad y es areno-limoso de un color negro a profundidades mayores a 10 cm.
- **Zona dos:** presenta seis formaciones: (1) almohadilla del valle (cubierto principalmente *Azorella pedunculata*), (2) regeneración natural en el valle (dominado por *Lachemilla orbiculata*, *Poa subspicata* y *Azorellapedunculata*), (3) franja de suelo erosionado (ya con un 10 a 15 % cubierto por vegetación, principalmente *Poa subspicata*), (4) regeneración natural de la cumbre (dominado por *Azorellapedunculata* y *Lachemillaorbiculata*), (5) almohadilla, y (6) pajonal. La vegetación en regeneración se encuentra entre 2 y 5 m de longitud a cada lado. El suelo superficial es arenoso hasta 5 o 10 cm de profundidad y es areno-limoso de un color negro a profundidades mayores a 10 cm. A pesar de que el nivel de compactación del suelo es igual a la zona uno, la reducción de las pendientes (entre 10 a 45 %) hacen que la erosión sea menor.
- **Zona tres:** presenta seis formaciones: (1) almohadilla del valle (cubierto principalmente *Azorella pedunculata*), (2) regeneración natural en el valle (dominado por *Lachemilla orbiculata* y *Azorella pedunculata*), (3) franja de suelo erosionado (ya con un 40 % cubierto por vegetación, principalmente *Lachemilla orbiculata*, *Poa subspicata* y *Fuirena* sp.), (4) regeneración natural de la cumbre (dominado por *Azorella pedunculata* y *Calamagrostis intermedia*), (5) almohadilla, y (6) pajonal. El suelo superficial es arenoso hasta 20 o 30 cm de profundidad y es areno-limoso de un color negro a profundidades mayores a 30 cm. La erosión es menor dadas las características del terreno (pendientes entre 0 y 10 %).

Caracterización florística de las zonas identificadas

La caracterización de la diversidad florística en las tres zonas identificadas (ver mapa de la Figura 11) se realizó a través de la instalación de transeptos (ver detalles de la metodología en Aguirre y Torres 2013). Indicando que la zona uno no fue muestreada en razón de su similitud con la zona dos (excepto la franja de suelo erosionado donde el suelo está totalmente descubierto).

• Caracterización florística de la zona dos

En esa zona se registró un total de 565 individuos, 8 familias y 13 especies de plantas creciendo vasculares. A continuación se presenta información en detalle de la riqueza y abundancia (Cuadro 6) y el porcentaje de cobertura de la zona dos de la franja de suelo erosionado en el Cuadro 7.

Al considerar los resultados florísticos y el porcentaje de cobertura, se puede inducir la existencia de niveles de degradación; donde por ejemplo en los valles presenta menor presencia de plantas que las cumbres. Esto sugiere que en la zona dos de la franja de suelo erosionado, la parte baja fue más intervenida que la parte alta. Este nivel de degradación, asociado principalmente con la compactación del suelo, hace que la colonización de especies sea menor en el valle, razón por la cual, también el porcentaje de suelo desnudo es mayor en este sitio.

Cuadro 6. Riqueza y abundancia de la zona dos de la franja de suelo erosionado

Procedencia	Familia	N. científico	N° individuos
Valle	Apiaceae	<i>Azorella pedunculata</i>	-----
	Geraniaceae	<i>Geranium antisanae</i>	-----
	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	-----
	Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i>	1
	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	3
	Asteraceae	<i>Achyrocline hallii</i>	6
	Fabaceae	<i>Lupinus</i> sp.	8
	Asteraceae	<i>Hypochaeris</i> sp.	15
	Gentianaceae	<i>Gentianella cerastioides</i>	15
	Malvaceae	<i>Nototrinche</i> sp.	17
	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	23
	Fabaceae	<i>Lupinus microphyllus</i>	38
	Poaceae	<i>Poa subspicata</i>	130
Total	8	13	256
Cumbre	Apiaceae	<i>Azorella pedunculata</i>	-----
	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	-----
	Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i>	8
	Poaceae	<i>Poa subspicata</i>	21
	Malvaceae	<i>Nototrinche</i> sp.	70
	Asteraceae	<i>Hypochaeris</i> sp.	210
Total	5	6	309

Cuadro 7. Porcentaje de cobertura de la zona dos de la franja de suelo erosionado

Procedencia	N. científico	% de cobertura
Valle	<i>Lachemilla orbiculata</i>	43.15
	Suelo desnudo	20.63
	<i>Azorella pedunculata</i>	18.63
	<i>Geranium multipartitum</i>	7.00
	<i>Poa subspicata</i>	6.35
	<i>Gentianella cerastioides</i>	1.75
	<i>Hypochaeris</i> sp.	0.65
	<i>Nototrinche</i> sp.	0.60
	<i>Lupinus microphyllus</i>	0.38
	<i>Achyrocline hallii</i>	0.28
	<i>Geranium antisanae</i>	0.25
	<i>Werneria nubigena</i>	0.13
	<i>Lupinus</i> sp.	0.13
	<i>Bidens andicola</i>	0.10
Total	100.00	
Cumbre	<i>Lachemilla orbiculata</i>	53.38
	<i>Hypochaeris</i> sp.	14.63
	<i>Azorella pedunculata</i>	13.25
	<i>Nototrinche</i> sp.	8.88
	<i>Poa subspicata</i>	8.38
	Suelo desnudo	1.13
	<i>Werneria nubigena</i>	0.38
Total	100.00	

• Caracterización florística de la zona tres

En la zona tres se registraron 418 individuos, 9 familias y 15 especies. En esta zona sobresale la colonización de algunas especies como *Hypochaeris* sp., y *Fuirena* sp., (Figura 12). A continuación se presenta información en detalle de la riqueza y abundancia (Cuadro 8), y el porcentaje de cobertura de la zona dos de la franja de suelo erosionado en el Cuadro 9.

En resumen se resaltar la presencia de colonización de individuos en la franja de suelo erosionado de la zona tres, relativamente alta comparada con la zona uno, donde no existe plantas creciendo. Además, también se pudo observar que el porcentaje de suelo desnudo de la franja de suelo erosionado de la zona tres es solamente de 45 %, valor relativamente bajo comparado nuevamente con la zona uno. Esta situación responde a la forma del terreno que presenta esta zona, ya que las

pendientes son menores, por lo tanto los efectos erosivos se reducen totalmente, permitiendo que se desarrolle el proceso colonizador de especies florísticas



Figura 12. Colonización de *Hypochaeris* sp. en sitios degradados de la zona tres

Cuadro 8. Riqueza y abundancia de la zona dos de la franja de suelo erosionado

Procedencia	Familia	N. científico	N° individuos
Cumbre	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	----
	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	----
	Apiaceae	<i>Azorella pedunculata</i>	----
	Apiaceae	<i>Azorella multifida</i>	----
	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	1
	Gentianaceae	<i>Gentianella cerastioides</i>	1
	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i>	2
	Poaceae	<i>Poa subspicata</i>	22
	Apiaceae	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	25
	Asteraceae	<i>Hypochaeris</i> sp.	97
Total	6	10	148
Franja de suelo erosionado	Rosaceae	<i>Lachemillaorbiculata</i>	----
	Poaceae	<i>Muhlenbergiasp.</i>	----
	Asteraceae	<i>Wernerianubigena</i>	1
	Poaceae	<i>Poa subspicata</i>	30
	Asteraceae	<i>Hypochaeris</i> sp.	40
	Malvaceae	<i>Nototrinchesp.</i>	86
Cyperaceae	<i>Fuirenasp.</i>	113	
Total	5	7	270

Cuadro 9. Porcentaje de cobertura de la zona dos de la franja de suelo erosionado

Procedencia	N. científico	% de cobertura
Cumbre	<i>Lachemilla orbiculata</i>	43.15
	<i>Azorella pedunculata</i>	75.08
	<i>Calamagrostis intermedia</i>	7.50
	<i>Poa subspicata</i>	4.83
	<i>Azorella multifida</i>	4.25
	<i>Geranium multipartitum</i>	3.43
	<i>Hypochaeris</i> sp.	2.73
	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	1.25
	<i>Valeriana rigida</i>	0.88
	<i>Gentianella cerastioides</i>	0.05
	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.03
	Total	100.00
Franja de suelo erosionado	Suelo erosionado	44.68
	<i>Lachemilla orbiculata</i>	22.25
	<i>Fuirena</i> sp.	20.50
	<i>Poa subspicata</i>	8.75
	<i>Hypochaeris</i> sp.	1.75
	<i>Nototrinche</i> sp.	1.63
	<i>Muhlenbergia</i> sp.	0.40
	<i>Werneria nubigena</i>	0.05
	Total	100.00

Patrones de degradación en la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Con relación a los patrones de degradación, se observa la existencia de una franja de suelo erosionado presenta un patrón de degradación que sigue un sentido longitudinal y que presenta una cierta variación entre zonas, relacionadas principalmente con la abundancia, riqueza florística y el porcentaje de suelo desnudo. El patrón que se observa es continuo en toda la franja de suelo erosionado y está compuesta por seis sitios de abajo hacia arriba: (1) sitio cubierto por almohadilla (cubierto principalmente *Azorella pedunculata*), (2) vegetación de regeneración (cubierto principalmente por *Lachemilla orbiculata*), (3) franja de suelo erosionado, (4) vegetación de regeneración, (5) almohadilla, y (6) pajonal (dominado por *Calamagrostis intermedia*). Las dos primeras pertenecen a la zona baja o el valle y las tres últimas a la zona alta o cumbre (Figura 13 y 14).

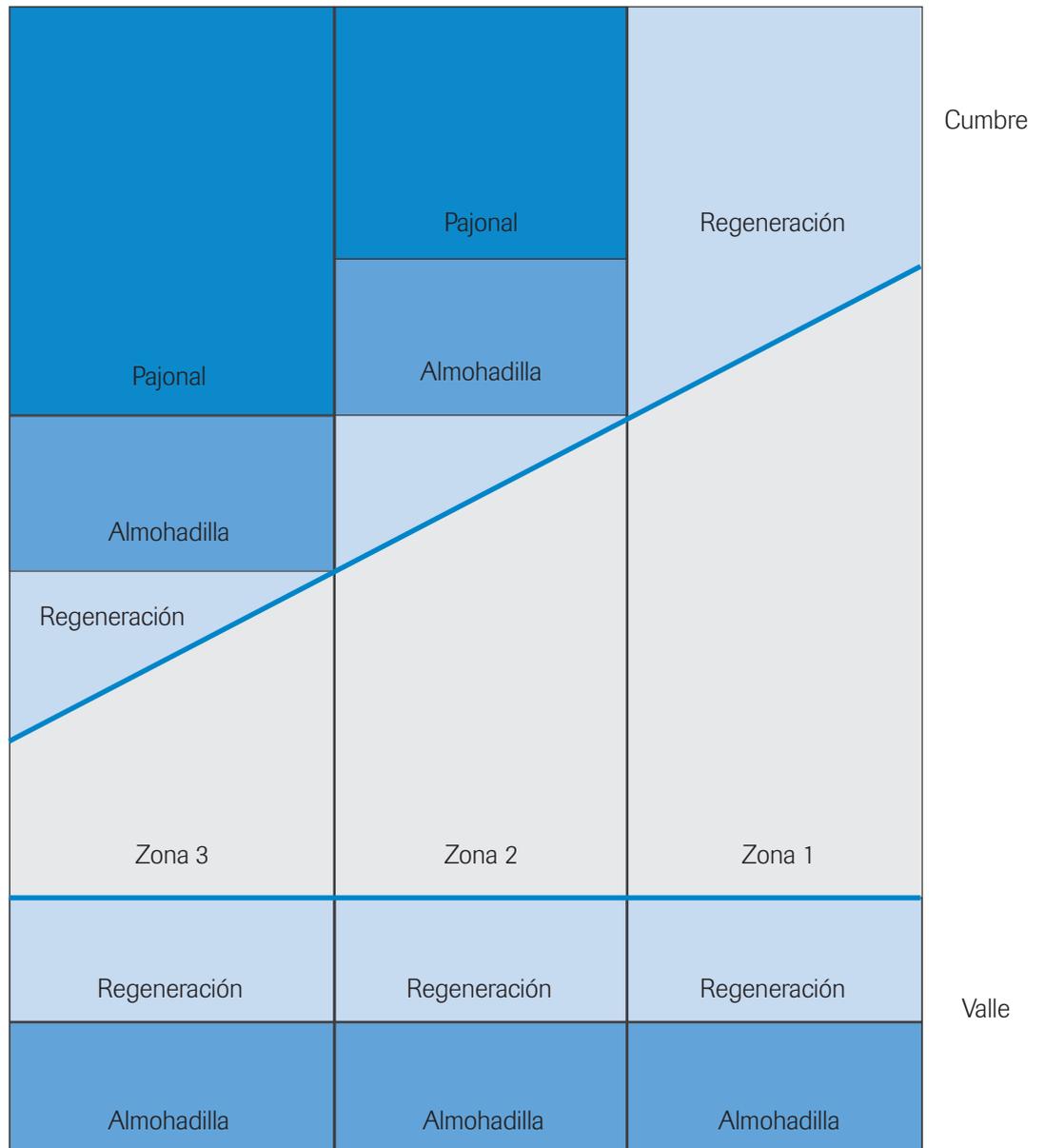


Figura 13. Patrón de degradación de la franja de suelo erosionado



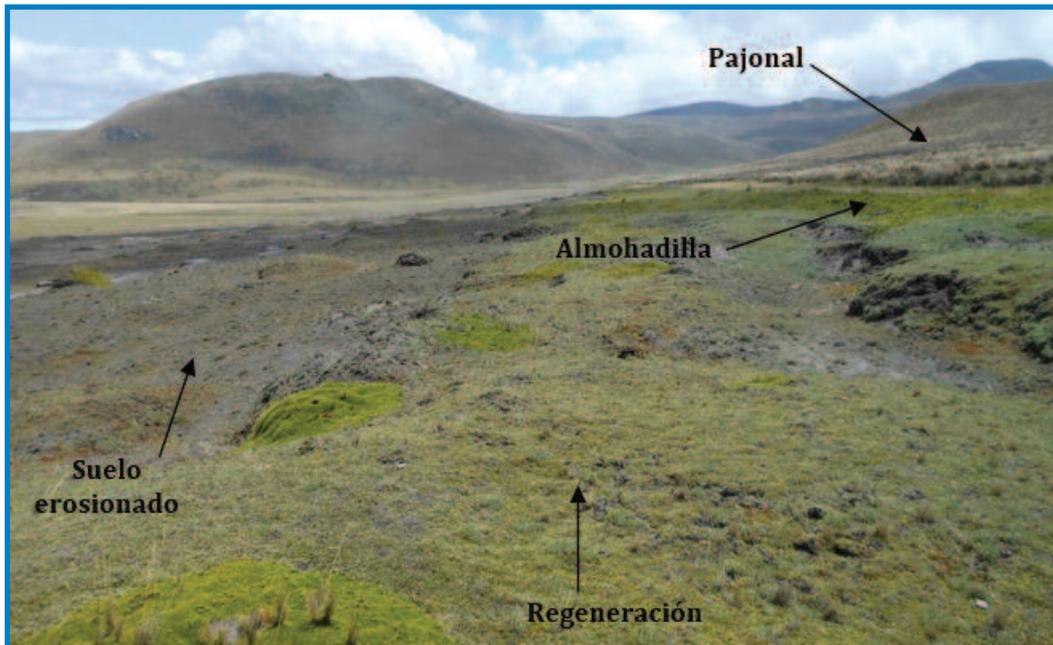


Figura 14. Formaciones vegetales de la franja de suelo erosionado

⋮

3

Caracterización del ecosistema de referencia



Proceso metodológico para caracterizar ecosistemas de referencia

Para determinar el escenario de referencia, se aplicó una Evaluación Ecológica Rápida (EER) en las tres zonas (baja, media y alta) que se obtuvo en la primera zonificación que se presentó en la Figura 10. Los métodos que se aplicó para realizar la EER son: 1) revisión de información secundaria; y, 2) caracterización en campo.

