



PROGRAMA DE CONSERVACION, GESTION  
Y USO SOSTENIBLE DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA  
EN LA REGIÓN LORETO

NATURE  
& CULTURE  
INTERNATIONAL



# Identificación de los Procesos Ecológicos y Evolutivos Esenciales para la Persistencia y Conservación de la Biodiversidad en la Región Loreto, Amazonía, Perú

Roosevelt García Villacorta  
Giuseppe Gagliardi Urrutia

---

Identificación de Procesos Ecológicos y Evolutivos  
Esenciales para la Persistencia y Conservación  
de la Biodiversidad en la Región Loreto

---

Roosevelt García Villacorta  
Giuseppe Gagliardi Urrutia

Iquitos, Loreto  
2009



## AGRADECIMIENTOS

---

Agradecemos a las instituciones que colaboraron con nosotros y a los profesionales tanto nacionales como extranjeros que nos cedieron amablemente su tiempo durante el estudio. Gracias a José Álvarez Alonso, Cristina López Wong, Christian Pérez Vera, Noam Shany y Silvia Usuriaga del Proyecto Apoyo al PROCREL por brindarnos las facilidades para el desarrollo del presente estudio. Cristina López y José Álvarez leyeron el documento completo y dieron sugerencias que mejoraron la redacción final. Nuestro especial reconocimiento a los pobladores de la región Loreto por acogernos con su hospitalidad característica durante el trabajo de consulta.

## ACRÓNIMOS

---

ACA	Amazon Conservation Association
AECI	Agencia Española de Cooperación Internacional
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
CEDIA	Centro para el Desarrollo Indígena Amazónico
DGFFS	Dirección General Forestal y Fauna Silvestre
GOREL	Gobierno Regional de Loreto
IBC	Instituto del Bien Común
ICBAR	Instituto de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi
IIAP	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
IIRSA	Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana
INADE	Instituto Nacional de Desarrollo
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IVITA	Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura
MINAG-ATFFS	Ministerio de Agricultura – Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre
ONG	Organización No Gubernamental
PEDICP	Proyecto Especial de Desarrollo Integral de la cuenca del Río Putumayo
UNAP	Universidad Nacional de la Amazonía Peruana
WCS	Wildlife Conservation Society
ZEE	Zonificación Ecológica Económica

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	10
EXECUTIVE SUMMARY.....	12
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Estructura de este reporte.....	14
1.2. ¿Por qué preocuparnos en conservar los procesos ecológicos y evolutivos... en Loreto?.....	14
1.3. Antecedentes de la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos..... en el Perú.....	15
1.4. Descripción de los procesos de la biodiversidad y los métodos comúnmente... utilizados para identificarlos y conservarlos.....	17
1.4.1. Procesos ecológicos.....	17
1.4.2. Procesos evolutivos.....	18
1.4.2.1. Unidad Evolutiva Significativa (ESU).....	18
1.4.2.2. Identificación de ESUs en la Amazonía.....	20
2. MÉTODOS.....	22
2.1. Identificando procesos ecológicos y evolutivos en Loreto.....	22
2.2. Capas SIG usados para definir las dimensiones espaciales de los..... componentes de los procesos.....	24
2.2.1. Patrones de la biodiversidad.....	24
2.2.2. Modelo de elevación digital del terreno (DEM).....	26
2.2.3. Sistemas de ríos en Loreto.....	26
3. RESULTADOS .....	27
3.1. Diversificación de plantas y animales en suelos de geología única.....	27
3.1.2. Definición espacial.....	30
3.2. Diversificación de la fauna terrestre y acuática entre cuencas.....	34
3.2.1. Definición espacial.....	36
3.3. Procesos de reproducción estacional de peces y otros animales acuáticos.... en planicies inundables y canales de los ríos.....	40
3.3.1. Definición espacial.....	42
3.4. Migraciones regionales para crecimiento y reproducción de los grandes.... bagres.....	42
3.4.1. Definición espacial.....	43
3.5. Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales a lo..... largo del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino.....	46
3.5.1. Definición espacial.....	47
3.6. Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales en el..... área de influencia del Arco de Iquitos.....	49
3.6.1. Definición espacial.....	51
3.7. Ajustes regionales de la distribución de especies a cambios..... climáticos en la Amazonía baja.....	52
3.7.1. Definición espacial.....	53
4. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS PROCESOS ECOLÓGICOS Y EVOLUTIVOS..59 EN LORETO.....	59
4.1. Identificando riesgos para la conservación de los procesos ecológicos y..... evolutivos en Loreto.....	59
4.1.1. Perspectiva histórica del crecimiento poblacional en Loreto.....	59

4.1.2. Percepción actual del poblador Loretano sobre el estado de.....	61
conservación de los recursos naturales en la región.....	61
4.1.3. Carreteras.....	66
4.1.3.1. El Proyecto IIRSA Norte.....	67
4.1.4. Agricultura.....	69
4.1.5. Actividades petroleras.....	72
4.1.6. Extracción minera.....	77
4.1.7. Explotación maderera.....	78
4.1.8. Extracción pesquera.....	84
4.1.9. Cacería.....	87
5. ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA GESTIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS.....	89
PROCESOS ECOLÓGICOS Y EVOLUTIVOS.....	89
5.1. Conectividad y tamaño de áreas protegidas para la conservación de.....	89
procesos ecológicos y evolutivos.....	89
5.1.1. Conectividad.....	89
5.1.2. Tamaño,,,,.....	89
5.2. Conservación de procesos ecológicos y evolutivos en los ecosistemas.....	91
acuáticos de Loreto.....	91
5.3. Conservación de procesos ecológicos y evolutivos en los ecosistemas.....	93
terrestres de Loreto.....	93
6. PROPUESTA DE INDICADORES PARA EL MONITOREO DE LOS.....	94
PROCESOS ECOLÓGICOS Y EVOLUTIVOS IDENTIFICADOS.....	94
7. CONCLUSIONES.....	106
8. LITERATURA CITADA.....	111
9. GLOSARIO.....	124
10. ANEXO.....	129
10.1. Lista de personas consultadas.....	129
10.1.1. Nacionales.....	129
10.1.2. Extranjeros.....	132

