

Identificación de áreas prioritarias para la restauración ecológica y sitios de referencia en la Región Sur de Ecuador

Identification of priority areas for the ecological restoration and reference sites in the South Region of Ecuador

Héctor Zhiñin^{a,*}, Nikolay Aguirre^a

^a Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Resumen

En la Región Sur de Ecuador (RSE), que comprende las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe, la degradación del patrimonio natural genera la necesidad de recuperarlo mediante estrategias de restauración ecológica (RE), para lo cual es necesario identificar las zonas prioritarias a restaurar, así como los sitios de referencia potenciales. En este contexto, la presente investigación se enfocó en identificar, mediante evaluación multicriterio, áreas prioritarias que necesitan ser restauradas, y determinar mediante teledetección los sitios de referencia para las zonas identificadas. Así, mediante la clasificación supervisada de imágenes de satélite, la incorporación de criterios de expertos en RE a través de matrices de comparación pareada y mediante el Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ) en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se definió las prioridades de atención o referencia respectivamente. Para las áreas prioritarias se consideraron cinco criterios ambientales, cuatro socioeconómicos y cuatro intrínsecos, y para las referencias dos criterios de cobertura y uso del suelo, cuatro relacionados al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y cuatro socioeconómicos. Los resultados indican que cerca del 10 % de la RSE se clasificó con prioridad máxima a restaurar. La superficie con potencial para referencia es de 2,73 % del área evaluada. Finalmente, se determinó que las áreas prioritarias se distribuyeron por toda la RSE, aunque presentan una extensión geográfica continua representativa en las provincias de El Oro y Loja. Los sitios de referencia de calidad coinciden con aquellas áreas pertenecientes al SNAP, teniendo mayor representatividad en la provincia de Zamora Chinchipe.

Palabras claves: Restauración ecológica; Áreas degradadas; Clasificación supervisada; Evaluación multicriterio; Proceso analítico jerarquizado (PAJ).

Abstract

In the Southern Region of Ecuador (RSE), which includes the provinces of Loja, El Oro and Zamora Chinchipe, the degradation of natural heritage generates the need to recover using ecological restoration (RE) strategies, for which it is necessary to identify the priority zones to restore, as well as the reference areas. In this context, the present investigation focuses on identifying, through the multicriteria evaluation, the priority areas that need to be restored, and by remote sensing the reference areas for the identified zones. Thus, through the supervised classification of satellite images, the incorporation of the ER experts criteria through paired comparison matrices and through the Analytical Hierarchical Process (PAJ) in a Geographical Information Systems (SIG) environment, priority areas for restoration or for reference, respectively, were defined. For the priority areas, five environmental criteria were considered, four socioeconomic and four intrinsic, and for the reference areas two vegetation cover and land use criteria, four related to the National System of Protected Areas (SNAP) and four socioeconomic. The results indicate that about 10 % of the RSE was classified into the maximum priority to restore. The area with potential for reference is 2.73 % of the local area. Finally, it was determined that the priority areas were distributed throughout the RSE, but it represents a continuous in the provinces of El Oro and Loja. The quality reference sites coincide with areas of the SNAP, having a greater representation in the province of Zamora Chinchipe.

Keywords: Ecological restoration; Degraded areas, Supervised classification; Multicriteria evaluation; Hierarchical analytical process (PAJ)

1. Introducción

La razón de ser de la restauración ecológica es la existencia de diversas maneras de degradación del patrimonio natural y las condiciones ambientales asociadas: pérdida de vegetación y de los recursos genéticos, suelo e hídricos, contaminación atmosférica, cambios climáticos, geológicos y evolutivos, extinción de la especie y en general, el deterioro progresivo de distintos tipos de sistemas: naturales, modificados, cultivados y construidos (Martínez-Romero, 1996; Gálvez, 2002; Cabrera and Ramírez, 2014; Díaz-Delgado, 2016).

Esta disciplina se plantea como una prioridad mundial (Santos, 2011; Mazón et al., 2017; Soto, 2017), y en respuesta emergieron diversas iniciativas de restauración. El Desafío de Bonn, en el 2011, persigue restaurar 150 millones de hectáreas de tierras deforestadas y degradadas de cara al 2020; extendiéndose en la declaración de Nueva York firmada en 2014, con la intención de alcanzar 200 millones de hectáreas para el 2030 (Laestadius et al., 2011). También existe la meta 14 del Convenio de Diversidad Biológica, que al 2020 se restaure los ecosistemas altamente degradados y que brinden mayores beneficios ambientales (CBD, 2010). Adicionalmente, está vigente la iniciativa 20x20, según la cual en el 2014 se estableció que los países de América Latina y el Caribe trabajarán conjuntamente con actores locales para restaurar 20 millones de hectáreas de tierras degradadas en el 2020 (WRI, 2014).

En Ecuador, en el artículo 72 de la Constitución Política del país, se establece el derecho que tiene la naturaleza a ser regenerada a través de procesos de restauración ecológica (RE) (Constitución Política del Ecuador, 2008); así mismo, se contempla la RE en el Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021, donde enfatiza la “responsabilidad ética con las actuales y futuras generaciones para que se mantenga, precautele y se dé soporte a la vida en todas sus formas, así como para que se reconozca el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (SENPLADES, 2017).

En la Región Sur del Ecuador (RSE), la degradación del patrimonio natural se ha generado principalmente por la realización de actividades antrópicas (expansión de áreas para cultivos y ganadería). Esta región en particular se constituye como una de las más diversas del país, tanto desde el punto de vista biológico como climático, cultural y ecosistémico, puesto que comprende un mosaico de 41 ecosistemas a lo largo de la gradiente pacífico-amazónica que constituyen el hogar y fuente de bienes y servicios ecosistémicos para más de 1,1 millones de habitantes, que mantienen actividades económicas de interés para el país (MAE, 2012; Aguirre et al., 2015; Samaniego-Rojas et al., 2015).