Revisión y análisis de información secundaria

Dentro de este método, se revisó la información secundaria disponible sobre la estructura, composición y funcionamiento del páramo de la microcuenca Jatunhuaycu. Para ello se consideró las seis recomendaciones sugeridas por SER (2004) y Vargas et al. (2010), las mismas que se presentan a continuación:

1. Descripciones ecológicas y listas de especies antes de la perturbación.
2. Análisis de series de mapas del área de estudio antes del daño para determinar la transformación del ecosistema.
3. Remanentes del sitio que se ha de restaurar que indiquen las condiciones físicas anteriores y la biota.
4. Descripciones ecológicas y listas de especies de ecosistemas similares e intactos.
5. Versiones históricas e historia orales de los actores locales.
6. Evidencias paleoecológicas y paleohidrológicas.

Caracterización en campo

Luego de revisar la información secundaria, esta se complementó con una caracterización florística del sitio de estudio. La metodología que a continuación se presenta, fue adaptada de Aguirre y Aguirre (1999), Eguiguren y Ojeda (2009) y Guzmán y Salinas (2010).

• Instalación de las unidades de muestreo

Luego de la zonificación del sitio de estudio, se instaló tres unidades rectangulares de 30 x 2 m., conocidas como transectos, por cada zona de la microcuenca. La información colectada de cada unidad se analizó en función de la curva de acumulación de especies, es por ello que en cada transecto se delimitarán de forma inicial, cinco parcelas de 2 x 2 m (4 m²) con una separación de 5 m cada una, esto con la finalidad de abarcar la mayor variabilidad posible y mantener un espacio para el ingreso a las parcelas al momento de la evaluación (Figura 15).

Para evitar el efecto de borde, se instalaron estos equipos en el centro de cada zona de la micro-

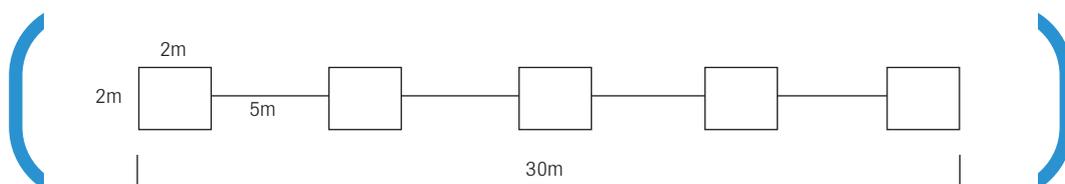


Figura 15. Diseño del transecto para el muestreo florístico de la microcuenca Jatunhuaycu

cuenca teniendo como referencia la dirección cardinal en la que se encuentra el río Jatunhuaycu. Los vértices de las parcelas fueron marcados con estacas de polietileno y fueron delimitadas con piola plástica. Luego, se georeferenció con un GPS con la finalidad de contar con su ubicación exacta en el caso de que se necesite intensificar el muestreo hasta que la curva de acumulación de especies se establezca.

• Cuantificación de la diversidad florística

La evaluación florística se realizó en todas las parcelas que se instaló por los tres transectos, registrando los siguientes datos:

a. Porcentaje de cobertura de superficie

En cada parcela, se registró los diferentes tipos de cobertura de superficie (plantas vasculares, briofitos, líquenes, hojarasca y suelo desnudo). Para ello se utilizó una malla de frecuencia de 1 m², dividida en celdas de 0,10 x 0,10 m (Figura 16a). Para las especies de menor cobertura de superficie, se utilizó una malla impresa en una hoja de acetato con una dimensión de 0,10 x 0,10 m, dividida en celdillas de 1 x 1 cm (Figura 16b).

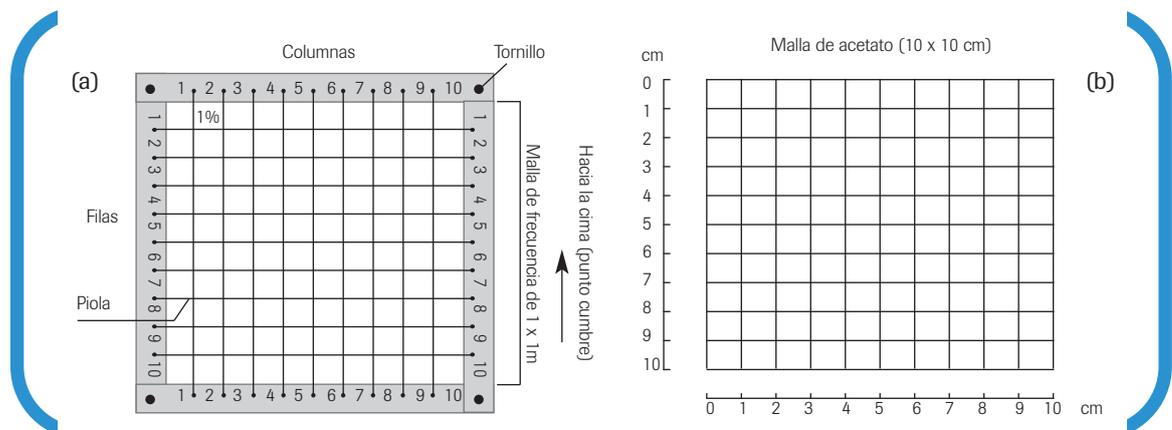


Figura 16. Malla para la estimación de cobertura de superficie:
(a) malla de 1 x 1 m; (b) malla de acetato de 10 x 10 cm

Para la evaluación, el investigador se ubicó a un lado de la parcela de 4 m² y determinó el porcentaje de cobertura de superficie con una vista perpendicular al terreno y una altura máxima de 0,5 m entre la malla y el investigador, esto con la finalidad de realizar una estimación más precisa.

Cada tipo de cobertura se le asignará un porcentaje dependiendo del número de cuadros que ocupe. Al final, la sumatoria de los tipos de cobertura será de 100 %. Complementario a ello, se contará el número de individuos de cada especie, estos datos servirán para determinar riqueza y abundancia. En el caso de no ser posible la identificación en campo de las especies, se procedió a coleccionar muestras botánicas, las mismas fueron identificadas en el Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y en el Herbario Loja de la Universidad Nacional de Loja. Para coleccionar la información de campo se utilizó la siguiente hoja de campo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Hoja de campo para la cuantificación de la diversidad florística de la microcuenca Jatunhuaycu

Zona:			Altitud: Coordenadas:		Fecha:			
Transecto	N. parcela	Código	N. científico	N. común	Hábito de crecimiento	Altura	% de cobertura	Observaciones
					Roseta acaule Gramíneas en macollas Hierbas Cojines			

El hábito de crecimiento se determinará con base en los sugeridos por Ramsay y Oxley (1997) y Llambí et al. (2012). Por otro lado, para determinar el porcentaje de cobertura se utilizará una hoja de campo particular, la cual se presenta en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Formulario de datos de cobertura de tipos de superficie y de especie

Tipos de cobertura (%)		Subtipos de cobertura (%)	
Plantas vasculares		Líquenes bajo plantas vasculares	Briofitos bajo plantas vasculares
Rocas sólidas		Líquenes sobre las rocas	Briofitos sobre rocas
Piedras sueltas		Líquenes en piedras sueltas	Briofitos sobre piedras sueltas
Líquenes en el suelo no cubiertos por plantas vasculares		Comentarios sobre la estimación de la cobertura	
Briofitos en el suelo no cubiertos por plantas vasculares			
Suelo desnudo			
Hojarasca			
Total (100%)			
Cobertura de especies (%)			
Especies	# ind.	% de cobertura	
Suma de cobertura:			
# de especies de plantas vasculares:			
Comentarios generales:			

• Análisis de datos

Los datos colectados en campo se sistematizaron en hojas electrónicas, a través de las cuales se determinó los parámetros ecológicos que se describen a continuación:

• Parámetros ecológicos

Los parámetros ecológicos que se calcularon son: diversidad relativa por familia, densidad, densidad relativa, frecuencia relativa, cobertura, diversidad alfa y beta. Las fórmulas que se utilizó para se presenta en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Parámetros ecológicos para el análisis de la diversidad florística de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Parámetro	Modelo	Descripción	Interpretación
Diversidad relativa de cada familia (DiR)	$DiR = \frac{\text{No. especies por familia}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de especies}} \times 100$	Expresa cuán diversa es una familia en base al número de especies por las que está representada.	La familia más diversa es la que alcanza el porcentaje más alto.
Densidad (D)	$D = \frac{\text{No. total de individuos de una especie o por todas las especies}}{\text{Total área muestreada}}$	Es el número de individuos de una especie o de todas las especies por unidad de área o superficie.	-----
Densidad relativa (DR)	$DR = \frac{\text{Número de individuos por especies}}{\text{Numero total de individuos}} \times 100$	Es el número total de individuos de una especie expresada como una proporción del número total de individuos de todas las especies.	La especie con mayor densidad relativa es la que tiene el porcentaje más alto.
Frecuencia (FR)	$FR = \frac{\text{Número de parcelas en la que se repite la especies}}{\text{Número total de parcelas}} \times 100$	Es el número de ocurrencia de una especie en el área de muestreo.	Se expresa en porcentaje.
Cobertura	$\%Cob = \frac{\text{Número de registros de la especie}}{\text{Número total de registros}} \times 100$	Es la proporción que ocupa una especie en proyección perpendicular al terreno	La especie que tiene el porcentaje más alto, es la más dominante
Diversidad Alfa	Índice de Shannon-Wiener (H) $H = -\sum (P_i \ln P_i)$ E=HlnS	S=número de especies P _i =proporción total de la muestra que corresponde a la especie i Ln=logaritmo natural E= índice de equitatividad	Div.baja: 0-0,35 Div.media: 0,36-0,7 Div alta: 0,71-1

Fuente: Aguirre y Aguirre (1999), Eguiguren y Ojeda (2009)

También se analizó el nivel de endemismo de cada zona de la microcuenca Jatunhuaycu. Para ello, se revisó el listado general de todas las especies y se las comparó con el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador (Jørgensen y León-Yáñez 1999) y el Libro Rojo de las Especies Endémicas del Ecuador (Valencia et al. 2000).

Descripción de los ecosistemas de referencia

Tipología de los ecosistemas de referencia

En la zona de estudio se identificaron preliminarmente tres ecosistemas con diferentes niveles de conservación, los mismos que pueden ser usados como escenarios de referencia para iniciar a planificar la restauración. Estos tres escenarios se describen a continuación:

- **Zona baja:** se encuentra en rangos altitudinales comprendidos entre 3 900 a 4 100 m s.n.m. La topografía del terreno varía con pendientes entre 0 a 10 %. Presenta dos tipos de formación vegetal: 1) páramo de almohadillas; y, 2) páramo de pajonal (Figura 17). Esa dominada por especies como *Werneria nubigena*, *Azorella peduncula* y *Poa subpicata*. Esa zona es la más degradada, ya que por las condiciones del terreno se utilizó para el pastoreo intensivo para la



Figura 17. Escenario de referencia de la zona baja de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

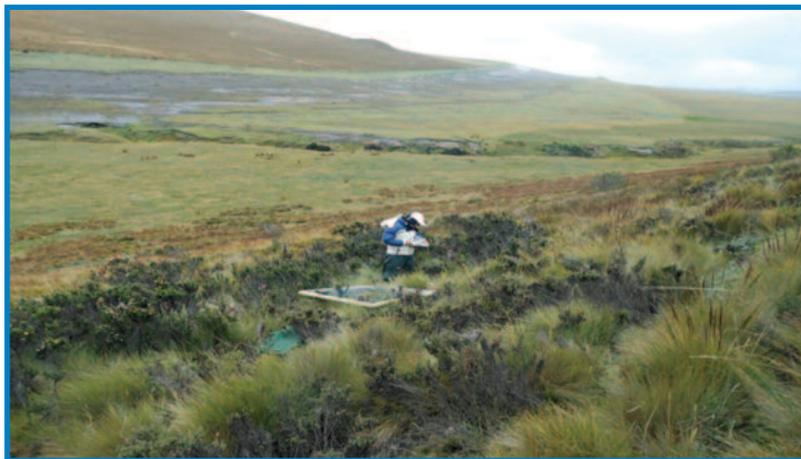


Figura 18. Escenario de referencia de la zona media de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

crianza de ganado vacuno y ovino. Esta actividad productiva estuvo asociada con la quema de la vegetación nativa. Actualmente, presenta una franja de suelo compactado y erosionado que fue el resultado del pisoteo excesivo del ganado descrita anteriormente.

- **Zona media:** se caracteriza por presentar una topografía con pendientes entre 10 y 30 %. Comprende rangos altitudinales entre 4 101 a 4 300 m s.n.m. La presencia de tres hábitos de crecimiento (hierbas, gramíneas en penachos y arbustos), indica que esta zona se encuentra en un nivel medio de degradación. Se encuentra dominada por una formación vegetal de pajonal (Figura 18), cuya especie característica es *Calamagrostis intermedia*. En esta zona ya se puede observar arbustos, principalmente *Chuquiraga jussuei*.

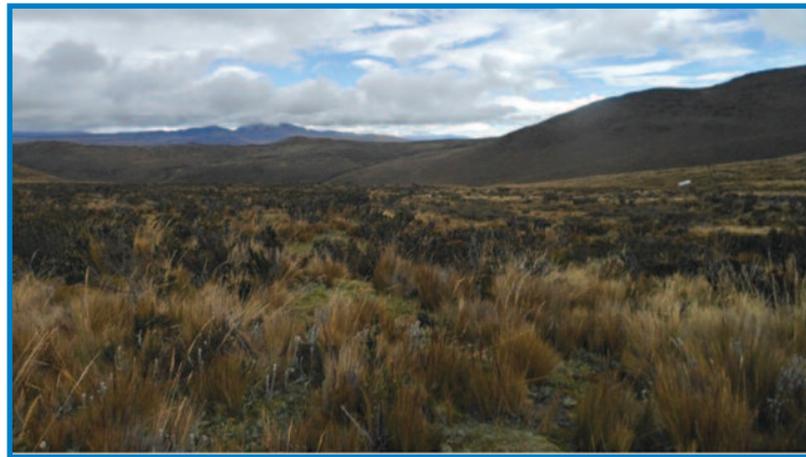


Figura 19. Escenario de referencia de la zona alta de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Para determinar el escenario de referencia, se aplicó una Evaluación Ecológica Rápida (EER) en las tres zonas (baja, media y alta) que se obtuvo en la primera zonificación

- **Zona alta:** Corresponde a altitudes mayores a 4 301 m s.n.m., con pendientes que varían entre rangos de 10 a 30 % y mayores a 30 %. Es la zona más conservada del sitio, ya que no hay evidencia de actividades ganaderas o espacios con suelo descubierto. Se puede evidenciar tres hábitos de crecimiento: hierbas, gramíneas en penachos y arbustos, dentro de la formación vegetal de páramo de pajonal (Figura 19). Al igual que la zona uno y dos, dentro de las herbáceas es común encontrar especies del género *Azorella*, *Geranium* y *Lachemilla*. Dentro de las gramíneas en penachos sigue dominante la especie *Calamagrostis intermedia*. En comparación con la zona media, ésta ya presenta mayor diversidad de arbustos, destacando especies del género *Chuquiraga* y *Diplostephium*.