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Imagen de satélite Landsat TM mostrando bosques de varillales a lo largo del alto río Nanay rodeados por bosques más amplios en suelos arcillosos y francos.....	28
<b>Figura 2.</b> Ubicación de los varillales conocidos para Loreto. (1) Alto Nanay, (2) Allpahuayo-Mishana, (3), Tamshiyacu, (4) Jenaro Herrera, (5) Río Blanco-Tapiche, (6) Cerros de Contamana, (7) Jeberos, (8) Morona.....	31
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los varillales de (1) Allpahuayo-Mishana y Alto Nanay. (2) Tamshiyacu. Colores diferentes representan unidades de vegetación diferentes.....	32
<b>Figura 4.</b> Ubicación de los varillales del río Blanco (1) (Tapiche).....	32
<b>Figura 5.</b> Ubicación de los varillales de Jeberos (1).....	33
<b>Figura 6.</b> Ubicación de los varillales de Jenaro Herrera (1).....	33
<b>Figura 7.</b> Ubicación de los Cerros de Contamana (1).....	34
<b>Figura 8.</b> Mapa de cuencas de Loreto para planificar la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en el medio acuático.....	38
<b>Figura 9.</b> Ejercicio de la delimitación de áreas para la conservación de procesos ecológicos y evolutivos entre cuencas. Elipses protegen (a) cabeceras de ríos con influencia Andina, (b) ríos y áreas inundables amplias, (c) cuencas completas dentro de la región Loreto (Río Nanay), (d) cabeceras de ríos en cuenca conteniendo el canal principal de la cuenca. Áreas en cuadro rojo representan hipotéticas Zonas de Manejo Crítico (ZMCs) para la conservación de la conectividad entre cuencas y sub-cuencas.....	39
<b>Figura 10.</b> Mapa de crecimiento de juveniles, crecimiento de adultos y desove en toda la cuenca Amazónica de <i>Brachyplatystoma vaillantii</i> “manitoa” y <i>Brachyplatystoma rousseauxii</i> “dorado”. Modificado de Batista & Alves-Gomes (2006).....	45
<b>Figura 11.</b> Ubicación espacial del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino para Loreto. El rango 300-700 m se ha identificado como el gradiente para conservar los procesos ecológicos y evolutivos entre la Amazonía baja-piedemonte Andino.....	48
<b>Figura 12.</b> Distribución espacial de <i>A. urostachys</i> (triángulos), <i>A. macrocalyx</i> (círculos cerrados) y <i>A. javarense</i> (círculos abiertos). Las flechas sólidas representan las zonas de contacto entre <i>A. urostachys</i> y <i>A. macrocalyx</i> . Área gris claro representa la ubicación del arco de Iquitos. <i>A. javarense</i> está restringido al sur del río Amazonas (Montufar & Pintaud 2006).....	50

<b>Figura 13.</b> Ubicación de Arco de Iquitos para la conservación de sus procesos ecológicos y evolutivos asociados.....	51
<b>Figura 14.</b> Mapa de los tres meses más secos en la Amazonía incluyendo Loreto. La barra representa la cantidad de lluvia por mes. El círculo rojo punteado representa el área en Loreto necesario para la conservación de los procesos de ajustes de distribución geográfica a cambios climáticos regionales. (Modificado de Mayle <i>et al.</i> (2004)).....	54
<b>Figura 15.</b> Tendencia del crecimiento poblacional en la Región Loreto (en miles de habitantes).....	60
<b>Figura 16.</b> Mapa de ubicación de las poblaciones nativas y no nativas en Loreto. Cada punto representa una comunidad.....	61
<b>Figura 17.</b> Percepción del poblador Loreetano ante la disminución de los recursos naturales en la región desde una perspectiva histórica (elaboración propia en base a encuestas).....	64
<b>Figura 18.</b> Mapa de las amenazas actuales para la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos en Loreto. Las concesiones mineras representan los últimos 10 años de actividad en Loreto. Los puntos negros representan la ubicación geográfica y el tamaño relativo de las concesiones mineras.....	65
<b>Figura 19.</b> Esquema del proyecto IIRSA y las principales ciudades para el eje vial proyectado.....	68
<b>Figura 20.</b> Contratos para de concesiones petroleras en el Perú al 2007.....	73
<b>Figura 21.</b> Longitud de líneas sísmicas en el periodo 1997–2007.....	74
<b>Figura 22.</b> Extracción de cedro y caoba conglomerado por año (en m <sup>3</sup> ) desde inicios de siglo XX hasta la actualidad.....	79
<b>Figura 23.</b> Producción de madera rolliza en Loreto durante los periodos (A) 1923 – 1940 y (B) 1997-2008. Fuentes igual que Figura 22.....	80
<b>Figura 24.</b> Tendencia de la disminución de madera “caoba” y subsecuente reemplazo por “cedro” debido al mal manejo del recurso forestal en la región Loreto.....	81
<b>Figura 25.</b> (A) Tendencia del desembarque pesquero total (toneladas) en la región Loreto entre 1984–2006. (B) Cambios en la composición de especies del desembarque pesquero por periodos.....	85
<b>Figura 26.</b> Declinación en el porcentaje de capturas de especies de peces grandes y de alto valor económico en Loreto, comprendiendo el periodo 1984–2006.....	86



## LISTA DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Procesos ecológicos y evolutivos identificados en la Región Loreto, norte de la Amazonía Peruana, mostrando el tamaño aproximado de áreas protegidas que se necesitarían para cada uno (adaptado de Pressey et. al. (2003) y (Specht et al. 2003)). <i>Muy pequeño</i> , MP: 10 - 1,000 ha; <i>pequeño</i> , P: 1,000 - 100,000 ha; <i>mediano</i> , M: 100,000 - 500,000 ha; <i>grande</i> , G: 500,000 - 1'000,000 ha; <i>muy grande</i> , MG: >1'0000,000 ha (mega-reservas <i>sensu</i> (Peres 2005)). Los procesos en negrita fueron enfocados para la conservación en este estudio. Además de la literatura citada las Fuentes consultadas incluyeron consulta a expertos en temas ecológicos, evolutivos y de conservación (ver Anexo).....	55
<b>Tabla 2.</b> Estadísticas de las actividades petroleras en Loreto: período 1997–2007.....	76
<b>Tabla 3.</b> Propuesta de acciones e indicadores de monitoreo de los procesos ecológicos evolutivos identificados.....	95

## LISTA DE FOTOS

---

<b>Foto 1.</b> Carretera Interoceánica Sur, en tramo de Quebrada Guacamayo, Madre de Dios..	63
<b>Foto 2.</b> Área deforestada para agricultura, carretera Mazan-Indiana.....	71
<b>Foto 3.</b> (A) Extracción minera en el río Madre de Dios. (B) Draga minera realizando actividades de extracción en el alto río Nanay.....	78
<b>Foto 4.</b> Troza de “Caoba” <i>Swietenia macrophylla</i> en uno de los primeros aserraderos de Iquitos (aprox. 1931) .....	79
<b>Foto 5.</b> Huangana ( <i>Tayassu pecari</i> ) eviscerada en una comunidad Arabela (río Curaray).....	88

## RESUMEN EJECUTIVO

Los esfuerzos de conservación en la Amazonía buscan como meta final conservar su rica biodiversidad en forma indefinida. Hasta ahora la identificación de áreas para la conservación a menudo enfatiza en la conservación de patrones de la biodiversidad: lugares más diversos o con alto endemismo, o en la protección de una muestra representativa de cada ecosistema. Esta estrategia de conservación aunque importante deja sin evaluar si los procesos que producen los patrones de la biodiversidad están siendo también adecuadamente conservados. Esto se ha debido, entre otras cosas, a que los procesos que generan la biodiversidad han sido difíciles de identificar espacialmente y porque se piensa que los procesos están siendo protegidos sin necesidad de enfocarlos como objetos de conservación.

