

EVALUACIÓN ECORREGIONAL DE LA CORDILLERA REAL ORIENTAL: COMPONENTE AGUA DULCE

Terneus, E. , K.Beltrán, y D.Salvador. 2005. Evaluación ecorregional de los páramos y bosques montanos de la Cordillera Real Oriental: componente agua dulce. Fundación AGUA, EcoCiencia, The Nature Conservancy. Quito-Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La Evaluación Ecorregional es una herramienta que permite identificar áreas prioritarias para conservación de biodiversidad, The Nature Conservancy (TNC) ha utilizado esta herramienta desde hace varios años, y en varias partes del mundo para guiar su trabajo de conservación. La metodología de evaluación ecorregional propone varios pasos, el primero es la identificación de objetos de conservación que representen la biodiversidad de la región de análisis. Estos objetos son especies, comunidades y sistemas ecológicos sobre los que se enfocarán los esfuerzos de conservación. A esta identificación le sigue un análisis de viabilidad y la identificación de las amenazas que ponen en riesgo la subsistencia de los objetos de conservación. Finalmente, se definen metas de conservación, las cuales aseguran que los objetos de conservación se representen de una manera adecuada en un Portafolio de Sitios de Conservación.

El presente texto, siguiendo la metodología brevemente descrita anteriormente, es una propuesta sobre sitios prioritarios de conservación para los ecosistemas de agua dulce que conforman la ecorregión de la Cordillera Real Oriental.

Antecedentes

En mayo de 2004, con la participación y apoyo de organizaciones conservacionistas de Ecuador y Perú, se llevó a cabo la primera Evaluación Ecorregional realizada en el Ecuador, utilizando la metodología propuesta por The Nature Conservancy. Esta evaluación fue la Evaluación Ecorregional de Pacífico Ecuatorial ejecutada, en su componente de agua dulce, por The Nature Conservancy, Fundación AGUA y EcoCiencia. Para este trabajo se contó con información proporcionada por el Centro de Datos para la Conservación de Ecuador y Perú; el Instituto IMARPE y la Universidad de La Molina del Perú; y el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN). Además, se obtuvo el apoyo técnico de varios expertos en aspectos relacionados con la distribución y ecología de peces de agua dulce y marinos en Ecuador y en Perú. Todo el proceso estuvo asesorado por un equipo de expertos en evaluaciones ecorregionales para agua dulce de The Nature Conservancy.

Una vez concluida la evaluación, además de la identificación de áreas prioritarias para la conservación de biodiversidad, se pudo identificar aquellos temas o zonas, en donde se requería de mayor información e investigación que fortalecieran las acciones de conservación.

La presente Evaluación Ecorregional está basada en la experiencia del trabajo realizado en la zona Pacífico Ecuatorial, en el 2004. Además, de la identificación de áreas prioritarias para la biodiversidad de ecosistemas dulce-acuícolas, plantea actividades de conservación y manejo para procurar la permanencia de los recursos naturales a largo plazo. Esta información

constituye una herramienta de toma de decisiones que debe apoyar a todas aquellas organizaciones e individuos interesados en la conservación de la biodiversidad en esta región.

CAPITULO 1.

ÁREA DE ESTUDIO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ECORREGIÓN

En el proceso de Evaluación Ecorregional impulsado por The Nature Conservancy en América del Sur, la zona de interés va desde la porción sur del macizo colombiano, recorriendo toda la cordillera oriental de los Andes ecuatorianos y parte de la porción norte de la Cordillera Oriental de los Andes peruanos, desde los 500 m de altitud hasta la divisoria de agua.

Es estudio que aquí se presenta se desarrolló en una superficie de 91.871 km² de la Cordillera Real Oriental Ecuatoriana que incluye paisajes montañosos de páramos andinos, bosques nublados y zonas de estribaciones amazónicas (Mapa 1). El área de estudio va desde el drenaje este del macizo colombiano hasta alcanzar su límite en el norte del Perú (Figura 1).

Este área forma parte del bioma del norte de los Andes (Meyers *et al.* 2000) y está considerada como uno de los 10 puntos más biodiversos del mundo. Se encuentra ubicada en la ecorregión de agua dulce Altos Andes Amazónicos (Amazonas High Andes Freshwater Ecoregion) (218). Además, encierra tres ecorregiones terrestres según Dinnerstein *et al.* (2000) que son: el páramo de los Andes del norte (NT 1006), los bosques montanos de la Cordillera Real Oriental (NT 0121) y el páramo de los Andes centrales (NT1004). El área de estudio abarca una superficie total de 78.248 km², la misma que se extiende desde 1,83° N a 6,05° S y 76,18° E a 79,47°W, involucrando por el norte a la vertiente oriental del macizo Colombiano, incluyendo los departamentos de Caquetá y Putumayo y por el sur el Abra de Porculla en el Perú. Al este la cota altitudinal de 500 m y al oeste los límites referenciales de los bosques alto andinos.

1.1.a DEFINICIÓN DE UNIDADES ECOLÓGICAS DE DRENAJE (EDU)

Las Unidades Ecológicas de Drenaje (EDU por sus siglas en inglés) constituyen en este estudio la unidad máxima de análisis dentro de la ecorregión. Éstas están conformadas por un conjunto de microcuencas, las cuales son la unidad mínima de análisis. Las microcuencas, a menor escala, forman a su vez, sistemas ecológicos que son los elementos constitutivos más pequeños de las EDU (Figura 2).

Para la definición de las EDU se adoptaron los criterios desarrollados por un equipo de expertos en agua dulce de TNC (de Estados Unidos), entre estos el trabajo realizado por Mark Bryer. Estos criterios se fundamentan en una categorización gruesa del paisaje, considerando variables climatológicas como temperatura ambiental y precipitación. Además de estos criterios se tomaron en cuenta factores de conectividad y patrones biogeográficos de peces.

La delimitación de cada unidad se estableció de manera distinta para el lado occidental y para el lado oriental. En el lado occidental se hizo en base a la divisoria de aguas. Mientras que en el lado oriental, a más de tomar en cuenta el límite tope de la cota altitudinal (500 m), se consideró la consistencia y continuidad de las microcuencas en términos de conectividad, considerando el límite de la ecorregión. Se identificaron 6 EDU para el área de estudio. Para el proceso de edición cartográfica digital se utilizó las herramientas existentes en los sistemas de información cartográfica Arc-GIS 8.3. (Mapa 2.1).

1.1.b DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES ECOLÓGICAS DE DRENAJE

1. EDU Putumayo: Casi la totalidad de la superficie de esta Unidad está bien representada dentro de los bosques montanos de la Cordillera Real y drena sus aguas hacia el interior del bosque húmedo del Napo. Los patrones climáticos muestran consistencia a lo largo de la EDU

con una temperatura ambiental mínima de 10°C en sus zonas más altas o cabeceras y 25°C en las zonas bajas. En cuanto a la precipitación, el valor mínimo es de 20 mm en las cabeceras, mientras que en las zonas bajas alcanza los 300 mm de lluvias por mes (Mapa 2.1).

2. EDU Napo: Se ubica en la porción norte del páramo andino y sus aguas drenan hacia los Bosques Montanos de la Cordillera Real. Los patrones de temperatura y precipitación muestran consistencia a lo largo de la EDU. Presenta una temperatura ambiental mínima de 9°C en las cabeceras y 25°C de temperatura hacia las zonas bajas. Presenta una precipitación mínima de 35 mm en las cabeceras, mientras que en la zona baja los valores de precipitación mensual alcanzan los 475 mm (Mapa 2.1).

3. EDU Pastaza: Las zonas altas de esta EDU ocupan la parte norte del páramo andino y drenan sus aguas hacia el bosque húmedo del Napo. Los valores mínimos de temperatura ambiental en las cabeceras alcanzan los 9°C mientras que en las zonas bajas la temperatura máxima alcanza los 22°C. Es importante anotar que la cantidad de lluvia en esta zona aumenta en relación con las anteriores, alcanzando los valores mínimos de precipitación de 100 mm en las cabeceras, mientras que los valores máximos en las zonas bajas, alcanzan los 400 mm (Mapa 2.1).

4. EDU Santiago: Se encuentra ubicada hacia el norte del páramo andino y drena sus aguas hacia los bosques montanos de la Cordillera Real, internándose en los bosques húmedos del Napo. Los patrones de temperatura y precipitación son consistentes a lo largo de toda la Unidad. La temperatura mínima que alcanza en las cabeceras es de 9°C la máxima de 22°C. La precipitación mínima de las zonas altas logra los 50 mm y la precipitación máxima de las zonas bajas es de 325 mm (Mapa 2.1).