Composición florística de los ecosistemas de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu-UHJ

En escenarios de referencia de la UHJ, se registraron un total de 4 640 individuos, 15 familias y 38 especies. De esta diversidad, 2 413 individuos, 11 familias y 17 especies se encuentran en la zona baja; 601 individuos, 11 familias y 25 especies corresponden a la zona media; y, 1 625 individuos, 14 familias y 28 especies se ubicaron en la zona alta (Figura 20).

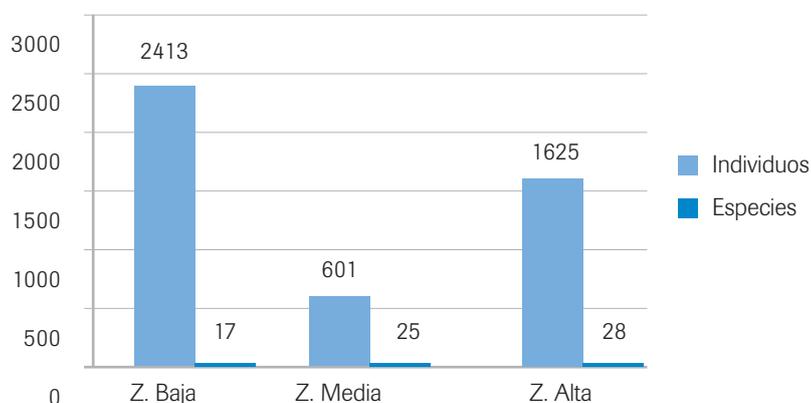


Figura 20. Riqueza y abundancia de los ecosistemas de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

En este gráfico se puede observar que en cuanto a riqueza, existen diferencias entre la zona baja y la zona media y alta juntas. Sin embargo, esa diferencia es mucho más marcada entre la abundancia de las zonas. Esto puede ser el resultado de una menor cantidad de especies sombra en la zona baja, así por ejemplo *Calamagrostis intermedia*, que permite la llegada de una mayor cantidad de luz solar al suelo en esta zona, permitiendo el desarrollo de una mayor cantidad de individuos (principalmente herbáceas).

En la zona baja, las especies *Werneria nubigenia*, *Poa subspicata* y *Hypochaeris* sp., aportan con la mayor abundancia de esta zona con 1 402, 352 y 326 individuos respectivamente. En la zona media y alta, la abundancia se ve representada por *Werneria nubigenia* con 268 y 725 individuos, respectivamente (Cuadro 13).

Como se puede observar en la curva de acumulación de especies (Figura 21), los 20 m² muestreados en la UHJ permitieron abarcar un buen porcentaje de diversidad florística, ya que la tendencia de la curva muestra una leve estabilización a partir de esta área muestral.

Cuadro 13. Riqueza y abundancia por escenario de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Familia	Nombre científico	Escenario de referencia			TOTAL
		Zona Baja	Zona Media	Zona alta	
APIACEAE	<i>Azorella multifida</i>	6	5	1	12
APIACEAE	<i>Azorella pedunculata</i>	14	4	11	29
POACEAE	<i>Calamagrostis intermedia</i>	0	42	58	100
CARYOPHYLLACEAE	<i>Cerastium imbricatum</i>	3	0	0	3
CARYOPHYLLACEAE	<i>Cerastium sp.</i>	2	0	0	2
ASTERACEAE	<i>Chuquiraga jussieui</i>	0	0	9	9
ASTERACEAE	<i>Diplostephium ericoides</i>	0	17	34	52
BRASSICACEAE	<i>Draba sp.</i>	1	0	0	1
POACEAE	<i>Elymus cordilleranus</i>	0	89	56	145
POACEAE	<i>Festuca andicola</i>	0	1	0	1
POACEAE	<i>Festuca rubra</i>	19	0	0	19
ASTERACEAE	<i>Flosmutisia sp.</i>	0	1	1	2
CYPERACEAE	<i>Fuirena sp.</i>	0	1	1	2
RUBIACEAE	<i>Galium canescens</i>	0	3	0	3
GENTIANACEA	<i>Gentiana sedifolia</i>	0	5	0	5
GENTIANACEA	<i>Gentianella cerastioides</i>	0	7	2	9
GERANIACEAE	<i>Geranium antisanae</i>	97	44	20	161
GERANIACEAE	<i>Geranium multipartitum</i>	18	4	15	37
GERANIACEAE	<i>Geranium sp.</i>	0	2	0	2
GENTIANACEA	<i>Halenia weddelliana</i>	0	10	11	21
ASTERACEAE	<i>Helogyne sp.</i>	0	0	11	11
ASTERACEAE	<i>Hypochaeris sp.</i>	326	1	158	485
ASTERACEAE	<i>Indeterminada</i>	27	0	8	35
ROSACEAE	<i>Lachemilla orbiculata</i>	13	15	3	31
BRASSICACEAE	<i>Lepidium chichicara</i>	0	0	4	4
FABACEAE	<i>Lupinus microphyllus</i>	1	0	0	1
FABACEAE	<i>Lupinus sp.</i>	0	0	3	3
POACEAE	<i>Muhlenbergia sp.</i>	0	2	8	10
APIACEAE	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	111	4	5	120
POACEAE	<i>Poa cucullata</i>	0	1	8	9
POACEAE	<i>Poa subspicata</i>	356	42	8	406
RANUNCULACEAE	<i>Ranunculus praemorsus</i>	0	1	8	9
ASTERACEAE	<i>Senecio aratum</i>	0	0	127	127
CARYOPHYLLACEAE	<i>Stellaria recurvata</i>	0	0	1	1
CYPERACEAE	<i>Uncinia sp.</i>	4	0	186	190
VALERIANACEAE	<i>Valeriana microphylla</i>	0	30	0	30
VALERIANACEAE	<i>Valeriana rigida</i>	13	2	143	158
ASTERACEAE	<i>Werneria nubigena</i>	1402	268	725	2395
		2414	601	1625	4640

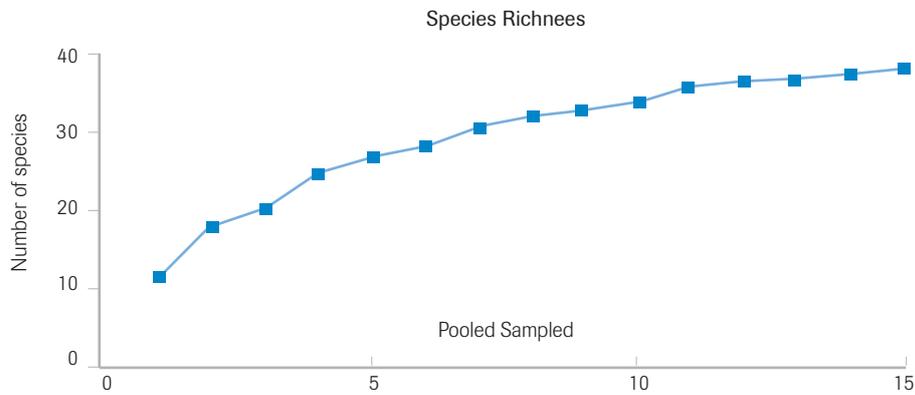


Figura 21. Curva de acumulación de especies de los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Parámetros ecológicos

A continuación se describen la diversidad por familia, densidad, densidad relativa, frecuencia, porcentaje de cobertura, endemismos y diversidad alfa y beta de los tres escenarios de referencia de la UHJ.

• Diversidad por familia

En las tres zonas, las familias Asteraceae, Poaceae y Apiaceae están bien representadas, ya que poseen el mayor número de especies en cada sitio (Figura 22); sin embargo, hay diferencias en la

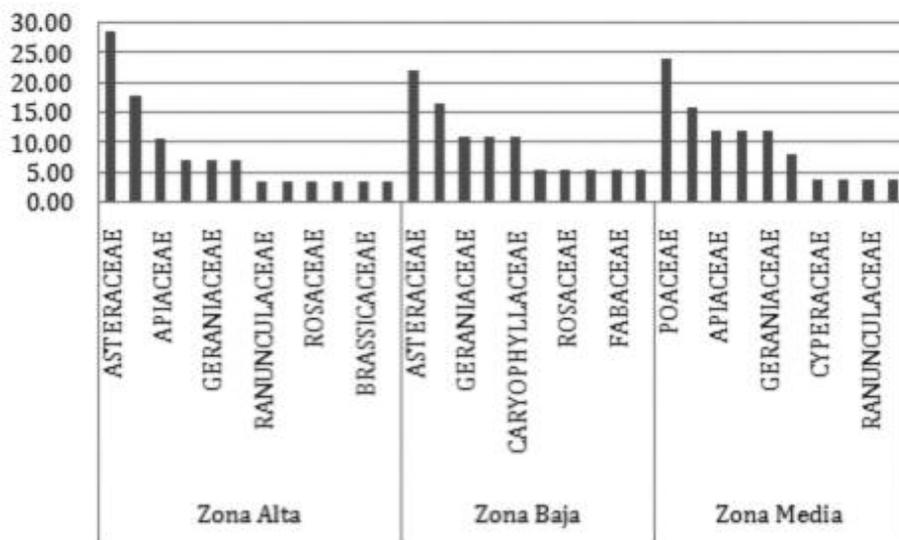


Figura 22. Diversidad de las familias con mayor riqueza por escenario de referencia

cantidad de especies que cada una de ellas posee, así por ejemplo, la familia Asteraceae posee cuatro especies en la zona baja y media, y ocho especies en la zona alta. Por otro lado, existen pequeñas variaciones entre zonas respecto al orden que ocupan las 10 familias con mayor riqueza (Cuadro 14)

Cuadro 14. Diversidad relativa por familia de los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu			
E. de referencia	Familia	Riqueza	Diversidad relativa (%)
Zona Baja	ASTERACEAE	4	22.22
	APIACEAE	3	16.67
	GERANIACEAE	2	11.11
	POACEAE	2	11.11
	CARYOPHYLLACEAE	2	11.11
	BRASSICACEAE	1	5.56
	ROSACEAE	1	5.56
	VALERIANACEAE	1	5.56
	FABACEAE	1	5.56
	CYPERACEAE	1	5.56
Zona Media	POACEAE	6	24.00
	ASTERACEAE	4	16.00
	APIACEAE	3	12.00
	GENTIANACEA	3	12.00
	GERANIACEAE	3	12.00
	VALERIANACEAE	2	8.00
	CYPERACEAE	1	4.00
	RUBIACEAE	1	4.00
	RANUNCULACEAE	1	4.00
	ROSACEAE	1	4.00
Zona Alta	ASTERACEAE	8	28.57
	POACEAE	5	17.86
	APIACEAE	3	10.71
	CYPERACEAE	2	7.14
	GERANIACEAE	2	7.14
	GENTIANACEA	2	7.14
	RANUNCULACEAE	1	3.57
	CARYOPHYLLACEAE	1	3.57
	ROSACEAE	1	3.57
	VALERIANACEAE	1	3.57
	BRASSICACEAE	1	3.57
	FABACEAE	1	3.57

• Densidad y densidad relativa

Las especies con mayor número de individuos por superficie en la zona baja son *Werneria nubigena* con 70 individuos en 20 m² y 35 050 ind/ha, *Poa subspicata* con 8 900 ind/ha e *Hypochoeris* sp., con 8 150 ind/ha (Figura 23). Al ser estas las especies más densas, constituyen el 86.33 % de este escenario de referencia. En la zona media, *Werneria nubigena* con 6 700 ind/ha es la especie con mayor densidad y representa el 44.59 % de este escenario. Finalmente, en la zona alta, *Werneria nubigena* sigue constituyéndose en la más densa con 18 150 ind/ha, lo que representa el 44.62 % de esta zona (Cuadro 15).

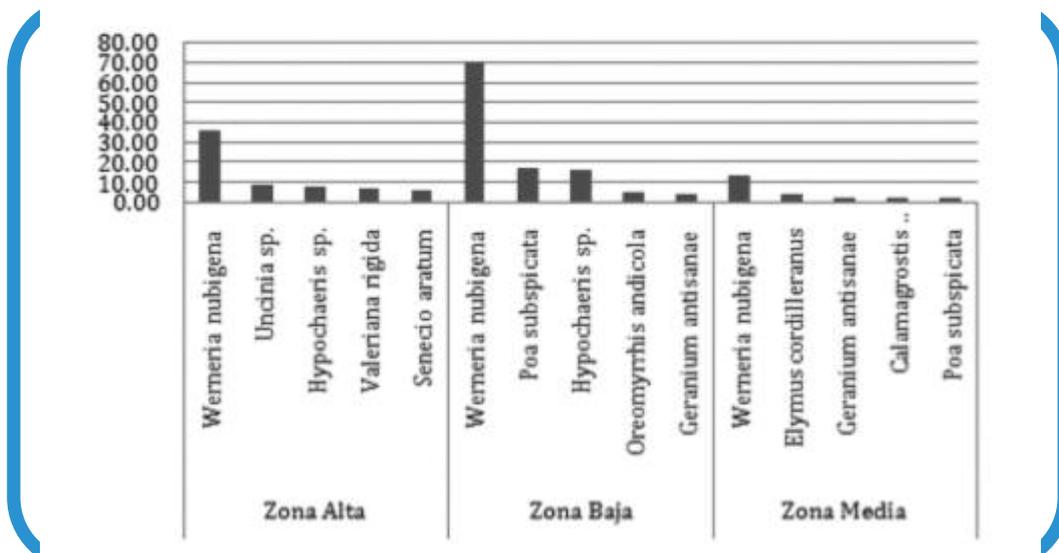


Figura 23. Densidad de las cinco especies con mayor densidad por escenario de referencia