Los procesos de la biodiversidad incluyen los procesos ecológicos (p.e. ciclos de creciente y vaciante en los ríos, polinización, migraciones) y evolutivos (rango de adaptación de las especies a cambios en el clima, o procesos de formación de nuevas especies por separación geográfica de poblaciones) que necesitan ser enfocados explícitamente como objetos de conservación para garantizar la persistencia de la biodiversidad en el largo plazo.

Hasta ahora no se ha evaluado si las unidades de conservación en Loreto, y en general en el Perú, están conservando estos procesos de la biodiversidad de manera tal que garanticen su representatividad y conservación. En este estudio identificamos aquellos procesos ecológicos y evolutivos que consideramos esenciales para la persistencia, conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en la región Loreto. Para esto utilizamos una combinación de consulta a expertos y una amplia revisión bibliográfica sobre procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en la Amazonía, poniendo énfasis sobre todo en aquellos que son únicos para la región Loreto.

Los procesos ecológicos y evolutivos esenciales para la conservación de la diversidad biológica en Loreto son: (1) Diversificación de plantas y animales en suelos de geología única; (2) Procesos de reproducción estacional de peces y otros animales acuáticos en

planicies inundables y canales de los ríos; (3) Diversificación ecológica de plantas y animales a lo largo del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino; (4) Diversificación geográfica de la fauna terrestre y acuática entre cuencas; (5) Migraciones regionales para crecimiento y reproducción de los grandes bagres; (6) Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales en el área de influencia del Arco de Iquitos; y (7) Ajustes regionales de la distribución de especies a cambios climáticos en la Amazonía baja.

Para la representación de estos procesos se identificó en un Sistema de Información Geográfica (SIG) aquellos elementos espaciales de la región Loreto que están asociados a estos procesos. Junto con la justificación para la conservación de los procesos identificados incluimos pautas específicas para orientar su conservación. Se incluye en el análisis un recuento histórico de las amenazas a la biodiversidad y a los procesos ecológicos y evolutivos identificados, lo mismo que una revisión de las pautas para el monitoreo de los procesos y sus indicadores.

Este estudio, que enfoca directamente la conservación de la biodiversidad en los procesos que lo generan, es el primero de su tipo que se realiza en la cuenca Amazónica, y en general en el Neotrópico. Esperamos que el enfoque y los resultados que se presentan sean discutidos, analizados e incorporados en la planificación de la conservación regional y complementen los esfuerzos de conservación que se han venido realizando hasta ahora. Así mismo, creemos que este enfoque puede ser refinado y replicado en otras regiones del país, mientras se acumula el conocimiento de los procesos que generan y afectan a la biodiversidad. Sólo conservando los procesos ecológicos y evolutivos garantiremos la persistencia de la biodiversidad presente y la adaptación de la biota Amazónica a retos medioambientales del futuro.

## EXECUTIVE SUMMARY

Conservation efforts in Amazonia have as a final goal to protect indefinitely its rich biodiversity. Until now, the identification of conservation areas often emphasizes the conservation of biodiversity patterns: places with high diversity and endemism or the protection of representative samples of each ecosystem. This conservation strategy, although important, leave without consideration whether the processes producing the biodiversity patterns are at the same time being appropriately conserved. This is because biodiversity processes have been difficult to identify spatially and because it is thought that these processes are being protected without the need to identify them as conservation targets.

Biodiversity processes include ecological processes (e.g. high and low water level, pollination, migrations) and evolutionary processes (e.g. range of adaptation of species to climate change, or species generation by geographic separation of populations) which need to be targeted explicitly as conservation objects in order to guarantee the persistence of biodiversity on the long run.

Until now it has not been evaluated whether the conservation units of Loreto, and in general in Peru, are conserving biodiversity processes in a way that guarantee their representation. In this study we identify major ecological and evolutionary processes which area critical for the persistence and integral conservation of the biological diversity in the Loreto region. We used a combination of consult to experts along with an extensive review of the literature on ecological and evolutionary processes that occur in the Amazon basin, putting emphasis on those that are unique for the Loreto region,

The identified ecological and evolutionary processes essential for biological conservation in Loreto are: (1) Diversification of plants and animals in soils of unique geology, (2) Processes of seasonal reproduction of fishes and other aquatic animals in floodplains and river channels, (3) Ecological and geographical diversification of plants and animals across the lowland Amazonia-Andean piedmont gradient, (4) Geographical diversification of the terrestrial and aquatic faunas between basins, (5) Regional migrations for growing and reproduction of catfishes, (6) Ecological and geographical diversification of plants

and animals occupying the area of influence of the Iquitos arch, and (7) Regional adjustments of species distribution to climate change in lowland Amazonia.

In order to represent these processes we identify in a Geographical Information System (GIS) those spatial elements of the landscape in Loreto that are associated to these processes. Along with a justification for the conservation of the identified processes we include briefly specific guidelines for their conservation. We include in the analysis a historical account of the threats to the biodiversity and their processes in the Loreto region, along with a revision of guidelines for the monitoring of the identified processes and their indicators.

This study, which focuses directly on the ecological and evolutionary processes that generates diversity, is the first of its class done in the Amazon basin, and in general in the Neotropics. We hope that the approach and the results presented here are analyzed, discussed and incorporated in regional conservation planning; complementing ongoing conservation efforts. Likewise, we believe that this approach can be refined and replicated in other regions, while the knowledge of ecological and evolutionary processes accumulates. Only conserving the ecological and evolutionary processes we will secure the persistence of the present biodiversity and the adaptation of the Amazon biota to future environmental challenges.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Estructura de este reporte

La **sección 1** empieza con una introducción al concepto de procesos ecológicos y evolutivos y por qué es necesario enfocarlos como objetos de conservación en la región Loreto. En la **sección 2** presentamos los métodos utilizados para identificar los procesos ecológicos y evolutivos, y cómo éstos fueron definidos espacialmente usando capas en un Sistema de Información Geográfica (SIG). La **sección 3** presenta los resultados de la identificación de los procesos con una descripción de los mismos, el cual resumidos en una tabla con las respectivas fuentes consultadas. En la **sección 4** revisamos desde una perspectiva histórica las amenazas reales y potenciales a los procesos ecológicos y evolutivos identificados. La **sección 5** presenta los elementos básicos a considerar para la adecuada conservación y gestión de los procesos identificados. En la **sección 6** presentamos una propuesta de indicadores básicos para el adecuado manejo y conservación de los procesos ecológicos y evolutivos. En la **sección 7** presentamos las conclusiones del presente estudio. Un glosario al final del documento sirve de ayuda para aclarar algunos conceptos marcados en *cursiva* a lo largo del reporte.