5. EDU Zamora - Cenepa: Se encuentra ubicada en el sector de Zamora y parte del valle del Cenepa. Sus aguas drenan hacia los Bosques Montanos de la Cordillera Real y se interna en los bosques húmedos del Napo y del bosque húmedo de Ucayali en Perú. La precipitación mínima en zona de cabecera es de 50 mm, mientras que en zonas bajas la precipitación alcanza valores máximos de 250 mm. Los valores mínimos de temperatura en zonas de cabecera se ubican en 9°C con máximos de 25°C en las zonas bajas (Mapa 2.1).

6. EDU Marañón: Se encuentra ubicada en la Cordillera Central del Páramo Andino y drena sus aguas hacia el bosque seco del Marañón y el bosque húmedo de Ucayali. Presenta una temperatura mínima, en zona de cabecera, que alcanza los 12°C y una máxima, en zonas bajas, que alcanza los 25°C. Los valores de precipitación mínimos, en zona de cabecera, alcanzan los 10 mm, mientras que en las zonas bajas este valor se incrementa hasta alcanzar precipitaciones de 250 mm de lluvia por mes (Mapa 2.1).

CAPÍTULO 2.

OBJETOS DE CONSERVACIÓN

SELECCIÓN DE OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Uno de los elementos de importancia para iniciar la Evaluación Ecorregional constituye la selección de objetos de conservación, es decir, de aquellas especies, comunidades y sistemas, que por su condición, requieren ser conservadas. Con la determinación de objetos de conservación se busca representar a toda la biodiversidad de la ecorregión en sus distintos niveles. Por ello se seleccionan tanto sistemas como comunidades y especies. Los objetos de conservación son utilizados para identificar sitios prioritarios para conservar biodiversidad en la ecorregión (Groves *et al.* 2000).

De acuerdo a la propuesta de Paisajes Funcionales (Poiani & Richter 1999; Poiani *et al.* 2000) se propone trabajar con objetos de conservación a tres niveles de organización biológica (especies, comunidades y sistemas ecológicos) y a distintas escalas espaciales (local, intermedia, gruesas y regional) a fin de capturar la mayor cantidad de biodiversidad de una región (O'Neill 1996; Allen 1997). Sin embargo, por carecer de información suficiente a nivel de comunidades y por el desconocimiento de la historia natural de la mayoría de las especies, en este estudio, se resolvió trabajar únicamente con especies (filtro fino) y con sistemas (filtro grueso). Al conservar los elementos de filtro grueso se pretende capturar la mayoría de biodiversidad presente en la ecorregión y aquello que no está representado por el filtro grueso, es capturado por el filtro fino (Groves 2003) (Figura 3).

En el caso de los sistemas, estos son definidos en base a la integración de información gruesa referente a geología, rangos altitudinales, redes hídricas, información meteorológica y patrones biogeográficos de algunas especies (Groves 2003). En el caso de las especies, a través de un proceso de análisis de registros y ocurrencias se identifican los patrones de distribución dentro de los diferentes tipos de ecosistemas acuáticos que conforman la ecorregión. Posteriormente se determinó cuál es la representatividad de las especies y comunidades dentro de la ecorregión, para lo cual se evaluaron riqueza, distribución y estado de conservación (especies endémicas, amenazadas, restringidas o de amplio rango de distribución).

CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE AGUA DULCE (FILTRO GRUESO)

Para la identificación de los sistemas acuáticos que conforman la Cordillera Real Oriental, se utilizó varias capas de información temática mediante las cuales se obtuvo una caracterización abiótica del área de estudio. Con ello se logró definir los tipos de ecosistemas acuáticos dentro del paisaje, mediante la identificación de patrones específicos similares en cuanto a geología, cotas altitudinales, aspectos hidrológicos y conectividad. Adicionalmente se identificaron los humedales dentro de cada sistema, los cuales están considerados como un componente adicional al sistema debido a su alto valor de importancia (Mapa 2.3).

Las variables que fueron consideradas dentro del análisis de sistemas son las siguientes: tamaño de las microcuencas, rangos altitudinales, orden de ríos, pendiente, conectividad hídrica y suelos. Dichas variables fueron posteriormente categorizadas de la siguiente manera:

Tamaño de microcuencas hidrográficas:

El tamaño de la microcuenca cumple un papel determinante en el aporte de elementos endógenos y exógenos hacia los cuerpos de agua presentes en ella. Para proceder la clasificación de las microcuencas en relación con su tamaño, se obtuvo los mapas temáticos elaborados por DINAREN (Dinaren/Mac- IICA – Clirsen 1 – 250.000) y a partir de ellos se clasificó las microcuencas de acuerdo a su tamaño y su representatividad dentro del área de

estudio (Figura 4). Como resultado se obtuvieron cinco categorías que van desde muy pequeño a muy grande, tal como se detalla a continuación:

Categoría	Tamaño	Símbolo	Superficie (km ²)
1	Muy pequeño	T1	10 – 86
2	Pequeño	T2	87 – 146
3	Mediano	T3	147 – 209
4	Grande	T4	210 – 309
5	Muy Grande	T5	310 – 723

Orden de los ríos:

El orden es una variable que permite reflejar el número de afluentes que conforman un río y consecuentemente determinar su magnitud. Para determinar esta variable se generó la cobertura de ríos mediante TNTmips (sistema de información geográfica para procesamiento de imágenes) por medio de la opción *Watershed*, sobre la base del Modelo Digital del Terreno (DTM) de 90m de resolución. Posteriormente, se categorizaron los ríos de acuerdo al orden determinado según el sistema de clasificación Horton – Strahler (2004). Así, dentro del área de estudio, se obtuvieron tres categorías que abarcan los diferentes tipos de ríos, siendo los ríos de mayor tamaño los de orden siete. (Figura 5).

Categoría	Símbolo	Orden
1	O1	1 – 2
2	O2	3 – 4
3	O3	5 – 6 – 7

Rangos altitudinales:

La variación en los rangos altitudinales está estrechamente relacionada con patrones zoogeográficos y fitogeográficos de las diferentes especies (Albuja 1980) y marca diferencias significativas en la funcionalidad ecosistémica de los ríos. Esto se refleja en los patrones de diversidad y productividad de los ríos. Para representar la variabilidad altitudinal del área de estudio, se establecieron rangos en seis categorías predominantes que se detallan a continuación en la Figura 6.

Categoría	Símbolo	Altitud
1	R1	235 - 800
2	R2	801 - 1300
3	R3	1301 – 2000
4	R4	2001 – 2700
5	R5	2701 - 3500
6	R6	> 3501

Pendiente:

La variabilidad de las pendientes indica la dinámica y capacidad de autodepuración de un río y, de manera indirecta, su estado de salud. A partir del DTM de la zona, se obtuvo un mapa de pendientes simplificado en seis categorías en las que se representan la variabilidad de gradientes presentes dentro del área de estudio (Figura 7).

Categoría	Símbolo	Pendiente (%)
1	P1	0 – 4.9
2	P2	5 – 24.9
3	P3	25 – 49.9
4	P4	> 50
5	APB	4 (Afloramiento rocoso, playas y bancos de arena)
6	CNH	5 (Cuerpos de Agua, nieve y hielo)

Conectividad:

La conectividad hídrica se traduce en la categorización de los diferentes ríos en términos de su interfase con otros ambientes. Por ello, para determinar la conectividad se comparó información de los ríos con información sobre la cobertura de sistemas ecológicos terrestres (Navarro *et al.* 2003; Josse 2004). De esta comparación y se obtuvieron las categorías descritas en la Figura 8.

Categoría	Símbolo	Conectividad
1	RBA	Ríos que nacen en bosques altimontanos.
2	RBM	Ríos que nacen en bosques montanos.
3	RBP	Ríos que nacen en bosque pluvial.
4	RBX	Ríos que nacen en bosques xéricos.
5	RE	Ríos que salen de embalses.
6	RL	Ríos que alimentan lagunas.
7	RN	Ríos o riachuelos que provienen de nevados.
8	RP	Ríos que nacen en páramo.
9	RZT	Ríos que recorren zona transformada.

Suelos:

Esta variable está estrechamente relacionada con la geología del área y refleja la edad del cauce y la composición edafológica del mismo. Para generarla se procedió a simplificar la información del mapa de suelos (Dinaren/Mac- IICA – Clirsen 1 – 250.000) a través de considerar las características más representativas en términos ecológicos. Estas son: drenaje, textura y grado de acidez o alcalinidad, información que permitió categorizar las características del suelo como se expresa en la Figura 9.