Cuadro 15. Densidad y densidad relativa de los escenarios de referencia

E. de referencia	Especie	Densidad	Densidad relativa (%)
Zona Baja	<i>Werneria nubigena</i>	70.10	58.10
	<i>Poa subspicata</i>	17.80	14.75
	<i>Hypochoeris</i> sp.	16.30	13.51
	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	5.55	4.60
	<i>Geranium antisanae</i>	4.85	4.02
	<i>Indeterminada</i>	1.35	1.12
	<i>Festuca rubra</i>	0.95	0.79
	<i>Geranium multipartitum</i>	0.90	0.75
	<i>Azorella pedunculata</i>	0.70	0.58
	<i>Valeriana rigida</i>	0.65	0.54
	<i>Lachemilla orbiculata</i>	0.65	0.54
	<i>Azorella multifida</i>	0.30	0.25
	<i>Uncinia</i> sp.	0.20	0.17
	<i>Cerastium imbricatum</i>	0.15	0.12
	<i>Cerastium</i> sp.	0.10	0.08
	<i>Draba</i> sp.	0.05	0.04
	<i>Lupinus microphyllus</i>	0.05	0.04

Zona Media	<i>Werneria nubigena</i>	13.40	44.59
	<i>Elymus cordilleranus</i>	4.45	14.81
	<i>Geranium antisanæ</i>	2.20	7.32
	<i>Poa subspicata</i>	2.10	6.99
	<i>Calamagrostis intermedia</i>	2.10	6.99
	<i>Valeriana microphylla</i>	1.50	4.99
	<i>Diplostephium ericoides</i>	0.85	2.83
	<i>Lachemilla orbiculata</i>	0.75	2.50
	<i>Halenia weddelliana</i>	0.50	1.66
	<i>Gentianella cerastioides</i>	0.35	1.16
	<i>Azorella multifida</i>	0.25	0.83
	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.25	0.83
	<i>Azorella pedunculata</i>	0.20	0.67
	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	0.20	0.67
	<i>Geranium multipartitum</i>	0.20	0.67
	<i>Galium canescens</i>	0.15	0.50
	<i>Geranium sp.</i>	0.10	0.33
	<i>Muhlenbergia sp.</i>	0.10	0.33
	<i>Valeriana rigida</i>	0.10	0.33
	<i>Festuca andicola</i>	0.05	0.17
	<i>Ranunculus praemorsus</i>	0.05	0.17
	<i>Flosmutisia sp.</i>	0.05	0.17
	<i>Fuirena sp.</i>	0.05	0.17
	<i>Hypochoeris sp.</i>	0.05	0.17
<i>Poa cucullata</i>	0.05	0.17	
Zona Alta	<i>Werneria nubigena</i>	36.25	44.62
	<i>Uncinia sp.</i>	9.30	11.45
	<i>Hypochoeris sp.</i>	7.90	9.72
	<i>Valeriana rigida</i>	7.15	8.80
	<i>Senecio aratum</i>	6.35	7.82
	<i>Calamagrostis intermedia</i>	2.90	3.57
	<i>Elymus cordilleranus</i>	2.80	3.45
	<i>Diplostephium ericoides</i>	1.70	2.09
	<i>Geranium antisanæ</i>	1.00	1.23
	<i>Geranium multipartitum</i>	0.75	0.92
	<i>Azorella pedunculata</i>	0.55	0.68
	<i>Helogyne sp.</i>	0.55	0.68
	<i>Halenia weddelliana</i>	0.55	0.68
	<i>Chuquiraga jussieui</i>	0.45	0.55
	<i>Indeterminada</i>	0.40	0.49
	<i>Ranunculus praemorsus</i>	0.40	0.49
	<i>Muhlenbergia sp.</i>	0.40	0.49
	<i>Poa cucullata</i>	0.40	0.49
	<i>Poa subspicata</i>	0.40	0.49
	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	0.25	0.31
	<i>Lepidium chichicara</i>	0.20	0.25
	<i>Lupinus sp.</i>	0.15	0.18
	<i>Lachemilla orbiculata</i>	0.15	0.18
	<i>Gentianella cerastioides</i>	0.10	0.12
	<i>Azorella multifida</i>	0.05	0.06
	<i>Fuirena sp.</i>	0.05	0.06
	<i>Stellaria recurvata</i>	0.05	0.06
<i>Flosmutisia sp.</i>	0.05	0.06	

Las especies alcanzan mayor densidad en la zona baja y una menor densidad en la zona media y alta. En los tres escenarios las especies con las mayores densidades son rosetas acaules y gramíneas en penachos. Sin embargo, es importante complementar estos resultados con el porcentaje de cobertura, ya que especies como *Azorella pedunculata* por su hábito de crecimiento no permiten una cuantificación absoluta de su abundancia y por ende de su densidad, pero si pueden dominantes en cuanto a cobertura.

• Frecuencia relativa

En el escenario de referencia de la zona baja, las especies más frecuentes son *Azorella pedunculata*, *Valeriana rigida*, *Poa subspicata*, *Geranium multipartitum*, *Werneria nubigena*, *Hypochoeris* sp. y *Lachemilla orbiculata* con 100 % cada una, ya que estuvieron presentes en los 20 m² muestreados. Por su parte la zona media, *Azorella multifida* posee una frecuencia del 100 %, seguida por *Azorella pedunculata*, *Calamagrostis intermedia*, *Elymus cordilleranus* y *Werneria nubigena* con un valor de 80 %. Finalmente, la zona alta hay ocho especies que presenta una frecuencia del 100 %, estas son *Calamagrostis intermedia*, *Elymus cordilleranus*, *Geranium multipartitum*, *Helogyne* sp., *Hypochoeris* sp., *Senecio aratum*, *Uncinia* sp. y *Werneria nubigena* (Figura 24 y Cuadro 16).

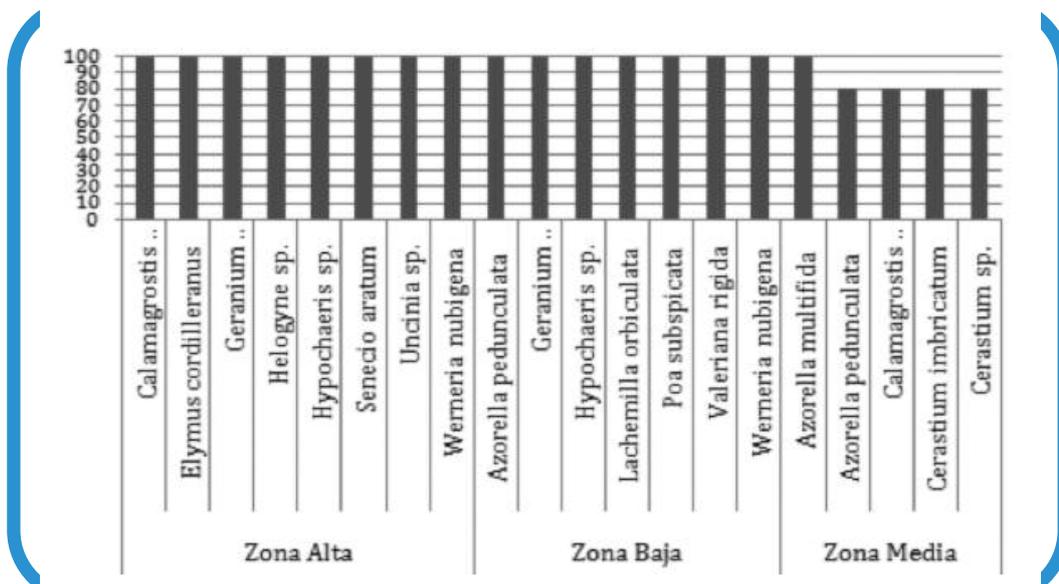


Figura 24. Frecuencia relativa de las especies con mayor aparición en los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Cuadro 16. Frecuencia relativa de las especies por escenario de referencia

Zona Baja		Zona Media		Zona Alta	
Especie	FR (%)	Especie	FR (%)	Especie	FR (%)
<i>Lachemilla orbiculata</i>	100	<i>Lachemilla orbiculata</i>	100	<i>Werneria nubigena</i>	100
<i>Valeriana rigida</i>	100	<i>Elymus cordilleranus</i>	80	<i>Senecio aratum</i>	100
<i>Poa subspicata</i>	100	<i>Azorella multifida</i>	80	<i>Helogyne</i> sp.	100
<i>Azorella pedunculata</i>	100	<i>Calamagrostis intermedia</i>	80	<i>Calamagrostis intermedia</i>	100
<i>Werneria nubigena</i>	100	<i>Werneria nubigena</i>	80	<i>Uncinia</i> sp.	100
<i>Geranium multipartitum</i>	100	<i>Valeriana microphylla</i>	60	<i>Elymus cordilleranus</i>	100
<i>Hypochaeris</i> sp.	100	<i>Geranium antisanae</i>	60	<i>Geranium multipartitum</i>	100
<i>Oreomyrrhis andicola</i>	80	<i>Diplostephium ericoides</i>	60	<i>Hypochaeris</i> sp.	100
<i>Geranium antisanae</i>	60	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	40	<i>Azorella pedunculata</i>	80
<i>Azorella multifida</i>	60	<i>Galium canescens</i>	40	<i>Muhlenbergia</i> sp.	80
<i>Cerastium</i> sp.	40	<i>Poa subspicata</i>	40	<i>Valeriana rigida</i>	80
<i>Uncinia</i> sp.	20	<i>Azorella pedunculata</i>	40	<i>Indeterminada</i>	60
<i>Draba</i> sp.	20	<i>Muhlenbergia</i> sp.	40	<i>Geranium antisanae</i>	60
<i>Indeterminada</i>	20	<i>Gentianella cerastioides</i>	40	<i>Chuquiraga jussieui</i>	60
<i>Festuca rubra</i>	20	<i>Geranium multipartitum</i>	40	<i>Poa subspicata</i>	40
<i>Cerastium imbricatum</i>	20	<i>Geranium</i> sp.	20	<i>Diplostephium ericoides</i>	40
<i>Lupinus microphyllus</i>	20	<i>Festuca andicola</i>	20	<i>Ranunculus praemorsus</i>	40
		<i>Halenia weddelliana</i>	20	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	40
		<i>Gentiana sedifolia</i>	20	<i>Poa cucullata</i>	40
		<i>Ranunculus praemorsus</i>	20	<i>Lepidium chichicara</i>	40
		<i>Flosmutisia</i> sp.	20	<i>Lachemilla orbiculata</i>	20
		<i>Valeriana rigida</i>	20	<i>Flosmutisia</i> sp.	20
		<i>Fuirena</i> sp.	20	<i>Stellaria recurvata</i>	20
		<i>Hypochaeris</i> sp.	20	<i>Fuirena</i> sp.	20
				<i>Azorella multifida</i>	20
				<i>Halenia weddelliana</i>	20
				<i>Gentianella cerastioides</i>	20
				<i>Lupinus</i> sp.	20

• Cobertura

En los tres escenarios de referencia existe un porcentaje de cobertura de plantas vasculares mayor al 90 % (Cuadro 17). Esto destaca la riqueza de este páramo y la presencia de diferentes estratos que hacen que casi toda la superficie del suelo esté cubierta por algún tipo de vegetación. Es importante observar, como en la zona media y alta ya existe la presencia de briófitos, líquenes y especies arbóreas. Según Eguiguren y Ojeda (2009), la importancia de estas especies radica en la formación de superficies compactas, sirviendo de sustrato para el crecimiento de especies vasculares, es por ello que la riqueza de la zona media y alta, también puede estar relacionada con este factor.

Por otro lado, Eguiguren y Ojeda (2009) mencionan que conforme aumenta la altitud, la ocurrencia de arbustos disminuye. Sin embargo, este no es el caso de la UHJ, y más bien la presencia de

arbustos es mayor en la zona alta. Este patrón de distribución puede estar asociado al nivel de intervención de cada zona. Recordemos que la parte baja de la microcuenca fue la más afectada por las actividades antrópicas.

Cuadro 17. Porcentaje de cobertura de los tipos de superficie identificados en los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

E. de referencia	Tipos de cobertura (%)	
Zona Baja	Plantas vasculares	93.6
	Rocas sólidas	0.0
	Piedras sueltas	0.0
	Líquenes en el suelo cubiertos por plantas vasculares	0.0
	Briofitos en el suelo cubiertos por plantas vasculares	0.0
	Suelo desnudo	6.8
	Total	100.0
Zona Media	Plantas vasculares	98.0
	Rocas sólidas	0.0
	Piedras sueltas	0.0
	Líquenes en el suelo cubiertos por plantas vasculares	0.0
	Briofitos en el suelo cubiertos por plantas vasculares	30.0
	Suelo desnudo	0.0
	Total	128.0
Zona Alta	Plantas vasculares	98.0
	Rocas sólidas	0.0
	Piedras sueltas	0.0
	Líquenes en el suelo cubiertos por plantas vasculares	0.1
	Briofitos en el suelo cubiertos por plantas vasculares	1.1
	Líquenes en el suelo no cubiertos por plantas vasculares	0.0
	Briofitos en el suelo no cubiertos por plantas vasculares	0.4
	Suelo desnudo	2.0
	Total	101.5

En los tres escenarios de referencia existe un porcentaje de cobertura de plantas vasculares mayor al 90 %, esto destaca la riqueza de este páramo...

Las especies que tienen una mayor cobertura dentro del escenario de referencia de la zona baja son: *Azorella pedunculata*, *Werneria nubigena* y *Poa subspicata*, con valores de 27.85 %, 25.05 % y 15.58 %, respectivamente. La cobertura de la zona media está determinada por *Elymus cordilleranus* y *Calamagrostis intermedia*. En la zona alta las especies con mayor cobertura son *Calamagrostis intermedia*, *Helogyne* sp., y *Elymus cordilleranus* (Cuadro 18).

Cuadro 18. Datos de las cinco especies con mayor porcentaje de cobertura por escenario de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

E. de referencia	Tipos de cobertura (%)	
Zona Baja	<i>Azorella pedunculata</i>	27.85
	<i>Werneria nubigena</i>	25.05
	<i>Poa subspicata</i>	15.58
	<i>Valeriana rigida</i>	10.81
	<i>Geranium multipartitum</i>	3.96
Zona Media	<i>Elymus cordilleranus</i>	53.55
	<i>Calamagrostis intermedia</i>	25.20
	<i>Azorella pedunculata</i>	6.83
	<i>Diplostephium ericoides</i>	3.58
	<i>Valeriana microphylla</i>	3.30
Zona Alta	<i>Calamagrostis intermedia</i>	36.75
	<i>Helogyne sp.</i>	17.10
	<i>Elymus cordilleranus</i>	13.90
	<i>Azorella pedunculata</i>	6.36
	<i>Werneria nubigena</i>	5.12

El análisis de la cobertura nos permite complementar los resultados de abundancia, ya que como se mencionó con anterioridad, hay especies cuyo hábito de crecimiento no permite la cuantificación absoluta del número de individuos, y conocer su cobertura, nos permite tener una idea más clara de las especies que son dominantes dentro de los escenarios de referencia.