## 1.2. ¿Por qué preocuparnos en conservar procesos ecológicos y evolutivos en Loreto?

Un componente clave pero raras veces incluido como meta principal en la planificación de la conservación, es la identificación y protección de los procesos ecológicos y evolutivos que garanticen la continuidad de las poblaciones de flora y fauna, y por consiguiente la *persistencia* de la biodiversidad. Si no protegemos estos procesos, la conservación de la biodiversidad en cualquiera de sus formas no está garantizada. Aun cuando la diversidad biológica (a nivel de especies, grado de endemismo o tipo de hábitat) está tratando de ser conservado en la región, no se ha analizado hasta ahora si los procesos que crean y mantienen la diversidad (los procesos ecológicos y evolutivos) están siendo también adecuadamente protegidos.

El reconocimiento de la necesidad de conservar los procesos ecológicos y evolutivos implica reconocer que los patrones de la biodiversidad que observamos hoy (específica, genética y ecosistémica) no es estática, sino que responde a las condiciones cambiantes del ambiente. Son estas condiciones del ambiente, tanto físicas como biológicas que debemos proteger para tratar de garantizar a perpetuidad la diversidad biológica de la región. La conservación completa de estos procesos es más importante si consideramos que las especies necesitarán una adaptación rápida a cambios climáticos que ocasionarán cambios drásticos en sus hábitats, algo que en la actualidad está ocurriendo aceleradamente.

Los procesos ecológicos incluyen los procesos físicos (p.e. ciclo hidrológico de los ríos) y las actividades de las plantas y animales (p.e. dispersión de semillas, migración de aves y peces) que influyen en la salud de los ecosistemas y contribuyen en el mantenimiento de su diversidad, integridad genética, y por lo tanto en el mantenimiento de su potencial evolutivo (Ricklefs *et al.* 1984). Los procesos evolutivos están representados en la diversidad genética de las poblaciones de plantas y animales que pueden originarse por aislamientos históricos (p.e. nuevos cauces de río separando poblaciones) o adaptaciones a gradientes medioambientales. Sólo la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos nos garantizará la persistencia de la biodiversidad (Balmford *et al.* 1998).

### **1.3. Antecedentes de la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos en el Perú**

Hasta ahora, la conservación en el Perú ha estado enfocada en la conservación de los patrones de la diversidad antes que en los procesos que lo generan y mantienen. El desarrollo del documento "*Diversidad Biológica del Perú: Zonas Prioritarias para su Conservación*" (Rodríguez 1996) fue un paso importante en la planificación de la conservación en el Perú, desarrollando una serie de criterios de representatividad para determinar donde se debería priorizar la conservación en el Perú. Se utilizó principalmente dos criterios para identificar y priorizar las áreas de conservación en el Perú: áreas con alta concentración de especies endémicas y áreas con alta diversidad. La coincidencia de al menos tres grupos taxonómicos en una misma área geográfica decidió



si el área era considerada de prioridad nacional para la conservación (Rodríguez 1996). Como resultado se logró ubicar 38 zonas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica en el Perú y 28 lugares con vacíos de información que deberían ser prioridad en futuros estudios (Rodríguez 1996; Rodríguez & Young 2000).

Este tipo de análisis, donde se prioriza las regiones con inusual diversidad y endemismo ha servido de base para delinear la actual estrategia nacional de conservación de la biodiversidad en el Perú (“Plan Director”). Sin embargo, el uso de estos criterios necesariamente considerará como prioridad los hábitats y especies que están mejor estudiados en el Perú, aun cuando áreas con similar (o mayor) diversidad biológica o endemismo existan pero aún no hayan sido descubiertas (Kalliola *et al.* 1996). Por otro lado, aun cuando la identificación de los patrones de diversidad se aproximen a la realidad, el uso de estos criterios no garantiza que los procesos ecológicos (esenciales para la subsistencia de las especies) y evolutivos (indispensables para la generación de más diversidad en el mediano y largo plazo) estén siendo al mismo tiempo apropiadamente conservados. Lo que ha estado ausente es un enfoque para conservar los procesos ecológicos y evolutivos que originan y mantienen la biodiversidad en el Perú.

Además de su importancia para la conservación integral de las especies y hábitats, la identificación y conservación de procesos ecológicos y evolutivos es crítico para el desarrollo y aplicación de un manejo sostenible de los recursos naturales en la Amazonía. Por ejemplo, la explotación de los grandes bagres en los ríos de Loreto (donde los individuos adultos de “dorado” desovan luego de un largo viaje de casi 5000 Km. desde la zona del estuario del río Amazonas, en su confluencia con el Océano Atlántico) necesita una coordinación estrecha con organismos de control pesquero en la Amazonía de Brasil para conservar sus procesos de migración regional (donde los “dorados” juveniles se alimentan y alcanzan la adultez mientras se desplazan río arriba hasta las cabeceras de los ríos en la Amazonía de Perú, Ecuador y Bolivia). Una red de áreas protegidas en Loreto debe garantizar la continuidad de estas migraciones regionales si nuestra meta es conservar y usar sosteniblemente en el largo plazo la biodiversidad en la región. Dado que los procesos ecológicos y evolutivos funcionan en escalas espaciales y temporales que se extienden más allá de determinados límites políticos y administrativos, su aplicación y desarrollo debe involucrar distintos niveles de cooperación nacional e internacional.

Este estudio intenta complementar los esfuerzos de conservación implementados o que están implementándose en la región mediante la identificación de los procesos ecológicos y evolutivos claves que deben incorporarse como metas en el planeamiento regional de la conservación a fin de garantizar la persistencia de la biodiversidad presente y futura en la región Loreto.

#### **1.4. Descripción de los procesos de la biodiversidad y los métodos comúnmente utilizados para identificarlos y conservarlos**

##### **1.4.1. Procesos ecológicos**

Hasta muy recientemente, la conservación de los procesos ecológicos no han sido explícitamente incorporados como objetos de conservación. Esto se ha debido a que estos procesos, incluyendo los procesos evolutivos, han sido difíciles de definir espacialmente, y sobre todo porque se ha asumido que la conservación de estos procesos está garantizado si conservamos áreas lo suficientemente grandes. Si bien es cierto que ciertos procesos, tales como los procesos de predación natural por grandes felinos y otros predadores, pueden ser conservados en mega-reservas (Laurance 2006; Peres 2005), muchos otros procesos pueden ser totalmente obviados de la planificación de la conservación si no son enfocados directamente. Por ejemplo, la conservación de gradientes altitudinales en el ecotono Amazonía baja-piedemonte Andino, que se han encontrado indispensables para la diversificación en ciertos grupos de plantas y animales (Fjeldså 1994; Gentry 1982b), no se conservará apropiadamente si no conservamos áreas representativas de este gradiente. Otro ejemplo es el gradiente climático entre el norte y sur de Loreto. Poblaciones de plantas y animales que habitan este gradiente pueden responder mejor a cambios climáticos ya que están mejor adaptados genéticamente a extremos climáticos (Killeen & Solórzano 2007). Este gradiente debe ser enfocada como objeto de conservación.