Símbolo	Categoría	Textura	Drenaje	pH
S1	1	Gruesa - moderadamente	Excesivo	< 5.5
S2	2	Media	Bueno – moderado	5.6 – 7.4
S3	3	Fina – muy fina	Malo (imperfecto)	> 7.5
APB	4	Afloramiento rocoso, playas y bancos de arena		
CNH	5	Cuerpos de Agua, nieve y hielo		

Posteriormente, la información fue cotejada entre sí, mediante el uso de las herramientas del programa Arc-GIS. El resultado fue el agrupamiento de todas las características abióticas determinantes para la selección de los ecosistemas. Así la heterogeneidad abiótica estuvo expresada en 811 campos y 33 variables ambientales, cuya incidencia fue determinada independientemente para cada EDU.

Frente a esta amplia gama de características y condiciones abióticas de los sistemas, se procedió a simplificar los campos a través de herramientas estadísticas. Primero se procedió a identificar similitudes abióticas entre los 811 campos con el uso del programa JMP IN para Windows (Sall & Lehman 1996). Posteriormente se hizo un análisis de correlaciones de las 33 variables con la finalidad de seleccionar únicamente aquellas que están estrechamente relacionadas y que por consiguiente sean las de mejor manera expresan la variación de los resultados dentro de cada EDU.

El análisis de similitud se lo realizó a través de la identificación de conglomerados (*Cluster Analysis*) similares en cuanto a características abióticas expresadas por cada una de las variables seleccionadas. Este análisis de similitud se fundamentó en un análisis de emparentamiento a través de distancias euclidianas, utilizando el Método de Enlace Completo (*Complete Linkage*) que permite tener una mejor aproximación en cuanto a las distancias existentes entre los puntos más cercanos (Kent & Coker 1992). Como resultado de estos análisis se obtuvieron 180 sistemas acuáticos para el área de estudio (Tabla 1; Mapa 2.2), los que se describen en detalle en el Anexo 1.

SELECCIÓN DE ESPECIES OBJETO DE CONSERVACIÓN (FILTRO FINO)

Para la selección de especies se escogieron los grupos biológicos que muestran afinidad con los cuerpos de agua y que además pueden ser considerados bioindicadores del estado de salud de los ecosistemas. Los criterios tomados en cuenta fueron: endemismo- rareza, nivel de amenaza, distribución restringida, y especies que muestran especificidad de hábitat que pueden ser catalogadas como indicadores biológicos o que, siendo nativas, tienen usos actuales y potenciales. A continuación se explica cada criterio:

Endemismo - rareza: Se definieron como especies endémicas a aquellas que >80% de su rango de distribución se encuentra dentro de la ecorregión. Una especie puede ser rara por su número o por el tamaño de su distribución. En este caso para determinar la rareza se utilizaron: la evaluación de Ridgely & Greenfield (2001) para aves, el estudio de Valencia *et al.* (2000) para plantas vasculares y la lista preliminar de anfibios amenazados de Ecuador (L. Coloma, comunicación personal; Coloma & Quiguango-Ubillús 2004).

Nivel de amenaza: Son aquellas especies que tienen una categoría de amenaza global según los criterios de la UICN (Hilton-Taylor 2000) o para Ecuador (Tirira 2001; Granizo 2001).

Restringida: Estas especies presentan rangos de distribución muy pequeños y puntuales dentro de la ecorregión.

Indicadoras: Por su grado de sensibilidad, estas especies expresan cambios en la estructura y composición de sus poblaciones frente a condiciones desfavorables del sistema ecológico donde habitan.

Uso actual o potencial: Contempla a aquellas especies nativas que son cultivadas o que tienen usos actuales o potenciales ya como alimento o con fines comerciales.

Tomando en consideración estos criterios, se recopiló información bibliográfica y se generó un listado preliminar de especies objeto. Este listado fue sometido a un proceso de análisis y aprobación por parte de expertos en cada uno de los grupos estudiados. Posteriormente, se procedió a recopilar información a través de colecciones de museos en el Ecuador y registros de colecciones presentes en museos del exterior, disponibles en Internet (Anexo 2). Además, se contó con una amplia gama de datos de distribución y registros de especies publicados en reportes, informes, tesis y diversos estudios relacionados con cada uno de los grupos de estudio (Anexo 2). Con toda esta información se realizó el análisis de las ocurrencias de las 133 especies objeto para Ecuador, Perú y Colombia.

Una vez recopilada la información se realizó un proceso de verificación de la presencia de cada ocurrencia dentro del área de estudio, con la finalidad de eliminar aquellas ocurrencias que se encontraban fuera del área y que, por datos referenciales muy generales, no deben ser tomadas en cuenta por estar distantes de los límites del área de estudio. Durante este proceso, tres especies de aves, tres de peces, tres de plantas acuáticas, cinco de anfibios y una de macro-invertebrados no presentaron ocurrencias dentro del área de estudio o en su defecto, presentaban únicamente muy pocos registros generales sobre su ubicación. Debido a esto fueron excluidas del análisis, quedando únicamente 118 especies objeto de conservación definitivas pertenecientes a seis grupos: mamíferos (nutrias y murciélagos), aves acuáticas, anfibios, peces, plantas acuáticas y macro-invertebrados.

Una vez recopilada la información sobre los objetos de conservación e identificada su fuente, se procedió a cartografiarla con la ayuda de las respectivas herramientas de los sistemas de información geográfica y bajo el apoyo y criterio técnico del equipo de geomáticos asignados para el estudio. Se obtuvo como resultado un listado de especies objeto (Tabla 2) y un conjunto de mapas con la distribución actual de cada una de las especies dentro del área de estudio (Mapas 3.1, 3.2 y 3.3).

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE VIABILIDAD E INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE LOS OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Como un paso fundamental para el diseño del portafolio ecorregional se determinó la calidad y viabilidad o integridad de los objetos de conservación acuáticos en cuanto a especies y sistemas (Groves *et al.* 2000; Groves 2003). El análisis de viabilidad e integridad de los objetos de conservación tuvo como objeto el identificar y definir áreas óptimas para el mantenimiento de los objetos de conservación en el largo plazo. Para realizar este análisis se consideraron factores o elementos propios del sistema como la composición y estructura de comunidades de especies, las características biofísicas del hábitat y los fenómenos naturales fortuitos (elementos intrínsecos). Se evaluaron también acciones humanas sobre los sistemas naturales, poniendo particular énfasis en los sistemas de producción, los cuales alteran el equilibrio del entorno paisajístico de la ecorregión (elementos extrínsecos) y ponen en riesgo la supervivencia de los objetos de conservación (Figura 10).

Debido a la gran movilidad que presentan las especies de los ecosistemas acuáticos, éstas merecen consideraciones adicionales para cualquier evaluación de viabilidad (TNC 2000). Para esto se tomó en cuenta el efecto de barreras geográficas tales como represas, canales de riego y zonas de inundación que inciden en aspectos de conectividad e intercambio genético. También se identificaron las condiciones del hábitat físico, principalmente en lo que se refiere a la calidad del agua. Otras consideraciones que se tomaron en cuenta tienen que ver con el paisaje colindante y las áreas de influencia de los cuerpos de agua. En este caso, el análisis se planteó a una escala de subcuenca y microcuenca con la intención de abarcar la mayor cantidad de efectos circundantes hacia los objetos de conservación.

En este estudio se presenta una síntesis del análisis de viabilidad para un total de 118 especies entre mamíferos, aves acuáticas, anfibios, peces, macro-invertebrados y plantas acuáticas, todas ellas seleccionadas como especies objeto de conservación por sus ocurrencias, registros o presencia dentro del área de estudio. Se presenta también un análisis de integridad ecológica para los 180 sistemas acuáticos definidos para Ecuador, Perú y Colombia así como el estudio del nivel de amenaza al que se encuentran expuestos los objetos de conservación poniendo en riesgo su permanencia en la ecorregión.

Estos análisis se fundamentan en técnicas de modelamiento en donde se usaron ponderaciones para alcanzar valores jerárquicos de viabilidad en función del tipo y grado de amenaza registrado hacia los objetos de conservación en cada microcuenca (Tabla 3). Adicionalmente, con la finalidad de obtener una aproximación más precisa para la evaluación del estado de salud de los sistemas estudiados, se utilizó información generada para la cuenca del Napo (Celi: en prep.) y el estudio de Humedales Altoandinos realizado por EcoCiencia y el Proyecto Páramo (Briones *et al.* 2001; Arévalo *et al.* 2004),

3.1 ANÁLISIS DE AMENAZAS

El análisis de amenazas de los objetos de conservación permite determinar la viabilidad de cada objeto en un tiempo y espacio determinados, según el nivel de afectación dado por actividades antrópicas. Para la identificación de las fuentes de amenaza hacia las especies objeto y los ecosistemas donde estos se encuentran, se cotejaron distintos datos por medio de la sobreposición de capas de información georeferenciada de los puntos de distribución y existencia de amenazas tales como: industrias, agricultura, carreteras, centros poblados, represas, embalses y canales de riego; minería, poliductos, peligros volcánicos, fallas geológicas, actividad turística y especies introducidas. Se realizó este análisis para cada microcuenca con la finalidad de obtener la mayor aproximación posible sobre el efecto de cada amenaza a una escala local.