En este contexto existen escasos estudios técnicos que indiquen o prioricen las áreas que requieren realizar procesos de restauración ecológica para recuperar la composición y funcio-

nalidad de sistemas naturales y paisajes (Aguirre, 2011; Zamorano, 2012; Carrión, 2015; Ospino and Ramos, 2017). Particularmente en Ecuador y en especial en la RSE, este tema ha recibido poca atención (Aguirre, 2011; Carrión, 2015). En cambio, en otras latitudes se han logrado experiencias exitosas como por ejemplo la metodología ROAM (Metodología de Evaluación de Oportunidades de Restauración), entendiéndose esta como una metodología participativa y flexible aplicable a contextos nacionales y subnacionales, para identificar áreas con oportunidad de restauración ecológica que sean ecológica, social y económicamente apropiadas. Gracias a esta metodología se determinó que más de dos mil millones de hectáreas de tierra podrían beneficiarse de la restauración en todo el mundo y ha facilitado procesos exitosos de restauración en Ghana, Guatemala, México, y Ruanda (Maginnis and Verdone, 2014).

Por otra parte se requiere información y conocimiento referente a metodologías para la identificación de ecosistemas que servirán de referencia y/o modelo en las etapas de planeación, ejecución y evaluación de los proyectos de restauración implantados en las áreas prioritarias, facilitando que el ecosistema degradado recobre los suficientes recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional (SER, 2004; Ovando et al., 2016).

En respuesta a las iniciativas internacionales de restauración, el ordenamiento jurídico y de planificación del Ecuador, garantista de derechos de la naturaleza, y frente a la necesidad de restaurar la gran biodiversidad de la Región Sur de Ecuador, mejorando el bienestar humano a través de paisajes multifuncionales, el presente estudio tiene como objetivo identificar áreas prioritarias que requieren ser restauradas en la Región Sur de Ecuador y determinar sistemas de referencia para las zonas prioritarias identificadas que sirvan para conducir los procesos de restauración

2. Material y Métodos

2.1. Localización del área de estudio

El estudio se ubica en la Región Sur del Ecuador (RSE), que comprende las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y El Oro (IGM, 2010; SENPLADES, 2017). Representa aproximadamente el 11 % (27535 km²) de la superficie del país, y está situada en las coordenadas geográficas: 03°02'41" y 78°01'17" de latitud sur y 78°23'53" y 80°29'03" de latitud oeste. El rango altitudinal comprende de 0 a 3800 msnm (Cordillera de Chile Parque Nacional Yacuri); la temperatura promedio anual varía entre 3°C (hacia la cordillera de Los Andes) y 26°C (en tierras bajas) y la precipitación anual está entre 37 mm y 6000 mm (Herbario, 2000; Maldonado and Numa, 2002; Richter et al., 2009) (Figura 1).

2.2. Base de datos cartográfica

Se recopiló la información cartográfica de la zona de estudio proyectada en el sistema de referencia espacial UTM Zona 17 S (Aguirre et al., 2015).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: rolhec.8@gmail.com (Héctor Zhiñin)

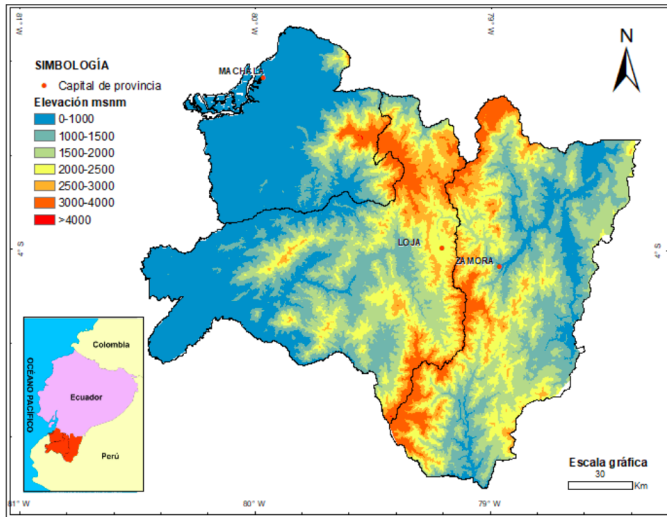


Figura 1: Mapa de ubicación geográfica y rangos altitudinales de la Región Sur del Ecuador.

2.3. Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ)

La identificación de áreas prioritarias con necesidad de restauración, se realizó mediante la técnica de evaluación multicriterio denominada Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ) desarrollado por Saaty (Gómez and Barredo, 2005). Para obtener las áreas prioritarias para procesos de RE y los sitios de referencia mejor conservados en relación a las variables económicas, de recursos humanos, condiciones ambientales y de infraestructura, se partió por definir el objetivo principal (jerarquía 1) que fue la priorización de áreas para restauración, seguidamente la descripción de criterios (jerarquía 2) y subcriterios (jerarquía 3), concluyendo con las alternativas de restauración (jerarquía n) (Figuras 2 y 3).

2.4. Estandarización de criterios

Se trabajó con variables categóricas y continuas. Las variables de tipo categórico tuvieron un tratamiento particular: a cada categoría identificada se asignaron pesos relativos en función del grado en el que contribuyen a la degradación (áreas prioritarias) y conservación (sitios de referencia) de los ecosistemas, desde la perspectiva de los especialistas.