### 1.4.2. Procesos evolutivos

La conservación de los procesos evolutivos está relacionado con la conservación de la diversidad genética dentro de las poblaciones (Moritz 2002; Newton et al. 1999). La diversidad genética puede ser dividida de acuerdo a su origen en dos componentes: diversidad genética debido a *evolución adaptativa* y diversidad genética debido a un largo tiempo de aislamiento histórico (procesos de separación geográfica). El primero se mide mediante el análisis de la *variación fenotípica hereditable* en la población y diferencias en su potencial reproductivo. La diversidad genética por procesos de separación geográficas se determinan mediante estudios de diferencias genéticas dentro y entre poblaciones que ocurren en diferentes regiones (Avice 1998; Newton et al. 1999). Estos dos aspectos de la diversidad genética se relacionan a distintos procesos evolutivos. Los procesos de *variación adaptativa* en las diferentes poblaciones se originan principalmente a través de presiones de *selección divergentes* y es facilitado, pero no requiere, aislamiento genético. Estos procesos se miden mediante información *fenotípica*. Los procesos de aislamiento geográfico pueden empezar independientemente de la selección divergente y se miden usualmente mediante datos moleculares (Moritz 2002).

La identificación y conservación de unidades intra-específicas se basó originalmente en sub-especies reconocidas taxonómicamente. Sin embargo, el uso de subespecies, o cualquier otra caracterización taxonómica intra-específica (p.e. variedad, raza), está afectado por diferencias en la intensidad del trabajo taxonómico en los diferentes taxa, por el uso de diferentes criterios para definir unidades intra-específicas y por la incongruencia entre los grupos encontrados con datos moleculares y las subespecies definidas taxonómicamente (Moritz 2002; Zink 2004).

#### 1.4.2.1. Unidad Evolutiva Significativa (ESU)

Raras veces se tiene la capacidad de proteger la diversidad genética de todas las poblaciones de una especie, especialmente en un ecosistema tan grande como la Amazonía. En este contexto, el uso de Unidades Evolutivas Significativas (ESUs, por sus siglas en inglés) ha sido creado para recocer la necesidad de identificar y proteger la herencia evolutiva en determinadas poblaciones (Moritz 1994). Por variadas razones

algunas poblaciones contienen mayor diversidad genética que otras o forman parte de un grupo importante en proceso de separación a nivel especie. ESUs es definido como un “grupo de poblaciones históricamente aisladas y evolucionando independientemente de otras poblaciones” (Moritz 1994, 1999). La meta es asegurar que los principales grupos históricos con especies reconocidas, el componente histórico de la biodiversidad, sean protegidos y que el potencial evolutivo inherente a través de un grupo de ESUs se mantenga. La identificación de ESUs ayuda en el proceso de decidir cuales poblaciones deben ser priorizadas en la conservación de los procesos evolutivos.

En un nivel práctico, la identificación de unidades evolutivas significativas debe mostrar que los miembros de un ESU son *recíprocamente monofiléticos* (formando un grupo evolutivo con una ancestro común no compartido con otro grupo evolutivo) para segmentos de ADN *mitocondrial* (*alelos*). Un segundo requisito para determinar un ESU es que sus miembros deben mostrar diferencias significativas para segmentos de ADN del *núcleo celular*. La protección de los procesos evolutivos mediante ESUs pone énfasis en grupos de poblaciones históricamente aisladas antes que en la presente *diversidad adaptativa* (Moritz 2002). Como unidades de conservación, ESUs complementan a especies ya reconocidas, así que especies recientemente separadas o en vías de diferenciación deben ser protegidas sin importar si cumplen el criterio para ser determinadas como ESU (Moritz 1994, 2002).

Para conservar y manejar la diversidad genética actual se ha propuesto una unidad de manejo complementaria a ESUs conocido simplemente como Unidades de Manejo (MU por sus siglas en inglés) (Moritz 1994). Unidades de Manejo se definen como poblaciones con diferencias significativas en las frecuencias del locus mitocondrial o nuclear y constituyen la unidad más adecuada para el monitoreo de las poblaciones y estudios demográficos. El uso de MUs tiene en consideración que en la mayor parte de los estudios genéticos, las diferencias entre poblaciones van desde *monofilia recíproca* (separación completa) hasta separación filogenética substancial pero incompleta.

#### 1.4.2.2. Identificación de ESUs en la Amazonía

En la cuenca Amazónica son muy pocos los estudios que se han realizado para identificar ESUs y que pueden usarse para orientar la conservación de los procesos evolutivos. Aunque estudios genéticos poblacionales en diferentes grupos taxonómicos han empezado a realizarse con cierta intensidad en la Amazonía (Cantanhede et al. 2005; Cheviron et al. 2005; Da Silva & Patton 1998; Dick et al. 2003a; Dick et al. 2007; Dick et al. 2004; Gascon et al. 2000; Hubert et al. 2007; Loughheed et al. 1999; Patton et al. 2000; Pearse et al. 2006; Quijada-Mascareñas et al. 2007; Renno et al. 2006; Santos et al. 2007; Vasconcelos et al. 2006; Wuster et al. 2005; Zamudio & Greene 1997), sólo tres estudios han usado datos genéticos de poblaciones para tratar de definir explícitamente ESUs en la Amazonía: *Arapaima gigas* (“paiche”), *Inia spp.* (“delfín de río”) y *Panthera onca* (“jaguar”) (Banguera-Hinestroza et al. 2002; Eizirik et al. 2001; Hrbek et al. 2005). Resulta obvio entonces que faltan más estudios poblacionales de especies que representen a diferentes grupos taxonómicos y con mayor intensidad de muestreo a nivel de cuenca y sub-cuencas en la región Amazónica, antes que podamos dirigir la conservación de los procesos evolutivos mediante el uso de ESUs.

Dado que el conocimiento de las diferencias genéticas entre poblaciones de una misma especie de plantas y animales en la Amazonía es aún incipiente, y probablemente continuará así por mucho tiempo, resulta imprescindible recurrir a elementos espaciales sustitutos de los procesos evolutivos que ocurren en la región para enfocarnos así en su conservación. En esta línea, la protección del componente adaptativo de la diversidad es complementaria a procesos de aislamiento geográfico y debe enfocarse en conservar el contexto donde actúa la selección, es decir poblaciones viables en ambientes heterogéneos, en vez de proteger fenotipos específicos (poblaciones de una especie con sólo una parte de su rango de variación). Esta estrategia garantizará la conservación de un rango de fenotipos, con base genética, que puede estar disponible para una selección futura en caso de cambios en las condiciones del clima o ambientales (Crandall et al. 2000; Moritz 2002; Smith et al. 2001). La protección de la variación fenotípica está muy relacionada con la protección de *ecotónos* o áreas de diversificación activa y ocurre principalmente en zonas de contacto entre diferentes unidades biogeográficas (Moritz

2002). Un ejemplo de esto es la confluencia de la Amazonía baja de Loreto con el piedemonte Andino (“ceja de selva”).