PRINCIPALES FUENTES DE AMENAZA HACIA LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Las principales fuentes identificadas como amenaza hacia los ecosistemas de agua dulce tienen origen en los componentes orgánicos e inorgánicos que se desechan directamente a los cauces de agua o que de manera indirecta llegan, en algún momento, a ellos. Los principales factores de contaminación son la agricultura, la industria y los desechos domésticos y de aguas servidas de los poblados asentados en los alrededores de los cuerpos de agua (elementos extrínsecos). Existen también agentes de contaminación natural (elementos intrínsecos) como las resinas de la vegetación circundante y los procesos de sedimentación natural provocados por deslaves y derrumbes en las zonas aledañas a los cauces de agua. Sin embargo, estos contaminantes de tipo natural no son tan agresivos y persistentes como los originados por actividades antrópicas, permitiéndole al propio sistema autodepurarse y recuperar, en corto tiempo, sus condiciones naturales (Hynes 1974). Las actividades antrópicas tienen mucho más repercusión en la estructura y funcionamiento de los sistemas naturales y restan su poder de autodepuración.

AMENAZAS EXTRÍNSECAS

Las acciones humanas son las amenazas extrínsecas que en mayor grado ponen en peligro la vida de los ecosistemas acuáticos y que por tanto podrían afectar la viabilidad de los objetos de conservación identificados para la Cordillera Real Oriental. Las amenazas vienen dadas ya sea por exceso en la carga de contaminantes orgánicos provenientes de las aguas servidas y crianza de animales domésticos, o por la contaminación con productos inorgánicos resultantes de la actividad industrial en general. El efecto que produce este tipo de contaminantes al sistema acuático natural se refleja en el cambio de las condiciones físico- químicas del agua como el pH, los niveles de conductividad y, principalmente, la baja concentración de oxígeno, dificultando así la mineralización y descomposición de materia orgánica e inorgánica y convirtiendo el medio acuático en un ambiente cargado de nutrientes, especialmente fosfatos y nitratos, y por consiguiente poco tolerable para la mayoría de especies que viven en estos ecosistemas. Los cambios descritos repercuten significativamente en el ciclo biológico de peces y organismos asociados poniendo en riesgo su viabilidad.

Industrias: Se incluyen en industrias, las actividades no petroleras que generen agentes contaminantes que sean arrojados a las aguas de los ríos de las microcuencas estudiadas. Se han considerado los siguientes tipos de industrias: alimentos, textil, imprenta, curtiembres, maderera, materiales de construcción, química, siderurgia, vidrio, plásticos y cauchos, piscícola, agroindustria y mineras entre las principales.

Vías: la amenaza que presentan las vías está dada por las consecuencias directas de la apertura de misma de las vías así como sus efectos indirectos que se provocan, tales como el acceso y la consecuente colonización de las zonas aledañas. Durante el proceso de construcción el mayor efecto que se produce es la sedimentación y la presencia de desechos sólidos que al quedar expuestos a los costados de las vías pueden ser lixiviados hacia el

sistema acuático. Por su parte, la colonización trae consigo contaminación de agua por aguas servidas, animales domésticos, entre otras.

Zonas transformadas: esta amenaza corresponde con las actividades agrícolas y ganaderas, que contribuyen a la sedimentación y contaminación de los ríos de las microcuencas. Sin embargo, es importante anotar que algunos tipos de cultivo son de mayor afectación que otros, elemento que es tomado en cuenta en las ponderaciones de cada amenaza durante el proceso de análisis de viabilidad.

Represas y embalses: las represas y embalses, actúan como barreras geográficas que cortan el proceso natural de desplazamiento de algunas especies de peces y además, modifican las condiciones naturales del ambiente. Sobre todo, se ha considerado su afectación sobre las microcuencas bajas, ya que provocan la sequía de los ríos que originalmente irrigaban esas zonas.

Centros poblados: Los centros poblados realizan descargas de desechos orgánicos en los cauces de los ríos, modificando las condiciones del ambiente natural. La contaminación orgánica, por desechos de poblados asentados en los alrededores de los sistemas acuáticos, está provocando un exceso de carga orgánica que agota el oxígeno del sistema e incrementa su toxicidad. Esto produce una interrupción en los procesos naturales de conversión y reciclaje de nutrientes, indispensables para mantener un equilibrio en las condiciones y el funcionamiento de un sistema acuático.

Actividad turística: El turismo mal manejado tiene efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos, principalmente por los vertimientos de desechos sólidos y por los distintos niveles de transformación de los ecosistemas circundantes, provocados por la construcción de senderos y caminos, lo que genera, paralelamente, procesos de sedimentación hacia los cuerpos de agua.

Especies introducidas: Las especies introducidas se consideran como una amenaza debido a su alto nivel de agresividad y competencia frente a especies nativas, esto resulta en una disminución de la viabilidad de los objetos de conservación. También se considera como amenaza el potencial que tienen las especies introducidas a transformar el hábitat original.

Canales de riego: Son construcciones civiles estructurales que desvían el cauce natural del agua de los ríos. Se consideran una amenaza para la viabilidad de conservación de los ecosistemas acuáticos, ya que pueden ocasionar sequía en algunos cauces de ríos y en otros casos modifican su dinámica.

Industria petrolera: El efecto de los poliductos y oleoductos son una fuente permanente y potencial de contaminación de metales pesados, como resultado de los procesos de elaboración de los productos derivados del petróleo y la naturaleza de los hidrocarburos. Estos metales pesados tienen una composición química extremadamente compleja que les hace persistentes y sobre todo, difíciles de desdoblarse o mineralizar a través de procesos microbianos naturales propios del sistema.

Los sistemas menos amenazados en cuanto a actividades antrópicas corresponden a las EDU del Putumayo, gran parte de la del Pastaza y las del Zamora – Cenepa y Marañón (Figura 11). Por otro lado, se presentan mayormente amenazadas las EDU de Napo y Santiago ya que en estas se encuentran presentes los grandes centros poblados de Quito y Cuenca, lo que ha provocado la incidencia de varias actividades humanas en estas zonas, con la consecuente degradación del entorno natural.

Como resultado de este minucioso análisis y luego de sobreponer la información generada, se elaboraron cinco mapas cartográficos para representar las amenazas consideradas relevantes para el análisis de viabilidad (Mapa 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5). Las capas de información son las siguientes:

- Mapa 4.1: Industria petrolera (pozos, tanques de almacenamiento, estaciones de bombeo, hidrocarburíferas, gaseoductos, oleoductos, poliductos, trazado del oleoducto de crudos pesados y bloques petroleros).

- Mapa 4.2: Peligros sísmicos y volcánicos (intensidad sísmica, riesgo sísmico, lahares y ceniza).
- Mapa 4.3: Industria minera y otras.
- Mapa 4.4: Erosión, inundaciones, derrumbes, movimientos en masa.
- Mapa 4.5: Vías, poblados, embalses y zonas transformadas.

DISTURBIOS NATURALES (AMENAZAS INTRÍNSECAS)

Los disturbios naturales constituyen otro componente importante dentro del análisis de integridad ecológica. En esta sección se consideran todos aquellos fenómenos naturales (sismos, deslaves, erupciones volcánicas e inundaciones) que a más de ser impredecibles tienen repercusiones serias sobre la integridad de los sistemas objetos de conservación. Aunque estos eventos son fortuitos, es importante identificar las zonas que son más propensas a recibir este tipo de eventos naturales de incalculables consecuencias. En este estudio para la identificación de las zonas de mayor riesgo en el Ecuador se utilizó información cartográfica conformada por información sobre peligros sísmicos y volcánicos, inundaciones y movimientos en masa (Demorales & D'ércole 2001). A cada uno de estos fenómenos naturales se les asignó un valor de ponderación acorde con la categorización del estudio mencionado (Tabla 3).