2.5. Obtención de los pesos (W)

Los pesos (W) de los subcriterios se obtuvieron mediante la opinión de seis expertos en el tema de restauración ecológica a través de varios talleres, en los cuales se construyeron matrices de los pesos asignados de manera consensuada (Tablas 1 y 2). Los datos se normalizaron siguiendo la metodología de Dailey (2006): los datos específicos se vuelven a calcular a entre 0 y 100 % con base en una fórmula, en donde se selecciona un campo para mapear (numerador) y un campo de estandarizar contra (denominador), se crea una proporción mediante la realización de división simple y mapas de esa proporción, de forma que el resultado nos permite tener todos los datos en una misma escala.

2.6. Generación del mapa de áreas prioritarias para restauración ecológica

Las variables fueron trabajadas con la plataforma ArcGIS; el proceso metodológico para cada variable fue diferente dependiendo de las características de la información obtenida (Aguirre et al., 2015).

En la Tabla 3 se presenta la ecuación aplicada para calcular las áreas prioritarias (ecuación 1), considerando el resultado de la normalización de los valores absolutos generados a partir de la suma algebraica de los factores ambientales (ecuación 2), socioeconómica (ecuación 3) e intrínseca (ecuación 4).

En la Tabla 4 se presenta la ecuación usada para calcular el nivel de referencia (ecuación 7), que fue el resultado de la normalización (ecuaciones 5 y 6) de los valores absolutos generados a partir de la suma algebraica de las variables cobertura y uso del territorio (tipo de cobertura natural y porcentaje de cobertura natural) (ecuación 8), SNAP (ecuación 9) y presión socioeconómica (ecuación 10).

Todas las variables fueron normalizadas en una escala de 0 – 100 expresada en porcentaje. El método de normalización estuvo relacionado al tipo de variable, sea esta categórica o continua (Tablas 1 y 2, ecuaciones 5 y 6 respectivamente). Para el caso de las variables categóricas, en el proceso de normalización se utilizó el valor de los pesos asignados mediante la metodología PAJ.

2.7. Identificación de los sitios de referencia potenciales

Ejecutada la normalización se procedió a clasificar en cinco niveles de prioridad (muy baja, baja, moderada, alta y muy alta) (Tabla 5). Estos niveles de prioridad fueron determinados en función del método de Jenks (natural breakes) (Brewer Pickle, 2002). La verificación en campo se llevó a cabo bajo un diseño aleatorio simple con cuatro puntos de muestreo, aproximadamente dos por la clase Alta y Muy alta respectivamente.

3. Resultados

3.1. Áreas prioritarias

Con respecto a los resultados de degradación total de la RSE (Figura 4), se obtuvo que está influenciada directamente por las variables socioeconómicas, las mismas que a su vez inciden directa e indirectamente de manera negativa en el aumento de la degradación ambiental e intrínseca entendiéndose esta última como el conjunto de factores propios del sistema, que aparecen de forma natural y que no son influenciados por el ser humano, afectando potencialmente a los cantones de la zona de estudio. Cerca del 10 % de la extensión de la RSE presenta áreas con niveles de degradación total muy alta (Figura 4) (Tabla 6), ubicadas principalmente en El Oro específicamente en cantones como Portovelo, Zaruma y Atahualpa, en la región occidental de Loja en localidades como Celica, Macará y Paltas, y en las zonas norte y sur de Zamora Chinchipe en sitios pertenecientes a Yantzaza, Paquisha, Palanda y Chinchipe. Entre las tres provincias, El Oro presenta mayor porcentaje de degradación en las categorías alta (21,8 %) y muy alta (28,71 %), seguido por Loja con 27,12 % de su territorio en la categoría alta y con un

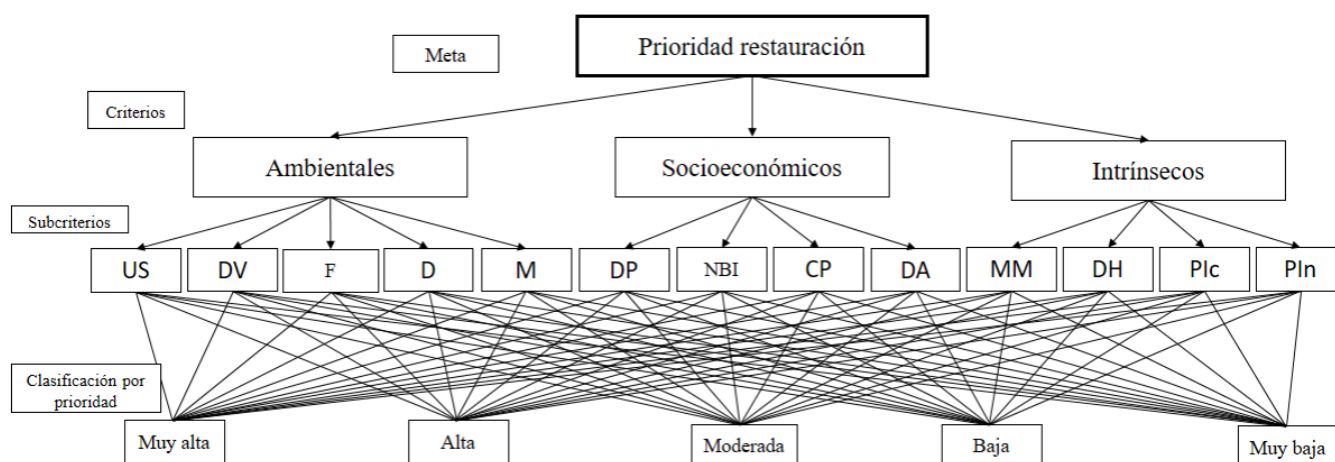


Figura 2: Organización jerárquica de los criterios considerados para obtener las áreas prioritarias. US=Uso de suelo antrópico, DV=Densidad de vías, F=Fragmentación, D=Deforestación, M=Minería, DP=Densidad poblacional, NBI= Necesidades básicas insatisfechas, CP=Crecimiento poblacional, DA=Demanda de agua, MM= Movimiento en masa, DH=Déficit hídrico, Plc= Probabilidad de incendios forestales, Pln= Probabilidad de inundaciones.