En este documento identificamos los procesos evolutivos esenciales en Loreto mediante el uso de elementos espaciales que tienen relación directa con estos procesos. Utilizamos una combinación de consulta a expertos y una amplia revisión bibliográfica sobre procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en la Amazonía, poniendo énfasis sobre todo en aquellos que son únicos para la región Loreto.

## 2. METODOS

### 2.1. Identificando Procesos Ecológicos y Evolutivos en Loreto

El primer paso para la conservación de los procesos de la biodiversidad es su identificación, especialmente los que tienen un efecto muy importante en el ecosistema. Ya que el número de procesos ecológicos y evolutivos en un ecosistema es muy diverso (Ricklefs *et al.* 1984), se necesita aplicar un método eficiente que nos permita identificar estos procesos en forma incluyente.

Muchos de estos procesos ocurren a pequeña, mediana o gran escala y a menudo están correlacionados con elementos espaciales de la región. Por esta razón, clasificamos los procesos identificados de acuerdo a la escala en que ocurren y por consiguiente el tamaño apropiado del área que se necesita para conservarlo (Tabla 1). El tamaño de las áreas necesarias para conservar los diferentes procesos identificados fue estimado mediante el uso de rangos reales de distribución de especies y análisis de viabilidad poblacional (Pressey *et al.* 2003; Specht *et al.* 2003).

Aunque se mencionan algunos de los procesos que operan en pequeña escala, este estudio se concentra en evaluar aquellos procesos que operan a escala regional en Loreto, en especial aquellos que un enfoque de conservación que busca representar diversidad, endemismo o hábitat únicos pasa por alto.

Habiéndose identificado los procesos ecológicos y evolutivos se necesita contar con un mapa que nos muestre su distribución y permita planificar su conservación. Una manera adecuada de tratar de capturar estos procesos es mediante el uso de componentes espaciales del paisaje asociados a estos procesos. Los *componentes espaciales* se definen como las “características físicas de una región que están asociados con determinados procesos ecológicos y evolutivos” (Rouget *et al.* 2003).

En el presente estudio los componentes espaciales fueron identificados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y fueron divididos en dos grupos: componentes de procesos “espacialmente fijos” y componentes de procesos “espacialmente flexibles”. Los

componentes espacialmente fijos capturan procesos que están asociados con características físicas de la región claramente definidos (Rouget *et al.* 2003). Un ejemplo en Loreto es la diversificación a lo largo de interfaces edáficas en los bosques sobre suelos arenosos de cuarzo (“varillales”). El componente espacial (la interfase) consiste de parches de varillales anidados en un matriz de suelos diferentes (arcillosos o franco-arenosos) y más extensos en el paisaje. Estos parches pueden consistir desde unas cuantas hectáreas hasta extensiones de varios cientos de hectáreas (Figura 1). Estudios de la flora y la avifauna de los varillales muestran que estos hábitats albergan especies endémicas que no se encuentran en otros hábitats de Loreto (Alvarez-Alonso & Whitney 2003; Alvarez-Alonso & Whitney 2001; Fine *et al.* in review; García-Villacorta *et al.* 2003; Gentry 1986; Isler *et al.* 2002) y donde procesos de diversificación mediados por presión de herbívoros pueden ser importantes (Fine *et al.* 2005; Fine *et al.* 2004). La conservación de procesos ecológicos y evolutivos en estas interfaces debe empezar por identificar donde se ubican estos hábitats de valor biológico único, no sólo para la región sino para el país.

Los componentes espacialmente flexibles capturan procesos ecológicos y evolutivos que pueden persistir en varias configuraciones espaciales (Rouget *et al.* 2003). Un ejemplo de esto son las migraciones de aves a lo largo de gradientes altitudinales, como lo que ocurre desde la Amazonía baja hacia las elevaciones Andinas y viceversa. El componente de este proceso es espacialmente flexible ya que no se conoce exactamente la ruta de migración de estas especies y no está espacialmente bien definido. En este caso probablemente existan varias opciones espaciales para conservar estos procesos.

En la actualidad no es posible identificar todos los componentes espaciales necesarios para conservar los múltiples procesos ecológicos que ocurren en la Amazonía. Esto se debe principalmente a que muchos estudios ecológicos y evolutivos desarrollados en la Amazonía no han identificado explícitamente los componentes espaciales de estos procesos. En muchos casos la investigación de estos procesos aún no existe o está desarrollándose (p.e. patrones de migración y desove estacional de los grandes bagres y otros peces amazónicos). Por esta razón, es importante usar todo el conocimiento actual de estudios previos complementado con la opinión de expertos sobre los procesos de la biodiversidad que son importantes de conservar en la Amazonía.



## **2.2. Capas SIG usadas para definir las dimensiones espaciales de los componentes de los procesos**

### **2.2.1. Patrones de la biodiversidad**

A pesar de que este estudio se concentra en la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos creemos importante incluir información sobre patrones de diversidad en el análisis de las áreas que contienen los procesos pues nos ayuda a ubicar los procesos espacialmente. Aun no existe ningún grupo de plantas o animales que se conozca su distribución completa en la región y que pueden proporcionarnos un análisis apropiado de los patrones de diversidad. Entre los grupos de plantas con conocimiento parcial sobre su distribución tenemos los estudios florísticos de árboles en parcelas (Fine et al. in review; García-Villacorta 2005; Gentry 1988b; Grandez et al. 2001; Peacock et al. 2007; Phillips & Miller 2002; Pitman et al. 1999), estudios florísticos de hierbas y arbustos de (helechos y *melastomatáceas* respectivamente) (Rajaniemi et al. 2005; Tuomisto et al. 1995; Tuomisto et al. 2003) y los estudios de diversidad y distribución de palmeras (Montufar & Pintaud 2006; Vormisto et al. 2004).

A pesar del enorme esfuerzo en los estudios de la flora en la Amazonía, muchas regiones de la Amazonía incluyendo Loreto se encuentran aún pobremente colectados (Schulman et al. 2007). Esta realidad sin embargo no debe detener la búsqueda de patrones de la diversidad que necesitamos conservar mediante la identificación de áreas más diversas o con alto endemismo. Sin embargo, creemos que estos no deben ser los únicos criterios que se usen para planificar la conservación en la Amazonía, ya que se ha demostrado que aparentes centros de endemismo o diversidad están sesgados a áreas accesibles para colectar o a ciertos tipos de bosques (Nelson et al. 1990; Schulman et al. 2007), lo que pueden distorsionar la identificación de zonas prioritarias para la conservación (Laurance 2006). Asimismo, los “puntos calientes” en diversidad o endemismos actuales pueden no ser los mismos del mañana (Smith *et al.* 2001).