Peligros sísmicos y volcánicos: Esta amenaza está considerada como un efecto negativo potencial hacia la integridad de los ecosistemas de las zonas de estribaciones y partes bajas, en donde hay una presencia significativa de volcanes activos a lo largo de la cordillera de los Andes. A la actividad volcánica se suman las fallas geológicas y los deslizamientos de tierra que se podrían dar en las zonas antes mencionadas. Las amenazas de la actividad volcánica y la presencia de fallas geológicas se dan por en los intensos procesos de sedimentación y acarreo de materiales de origen volcánico hacia los cuerpos de agua dulce, lo cual podría ocasionar cambios drásticos en la estructura y funcionamiento ecosistémico.

Erosión y deslaves: Estos son fenómenos naturales cuyo efecto sobre el entorno natural tiene gran trascendencia porque aporta significativamente elementos exógenos al ambiente natural, provocando sedimentación y sus consecuentes cambios en la composición del medio acuático en términos de calidad de agua y procesos de descomposición de la materia (Dendy *et al.* 1973).

3.2 ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE ESPECIES

Para determinar la viabilidad de las especies de aves, anfibios y mamíferos se utilizaron modelos de distribución potencial, usando el programa GARP (Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction). Se generaron modelos tomando en cuenta únicamente aquellas especies que presentaron un mínimo de cinco ocurrencias: principal requerimiento para la aplicación de GARP (Guisan & Zimmermann 2000; Peterson 2003) (Anexo 3 y 4).

Para el caso de plantas acuáticas y peces, en donde no fue posible utilizar GARP, se hizo un análisis de distribución potencial, también sobre la base de un mínimo de cinco ocurrencias. En este caso, al tratarse de especies con patrones de distribución lineal y circunscritas a los límites y cauces de los cuerpos de agua, se resolvió modelarlos con Mahalanobis (Farber & Kadmon 2003; Peterson 1999) (Anexo 3 y 4).

El análisis con base a modelos de distribución potencial (GARP o Mahalanobis) integra tres especies de peces de agua dulce, ocho de plantas acuáticas, nueve especies de anfibios, seis de aves acuáticas y una de mamíferos. Esto es aproximadamente 365 ocurrencias registradas para las 27 especies modeladas (Tabla 4; Anexo 2).

Las especies restantes fueron modeladas con criterios de conectividad debido a que la viabilidad de estas especies está estrechamente ligada a la integridad ecológica de los sistemas en las que se encuentran. Al no contar con información sobre el estado poblacional de estas especies ni con datos sobre su historia natural, se evalúa la viabilidad de cada especie en función de la calidad ambiental de cada sistema por microcuenca.

Los resultados muestran que los sistemas con mayor integridad ecológica en cuanto a distribución potencial de especies en el caso de Ecuador, se ubican en la porción norte de la EDU Putumayo, en la porción este de la EDU Pastaza y en gran parte de la EDU Santiago. Para el caso de Perú la EDU Marañón se presenta como la que tiene mayor integridad (Mapa 5.7; Figura 13). Colombia registra muy pocas zonas viables en términos de distribución potencial de especies, por lo que se evidencia una pequeña porción en el lado este de la EDU Putumayo como la más viable en cuanto a este atributo. Esto último se debe a la falta de información sobre ocurrencias de especies en Colombia.

3.3 ANÁLISIS DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Este análisis se fundamenta en ponderaciones en los que se tomó en cuenta atributos de tamaño, condición y contexto paisajístico para evaluar el estado de salud de los ecosistemas, el área de distribución potencial de especies para cada sistema y condiciones de conectividad de cada sistema. Las siguientes variables fueron utilizadas para valorar la integridad ecológica de cada sistema:

- 1.- Presencia de bioindicadores (plantas acuáticas y macro-invertebrados).
- 2.- Calidad de agua en los sistemas que lo tuvieron (físico-química).
- 3.- Porcentaje de cobertura vegetal natural por sistema.
- 4.- Porcentaje del área de distribución potencial de la especie en cada sistema.
- 5.- Diversidad de hábitat presente en cada sistema.

Los resultados del análisis de integridad ecológica muestran que los sistemas con mayor viabilidad se encuentran ubicados en las EDU del Putumayo, Napo y Marañón. Por otro lado, los sistemas menos viables están ubicados en zonas de mayor intervención humana y que corresponden a las EDU del Pastaza y Santiago (Figura 12; Mapa 5.1). En definitiva, la mayoría del área de estudio tiene una viabilidad media. En las zonas bajas, hacia la vertiente amazónica, se presentan las zonas de mayor viabilidad. Es evidente que las zonas de estribaciones y aquellas áreas que tienen gran influencia volcánica a lo largo de la cordillera de los Andes, presentan menor viabilidad. En este caso se encuentran las zonas aleñañas a los volcanes Cotopaxi, Sangay, Antisana y Tungurahua (Mapa 5.1; Figura 14).

Modelamiento cartográfico ponderado

El modelo cartográfico utilizado se fundamentó en un análisis a nivel de subcuenca y microcuenca, considerando el efecto de las amenazas antrópicas (extrínsecos) más la condición de los aspectos biológicos y ecológicos de los objetos de conservación (intrínsecos) dentro de cada sistema a una escala paisajística. Se establecieron ponderaciones a cada una de las amenazas antrópicas y a las características biológicas y ecológicas identificadas dentro de cada sistema. Para definir estos valores de ponderación se realizaron consultas con técnicos expertos en las diversas temáticas relativas al estudio y se hizo una revisión bibliográfica de investigaciones previas en relación a la incidencia de cada amenaza sobre los ambientes acuáticos.

Para justificar los valores de ponderación asignados a cada uno de los factores se procedió a estimar su efecto en función del grado de afectación que cada una de estas amenazas podría tener hacia los objetos de conservación. Para esto, los rangos y valores de ponderación se encuentran debidamente justificados con valores de tolerancia y bioindicación tomados de fuentes bibliográficas y también de criterios técnicos de expertos en el tema. Además se sacaron algunos índices de afectación para medir la magnitud de la amenaza frente a las distintas categorías (Tabla 3).

ANÁLISIS DE INTEGRIDAD FINAL

Se procedió a integrar los componentes extrínsecos e intrínsecos en un solo análisis para producir un mapa de integridad ecológica que muestre los sistemas y EDU que deben ser considerados como favorables para enfocar esfuerzos de conservación a largo plazo.

La Figura 15 muestra que, en general, casi toda la ecorregión tiene sistemas viables por su buen estado de conservación. Sin embargo, para priorizar y optimizar esfuerzos de conservación se consideraron únicamente aquellas zonas que presentan valores de integridad tres (media) y cuatro (alta). En este sentido, se puede identificar que para Colombia más del 50% de la superficie total de la EDU Putumayo presenta una integridad media y un 15% de su superficie tiene sistemas con integridad alta en la porción central de la misma (Mapa 5.8; Figura 15).

Para el caso de Ecuador, gran parte de la porción oeste de la EDU Putumayo tiene sistemas con integridad alta. El resto de su superficie presenta sistemas con una integridad media y regular, a excepción de una pequeña porción localizada en la parte central de la EDU y que corresponde principalmente a los asentamientos sectores de Papallacta y Oyacachi. También existe otra porción poco íntegra o viable correspondiente al sector noreste de la EDU y que corresponde al sector de Lumbaqui (Figura 15).

En la EDU Napo, predominan los sistemas con integridad alta y media, aunque si existen unas pequeñas porciones muy poco viables en el sector de El Tena, en la porción sureste de la EDU (Figura 15).

Por otro lado, la EDU Pastaza presenta sistemas con integridad regular en su mayoría, aunque existe también una porción significativa de sistemas con viabilidad media y alta. En esta EDU también existen sistemas poco viables que se encuentran localizados en los asentamientos poblados de El Puyo (Figura 15).

La EDU Santiago presenta sistemas de integridad alta y media en las zonas de páramo y en las estribaciones montañosas del sector oriental. Tiene un grupo de sistemas significativamente grandes que se encuentran poco viables y estos corresponden básicamente a los asentamientos humanos de la ciudad de Cuenca y sus áreas de influencia (Figura 15).

La EDU Zamora – Cenepa también se presenta bien conservada con una predominancia de sistemas de integridad media y alta, a excepción del sector de la Ciudad de Loja y sus alrededores por la gran influencia de los asentamientos humanos y presencia de poblados en el sector y sus áreas de influencia (Figura 15).

Finalmente la EDU Marañón, que en su mayoría ocupa la porción sureste del Perú, predominan los sistemas con integridad regular, aunque existen sistemas en muy buen estado y altamente íntegros en el sector de Tabaconas, al lado Oeste de la EDU y en la porción central de la misma (Figura 15).