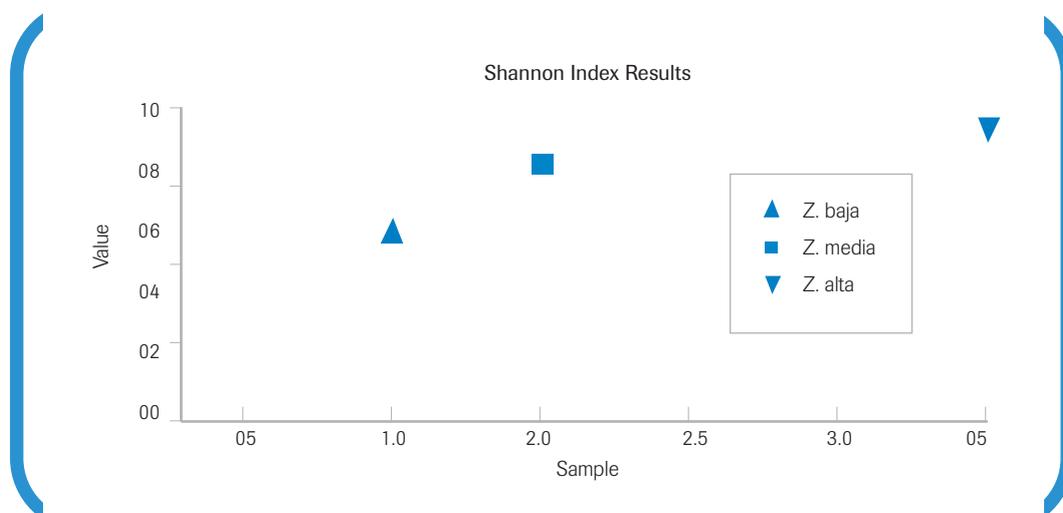


Figura 25. Diversidad alfa de los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

• Diversidad alfa

La diversidad alfa analizada mediante el índice de Shannon-Wiener, demostró la mayor diversidad se concentró en la zona media y alta, ya que obtuvieron valores de 0,86 y 0,87, respectivamente. La zona baja por su parte, tiene una diversidad media, ya que el índice indicó un valor de 0,6 (Figura 25). Estos resultados están relacionados con la riqueza que se registró en cada uno de los escenarios y que se analizó anteriormente.

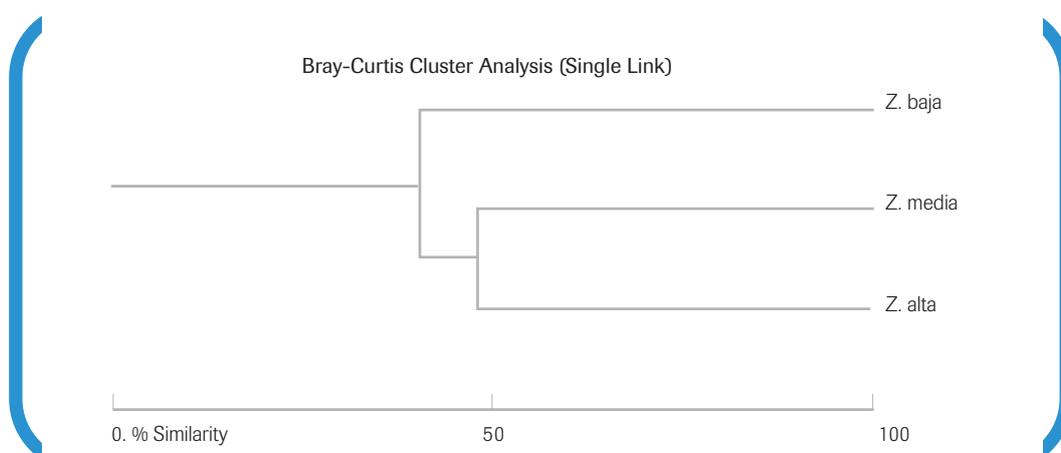


Figura 26. Porcentaje de similitud de los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Según Aguirre (2013), la composición florística en este tipo de páramo se mantiene constante a una distancia de 100 km. Sin embargo, el gráfico anterior muestra que la diversidad alfa de los escenarios de referencia de la UHJ sigue una tendencia definida, relacionada principalmente con el nivel de intervención de cada zona, razón por la cual hay una relación inversa: a menor intervención, mayor diversidad.

El análisis de la cobertura nos permite tener una idea más clara de las especies que son dominantes dentro de los escenarios de referencia.

• Análisis Clúster

En análisis Clúster realizado en el programa BioDiversity Pro, demostró que existe una similitud del 48 % entre la zona alta y la zona baja (Figura 26). Este resultado puede estar relacionado con las condiciones físicas de ambos sitios, ya que el muestreo se realizó en sitios con pendientes menores a 20 %. No así en la zona media, donde el terreno del sitio de muestreo presentó pendientes mayores a 45 %.

• Endemismo

De toda la riqueza registrada en los escenarios de referencia, se logró determinar dos especies endémicas: *Geranium antisanae* y *Diplostephium ericoides*. La primera presenta un hábito de crecimiento herbáceo y se desarrolla a altitudes entre 4 000 a 4 500 m s.n.m. en las provincias de Napo y Pichincha. La segunda especie es un arbusto que se distribuye en un rango altitudinal entre 2 500 a 4 500 m s.n.m. en las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Napo, Pichincha y Tungurahua (Jørgensen y León-Yáñez 1999).

La primera especie está presente en los tres escenarios de referencia, mientras que *Diplostephium ericoides* se encuentra solamente en la zona alta y media. La zona baja presenta la mayor abundancia, representada por *Geranium antisanae* (Figura 27).

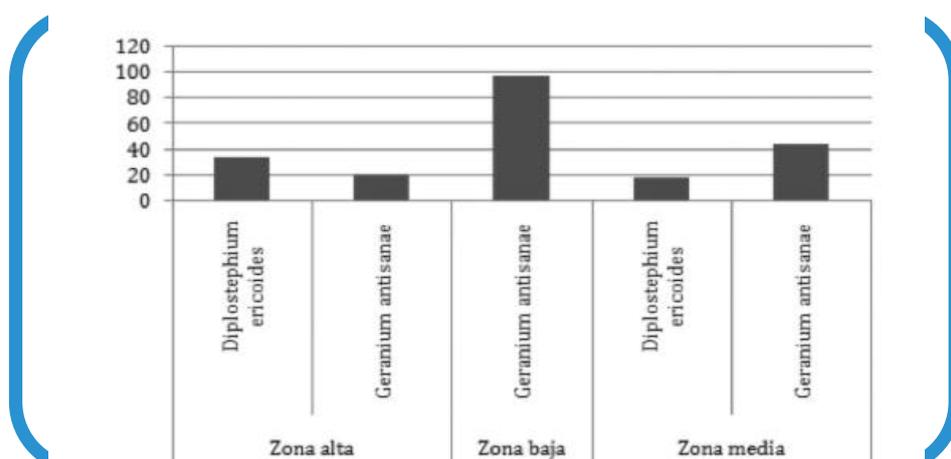


Figura 27. Abundancia de especies endémicas de los escenarios de referencia de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Los resultados de la EER de los tres escenarios identificados como referencia, permiten por un lado conocer el estado actual del ecosistema páramo en la UHJ, y lo más importante aún es que permiten proyectar modelos de restauración. En la Figura 28 se presenta un primer modelo conceptual y los alcances de los tres escenarios de restauración; como puede evidenciarse, el objetivo principal en cada uno de ellos es mejorar la provisión del servicio ecosistémico regulación hidrológica.

Los resultados de la EER de los tres escenarios permiten conocer el estado actual del páramo y permiten proyectar modelos de restauración...

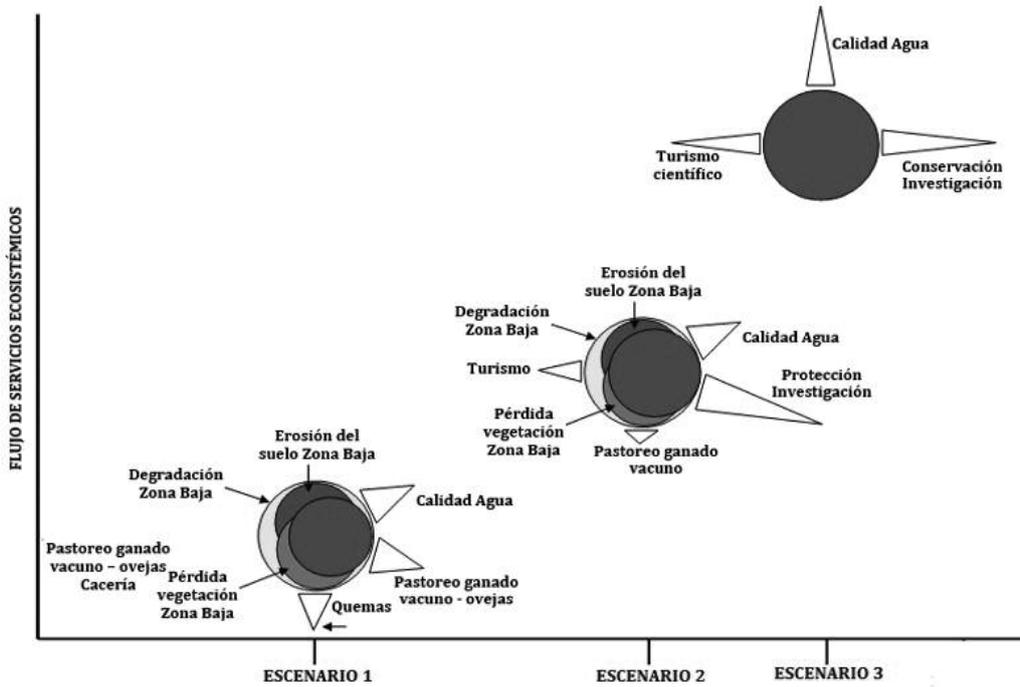


Figura 28. Modelo conceptual de los tres escenarios de referencia existentes en la UHJ. El cambio de color en los círculos representa el grado en la degradación del ecosistema. El círculo externo de cada "sol" representa la matriz socioeconómica y los triángulos representan los diferentes servicios ecosistémicos y actividades antrópicas, los cuáles aumentan o disminuyen según su uso

Bibliografía citada

- Aguirre N. 2012. Conservación y restauración de ecosistemas tropicales: estrategias para la conservación de los bosques tropicales y los páramos andinos. II Curso Internacional de Ecohidrología Tropical 2012. Medellín, Colombia. 40 diapositivas.
- Aguirre N., Eguiguren P., Ojeda T. 2010. El Cambio Climático y la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador. CEDAMAZ. Loja, Ecuador. 1:1 (5-12).
- Aguirre Z. 2013. Diversidad ecuatoriana. Carrera de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 71 p.
- Aguirre, Z; Aguirre, N. 1999. Guía para realizar estudios en comunidades vegetales. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ec. 50 p.
- Ávila L., F. Castiblanco, O. Rojas, J. Insuasty, O. Vargas. 2013. Control de gramíneas exóticas y reubicación de plantas para conformar núcleos de restauración ecológica en pastizales de páramo (PNN Chingaza, Colombia). Pp. 73. En: Barrera J., N. Garzón, J. Rubio, M. Aguilar (Eds). III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. Bogotá, Colombia.
- Barrera J., A. Ochoa, A. Granados, S. Guacaneme. 2011. La investigación con biosólidos, como enmienda orgánica en áreas afectadas por minería a cielo abierto en Bogotá D.C. Pp. 92-104. En: Vargas O., S. Reyes (Eds). La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Beltrán K., M. Bustamante, F. Cuesta, B. de Bièvre, M. Albán, M. Castro. 2011. Áreas prioritarias para la conservación y el manejo de los páramos en la provincia de Chimborazo. Pp- 65-87. En: Bustamante M., M. Albán, M. Argüello (Eds). Los páramos de Chimborazo. Un estudio socioambiental para la toma de decisiones. Gobierno Autónomo Descentralizado de Chimborazo/EcoCiencia/CONDESAN/ProgramaBioAndes/Proyecto Páramo Andino. Quito, Ecuador.
- Buytaert W., Cuesta-Camacho F., Tobón C. 2011. Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. *Global Ecology and Biogeography* 20: 19-33.
- Cartaya V., A. Espinoza, L. Llambí. 2012. Proyecto Páramo Andino: Experiencias exitosas en sitios piloto. El caso Venezuela. 38 p.
- Crissman C. 2003. La agricultura en los páramos: estrategias para el uso en el espacio. CONDESAN. Lima, Perú. 62 p.
- Cuesta F., M. Peralvo, Valarezo N. 2009. Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Programa Regional Ecobona-Intercooperation, Agencia Suiza para la cooperación y el desarrollo (CO-SUDE): Quito, Lima, La Paz.
- Díaz R., A. Díaz. 2007. Siembra de especies niñeras facilitadoras. Pp. 99-101. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.



- Díaz R., P. Velasco. 2011. La dispersión de semillas. Pp. 60-64. En: En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- ECOLAP, MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador: Reserva Ecológica Antisana. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador. 11 p.
- Eguiguren P., Ojeda T., y Aguirre N. .2010. Diversidad Florística del ecosistema paramo del Parque Nacional Podocarpus para el monitoreo del Cambio Climático. Ecología Forestal Vol. 1 No.1 p7-18
- Eguiguren P., T. Ojeda. 2009. Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florísticas en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. Tesis Ingeniería Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 101 p.
- FA (Fundación Antisana). 2005. Diagnóstico socioambiental del Corredor de Páramo El Tambo-Antisana. USAID/TheNatureConservancy. 179 p.
- FAO. 2005. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible: soluciones para la compactación del suelo. 23 p.
- FONAG (Fondo para la Protección del Agua). 2013. Cartografía digital de la microcuenca Jatunhuaycu. Escala 1:25000 (correo electrónico). Quito, Ecuador.
- Gayoso J., D. Alarcón. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 91 p.
- Guamán Y. 2010. Evaluación ecológica rápida para la priorización de áreas estratégicas y restauración vegetal en las parroquias Yanayacu y Rumipamba, cantón Quero, provincia de Tungurahua. Tesis Ingeniera Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 98 p.
- Guzmán P., L. Salinas. 2010. Patrones de diversidad florística en función de la gradiente altitudinal de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Tesis Ingeniería Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 84 p.
- Hobbs R., J. Harris. Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology* 9 (2): 239-246.
- Hofstede R., P. Segarra, P. Mena. (Eds). 2003. Los páramos del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito, Ecuador. 297 p.
- Insuasty J., P. Gómez, O. Rojas, C. Cárdenas, O. Vargas. 2011. Estrategias para la restauración ecológica de los páramos en áreas afectadas por pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). Pp. 507-525. En: Vargas O., S. Reyes (Eds). La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

- Insuasty J., P. Gómez, O. Rojas, C. Cárdenas, O. Vargas. 2013. Estrategias para la restauración ecológica en áreas de páramo transformadas por ganadería: bases para un modelo de restauración. Pp. 101-102. En: Barrera J., N. Garzón, J. Rubio, M. Aguilar (Eds). III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. Bogotá, Colombia.
- Jørgensen, P; León Yáñez, S. 1999. Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 75.1181 p.
- Larrea C. 2005. Hacia una historia ecológica del Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar, Corporación Editora Nacional, ECOCIENCIA. Quito, Ecuador. 136 p.
- Lasso R. 2008. Zonas de páramos y alturas. Espacios de vida y desarrollo. AVSF, ECOCIENCIA, CAMAREN. Quito, Ecuador. 126 p.
- Llambí L., A. Soto, R. Céleri, R. De Bievre, B. Ochoa, P. Borja. 2012. Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino. 283 p.
- Lotero J., E. Nadashowsky, G. Páez, O. Castellanos, O. Murillo, A. Suárez, J. Manrique, W. Vargas, L. Trujillo. 2011. Proceso de restauración ecológica del área afectada por el incendio de julio 2006, cuenca alta del río Otún, en PNN Los Nevados. Pp. 383-443. En: Vargas O., S. Reyes (Eds). La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- MAC (Ministerio del Ambiente de Colombia). 2001. Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: Páramos. Dirección General de Ecosistemas. Bogotá, Colombia. 69 p.
- Mena P. C. Josse, G. Medina (Eds). 2000. Los suelos del páramo. Grupo de Trabajo en Páramo del Ecuador (GTP). Editorial AbyaYala. Quito, Ecuador. 58 p.
- Mena V. 2010. Los páramos ecuatorianos: paisajes diversos, frágiles y estratégicos. AFESE: Revista de la Asociación de Funcionarios y Empleados del Servicio Exterior Ecuatoriano. N.54. Quito, Ecuador. 26 p.
- Mena V., P. Morales, P. Ortiz, G. Ramón, S. Rivadeneira, E. Suárez, J. F. Terán, C. Velázquez. 2008. Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador. EcoCiencia-AbyaYala. Quito, Ecuador. 132 p.
- Mena V., R. Hofstede R. 2006. Los páramos ecuatorianos. Botánica económica de los andes ecuatorianos. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 91-109 p.
- Mena, P; Medina, G; Hofstede, R. 2001. Los Páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectiva. Eds. AbyaYala/Proyecto Páramo. Quito, Ecuador. 311p.
- Morales J., J. Estévez. 2006. El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción? Revista Luna Azul N° 22. Disponible en: <http://lunazul.ucaldas.edu.com> (Consultado: Abril 22, 2013).
- Ramsay P., E. Oxley. 1997. The growth composition of plant communities in the ecuadorian páramos. Plant Ecology 137: 173 – 192. Kluwer Academic Publishers.