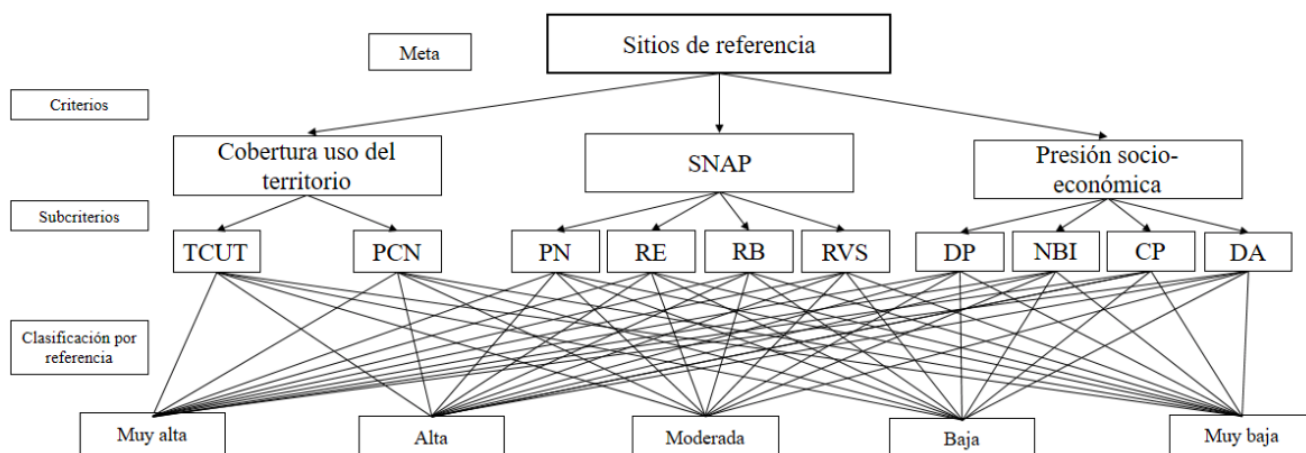


Figura 3: Organización jerárquica de los criterios y subcriterios considerados para obtener los sitios de referencia. TCUT=Tipo de cobertura, PCN=Porcentaje de cobertura natural, PN=Parque nacional, RE=Reserva ecológica, RB=Reserva biológica, RVS=Refugio de vida silvestre, DP=Densidad Poblacional, NBI=Necesidades básicas insatisfechas, CP=Crecimiento poblacional, DA=Demanda de agua.

menor porcentaje de áreas prioritarias Zamora Chinchipe con 23,39 % en la categoría alta (Tabla 6).

3.2. Sitios de referencia

Con relación a la variable tipos de cobertura y uso de la tierra, las coberturas naturales ocupan el 55 % de la zona de estudio (Categoría de prioridad muy alta), siendo la provincia de Zamora Chinchipe la que posee mayor porcentaje de superficie de coberturas naturales (51 %, muy alta). Por el contrario, las coberturas antrópicas ocupan el 45 % de la extensión de la RSE. Los resultados del análisis de la variable Áreas Protegidas indican que solamente el 6,6 % de la zona de estudio tiene una categoría muy alta. Esto se debe a la presencia de los Parques Nacionales Podocarpus y Yacuri que se encuentran localizados al este de la zona de estudio. En relación a los sitios de referencia, solo el 2,72 % de la zona de estudio tiene categoría de referencia muy alta y el 11,24 % es muy baja. Cabe resaltar que las provincias de Loja y El Oro poseen escasos porcentajes de

extensión geográfica en la categoría muy alta de los sistemas de referencia (0,69 % y 0 % respectivamente) (Figura 5) (Tabla 7).

4. Discusión

4.1. Áreas prioritarias

La propuesta metodológica es novedosa en el contexto mundial de la planeación sistemática de restauración, ya que se aplica por primera vez en una región perteneciente a un país Megadiverso, donde la restauración ecológica está cobrando una mayor importancia, aunque todavía no lo suficiente (González et al., 2018).

Cabe destacar que la propuesta también integra variables de tipo socioeconómico, ya que la necesidad de restaurar es consecuencia de las actividades humanas, concordando con MAE and EcoCiencia (2005); Fischlin et al. (2007); Liu et al. (2008); Laurance et al. (2009) y Wasserstrom and Southgate (2013),

Tabla 1: Pesos asignados a las variables de tipo categórico para las áreas prioritarias mediante Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ) por parte de los especialistas.

Variable	Categoría de la variable	Peso relativo (PAJ)	Normalización
Uso del suelo	Pastizal	0,34	100,00
	Cultivos	0,23	67,62
	Mosaico agropecuario	0,15	44,08
	Área sin cobertura vegetal	0,07	20,30
	Área Poblada	0,05	14,10
Densidad de vías	Infraestructura	0,05	15,68
	Vía asfaltada	0,50	100,00
	Vía lastrada	0,26	80,00
	Camino de verano	0,13	60,00
	Sendero	0,05	40,00
Fragmentación	Calle Urbana	0,06	20,00
	Núcleo - bosque tipo 2	-	20,00
	Núcleo - bosque tipo 3	-	40,00
	Bosque perforado	-	60,00
	Borde de bosque	-	80,00
Minería	Parche de bosque	-	100,00
	Metálico	0,50	100,00
	Metálico/no metálico	0,29	58,40
	No metálicos	0,06	12,00