El porcentaje de área con integridad alta para cada EDU es:

- EDU 1 del Putumayo: del 57,70%.
- EDU 2 del Napo: 57,72%
- EDU 3 del Pastaza: 46,78%.
- EDU 4 del Santiago: 56,16%
- EDU 5 del Zamora-Cenepa: 50,11%.
- EDU 6 del Marañón: 36,11%.

CAPÍTULO 4

DEFINICIÓN DE METAS PARA LOS OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Una vez identificadas las áreas viables o de mayor integridad, en donde se han integrado los factores intrínsecos (criterios biológicos, ecológicos y disturbios naturales) y extrínsecos (amenazas antrópicas) de los objetos de conservación, se procedió a determinar las metas de conservación mínimas requeridas. Esto condujo a estimar el nivel necesario de representación dentro del portafolio final de sitios para sustentar a un objeto de conservación a lo largo del tiempo (100 años) (Groves *et al.* 2000; Groves 2003).

En este Capítulo se presentan las metas definidas para cada objeto de conservación a nivel de sistemas. Para el caso de las especies objeto, éstas adoptaron la misma meta definida para el sistema en el que se encuentren. La definición de metas para aquellas especies que se encuentren fuera de los sistemas se las determinó en base a la representatividad del área de distribución potencial de la especie en relación a la superficie total del sistema. En el caso de los humedales, estos fueron analizados independientemente y fueron tratados al mismo nivel que los objetos de conservación, para lo cual, se definieron metas específicas para cada uno de los humedales en función del establecimiento de un área de amortiguamiento (área buffer), según el orden del río que alimenta a cada humedal y tratando de mantener al menos el 20% de la superficie total de cada humedal a ser conservada (Tabla 5).

Las metas para especies y sistemas fueron definidas considerando el área total de la EDU, equivalente al 100% y confrontándola con el 20% mínimo requerido para conservar cada sistema dentro de la EDU. Con este procedimiento se asegura la conservación de por lo menos el 20% del área total en cada sistema dentro de la EDU. Luego de haber realizado este cálculo, se identificó que la mayoría de sistemas presentaban superficies de meta demasiado altas, lo que ocasionó que el porcentaje final integrado, proveniente de la suma de los porcentajes de cada sistema que conforma cada EDU, sobrepase en la mayoría de los casos el 20% de meta referencial base a ser alcanzada.

Por otro lado, existieron también algunos sistemas que presentaron metas inferiores al 15% de su superficie total con lo cual no se alcanzaba el porcentaje mínimo requerido (20%) para garantizar la conservación de estos sistemas. Frente a este problema se resolvió ajustar los valores de las metas altas y bajas con la definición de áreas de amortiguamiento (buffers) de los ríos que forman cada una de las microcuencas (Smith *et al.* 2002). Para esto se hicieron algunas pruebas definiendo distancias diferentes de cada una de las áreas de influencia hacia los costados de cada río y se jerarquizó la red hídrica en función del orden de los ríos (Figura 16). Con este procesamiento se logró aproximar los valores de meta al 20%, para lo cual las áreas de amortiguamiento para metas altas fueron ajustadas a intervalos de 50 m de ancho a cada costado según el orden del río. Para las metas bajas, los intervalos fueron de 100 m de ancho a cada costado según el orden del río (Figura 16). Una vez ajustadas las metas de los sistemas en base al análisis de áreas de amortiguamiento (*buffers*) se obtuvo las metas que se encuentran expuestas en la Tabla 6.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL PORTAFOLIO

Una vez definidas las metas para los objetos de conservación viables, se procede al diseño de un portafolio de sitios que contiene áreas de conservación prioritarias que están definidas por una superficie de meta a cumplirse dentro del proceso de evaluación ecorregional. Cada objeto presenta un área determinada a conservar, la misma que fue definida considerando la superficie total de cada sistema y el porcentaje de meta mínimo requerido (20%) para sustentar su conservación. El portafolio resultante busca representar de una manera adecuada a todos los objetos de conservación, y por ende a través de la conservación del portafolio se busca asegurar la conservación de la biodiversidad acuática de toda la ecorregión.

Al inicio del proceso se intentó definir el portafolio de sitios utilizando la herramienta algorítmica SPOT, herramienta ampliamente utilizada en los procesos de evaluación ecorregional. Esta técnica facilita la toma de decisiones en la selección de sitios de importancia para su conservación. Para aplicar este algoritmo se requiere definir claramente una unidad mínima de análisis, que para el efecto, en los ecosistemas de agua dulce podrían estar representadas por microcuencas o por hexágonos.

En el caso de las microcuencas, estas se comportan como unidades geomorfológicas que involucran una importante dinámica natural de los elementos que la componen, por consiguiente, reflejan conectividad entre los sistemas. Por otro lado, los hexágonos, se comportan como figuras geométricas que garantizan condiciones similares para el análisis matemático de la ecorregión pero no reflejan el principio de conectividad requerido dentro de la dinámica de ecosistemas acuáticos a un nivel más fino como son las microcuencas, lo cual es un limitante que no reflejaría coherencia en los resultados.

Tomando en cuenta estas consideraciones y después de un largo proceso de prueba, la elaboración del portafolio se fundamentó en un proceso de poligonización manual (Terneus *et al.* 2004) que consistió en identificar aquellas microcuencas que dentro de cada sistema poseen viabilidad/integridad alta (3) y muy alta (4), para luego confrontarlas con la viabilidad/integridad alta y muy alta de cada sistema. Además, se consideró aquellos sistemas que a pesar de tener integridad 1 y 2, contenían en su interior especies objeto o humedales prioritarios para conservar. Posteriormente, se confrontó estos resultados con la información de riqueza de especies, zonas donde se registran servicios ambientales, áreas de humedales clasificados por su índice de valor ecológico, áreas protegidas y bosques protectores. De esta manera se seleccionaron aquellos sitios donde confluyeron, en mayor proporción, los criterios mencionados y se seleccionó el área de mayor confluencia para estructurar el portafolio final. La presencia de áreas protegidas cumple un papel importante en la selección del portafolio ya que permite reafirmar su condición de zonas prioritarias de conservación. El último paso consiste en realizar una priorización del portafolio para identificar aquellas zonas que por sus condiciones ecológicas y su estado de conservación merecen ser protegidas con prioridad. Los criterios que se tomaron en cuenta se los expone en la Figura 17.

Se obtuvieron 156 áreas o sitios en el portafolio al final del proceso, de los cuales el 30% tienen una priorización alta y muy alta y el 70% restante tienen prioridad regular y baja. Dentro de estas áreas se encuentran incluidos los humedales con sus propias metas de conservación (Tabla 5).

Las metas para las especie objeto son las mismas que la de los sistemas donde estas se encuentren. Afortunadamente todas las especies objeto se encuentran dentro sistemas viables o íntegros por lo que adoptaron el área de meta del sistema donde estuvieron presentes (Tabla 6).

Luego de este análisis se identificó que las áreas prioritarias a conservar dentro de la ecorregión se encuentran ubicados, en su mayoría, dentro de las EDU Putumayo y Zamora – Cenepa, aunque existen también sitios representativos en las EDU Santiago y Marañón, al sur de la ecorregión. Estas unidades ecológicas de drenaje representan el 48,8% de la superficie del portafolio total a conservar (Tabla 7).

La EDU Putumayo presenta 15 áreas de prioridad alta y muy alta, las mismas que se encuentran ubicadas dentro de las Reservas Ecológicas Cayambe Coca y Antisana, en el Ecuador. Estas áreas abarcan una superficie total de 432.747 ha equivalentes al 5,5% de la superficie total de áreas protegidas en la ecorregión.

La EDU Zamora –Cenepa presenta nueve áreas de prioridad alta y muy alta, que se encuentran ubicadas en los sectores de Gualaquiza, Bomboiza y en el Parque Nacional Podocarpus, al sur del Ecuador. Estas áreas abarcan una superficie de 67.515 ha.

Existe también un número significativo de áreas prioritarias para conservar provenientes de las EDU Santiago y Marañón. Estas áreas equivalen al 30% de la superficie total del portafolio a conservar para la ecorregión y se encuentran ubicados en su mayoría dentro de los Parques Nacionales de Podocarpus, Cajas y Sangay, al centro y sur del Ecuador. En definitiva, el portafolio con sus áreas prioritarias de conservación abarca una superficie equivalente al 20% de la superficie total de la ecorregión, cumpliéndose así la meta de conservación propuesta al inicio del proceso (Mapa 6.1).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un proceso de evaluación ecorregional demanda grandes esfuerzos de recopilación, estructuración y sistematización de información. Requiere también de la participación y contribución permanente de un equipo multidisciplinario enfocado en identificar zonas prioritarias de conservación en base al conocimiento biológico de la dinámica de los ecosistemas y al conocimiento de los aspectos socioeconómicos de la zona de estudio. La confluencia de estos elementos determinará el éxito o fracaso del proceso de evaluación ecorregional.