Afortunadamente existen otros criterios que se han desarrollado para buscar representar los patrones de la diversidad y que se están empezando a aplicar con éxito en varios lugares de mundo. Entre ellos están los conceptos de especies indicadoras y elementos

sustitutos. Especies indicadoras representan un grupo de especies, entre todas las especies que ocurren en un lugar (p.e. palmeras de la Amazonía), que pueden ser usadas como representativas de los patrones que ocurren en una región. El enfoque en sólo un grupo de especies, en vez de toda la biodiversidad en una región, acelera el número de inventarios que pueden hacerse en el campo y facilita la identificación taxonómica de las especies. Elementos sustitutos es similar al concepto de especies indicadoras en que buscan representar los patrones de la biodiversidad mediante el uso de sólo una parte de la flora o fauna, pero también puede estar representado por tipos de hábitat que contienen composición de especies diferentes (p.e. ecoregiones, sistemas ecológicos).

En este estudio utilizamos el mapa de ecorregiones elaborado por Olson & Dinerstein (2002) y el mapa de sistemas ecológicos de la Amazonía elaborado por Josse *et al.* (2007) para representar los patrones de la biodiversidad. El uso de elementos sustitutos espaciales es más efectivo si se usa en forma combinada con bases de datos de especies estudiadas intensivamente en la región para capturar varios aspectos de la biodiversidad que pueden pasar desapercibidos si sólo usamos un elemento sustituto (Cowling *et al.* 2004). Así, aunque el mapa de ecorregiones representa una aproximación a los patrones de diversidad que existen en Loreto, en el futuro se debe incluir en esta representación de la biodiversidad la distribución real o potencial (mediante modelos de *nichos de distribución*) de grupos de especies de las cuales se conoce su distribución apropiadamente (árboles, arbustos, hierbas o palmeras) o que son clave para la salud de los ecosistemas amazónicos, como los ungulados (“sachavaca” *Tapirus terrestris*, “sajino” *Tayassu tajacu*, “huangana” *Tayassu pecari*, “venado” *Mazama* sp.), grandes predadores (“otorongo” *Panthera onca*, “puma” *Puma concolor*, “tigrillo” *Felis pardalis*), primates, peces y aves.

### **2.2.2. Modelo de elevación digital del terreno (DEM)**

Para identificar interfases y gradientes altitudinales usamos un mapa digital de elevación del terreno (DEM, por sus siglas en inglés) derivados de imágenes de radar SRTM (Space Shuttle Synthetic Aperture Topographic Mapping Mission). Este mapa nos permite clasificar la elevación de la región con un alto grado de precisión de modo tal que nos permite evaluar las gradientes cercanas a los Andes y otras elevaciones o depresiones en paisaje (p.e. el Arco de Iquitos). Este mapa DEM también podría ser usado para obtener un mapa más detallado de sub-cuencas en Loreto.

### **2.2.3. Sistemas de ríos y cuencas en Loreto**

Para la identificación de procesos ecológicos y evolutivos relacionados a áreas inundables y corredores de ríos se uso el mapa de cuencas de la región Loreto. Este mapa funciona bien a escala grande pero en el futuro se necesita un mapa de sub-cuencas para definir mejor las prioridades de conservación basadas en evaluaciones de vulnerabilidad o irremplazabilidad. Este mapa de sub-cuencas puede ser obtenido del modelo de elevación digital del terreno (DEM) obtenido y procesado por el SRTM.

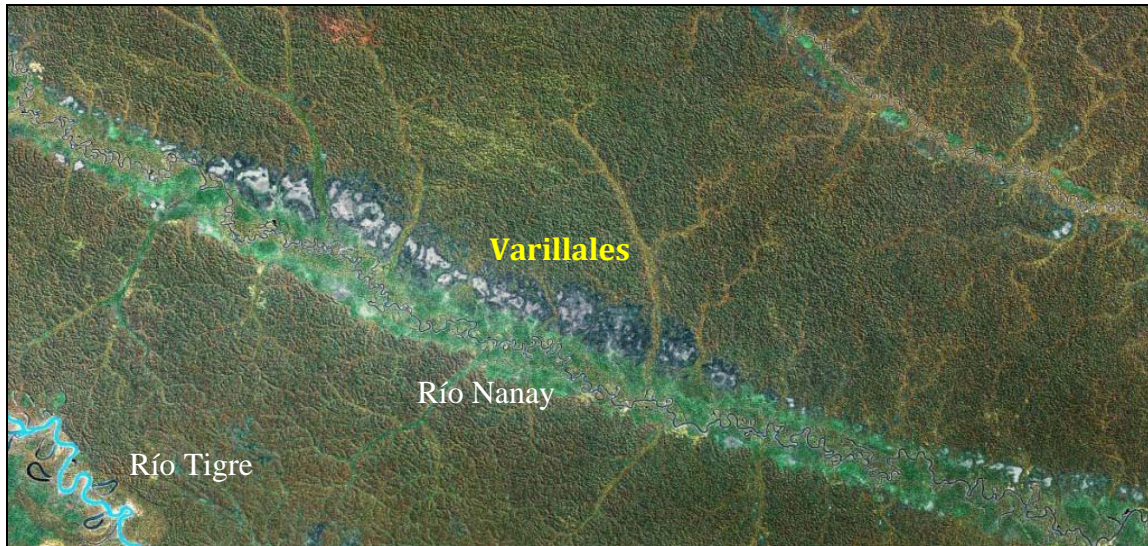
## 3. RESULTADOS

La tabla 1 lista los procesos ecológicos y evolutivos identificados y los componentes espaciales asociados a cada uno de ellos. A continuación se describen los principales procesos ecológicos y evolutivos identificados en la región Loreto mediante el uso de elementos espaciales sustitutos. Comenzamos con una justificación de por qué deben ser incorporados como objetos de conservación en la región, seguido de los criterios y las capas usadas para identificarlos espacialmente en SIG. En todos los casos presentamos recomendaciones específicas para la conservación de cada uno de los procesos identificados.

### **3.1. Diversificación de plantas y animales en suelos de geología única: suelos arenosos de cuarzo que soportan bosques de varillales y cerros de Contamana**

Los suelos de arena blanca de cuarzo están entre los más raros en la cuenca Amazónica y soportan una vegetación completamente diferente en estructura y composición comparado a los bosques sobre suelos arcillosos de más amplia distribución en la cuenca. Se ha estimado que estos suelos representan alrededor del 3% del total de la región Amazónica (Sombroek 1984) y ocurren en forma de islas de diferentes tamaños (Prance 1996) rodeados por bosques más diversos en suelos arcillosos (Figura 1).

**Figura 1.** Imagen de satélite Landsat TM mostrando bosques de arena blanca (varillales) a lo largo del alto río Nanay rodeado por bosques más amplios en suelos arcillosos y francos.