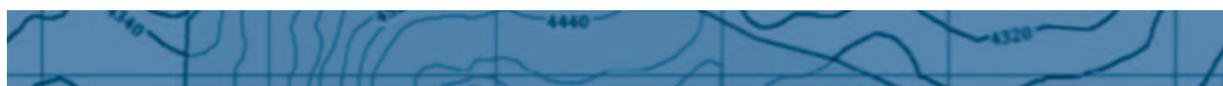


- SER (Society for Ecological Restoration International – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). 2004. Principios sobre SER Internacional sobre la restauración ecológica. Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. 15 p.
- Simula M., E. Mansur. 2011. Un desafío mundial que reclama una respuesta local. *Unasyuva*. 62 (238): 3 – 7.
- Toro J., B. Silva, E. Blanco. 2012. Conservación y restauración de áreas con alto valor estratégico (Restauración ecológica de áreas de páramo y conservación de nacientes y humedales altoandinos). Pp. 17-23. En: Cartaya V., A. Espinoza, L. Llambí (Eds). Proyecto Páramo Andino: Experiencias exitosas en los sitios pilotos, caso Venezuela.
- Trujillo L., Orozco N. 2011. Ausencia de micrositos de implantación. Pp. 73-74. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Valencia R., C. Cerón, W. Palacios, R. Sierra. 1999. Las Formaciones Naturales de la Sierra del Ecuador. En: Sierra R. (Ed.). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/ GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador
- Valencia, R; Pitman, N; León-Yáñez, S; Jorgensen, P. 2000. Libro rojo de plantas endémicas del Ecuador. Quito, Ec. 489 p.
- Vargas O. 2007. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. Pp. 17-29. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vargas O. 2011. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. Pp. 19-40. En: Vargas O., S. Reyes (Eds). La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vargas O., P. Velasco. 2011. Reviviendo Nuestro Páramos: Restauración Ecológica de Páramos. Proyecto Páramo Andino. 183 p.
- Vargas O., S. Reyes, P. Gómez, J. Díaz. 2010. Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 92 p.
- Velasco P. 2011. Utilización de las perchas artificiales para aves. Pp. 96-99. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.



4

Anexos



Anexo 1.

Bases conceptuales de la restauración ecológica

Hay dos conceptos que son discutidos desde un nivel local hasta el internacional. Estos son la **restauración ecológica** y la **restauración del capital natural**. La primera, de forma sencilla se refiere al proceso de ayudar a que un ecosistema se recupere luego de una degradación (SER 2004). El segundo es una nueva disciplina que combina los aportes de la ecología de la restauración y la economía ecológica para la conservación la naturaleza, mitigación y adaptación a los cambios globales y perturbaciones climáticas y la lucha contra la pobreza. Este nuevo concepto está directamente relacionado con la inversión o recuperación de las reservas de **capital natural**, con el fin de promover el bienestar social y la conservación de los ecosistemas al corto, mediano y largo plazo (Aronson et al. 2007, Aguirre et al. 2013).

En otras palabras, con la restauración ecológica se pretende mejorar la composición, estructura y funcionalidad de un ecosistema degradado, mientras que la restauración del capital natural a más de mejorar la composición, estructura y funcionalidad del ecosistema, también pretende incrementar el capital natural que representan un beneficio directo (principalmente económico) para el ser humano.

La restauración ecológica siempre estará relacionada con un **ecosistema**, el cual es la unidad espacial de cualquier tamaño que consta de dos componentes: el biótico y el abiótico, es decir el ambiente que la sostiene y las interacciones entre éstos. Hay ecosistemas **naturales** y **culturales**, el primero corresponde a los que se han desarrollado mediante procesos naturales y se organiza y mantiene por si solo; el segundo incluye todos aquellos que se han desarrollado bajo la influencia de procesos naturales y la organización está impuesta por el ser humano. Dentro de un ecosistema está el **ambiente físico o abiótico** (incluye el suelo, el medio atmosférico o acuoso, la hidrología, el clima, el relieve y la orientación topográfica, y los regímenes de nutrientes y salinidad) y las **comunidades bióticas** (conjunto de poblaciones de especies vegetales y animales que habitan una determinada región) (Ministerio del Ambiente de Colombia 2003, SER 2004, Vargas 2007a).

Cuando la estructura, composición y funcionamiento de un ecosistema es alterada, se dice que está dañado, transformado o degradado (Figura 1). Un **daño** se refiere a los cambios obvios y agudos que eliminan toda la vida macroscópica y, por lo general, también arruina el ambiente físico, así por ejemplo en actividades de minería a gran escala. Una **transformación**

Con la restauración ecológica se pretende mejorar la composición, estructura y funcionalidad de un ecosistema degradado...

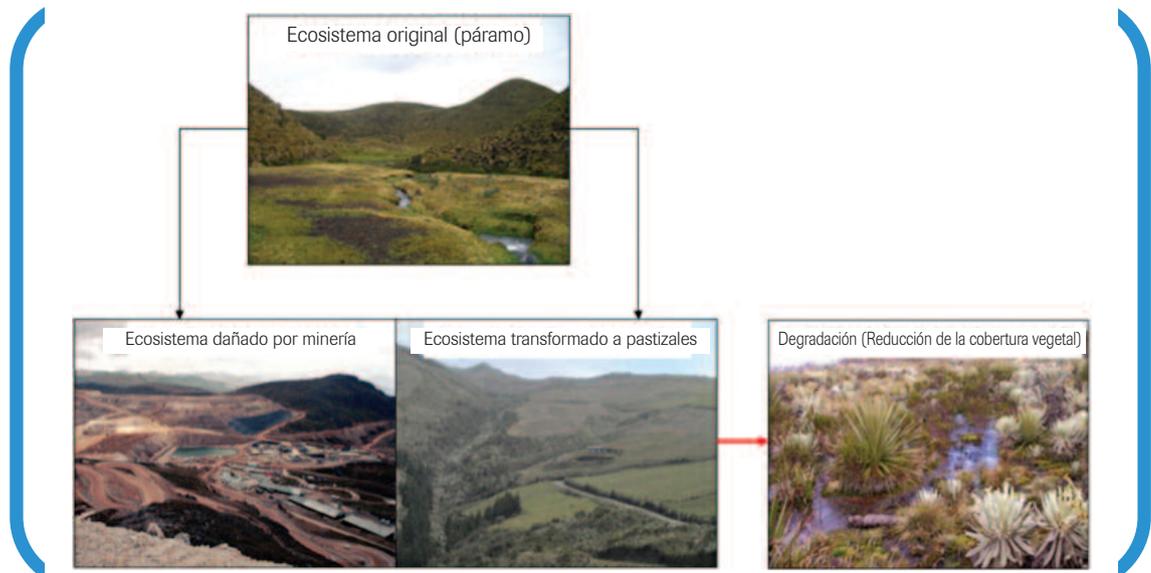


Figura 1. Daño, transformación y degradación de un ecosistema

es la conversión de un ecosistema en otro tipo de ecosistema o uso de la tierra, como la conversión de páramo a cultivos. La **degradación** se relaciona con los cambios graduales que reducen la integridad y la salud ecológica del ecosistema, que generalmente suceden luego de un daño o una transformación. Un ecosistema degradado reduce su diversidad y productividad, y se caracterizan por la pérdida de vegetación y suelo (SER 2004, Vargas 2007b, Vargas 2011, Vargas y Velasco 2011).

La degradación de los ecosistemas la ocasionan factores naturales o antrópicos que producen **perturbaciones** o impactos sobre el ecosistema y son más graves o agudos dependiendo de la intensidad del factor degradante. Naturalmente los ecosistemas son **resistentes** ante las perturbaciones, esto se refiere a su capacidad de mantener sus atributos estructurales y funcionales, pero, cuando han sido afectados por la perturbación, estos tienen la capacidad de recobrar sus atributos y volver a su estado natural. Esta capacidad se la denomina **resiliencia** (Figura 2). Complementario a ello está la **estabilidad del ecosistema**, el cual comprende su capacidad para mantener una determinada trayectoria a pesar del estrés, lo que denota un equilibrio dinámico más no un estancamiento (Ministerio del Ambiente de Colombia 2003, SER 2004, Vargas y Velasco 2011).

La restauración ecológica de ecosistemas que fueron degradados implica el estudio de un **ecosistema de referencia** (también denominado escenario o sistema de referencia), lo que ayuda a resolver el objetivo-sujeto de la misma, es decir, restaurar a partir de, basado en qué y hacia dónde (Aguirre et al. 2013). El ecosistema de referencia es el modelo para la planificación y evaluación de la restauración ecológica de un ecosistema degradado, para lograr su integración con el paisaje que lo rodea. La idea es que con el tiempo, el ecosistema restaurado emule los atributos del ecosistema de referencia (SER 2004, Aronson et al. 2010a). En casos donde el objetivo de

la restauración consiste en dos o más tipos de ecosistemas, se le puede decir paisaje de referencia, o si ha de restaurar solamente una porción, se le dice unidad del paisaje de referencia (SER 2004, Vargas 2011).

A más del escenario de referencia, hay que conocer la **trayectoria ecológica** del ecosistema degradado, la cual describe la ruta de desarrollo de un ecosistema a través del tiempo. En la restauración, la trayectoria empieza con el ecosistema no restaurado y progresa hacia el estado deseado de recuperación que se expresa en las metas del proyecto de restauración y que es personificada en el ecosistema de referencia. La trayectoria abarca todos los atributos ecológicos (bióticos y abióticos) de un ecosistema, y en teoría, se puede monitorear mediante la medición secuencial de conjuntos coherentes de parámetros ecológicos (SER 2004, Vargas et al. 2010).

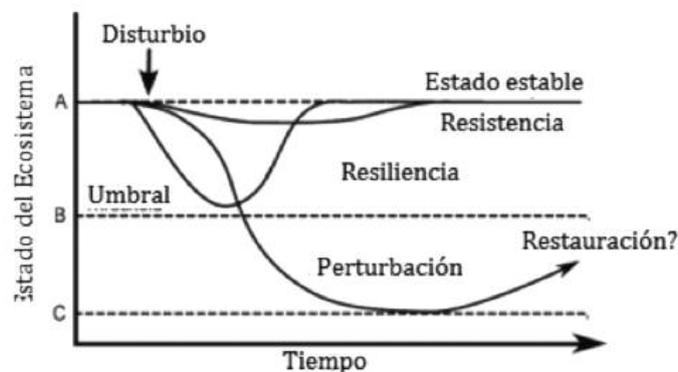


Figura 2. Modelo de los tres tipos de respuesta de un ecosistema a un factor de perturbación: resistencia, resiliencia y disturbio. Estado A es el estado de equilibrio de partida. Estado C es un nuevo estado de equilibrio, alternativo. Mientras el estado del ecosistema no pasa el umbral de irreversibilidad (Estado B), el ecosistema se mantiene estable. La restauración del ecosistema del Estado C hacia el A, se ve afectada por la histéresis y por la naturaleza y el número de umbrales que ha cruzado. Modificado de: Van Andel y Aronson (2012)

Dentro de estos parámetros ecológicos tenemos: **composición de especies**, que es la identidad taxonómica de las especies presentes en un ecosistema; **riqueza de especies**: número de especies diferentes presentes en un ecosistema; **estructura de la comunidad vegetal**, significa la fisonomía o arquitectura de la vegetación con respecto a la densidad, estratificación horizontal y frecuencia de distribución de las poblaciones de especies, así como los tamaños y seres vivos de los organismos que componen dicha comunidad; **procesos ecológicos o funciones de los ecosistemas**, que son los atributos dinámicos de los ecosistemas, que incluyen a las interacciones entre organismos y a las interacciones entre organismos y su medio ambiente. Algunos procesos dinámicos son externos, como incendios, inundaciones, vientos, heladas, sequías, etc. Estos procesos externos estresan la biota y se les dice estresores.

La trayectoria ecológica implica conocer los usos de la tierra y ecosistemas en el pasado y en el presente. Con ello, se puede seleccionar un escenario de referencia y construir un escenario de degradación y restauración a base de referencias secuenciales (Figura 3) (Aronson et al. 2010a, Aguirre et al. 2013).