Uno de los limitantes que se ha presentado en este estudio es la carencia de información y la gran heterogeneidad de los datos entre Ecuador, Perú y Colombia. De esta manera los resultados se han adaptado en función de la disponibilidad de información y la calidad de la misma.

El gran número de **sistemas acuáticos** definidos para Ecuador, Perú y Colombia (180), como objetos de conservación de filtro grueso, demuestra la complejidad de estos ambientes tanto en su estructura como en su dinámica y tamaño. Esto generó ciertos inconvenientes al momento de definir unidades mínimas de análisis durante la etapa final del proceso, ya que se contaba con microcuencas extremadamente grandes, cuya condición estuvo determinada por factores geológicos, topográficos y de relieve. Esto no permitió el uso del programa SPOT (herramienta útil para la definición del portafolio final de sitios de conservación) por lo cual se adoptó la metodología de poligonización manual de sobreposición de capas de información expuestas en el documento.

En cuanto a las **especies objetos de conservación** de filtro fino, estas fueron definidas al inicio del proceso en función de los patrones de endemismo, distribuciones restringidas, bioindicadoras y especies que ocupaban ambientes especiales. Sin embargo, estas fueron re-seleccionadas quedando un número de 118 ya que muchas de ellas presentaban distribuciones muy amplias para la ecorregión o registraban muy pocas ocurrencias dentro del área de estudio. Al final, fue indispensable contar con el criterio de los especialistas para afinar la selección de estas especies como objetos de conservación.

El **análisis de amenazas** muestra que las actividades antrópicas son las que ponen en mayor riesgo la permanencia de los objetos de conservación a largo plazo. Estas actividades están relacionadas con la expansión de la frontera agrícola, la actividad industrial, la construcción de vías y, en general, con la contaminación producida por centros poblados.

Con todos los niveles de intervención registrados para la zona de estudio, se buscó un equilibrio entre los factores extrínsecos que modifican la estructura y dinámica de un ecosistema (actividades antrópicas), la composición y estructura de la biota que forma parte de los ecosistemas de agua dulce y los fenómenos naturales presentes en ella (factores intrínsecos). Se consideró, entonces, la composición y estado de salud de los cuerpos de agua evaluando la presencia y distribución de especies de mamíferos, peces, plantas acuáticas, aves acuáticas, anfibios y macro-invertebrados. También se determinó la calidad de agua de algunos puntos de muestreo en base a análisis físico-químicos datos que fueron después confrontados con el nivel de intervención hacia los sistemas acuáticos. Adicionalmente, los factores que podían interrumpir la conectividad de los ecosistemas acuáticos como la presencia de trasvases, represas, canales de riego, también fueron considerados como factores negativos que cambian permanentemente la estructura y funcionalidad de un ecosistema acuático. Este análisis de integridad ecológica permitió identificar los **sistemas viables** en términos de calidad ecosistémica dentro del área de estudio.

Finalmente, la identificación de zonas viables permitió definir el **portafolio de sitios** prioritarios para destinar los esfuerzos de conservación dentro de la ecorregión. En este sentido, se pudo apreciar que gran parte de las áreas prioritarias están dentro de áreas protegidas y bosques naturales, lo que ayudaría a fortalecer y reafirmar los esfuerzos de conservación en estas

áreas. De igual forma, aparecen zonas de conservación aledañas a las áreas protegidas que pueden ser consideradas como corredores biológicos en el futuro.

SIGUIENTES PASOS

Es importante iniciar un proceso de validación en campo, principalmente en aquellas áreas de mayor importancia que han sido seleccionadas por el portafolio de conservación. Esta es la única manera de ajustar el modelo y contar con información real, eliminando los niveles de subjetividad que puedan existir en el modelo. Es indispensable desarrollar una clasificación más detallada de los tipos de ecosistemas acuáticos que se encuentran dentro de la ecorregión. Esto permitirá tener más precisión en los resultados obtenidos y canalizar mejor las estrategias y actividades de conservación.

Con los resultados obtenidos en esta evaluación ecorregional es necesario iniciar un proceso de diseño de estrategias encaminadas a plantear actividades de conservación que garanticen la permanencia de los recursos naturales a largo plazo. Estas estrategias de conservación deben contar con el compromiso de los habitantes y administradores de las zonas de interés, así como de organizaciones de conservación trabajando en estas zonas.

Es importante también incentivar y fomentar el establecimiento de planes y programas de monitoreo encaminados a generar información hidro-biológica permanente que permita contar con datos sobre la dinámica de los ecosistemas acuáticos y de esta manera, fortalecer su conocimiento a largo plazo.

LECCIONES APRENDIDAS

- Para iniciar un proceso de evaluación ecorregional los insumos y requerimientos de cartografía base deben estar perfectamente bien editados y pulidos para evitar contratiempos especialmente al identificar portafolios de conservación a través de herramientas informáticas como SITES o SPOT.
- Los resultados de un proceso de evaluación ecorregional dependen de la calidad y cantidad de información disponible. En ese sentido, es importante incentivar procesos de investigación y generación de información en todos los campos.
- Resulta importante invertir la mayor cantidad de tiempo posible en el diseño y establecimiento de los modelos de ponderación en el proceso de viabilidad, para obtener una mayor aproximación a la realidad de los acontecimientos.
- El análisis del componente socio-económico debe ser incluido desde el inicio del proceso y en forma integrada.
- Es importante estandarizar la datos con los que se trabajará, especialmente si se trata de información binacional o multinacional para que los resultados sean comparativos y tengan la misma aproximación.
- En un proceso de evaluación ecorregional es fundamental lograr el compromiso de todos los involucrados ya que mientras estos mejor se articulen, más enriquecedor y ágil será el análisis.

Vacíos de información

Al final del proceso, se identificaron vacíos de información en la porción sur de la EDU Putumayo, esto se atribuye a la dificultad de acceso por el conflicto colombiano en esta porción de la ecorregión. Por otro lado, y en el extremo opuesto, es decir en la porción norte de la EDU Maraón también se registraron vacíos de información por los escasos aportes de las fuentes de información peruanas. En consecuencia, estos vacíos de información no han permitido

mantener un nivel de análisis uniforme y estandarizado entre los tres países que conforman la ecorregión, por lo que en procesos futuros el nivel de información deberá ser complementado tanto para Colombia como para Perú.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la oportunidad que nos ha brindado The Nature Conservancy de participar en esta segunda parte del proceso de Evaluación Ecorregional realizado en Sudamérica. Ha sido, sin duda alguna, una experiencia enriquecedora para el equipo formado entre Fundación AGUA y EcoCiencia.

Un especial agradecimiento a nuestra coordinadora Silvia Benitez, quien con su apertura y conocimientos supo guiar a todo el equipo durante el proceso. Agradecemos a los departamentos de SIG de EcoCiencia y del CLIRSEN por proporcionarnos toda la información cartográfica requerida durante el proceso, especialmente los insumos correspondientes a la información de humedales proporcionada por Ernesto Briones. Agradecemos también a la UICN quien a través de Xiomara Izurieta, proporcionó información correspondiente a los humedales de Perú y Colombia.

Un agradecimiento muy especial al equipo de especialistas que nos orientaron en el análisis de los modelos de distribución potencial de especies, el mismo que estuvo conformado por Víctor Utreras, Cecilia Puertas, Diego Cisneros, Luis Coloma y Tarcisio Granizo. A PROEXANT, por colaborar con información bibliográfica sobre los cultivos dulceacuícolas no tradicionales que se desarrollan en el país. A Frank van Mannen del Southern Appalachian Field Branch, U.S. Geological Survey de los Estados Unidos de Norteamérica, a Francisco Cuesta y a Francis Baquero quienes brindaron asistencia técnica en el uso y aplicación de los modelos de distribución potencial de especies. A Andrea Encalada por colaborar en la traducción del resumen ejecutivo al inglés. A Jorge Celi por proporcionar datos de su futura tesis de maestría y a Juan Andrés Calles y a todas aquellas personas e instituciones que de uno u otro modo aportaron en algún momento del proceso de Evaluación Ecorregional.