Tabla 2: Pesos asignados a las variables de tipo categórico para las referencias mediante Proceso Analítico Jerarquizado (PAJ) por parte de los especialistas. SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Variable	Categoría de la variable	Peso relativo (PAJ)	Normalización
Tipo de cobertura	Área poblada	0,10	20,00
	Área sin cobertura	0,10	20,00
	Artificial	0,10	20,00
	Infraestructura	0,10	20,00
	Tierra agropecuaria	0,20	40,00
	Plantación forestal	0,30	60,00
	Natural	0,40	80,00
	Paramo	0,50	100,00
	Bosque nativo	0,50	100,00
	Vegetación herbácea	0,50	100,00
Porcentaje de cobertura natural	Vegetación arbustiva	0,50	100,00
	100 %	0,50	100,00
	80 %	0,40	80,00
	60 %	0,30	60,00
	40 %	0,20	40,00
SNAP*	20 %	0,10	20,00
	Parque nacional	0,50	100,00
	Reserva ecológica	0,40	80,00
	Reserva biológica	0,30	60,00
	Refugio de vida silvestre	0,20	40,00
	Sin categoría SNAP	0,10	20,00

quienes sostienen que las actividades antrópicas son factores que provocan un gran impacto en los sistemas naturales, y por lo tanto son preponderantes al momento de analizar las causas de degradación de los recursos naturales.

En este contexto, algunas experiencias de priorización como por ejemplo la de Ovando et al. (2016) incluyen solo varia-

bles edafoclimáticas que tienen un alto componente ambiental y no integra variables de tipo socioeconómico. De manera similar, Ceccon and Martinez-Garza (2016) en su propuesta metodológica para identificar prioridades de restauración en México solo integran criterios de importancia biológica y factibilidad ecológica.

Tabla 3: Ecuaciones para el cálculo de las zonas prioritarias a restaurar de la Región Sur de Ecuador.

Ecuación	Descripción
Ecuación 1 $D_{Total} = D_{ambiental} + D_{socio-económica} + D_{intrínseca}$	D_{Total} : Degradación Total $D_{ambiental}$: Degradación ambiental $D_{socio-económica}$: Degradación socio-económica $D_{intrínseca}$: Degradación intrínseca
Ecuación 2 $D_{ambiental} = US + DV + F + D + M$	$D_{ambiental}$: Degradación ambiental US: Uso del suelo DV: Densidad de vías F: Fragmentación D: Deforestación M: Minería
Ecuación 3 $D_{socio-económica} = DP + CP + NBI + DA$	$D_{socio-económica}$: Degradación socioeconómica DP: Densidad poblacional CP: Crecimiento poblacional NBI: Necesidades básicas insatisfechas DA: Demanda de agua
Ecuación 4 $D_{intrínseca} = MM + DH + PIC + PIn$	$D_{intrínseca}$: Degradación intrínseca MM: Movimiento de masas DH: Déficit hídrico PIC: Probabilidad de incendios PIn: Probabilidad de inundaciones
Ecuación 5 $N = \frac{VC}{MaxVC} \times 100$	N: Normalización (variable categórica) VC: Valor de la categoría Max VC: Máximo valor de las categorías
Ecuación 6 $N = \frac{("raster" - min("raster"))}{(max("raster") - min("raster"))} \times 100$	N: Normalización (variable continua) min: Valor mínimo del raster max: Valor máximo del raster

Cabe destacar que la propuesta en mención sí concuerda con la metodología ROAM que proporciona un marco flexible y asequible para que los países identifiquen y analicen rápidamente las áreas que están preparadas para la restauración del paisaje forestal y se visibiliza como un medio importante no sólo para restaurar la integridad ecológica a gran escala, sino también para generar beneficios adicionales locales con un impacto mundial al impulsar los medios de vida, las economías, los alimentos, la producción de combustibles, la seguridad hídrica así como la adaptación al cambio climático y su mitigación (Maginnis and Verdone, 2014).

Así particularmente, dentro de la degradación ambiental en la variable uso del suelo antrópico, se resalta que las provincias en estudio presentan tendencias altas de degradación lo que concuerda con Peters et al. (2013), quienes argumentan que en RSE las actividades productivas humanas han contribuido a una mayor degradación de los paisajes naturales y su biodiversidad, en este sentido también INEC (2000) y MAE and EcoCiencia (2005) mencionan que en la RSE los pastizales y los cultivos son los principales usos del suelo, siendo factores importantes

dentro de la degradación del patrimonio natural.

Al analizar la degradación por actividades mineras se evidencia que la categoría muy alta es preponderante, lo que concuerda con Sandoval (2001); Tarras-Wahlberg et al. (2001) y Betancourt et al. (2005), puesto que plantean que esta actividad extractiva ha provocado históricamente impactos por contaminación de agua con cianuro, metales pesados y mercurio, reduciendo las especies de ríos y la disposición de recurso hídrico de calidad.

La provincia de Zamora Chinchipe presenta mayor porcentaje de crecimiento poblacional, ya que esta provincia registra tasas de crecimiento por encima del promedio del país, atribuyendo este incremento al aumento en la inmigración proveniente de la provincia de Loja, debido a diferentes factores entre ellos las reformas de la tierra agrícola, sequias, apertura de vías acompañada por el cambio del uso del suelo debido a la colonización en la región amazónica y la actividad minera (Pohle, 2008).

De los resultados obtenidos se enfatiza que las variables intrínsecas preponderantes son movimiento de masas, déficit

Tabla 4: Ecuaciones para el cálculo de los sitios de referencia de la Región Sur del Ecuador.