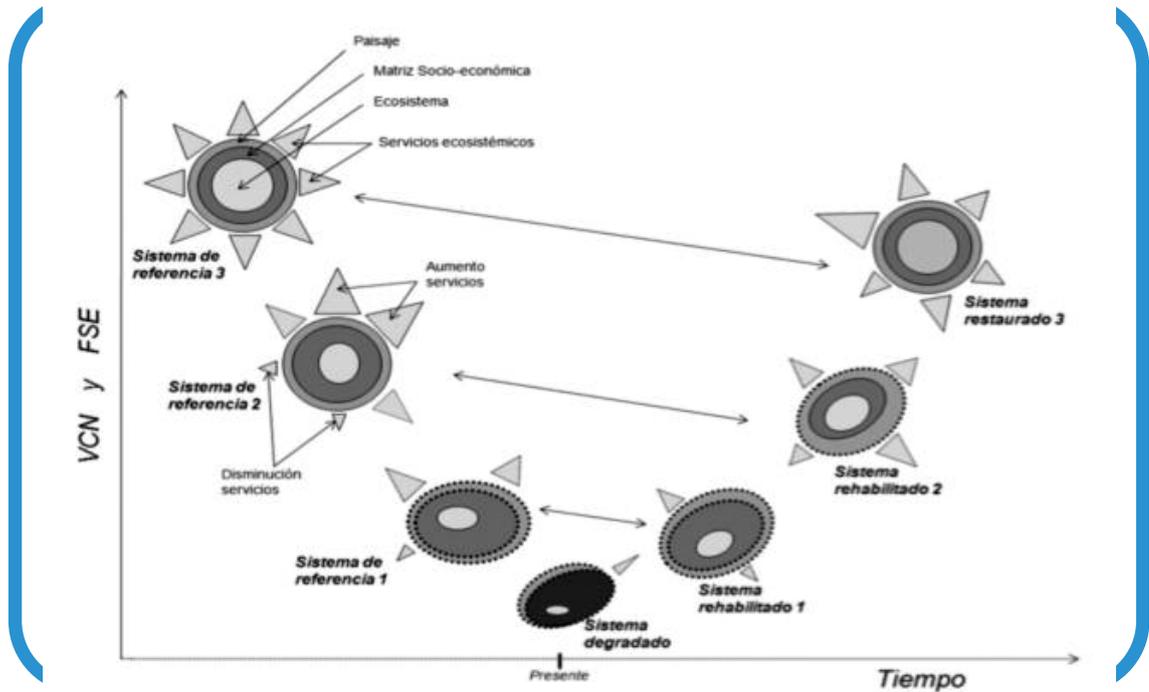


Figura 3. Modelo conceptual de referencias secuenciales de la degradación y restauración ecológica. Las líneas discontinuas representan condiciones de degradación, comparado al sistema anterior a la degradación y el paisaje integrado. El eje "y" representa el valor del ecosistema y de los flujos de los servicios ecosistémicos, mientras el eje "x" representa el tiempo. Los círculos internos representan el ecosistema natural o semi-natural que nos interesa en el contexto de restauración. Los dos círculos externos representan el paisaje y la matriz socio-económica en los cuales el ecosistema a restaurar está incrustado. En el escenario de degradación (pasado hasta el presente) se observa el incremento de la matriz socio-económica que, con las actividades antrópicas, cuando no son bien programadas, deteriora el ecosistema natural, que ya no está integrado ni ecológica ni económicamente en el paisaje. Los triángulos representan los varios servicios ecosistémicos que brinda el ecosistema y que disminuyen, desaparecen, y aumentan según el uso y el manejo adaptativo del ser humano. El escenario de restauración (presente hacia el futuro) presenta el aumento de los servicios ecosistémicos y la integración del ecosistema al paisaje. Fuente: Aguirre et al. (2013)

Un ecosistema puede estar tan degradado que atraviesa el **umbral de irreversibilidad** o de **no retorno**, es decir, el punto en la trayectoria de un ecosistema a partir del cual cambia de forma irreversible, de tal forma que es imposible que vuelva al estado o trayectoria anterior sin una importante intervención humana (Aguirre et al. 2013).

Cuando se logra que un ecosistema degradado atraviese ese umbral, se dice que se ha recuperado y restaurado, es decir, que el ecosistema contiene recursos bióticos y abiótico que le permiten continuar con su desarrollo sin ningún tipo de asistencia de tipo antrópica, es decir que el ecosistema se podrá mantener tanto estructural como funcionalmente, lo que se denomina como **integridad de un ecosistema** (SER 2004, Clewell et al. 2005). Cuando un ecosistema recupera su

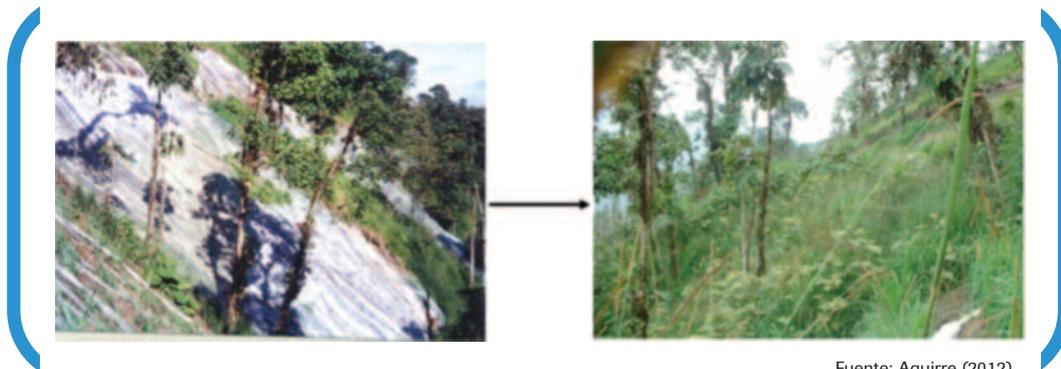
integridad, se dice que está saludable, es decir, que los atributos dinámicos se expresan dentro de valores normales de actividad en relación a su fase ecológica de desarrollo. Un ecosistema restaurado expresa su salud si funciona normalmente en relación al ecosistema de referencia (SER 2004).

Alcance conceptual de la restauración ecológica

La restauración ecológica es la aplicación planificada de técnicas y estrategias para iniciar o acelerar de forma asistida, la recuperación o sucesión natural de un ecosistema que haya sido degradado, dañado, transformado o destruido parcial o totalmente por causas naturales o antrópicas. Para ello es necesario evaluar los factores ecológicos y físicos que determinan los límites de la composición ecológica, la estructura y función del ecosistema degradado. Con base a ello, las técnicas y estrategias de restauración deben estar dirigidas a la recuperación de algunos y no de todos los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies de un ecosistema (SER 2004, Clewell et al. 2005, Cipollini 2005, Vargas y Mora 2007, Vargas et al. 2010, Aguirre 2011, Vargas 2011, Llambí et al. 2012, Aguirre et al. 2013).

La restauración ecológica trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica (Figura 4). Por lo tanto, al planificar las técnicas y estrategias de restauración ecológica, se debe considerar como punto de partida sus condiciones históricas. Sin embargo, un ecosistema restaurado no siempre recupera su condición anterior, debido principalmente a las limitaciones y condiciones actuales que pueden direccionar su desarrollo por una trayectoria diferente (SER 2004). La restauración ecológica funciona a muchos niveles diferentes y con frecuencia no implica algo más que la reintroducción de los paisajes y las especies nativas. El enfoque depende en gran medida de la situación, pero siempre es importante contar con un grupo de profesionales con fuerte conocimiento científico y tecnológico para determinar cuáles son las modificaciones que requiere el ecosistema degradado, las especies nativas que se deben utilizar, como mantener el lugar y la forma en que se lo debe monitorear (Schaefer 2006).

La importancia de la restauración ecológica, ya sea con fines de investigación o de desarrollo, es evidente, principalmente por los beneficios sociales derivados de la mejoría de las condiciones



Fuente: Aguirre (2012)

Figura 4. Restauración ecológica del bosque andino de la parroquia Nanegalito, Distrito Metropolitano de Quito

ambientales locales, la recuperación de los servicios ecosistémicos a diferentes escalas, e incluso de la capacidad productiva de los sitios recuperados (SER 2004, Linding 2011).

Aronson et al. (2010b) consideran que la restauración ecológica genera muchos beneficios directos, tales como la protección de cuencas, tratamiento de residuos, las utilidades de la productividad secundaria para las personas, secuestro de carbono para mitigar el cambio climático, etc. También puede conducir a mejorar en el suministro y calidad de los servicios ecosistémicos para la sociedad, perceptibles en el corto plazo y a nivel local. La mejora de la calidad de vida de las personas a través de la generación de fuentes de trabajo, son también una consideración importante.

A pesar de la creciente importancia de la restauración ecológica, es sorprendente que en algunas regiones del mundo, es aun marginal e incipiente, incluso en situaciones en las que su implementación mostraría beneficios sociales y económicos (Linding 2011).

Bibliografía citada

- Aguirre N. 2011. Avances de la restauración en el Ecuador. 13 p. Disponible en [www. Nikolayaguirre.com](http://www.Nikolayaguirre.com). consultado: 10.08.2013
- Aguirre N. 2012. Conservación y restauración de ecosistemas tropicales: estrategias para la conservación de los bosques tropicales y los páramos andinos. II curso internacional de ecohidrología tropical 2012. Medellín, Colombia. 40 diapositivas.
- Aguirre N., J. Aronson, M. Moens, G. Calatayud, V. García, A. Pérez, M. Hofmann, B. Santana, C. Cajas, J. Salgado, J. Muñoz. 2013. Educación y transferencia sobre restauración del capital en el contexto neotropical (en prensa). 21 p.
- Aronson J., A. Nikolay, J. Muñoz. 2010a. Ecological restoration for future conservation professionals: training with conceptual models and practical exercises. *Ecological Restoration* 28 (2): 175 – 181.
- Aronson J., J. Bignaut, S. Milton, D. Le Maitre, K. Esler, A. Limouzin, C. Fontaine, M. De Wit, A. Murgido, P. Prinsloo, L. Van der Elst, N. Lederer. 2010b. Are socioeconomic benefits or restoration adequately quantified? A metanalysis of recent papers (200-2008) in *Restoration Ecology and 12 other scientific journals*. *Restoration Ecology* 18 (2): 143-154 pp.
- Clewell A., J. Rieger, J. Munro (Eds). 2005. Guidelines for developing and managing ecological restoration projects. 2da Edi. SocietyforEcologicalRestoration International. 16 p.
- Linding R. 2011. La restauración ecológica como una construcción social. Pp. 41-49. En: Vargas O., S. Reyes (Eds). *La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Llambí L., A. Soto, R. Céleri, R. De Bievre, B. Ochoa, P. Borja. 2012. *Ecología, hidrología y suelos de páramos*. Proyecto Páramo Andino. 283 p.



- Ministerio del Ambiente de Colombia. 2001. Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: Páramos. Dirección General de Ecosistemas. Bogotá, Colombia. 69 p.
- Ministerio del Ambiente de Colombia. 2003. Guía Metodológica sobre la restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Bogotá, Colombia. 96 p.
- Schaefer V. 2006. Science, Stewardship, and Spirituality: The Humna Bosdy as a model for Ecological Restoration. *Restoration Ecology* 14 (1): 1-3.
- Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica. 2004. Principios sobre SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. 15 p.
- Van Andel J., J. Aronson (Eds). 2012. *Restoration Ecology: The new frontier*. Wiley-Blackwell. Oxford, Reino Unido. 368 p.
- Vargas O. 2007a. El ecosistema de referencia. Pp. 38-37. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vargas O. 2007b. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. Pp. 17-29. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vargas O. 2011. Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. Pp. 19-40. En: Vargas O., S. Reyes (Eds). *La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Vargas O., P. Velasco. 2011. *Reviviendo Nuestro Páramos: Restauración Ecológica de Páramos*. Proyecto Páramo Andino. 183 p.
- Vargas O., S. Reyes, P. Gómez, J. Díaz. 2010. Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 92 p.



Anexo 2.

Especies nativas potenciales para restaurar el páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Werneria nubigena*

Hábito de crecimiento: hierba, roseta acaule

Distribución: crece entre los 3000 - 4500 msnm. En la provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Sucumbios, Tungurahua

Uso en restauración: Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Hypochaeris* sp.

Hábito de crecimiento: hierba

Distribución: crece entre los 3000 y 4500 msnm. Registrado en la provincia de Pichincha y Napo

Uso en restauración: Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Cyperaceae

Nombre científico: *Uncinia* sp.

Hábito de crecimiento: hierba

Distribución: crece entre los 3000 y 4500 msnm. Registrado en la provincia de Pichincha y Napo

Uso en restauración: Funciona como planta facilitadora o niñera. Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Apiaceae

Nombre científico: *Azorella pedunculata*

Hábito de crecimiento: almohadilla

Distribución: Hierba nativa de los Andes entre los 2000 y 4500 msnm; está registrada que crece en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Tungurahua.

Uso en restauración: Para el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Poaceae

Nombre científico: *Muhlenbergia* sp.

Hábito de crecimiento: gramínea en penacho

Distribución: crece entre los 3000 y 4500 msnm. Registrado en la provincia de Pichincha y Napo

Uso en restauración: Funciona como planta facilitadora o niñera. Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas



Familia: Geraniaceae

Nombre científico: *Geranium multipartitum*

Hábito de crecimiento: hierba

Distribución: nativa de los Andes entre los 4000-4500 m snm; se encuentra en las provincias de Azuay, Bolivar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Imbabura, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Tungurahua.

Uso en restauración: se puede usar para el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Helogyne* sp.

Hábito de crecimiento: hierba

Distribución: crece entre los 3000 y 4500 msnm. Registrado en la provincia de Pichincha y Napo

Uso en restauración: Para el trasplante en tapetes de plantas



Familia: Valerianaceae

Nombre científico: *Valeriana microphylla*

Hábito de crecimiento: arbusto

Distribución: Arbusto nativo de los Andes entre los 2500 y 4500 msnm; en Ecuador se lo ha registrado en las provincias de Azuay, Bolivar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Tungurahua, Zamora Chinchipe

Uso en restauración: Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas



Familia: Poaceae

Nombre científico: *Poa subspicata*

Hábito de crecimiento: gramínea en penacho

Distribución: Hierba nativa de los Andes entre los 3000 y 4500 msnm. Crece en las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Napo, Pichincha, Tungurahua

Uso en restauración: Funciona como planta facilitadora o niñera. Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Diplostephium ericoides*

Hábito de crecimiento: arbusto

Distribución: Arbusto endémico de los Andes entre los 2500-4500 msnm. Registrado en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Napo, Pichincha, Tungurahua.

Uso en restauración: Especie clímax, con potencia para la resiembra de plántulas o siembra de semillas.



Familia: Poaceae

Nombre científico: *Calamagrostis intermedia*

Hábito de crecimiento: gramínea en penacho

Distribución: Hierba nativa de los Andes, entre los 2500-4500 msnm; registrado en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Tungurahua

Uso en restauración: con potencial para ser utilizado como planta facilitadora o niñera. Para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Senecio aratum*

Hábito de crecimiento: arbusto

Distribución: crece entre los 3000 y 4500 msnm. Registrado en la provincia de Pichincha y Napo

Uso en restauración: puede ser utilizado para la resiembra de plántulas o siembra de semillas.



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Achyrocline hali*

Hábito de crecimiento: hierba

Distribución: Hierba endémica de los Andes entre los 2000-3500 msnm, registrada en las provincias de Azuay, Carchi, Cotopaxi, Tungurahua.

Uso en restauración: con potencial para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas



Familia: Poaceae

Nombre científico: *Festuca rubra*

Hábito de crecimiento: gramínea en penacho

Distribución: Hierba introducida en los Andes entre los 2500-3000 msnm; está registrada en la provincia de Pichincha.

Uso en restauración: con potencial para la facilitación o niñera; y también para la resiembra y el trasplante en tapetes de plantas.



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Chuquiraga jussieui*

Hábito de crecimiento: arbusto

Distribución: Arbusto nativo de los Andes entre los 2500 y 4500 msnm, se ha registrado en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Tungurahua.

Uso en restauración: Especie clímax, que puede ser utilizado para la resiembra de plántulas o siembra de semillas.