Literatura Citada

- Albuja, L. 1980. Los pisos zoogeográficos del Ecuador. Departamento de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional.
- Allen, T. F. H. 1997. Scale in microscopic algal ecology: a neglected dimension. *Phycologia*. 16: 253–258.
- Arévalo, R., A. Flashier, and X. Izurieta. 2004. Proyecto de humedales Altoandinos: base de datos. GITP, EcoCiencia, Instituto de Montaña.
- Briones, R., D. Almeida, A. Hidalgo, E. Ortiz, A. Flachier, S. Tacoamán, D. Padilla, A. Cárdenas and G. Remache. 2001. Inventario de Humedales del Ecuador. Sexta Parte: Humedales Altoandinos y de la Amazonía. Convención de Ramsar/INEFAN/EcoCiencia. Quito-Ecuador.
- Coloma, L. A. and A. Quiguango-Ubillús. 2004. Anfibios de Ecuador: lista de especies y distribución altitudinal. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Groves, C., L. Valutis., D. Vosick., B. Neely., K. Wheaton., J. Touval and B. Runnels. 2000. Designing o Geography of Hope: A Practitioner's Handbook to Ecoregional Conservation Planning. TNC (The Nature Conservancy)
- Demorales, F. and R. D'ércole. 2001. Cartografía de riesgos y capacidades en el Ecuador: diagnóstico previo a planes de intervención de las ONG's. Primera parte: cartografía de las amenazas de origen natural, por cantón, en el Ecuador. COOPI (Italia), OXFAM (Gran Bretaña) y SIISE (Ecuador).
- Dendy, F., A. Champion and R. Wilson. 1973. Reservoir sedimentation in the United States. En: Ackermann *et al.*, Man Made Lakes: Their problems and environmental effects. Am. Geograph. Union, Washington, D.C.
- DINAREN/MAC. Mapas temáticos del Ecuador. Escala 1:250000.
- Farber, O. and R. Kadmon. 2003. Assessment of alternative approaches for bioclimatic modeling with special emphasis on the Mahalanobis distance. *Ecological Modelling* 160: 115-130.
- Granizo T. 2001. Libro rojo de las aves del Ecuador no. 2. Corporación Sociedad para la Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad Ecuatoriana (SOMBIOE) EcoCiencia, Ministerio del Ambiente y Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Quito.
- Groves, C., L. Valutis., D. Vosick., B. Neely., K. Wheaton., J. Touval and B. Runnels. 2000. Designing o Geography of Hope: A Practitioner's Handbook to Ecoregional Conservation Planning. TNC (The Nature Conservancy)
- Groves, C. 2003. Drafting a conservation blueprint, a practitioner's guide to planning for biodiversity. The Nature Conservancy.
- Guisan, A. and N. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology *Ecological Modelling*. Elsevier Science. 135:147-186.
- Hilton-Taylor, C. 2000. IUCN red list of threatened species. The IUCN Species Survival Commission/IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
- Hynes, H.B.N. 1974. The biology of polluted waters. University of Toronto Press., Ontario.

Jacobsen, D. and E. Terneus. 2001. Aquatic macrophytes in cool aseasonal and cool seasonal streams: a comparison between Ecuadorian highland and Danish lowland streams. *Aquatic Botany* 71: 281-295.

Jacobsen, D. Schultz, R. & Encalada, A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater biology* 38: 247 – 261.

Jorgensen, P. M. and S. León –Yáñez. 1999. Catálogo de plantas vasculares del Ecuador. Monografía en botánica sistemática del Missouri Botanical Garden.

Josse, C. 2004. Propuesta de clasificación de tipos de vegetación de Latinoamérica. Nature Serve, EcoCiencia, The Nature Conservancy, WWF, Instituto Humbolt

Kent, M. and P. Coker. 1992. *Vegetation description and analysis: a practical approach*. Belhaven Press. Great Britain.

Meyers, N., R. Mittermier., C. Mittermier., G. Da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 43: 853-858.

Navarro, G., P. Comer., R. Evans., D. Faber-Langendoen., M. Fellows., G. Kittel., S. Menard., M. Pyne., M. Reid., K. Schulz., K. Snow., and J. Teague. 2003. *Ecological systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. Nature Serve. Arlington.

O'Neill, R. V. 1996. Recent developments in ecological theory: hierarchy and scale in J. M. Scott, T. H. Tear, and F. W. Davis (eds.). *Gap Analysis – A Landscape approach to Biodiversity planning*. American Society for photogrammetry and remote sensing. Maryland.

Peterson, J.T. 1999. An evaluation of parametric and nonparametric models of fish population response. Prepared for USDOE. BPA, Project Number 92-032-00, Contract Number 92AI25866.

Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species invasions via ecological niche modeling. *Quarterly Review of Biology*, 78:419-433.

Poiani, K. A. and B.D. Richter. 1999. Functional landscapes and the conservation of biodiversity. Working papers in conservation science N°1. The Nature Conservancy. Pp: 1-12.

Poiani K. A., B.D. Richter., M.G. Anderson, and H.E. Richter. 2000. Biodiversity conservation at multiple scales: Functional sites, landscapes, and networks. *BioScience* 50: 133-146.

Ridgely, R. S. and P. J. Greenfield. 2001. *The birds of Ecuador – status, distribution and taxonomy*. Volume 1. Cornell University Press. Ithaca, New York.

Sall, J. and A. Lehman. 1996. *JMP Statistics: a guide to statistical and data analysis using JMP and JMP in software*. SAS Institute.

Smith, R.K., P.L. Freeman., J.V. Higgins., K.S. Wheaton., T.W. FitzHugh., K.J. Ernstrom., and A.A. Das. 2002. *Freshwater biodiversity conservation assessment of the South-eastern United States*. The Nature Conservancy.

Terneus, E., A. Cárdenas., J. Calles., K. Beltrán., and J. Celi. 2004 Informe final del proceso de planificación Ecorregional del proyecto Pacifico - Ecuatorial (componente de agua dulce). Fundación AGUA, EcoCiencia y The Nature Conservancy.

Terneus, E. 2002a. Estructura y composición florística de las plantas acuáticas en 70 lagunas de páramo y dos lagunas Andinas del Ecuador. Tesis doctoral. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Terneus, E. 2002b. Aquatic plant communities of ecuadorian páramo lakes. En: Freire, A. y Neill, D. (eds.), 2002. La botánica en el nuevo milenio: memorias del tercer congreso ecuatoriano de botánica. Pp. 25-35.

Tirira, D. 2001. Libro rojo de los mamífero del Ecuador no. 1. Quito: Corporación Sociedad para la Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad Ecuatoriana (SOMBIOE) EcoCiencia, Ministerio del Ambiente y Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).

Tirira, D. 1999. Mamíferos del Ecuador II. Publicación especial 2. Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sociedad para la Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad Ecuatoriana. Pp. 392.

UICN. 1994. Red list categories. World Conservation Union- UICN, Gland.

UICN – UNEP 2003. World database on protected areas, UICN – UNEP.

Valencia, R., N. Pitman., S. León-Yáñez and P. M. Jorgensen (eds.). 2000. Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Páginas de Internet

Rairo-Theoretical informatics and applications on the Horton-Strahler number for combinatorial tries <http://www.edpsciences.org/articles/ita/abs/2000/04/ita0004/ita0004.html> o <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=772619>

Referencias Cartográficas

Archivo Digital de Bloques Petroleros - Ecuador: Archivos Digitales Clirsen, "SIG-ATLAS", 2002.

Archivo Digital de Bloques Petroleros - Perú: Archivos Digitales CDC - Perú, 2003.

Archivo Digital de Industrias - Ecuador: Archivos Digitales Clirsen, "SIG-ATLAS", 2002.

Archivo Digital de Vías-Ecuador: Alianza JatunSacha – CDC/TNC, "Actualización de vías para el Territorio del Proyecto Planificación Ecorregional de la Zona Pacífico Ecuatorial", Febrero / 2004, E 1:250000.

Archivo Digital de Vías- Perú: Archivos Digitales CDC - Perú, 2003.

TNC -Alianza JatunSacha – CDC, Mapa de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo de Pacífico Ecuatorial: CDC-Perú, "Proyecto Planificación Ecorregional de la Zona Pacífico Ecuatorial", Sept/2002, E 1:250000.

Archivo Digital de Represas - Perú: Archivos Digitales CDC - Perú, 2003.

Archivo Digital de Población-Ecuador: Secretaría Técnica del Frente Social, "CD SIISE – Sistema Integrado de indicadores sociales del Ecuador", 2002, E 1:1000000.

Archivo Digital de Población - Perú: Archivos Digitales CDC – Perú / UNALM, 2003.

Archivo Digital de Poliductos - Ecuador: Archivos Digitales Clirsen, "SIG-ATLAS", 2002.

Mapa de Canales de riego Puyango – Tumbes: PREDESUR, "Estudio de Prefactibilidad Puyango – Tumbes entre Perú y Ecuador", Octubre / 2002, E 1:400000.