Ecuación	Descripción
Ecuación 7 $R_{Total} = CUT + SNAP - P_{socio-económica}$	D_{total} : Referencia Total CUT: cobertura y uso de la tierra SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas $P_{socio-económica}$: Presión socio-económica
Ecuación 8 $CUT = TCUT + PCN$	CUT: Cobertura y uso de la tierra TCUT*: Tipo de cobertura y uso de la tierra PCN: Porcentaje de cobertura vegetal
Ecuación 9 $PCN_l = \frac{CNE}{CNT} \times 100$	PCN: Porcentaje de cobertura natural CNE: Cobertura natural en estudio CNT: Cobertura natural total
Ecuación 10 $P_{socio-económica} = DP + CP + NBI + DA$	$P_{socio-económica}$: Presión socioeconómica DP: Densidad poblacional CP: Crecimiento poblacional NBI: Necesidades básicas insatisfechas DA: Demanda de agua

*Se entiende la cobertura de la tierra como cobertura física y biológica de la superficie de la tierra, incluyendo superficies artificiales; y el uso de la tierra como caracterización de acuerdo a su dimensión funcional u objetivo socio-económico, las cuales fueron determinadas mediante teledetección (clasificación supervisada) en la plataforma ArcGis.

Tabla 5: Escala fundamental de los niveles de prioridad.

Nivel de prioridad	Definición	Explicación
1	Muy baja	Responde a lugares que cuentan con suficientes recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional y no han sido alterados de manera significativa.
2	Baja	Responde a lugares con un grado bajo de alteración que cuentan con una moderada dotación de recursos bióticos y abióticos y cuentan con la suficiente resiliencia para continuar su recuperación sin ayuda o subsidio adicional.
3	Moderada	Responde a lugares que cuentan con limitados recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo y necesitan en cierto grado una ayuda o subsidio adicional para recuperar su estructura, composición y función.
4	Alta	Responde a lugares que cuentan con limitados recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo y necesitan en cierto grado una ayuda o subsidio adicional para recuperar su estructura, composición y función.
5	Muy alta	Responde a áreas que se han degradado, dañado, transformado totalmente por consecuencia de las actividades antrópicas, y necesitan ayuda o subsidio adicional para recobrar su estructura, composición y función.

hídrico y probabilidad a incendios forestales, atribuyendo esto a características particulares del contexto reportadas por Lozano et al. (2008); Bendix et al. (2013) y Ibadango et al. (2005), quienes señalan que la RSE presenta relieves irregulares con pendientes moderadas en los valles aumentando conforme se acerca hacia la Cordillera de los Andes, cambios abruptos en la elevación, pendiente y curvatura del terreno, escasa vegetación y altas precipitaciones sobre todo hacia los páramos principalmente en los flancos occidentales de la cordillera de Los Andes.

Entre los principales aportes de estudios de esta índole resaltamos que permiten generar herramientas y productos nece-

sarios para la toma de decisiones del más alto nivel para orientar políticas públicas del país con el objetivo de incrementar y reforzar las acciones de conservación de la biodiversidad y la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, que tienen una estrecha relación con el bienestar de las poblaciones y comunidades humanas.

También proveen un marco de referencia claramente documentado para gestores de decisiones, consejeros técnicos y otras personas involucradas e interesadas en la restauración ecológica y la conservación de la biodiversidad, ya que surge de la participación multidisciplinaria integrando diferentes puntos de

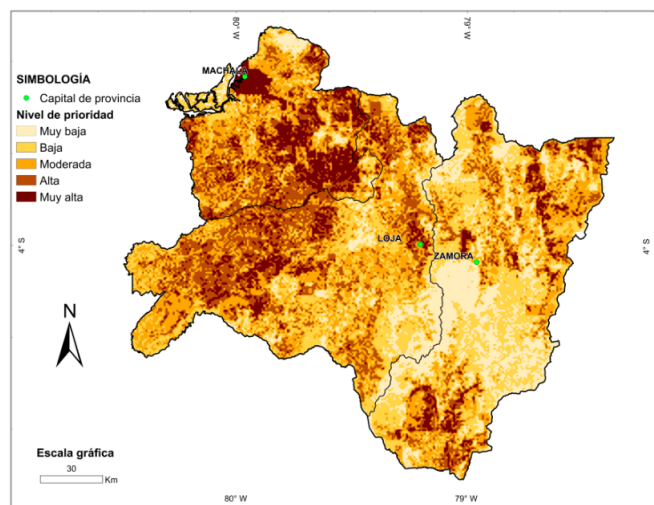


Figura 4: Zonas prioritarias para la Región Sur del Ecuador y sus provincias. Niveles de prioridad con base en la degradación: 1 muy baja, 2 baja, 3 moderada, 4 alta y 5 muy alta.

Tabla 6: Porcentaje de la extensión geográfica de la Región Sur del Ecuador (RSE) y sus provincias relacionadas con los niveles de prioridad de restauración.

Categoría de prioridad	Porcentaje de área			
	RSE	Loja	El Oro	Zamora Ch.
Muy baja	14,71	9,27	4,99	45,82
Baja	25,81	24,75	14,27	59,83
Moderada	27,36	31,28	27,59	41,47
Alta	22,06	27,12	28,72	23,39
Muy alta	9,48	7,20	21,80	8,98

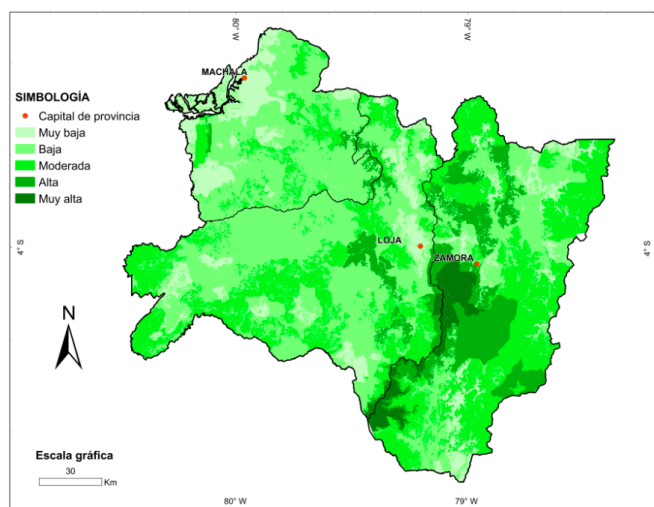


Figura 5: Zonas prioritarias para la Región Sur del Ecuador y sus provincias. Niveles de prioridad con base en la degradación: 1 muy baja, 2 baja, 3 moderada, 4 alta y 5 muy alta.

vista para llegar a consensos respecto a la selección de criterios, dando prioridad a que las acciones de restauración se lleven a cabo en ecosistemas socialmente, económicamente y ecológicamente importantes.