Anexo 3:

Lineamientos generales para el monitoreo de las estrategias para la restauración ecológica del páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

El monitoreo y evaluación de la restauración ecológica del páramo, no es un aditamento, sino que forman parte esencial del ciclo de esta actividad (Bibby y Alder 2003), ya que el proceso de prueba de las respuestas de la restauración ecológica está bajo estudios de seguimiento (Block et al. 2001). Esta actividad es importante porque permite realizar el seguimiento de la trayectoria real por la cual atraviesa el ecosistema luego de la implementación de las estrategias; además permite colocarla en un entorno científico que proporciona una oportunidad para poner a prueba teorías ecológicas y nos acerca hacia la gestión adaptativa y mantenimiento de protocolos (Vargas y Velasco 2011, Wood 2011).

Proceso de monitoreo y evaluación

Para conocer cómo se desarrolla el proceso de restauración ecológica del páramo, es necesario establecer de forma permanente un sistema de monitoreo y evaluación; lo cual puede ayudar a determinar si las estrategias y acciones realizadas están funcionando como lo planificado. La

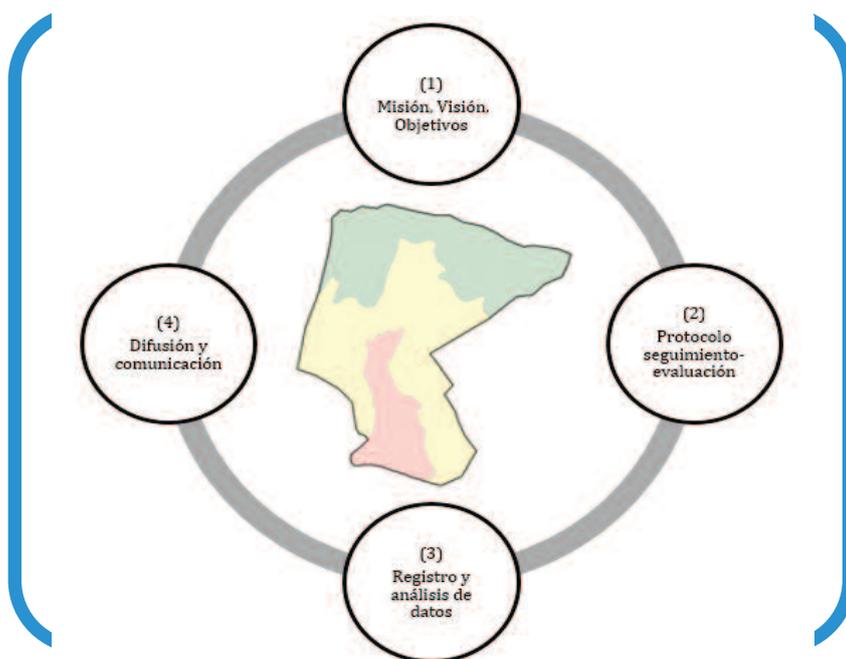


Figura 50. Fases estructurales del sistema de monitoreo y evaluación de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

información que resultante ayuda a tomar decisiones, que basadas en argumentos técnicos, permitirán hacer cambios (si son necesarios) en cada una de las estrategias.

Se plantea un sistema de monitoreo para la evaluación de las estrategias diseñadas en Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu, el cual debe estar sustentado en una estructura organizativa de cuatro fases: (1) definición de la misión, visión y objetivos; (2) protocolo de seguimiento y evaluación; (3) registro y análisis de datos; y, (4) difusión y comunicación. Todas ellas desarrolladas de forma sistemática, periódica y partiendo del establecimiento de las actividades de restauración en unidades experimentales (ver Figura 50).

El éxito de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu dependerá de un monitoreo y evaluación efectivo en el campo. De esta manera, se podrá examinar la efectividad de las estrategias de restauración y definir la dinámica de este ecosistema en el corto, mediano y largo plazo, hasta recuperar su funcionalidad, principalmente hidrológica. A continuación se describen cada una de las fases antes mencionadas.

Misión, Visión y Objetivos

El diseño de la restauración ecológica del páramo correctamente planeada, trata de satisfacer metas expresadas claramente y que refleje atributos importantes del ecosistema de referencia. Sin embargo, es importante considerar que los ecosistemas son estructuras complejas y dinámicas; por ello dos ecosistemas intactos nunca serán idénticos. Es por ello, debe quedar claro que ningún páramo que se logre restaurar difícilmente podrá ser totalmente idéntico al escenario de referencia, pero si cumplirá las mismas funciones (SER 2004).

Bajo esta premisa, el primer paso para el diseño del sistema de monitoreo y evaluación de la restauración ecológica, se refiere a definir claramente el alcance de las actividades de la restauración (Block et al. 2001, Díaz 2007, Wood 2011); en este contexto definir la misión, visión y los objetivos es crucial para enrumbar cada una de las acciones planeadas. Los objetivos son los estados y condiciones ideales a los cuales se intenta llegar con la restauración ecológica; estos proporcionan la base de todas las actividades de restauración, y más tarde se convierten en la base para la evaluación de las estrategias de restauración (Clewel et al. 2005).

Bajo estas premisas generales, a continuación en el Cuadro 30 se presenta la misión, visión y los objetivos que guiarán la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu. Se ha planteado este alcance sobre un horizonte temporal conformado de tres etapas: (a) corto plazo de 1 año; (b) mediano plazo, hasta los 5 años; y, (c) largo plazo hasta los 10 años.

El éxito de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu dependerá de un monitoreo y evaluación efectivo en el campo.

Cuadro 30. Misión, visión y objetivos de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu

Misión	Aplicar de forma adaptativa estrategias de restauración ecológica en el páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu que permita evaluar la información sobre los cambios estructurales, de composición y funcionales que presente el páramo luego de la aplicación de las estrategias.			
Visión	El páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu es un ecosistema de alta resiliencia, que se traduce en el mejoramiento de su funcionalidad hidrológica.			
Objetivos	General	Específicos		
	Contribuir al mejoramiento de las condiciones ecológicas y funcionales del páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu, a través de la implementación de estrategias y acciones de restauración ecológica que contribuyan a superar el umbral de degradación de este ecosistema	Corto plazo (1año)	Mejorar la estructura del suelo de la zona baja y media de la microcuenca Jatunhuaycu, a través de la descompactación mecánica como alternativa para facilitar la colonización y el establecimiento de especies pioneras de páramo, que contribuyan a la reducción de erosión hídrica y eólica. Acelerar la sucesión natural del páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu a través del desarrollo de trayectorias sucesionales de especies pioneras para acelerar la restauración de las zonas degradadas.	
		Mediano plazo (5años)	Promover la dispersión, establecimiento y desarrollo de especies de sucesión secundaria, a través del establecimiento de núcleos de dispersión, que no solo mejoren la estructura y composición florística, sino que también sirvan para atraer fauna nativa, principalmente aquella que actúa como dispersor biótico.	
		Largo plazo (10años)	Restaurar la estructura y composición florística y faunística del páramo de la microcuenca Jatunhuaycu. Mejorar la funcionalidad hidrológica de la microcuenca Jatunhuaycu.	

Protocolo de Monitoreo

• Selección de indicadores

La selección de indicadores para el seguimiento de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu con relación al objetivo inicial, es uno de los pasos cruciales en el diseño del sistema de monitoreo y evaluación (Block et al. 2001, Machmer y Steeger 2002, Vargas et al. 2010, Díaz 2011).

Los indicadores son variables, llamadas también variables de respuesta o criterios de éxito, que permiten evaluar el estado del páramo en cualquier punto del proceso de restauración ecológica, ello de acuerdo con un protocolo prescrito que permite interpretar el nivel de alcance o logro de los objetivos (Machmer y Steeger 2002, Vargas et al. 2010).

En general, actividades de restauración incorporan prácticas y métodos de control de una variedad de disciplinas (p.ej., botánica, ecología, hidrología, geomorfología, ciencias de la tierra, etc.) que proporcionan una amplia gama de variables que pueden ser utilizadas para medir el éxito de la restauración ecológica (Machmer y Streeger 2002). Generalmente es muy común monitorear atributos relacionados con un solo elemento; por ejemplo es muy frecuente hacer seguimiento de la composición florística (Herrick et al. 2006); sin embargo monitorear este indicador de corto plazo, es un predictor necesario pero insuficiente para determinar el éxito de la restauración; es por ello que, se puede combinar el indicador composición florística con uno o más indicadores que reflejen cambios en los atributos del ecosistema, por ejemplo atributos relacionados con el suelo y/o la función hidrológica.

Las evaluaciones de la eficacia de la restauración ecológica del páramo deben ser capaces de detectar el cambio, por lo que las mejores variables son aquellas que están en estrecha relación con el objetivo de restauración (Machmer y Streeger 2002) y cumplen con ciertas características como: ser definibles claramente, ser fácilmente medibles e interpretables, ser útiles para múltiples análisis, no tener carácter destructivo, brindar el máximo de información por unidad de área, promover información con respecto al incremento en las características deseables y la reducción de las no deseables (Vargas et al. 2010, Díaz 2011).

El diseño de la restauración ecológica del páramo correctamente planeada, trata de satisfacer metas expresadas claramente y que refleje atributos importantes del ecosistema de referencia.

Bajo este marco conceptual y con base en los objetivos de la restauración ecológica presentados en el Cuadro 1; así como adaptaciones de los estudios realizadas por Block et al. (2001), Schlatter et al (2003), Manrique (2004), Herrick et al. (2006) y Vargas et al. (2010), se adecuaron 20 indicadores para el monitoreo y evaluación (cualitativo y cuantitativo) de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu (ver detalles en el Cuadro 31).

Cuadro 31. Variables e indicadores para el monitoreo de la restauración ecológica del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu.

E1-E6 corresponden a las estrategias de restauración presentados en Aguirre y Torres 2013. 2013, donde: E1: Descompactación mecánica y trasplante de suelo, E2: Resiembra de macollas de pajonal, E3: Instalación de refugios de mamíferos pequeños, E4: Construcción de perchas para aves, E5 y E6: Facilitación de la regeneración natural mediante la formación de núcleos de dispersión y siembra directa de semillas

Criterio	Variable	Indicadores	Estrategias a las que se aplican				
			E1	E2	E3	E4	E5/E6
Estado y características del páramo	Paisaje	1. Composición y estructura del paisaje	x	x			x
		2. Composición florística (presencia de especies de sucesión primaria y secundaria)	x	x			x
	Estructura y composición de la vegetación horizontal	3. Abundancia	x	x			x
		4. Dominancia	x	x			x
		5. Frecuencia relativa	x	x			x
		6. Porcentaje de cobertura de vegetación	x	x			x
		7. Riqueza de especies: herbáceas y arbustivas	x	x			x
Dinámica de la vegetación	8. Fenología					x	
	9. Ingresos y mortalidad de especies colonizadoras e individuos de especies trasplantadas	x	x			x	
Evaluación y características de la diversidad	Dinámica de la vegetación	10. Crecimiento en altura		x			x
		11. Germinación de semillas (sembradas directamente o dispersadas naturalmente)				x	x
		12. Regeneración natural	x	x			x
Condiciones y factores para la productividad del páramo	Dinámica de la fauna	13. Presencia/ausencia de mamíferos y aves			x	x	
	Dinámica fauna/flora	14. Cantidad de semillas dispersadas por aves por medio de las heces				x	
	Diversidad florística	15. Índice de diversidad alfa (Shannon & Wiener)	x	x			x
	Diversidad faunística	16. Índice de diversidad alfa (Shannon & Wiener)			x	x	
	Factores edáficos	17. Físicos: estructura, textura, grado de erosión, capacidad de infiltración, banco de propágulos existentes.	x				
		18. Químicos: pH, contenido o presencia de materia orgánica, conductividad eléctrica.	x				
	Factores hidrológicos	19. Dinámica fluvial: caudal, calidad del agua.	x				
20. Proceso geomorfológico: sedimentación		x					

Como se puede observar en el cuadro anterior, siguiendo la sugerencia de Herrick et al. (2006), en el monitoreo y evaluación de la restauración del páramo de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu se combinará indicadores biológicos (flora y fauna), físicos (suelo) y de funcionalidad (factores hidrológicos).

El monitoreo de estos indicadores es factible dentro de todo el horizonte temporal (corto, mediano y largo plazo); sin embargo, las respuestas deseadas no podrán verse en un mismo plazo. Generalmente, el monitoreo de los indicadores relacionados con la flora se pueden evaluar y pueden generar respuestas en los tres horizontes. No así en el caso de los indicadores físicos y de funcionalidad, donde las respuestas deseadas se pueden observar a partir del mediano y largo plazo respectivamente (MAC 2003, Herrick et al. 2006, Van Andel y Aronson 2012).

Bibliografía citada

- Aguirre N. y Torres J. 2013. Diseño conceptual y técnico de estrategias para la restauración ecológica del páramo degradado de la Unidad Hidrográfica Jatunhuaycu. FONAG.
- Bibby C., C. Alder (Eds). 2003. Manual de proyectos de conservación. Programa de Liderazgo de la Conservación. Cambridge, United Kingdom. 187 p.
- Block W., A. Franklin, J. Ward, J. Ganey, G. White. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology* 9 (3): 293 – 303.
- Clewell A., J. Rieger, J. Munro. 2005. Guidelines for developing and managing ecological restoration projects. 2da Ed. Society for Ecological Restoration International. 16 p.
- Díaz R. 2011. El monitoreo en la restauración ecológica. Pp. 119-122. En: Vargas O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Herrick J., G. Schuman, A. Rango. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. *Journal for Nature Conservation*. ELSEVIER. 14: 161 – 171.
- MAC. 2003. Guía Metodológica sobre la restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Bogotá, Colombia. 96 p.
- Machmer M., C. Streeger. 2002. Effectiveness monitoring guidelines for ecosystem restoration. Habitat Branch. Ministry of Water, Land and Air Protection. 18 p.
- Manrique O. 2004. Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el distrito capital. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). Bogotá, Colombia. 92 p.
- Schlatter J., R. Grez, V. Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. 3ra Ed. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 123 p.

- SER (Society for Ecological Restoration International – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). 2004. Principios sobre SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. 15 p.
- Van Andel J., J. Aronson (Eds). 2012. Restoration Ecology: The new frontier. Wiley-Blackwell. Oxford, Reino Unido. 368 p.
- Vargas O., P. Velasco. 2011. Reviviendo Nuestro Páramos: Restauración Ecológica de Páramos. Proyecto Páramo Andino. 183 p.
- Vargas O., S. Reyes, P. Gómez, J. Díaz. 2010. Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas. Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 92 p.
- Wood J. 2011. Evaluating and monitoring the success of ecological restoration implemented by the University of Washington Ecology Network (UW-REN) capstone projects. Master of Science. School of Forest Resources. University of Washington. Washington, United States. 105 p.





El Fondo para la Protección del Agua-FONAG es un fondo patrimonial creado en enero del 2000, con el desafío de rehabilitar, proteger y conservar las cuencas hídricas desde donde se abastece de agua el Distrito Metropolitano de Quito y sus áreas de influencia.

Compartimos tu responsabilidad de velar para que siempre haya agua... para todos y todas

www.fonag.org.ec



Fondo para la Protección del Agua



@fonag