Tabla 7: Porcentaje de la extensión geográfica de la Región Sur del Ecuador (RSE) y sus provincias relacionadas con los niveles de prioridad de sitios de referencia.

Categoría de prioridad	Porcentaje de área			
	RSE	Loja	El Oro	Zamora Ch.
Muy baja	11,25	8,86	19,94	8,92
Baja	45,23	55,64	63,56	24,07
Moderada	29,25	28,71	11,61	39,65
Alta	10,81	5,71	2,25	20,94
Muy alta	2,73	0,69	0	6,38

4.2. Sitios de referencia

Al analizar los sitios de referencia, dos de las tres provincias poseen escasos sistemas de referencia para guiar los procesos de restauración por falta de implementación de estrategias de conservación, lo que concuerda con MAE (2012) y SENPLADES (2013), quienes afirman que los parches de conservación en la RSE no abarcan la mayoría de ecosistemas de esta región. Es por ello que se resalta la imperiosa necesidad de incrementar y/o establecer áreas de conservación en ecosistemas en riesgo como el bosque seco, semideciduo deciduo y manglar.

Finalmente se enfatiza la importancia de establecer una cultura de priorización de áreas con necesidad de restauración y que sea visibilizada en el modelo de gestión de la restauración forestal del Ecuador, en vista que hasta el momento se han implementado estudios y proyectos de RE sin antes haber priorizado las áreas. En esta perspectiva, Carrión (2015) recopiló un total de 67 trabajos relacionados con la restauración ecológica a nivel nacional y resaltó que no cuentan con un proceso previo de priorización. De igual forma, en el I Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje se presentaron 109 investigaciones a nivel del país entre las cuales tampoco se evidencian procesos de priorización (Mazón et al., 2017).

5. Conclusiones

Las áreas prioritarias de restauración se distribuyeron por toda la Región Sur de Ecuador, sin embargo, presentan una extensión geográfica continua en las provincias de El Oro y Loja, específicamente en los macroecosistemas bosque deciduo, semideciduo y manglar, presentando un patrón de distribución directamente proporcional a usos antrópicos insostenibles e inversamente proporcional a estrategias y mecanismos de conservación (áreas protegidas) y áreas con manejo sostenible. Los sitios de referencia de calidad coinciden con aquellas áreas que pertenecen al Sistema Nacional de áreas Protegidas (SNAP), teniendo mayor representatividad la provincia de Zamora Chinchipe, no obstante, algunos macroecosistemas no se encuentran representados, como bosque deciduo, bosque semideciduo, bosque semideciduo amazónico y manglar por la existencia de vacíos de conservación en estos importantes ecosistemas.

PAJ es una metodología multicriterio participativa y flexible aplicable a escala nacional y subnacional; permite identificar áreas con oportunidad de restauración ecológica que sean ecológica, social y económicamente apropiadas, puesto que no

solo se centra en recoger criterios de los expertos en restauración ecológica, que tienen un alto componente ambiental, sino también incorpora elementos (criterios multidisciplinares) de tipo social, económico y político, que permitan contar con resultados más integrales y poder actuar en primera instancia en los sitios que se encuentran significativamente degradados y que brinden mayores beneficios a la sociedad.

Referencias

- Aguirre, N. (2011). Avances de la restauración en el Ecuador.
- Aguirre, N., Eguiguren, J., Maita, V., Coronel, N., Samaniego, T., and Aguirre, Z. (2015). *Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*. Universidad Nacional de Loja.
- Bendix, J., Dislich, C., Huth, A., Huwe, B., Ließ, M., Schröder, B., Thies, B., Vorpahl, P., Wagemann, J., and Wilcke, W. (2013). Natural landslides which impact current regulating services: Environmental preconditions and modeling. In *Ecosystem Services, Biodiversity and Environmental Change in a Tropical Mountain Ecosystem of South Ecuador*, pages 153–170. Springer.
- Betancourt, O., Narváez, A., and Roulet, M. (2005). Small-scale gold mining in the puyango river basin, southern Ecuador: A study of environmental impacts and human exposures. *EcoHealth*, 2(4):323–332.
- Cabrera, M. and Ramírez, W. (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia: Transformación y herramientas para su conservación*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación . . .
- Carrión, Z. (2015). *Análisis de experiencias en restauración ecológica: construcción de una propuesta conceptual metodológica en la Región Sur del Ecuador*. Grado, Universidad Nacional de Loja.
- CBD, U. (2010). Strategic plan for biodiversity 2011–2020 and the aichi targets “living in harmony with nature”. In *Montreal, Secretariat of the Convention on Biological Diversity*.
- Ceccon, E. and Martínez-Garza, C. (2016). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones . . .
- Constitución Política del Ecuador, . (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Instituto Geográfico Militar, Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- Díaz-Delgado, R. (2016). La investigación y seguimiento ecológico a largo plazo (Iter). *Revista Ecosistemas*, 25(1):1–3.
- Fischlin, A., Midgley, J., Price, R., Leemans, B., Gopal, C., Turley, M., Rounsevell, O., Dube, J., En, M., Parry, O., Canziani, J., Palutikof, P., and , C. R. (2007). *G. F. Tarazona A. Velichko . Ecosystems, their properties, goods, and services.*, volume 2007.
- Gálvez, J. (2002). *La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones, Serie de documentos técnicos No. 8*. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- González, J., Pambi, V., Uyaguari, E., and Zhiñin, H. (2018). Estado actual de la restauración ecológica en la región sur del Ecuador. *CEDAMAZ: Revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía*, 7:16–25.
- Gómez, D. and Barredo, C. (2005). *Sistemas de Información geográfica y evaluación multicriterio, en la ordenación del territorio*. RA-MA.
- Herbario, L. (2000). Diagnóstico de la vegetación natural y de la intervención humana en los páramos del parque nacional podocarpus. *Programa Podocarpus. Informe final. Loja, Ecuador*.
- Ibadango, C., Soto, J., Tamay, J., Escudero, P., and Porter, M. (2005). Mass movements in the Loja basin—Ecuador, south America. In *Proceedings, International Conference on Landslide Risk Management, Vancouver, Canada I*, volume 10. Citeseer.
- IGM (2010). *Atlas geográfico de la República del Ecuador*. Instituto Geográfico Militar.
- INEC (2000). Censo nacional agropecuario. Technical report, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito—Ecuador.
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C., and Sizer, N. (2011). Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal. *Unasylva*, 62(2):47–48.
- Laurance, W. F., Goosem, M., and Laurance, S. G. W. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in ecology evolution*, 24(12):659–69.
- Liu, Q., Gu, W., Cui, B., Hong, J., Zhang, Y., Chi, Z., Su, Y., and Ning, G. (2008). The association of taaaan repeat polymorphism in sex hormone-binding protein gene with polycystic ovary syndrome in Chinese population. *Endocrine*, 34(1-3):62–7.
- Lozano, P., Busmann, R., Kupers, M., and C., D. L. (2008). Natural landslides and pioneer communities in the mountain ecosystems of eastern podocarpus national park. *Caldasia*, 30(1):1–19.
- MAE (2012). *Estrategia nacional de cambio climático del Ecuador 2012-2025*. Ministerio del Ambiente de Ecuador.
- MAE and EcoCiencia (2005). *Preguntas clave: Reporte de los ecosistemas terrestres ecuatorianos. Indicadores de biodiversidad para uso nacional*. Proyecto BINU.
- Maginnis, S. and Verdone, M. (2014). *Guía sobre la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): evaluación de las oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional (No. 16437)*. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).
- Maldonado, N. and Numa, P. (2002). Clima y vegetación de la región sur del Ecuador. In Aguirre, Z., Madsen, J., Cotton, E., and Balslev, H., editors, *Botánica Austroecuatoriana*, pages 1–28. Ediciones Abya Ayala.
- Martínez-Romero, E. (1996). La restauración ecológica. *Ciencias*, 43:56–61.
- Mazón, M., Maita, J., and Aguirre, N., editors (2017). *Restauración del paisaje en Latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*. Universidad Nacional de Loja, CONDESAN.
- Ospino, J. and Ramos, A. (2017). *Identificación de Áreas aptas para la reforestación del bosque seco tropical en Córdoba-Colombia por medio de un sistema de información geográfico*. Universidad de Manizales.
- Ovando, M., Escalante, F., and Martínez-Trinidad, T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapan-zacatlán. *Madera y Bosques*, 22(2):41–52.
- Peters, T., Drobnik, T., Meyer, H., Rankl, M., and Richter, M. (2013). *Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of South Ecuador. Ecological Studies*, ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of south Ecuador. *ecological studies Environmental Changes Affecting the Andes of Ecuador*, pages 19–29. Springer.
- Pohle, P. (2008). *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador. Ecological Studies*, volume 198, gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador. *ecological studies The People Settled Around Podocarpus National Park*, pages 25–36. Springer.
- Richter, M., Diertl, K., Emck, P., Peters, T., and Beck, E. (2009). Reasons for an outstanding plant diversity in the tropical Andes of southern Ecuador. *Landscape Online*, 12(1):16–16.
- Samaniego-Rojas, N., Eguiguren, P., Maita, J., and Aguirre, N. (2015). Clima de la región sur del Ecuador: historia y tendencias. N. Aguirre, T. Ojeda, P. Eguiguren, Z. Aguirre.(Eds.), *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus*, pages 43–62.
- Sandoval, F. (2001). Small-scale mining in Ecuador. *IIED WBCSD Geoforum*, 39(1):386–400.
- Santos, J. (2011). Interdependencia entre la restauración ecológica y la conservación natural. *Ingenierías USBMed*, 2(1):24–28.
- SENPLADES (2013). *Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013- 2017*. SENPLADES.
- SENPLADES (2017). *Toda una vida secretaria nacional de planificación y desarrollo Quito Ecuador 148 pp*.
- SER (2004). *Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. Principios de SER Internacional sobre restauración ecológica*. Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica.
- Soto, F. (2017). Pautas de política para la restauración ecológica en un ambiente de clima cambiante. *Perspectivas*, 2:1–14.
- Tarras-Wahlberg, N. H., Flachier, A., Lane, S. N., and Sangfors, O. (2001). Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango river basin, southern Ecuador. *The Science of the Total Environment*, 278(1-3):239–61.
- Wasserstrom, R. and Southgate, D. (2013). Deforestation, agrarian reform and oil development in Ecuador, 1964–1994. *Natural Resources*, 4:31–44.
- WRI (2014). Initiative 20x20.
- Zamorano, C. (2012). *Definición de Áreas prioritarias de restauración forestal en la Cordillera de la Costa de la Región de Los Ríos, Chile*. Universidad de Alcalá. Departamento de Ciencias de la Vida.