En el Perú estos suelos están reportados en su mayoría para el departamento de Loreto, con unas pequeñas extensiones adicionales en los bosques cercanos a la Cordillera Escalera, en el límite entre Loreto y el departamento de San Martín (R. García, obs. pers.). También se ha reportado la existencia de bosques con especies de plantas típicas de varillales en elevaciones más altas de bosques montanos sobre suelos rocosos en Moyobamba (Dietz 2002), y ciertos sectores de los cerros de Contamana (ProNaturaleza 2007; Vriesendorp et al. 2006). Aún no se conoce con certeza cuál es el origen de estos suelos en la región, pero se cree que tienen dos orígenes: un origen *in situ* mediante procesos de lavado de materiales arcillosos propios de la región en millones de años de exposición a la intemperie (Chauvel *et al.* 1996). La segunda teoría *ex situ* sugiere que estas arenas formaron parte del escudo Guyanés, una de las formaciones rocosas más antiguas del planeta, que fue erosionado y sus sedimentos de arena de cuarzo depositadas en la periferia del escudo (Gansser 1954), en la Amazonía occidental, por procesos fluviales o fluvio-lacustres (Kauffman *et al.* 1998; Räsänen *et al.* 1998).

Cualquiera sea su origen, y a pesar de su rareza en el paisaje Amazónico, estos suelos soportan un alto endemismo en varios grupos de organismos, especialmente aves y plantas que deben ser de primera prioridad para la conservación regional. Por ejemplo, la

reciente revisión de las plantas endémicas para Perú muestra que la mayor parte de las plantas endémicas para la Amazonía Peruana ocurren en los bosques de varillales sobre suelos arenosos de Loreto (León *et al.* 2006). Lo mismo ocurre con varias especies de aves que parecen confinadas a vivir en estos parches de arena blanca y no en otros tipos de sustratos de la región (Alvarez-Alonso & Whitney 2001; Borges 2004; Isler *et al.* 2002; Whitney & Alonso 2005).

Además de representar patrones inusuales de endemismo, los bosques de varillal representan un verdadero tesoro evolutivo porque probablemente contienen a las especies más antiguas de la región Amazónica (Frasier *et al.* 2008; Kubitzki 1989; Struwe & Albert 2004). Los bosques de varillales de Perú tienen entre 70-80% de especies de plantas compartidas con el Escudo Guyanés (García-Villacorta (en prep.)), convirtiéndolo en un museo natural único que hay que conservar. La pérdida de estas taxa antiguos sería para siempre, ya que especies históricamente aisladas como las que ocurren en los varillales no pueden recuperarse una vez que se pierden, mientras que los fenotipos adaptados a condiciones ambientales del presente pueden potencialmente recuperarse a través procesos de selección y manejo (cf. Crandall *et al.* 2000).

Ya que estos bosques ocurren en forma de islas en una matriz de suelos de más amplia distribución, su persistencia parece estar regulada por procesos dispersión típicos de *metapoblaciones*, en la que las islas de varillales más grandes mantienen a las islas más pequeñas por medio de la dispersión de semillas, posiblemente a través de aves especialistas o generalistas. Aunque aún falta más investigación, no podemos descartar la posibilidad de que los bosques de varillales de la Amazonía baja estén conectados por dispersores con los bosques tipo varillales en suelos rocosos de elevaciones más altas (García-Villacorta (en prep.)) como los que ocurren en Contamana o Moyobamba (Dietz 2002; ProNaturaleza 2007; Vriesendorp *et al.* 2006).

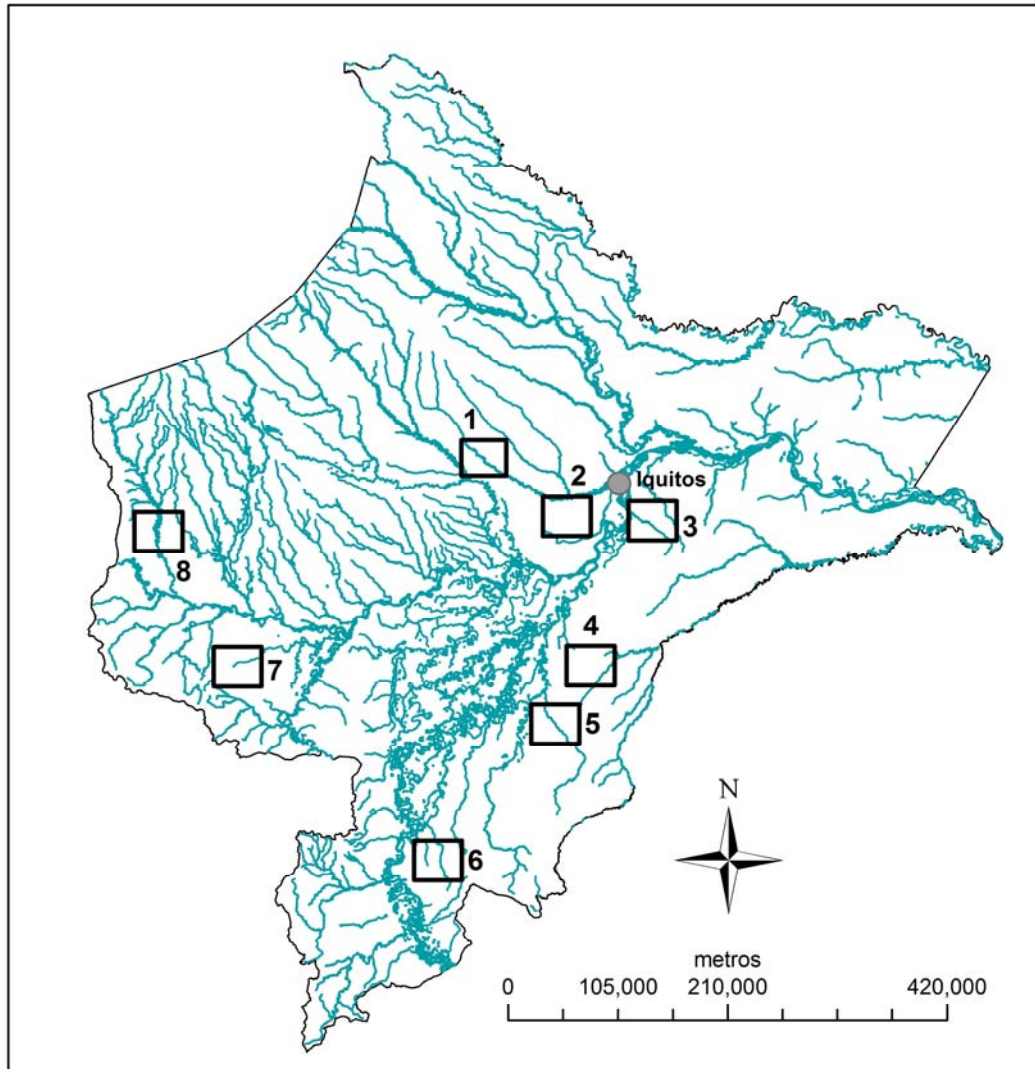
La conservación de los procesos de diversificación en estos suelos requiere conservar no sólo las islas de varillales en la Amazonía baja o montañas, las metapoblaciones, sino también la matriz de suelos en las que están integradas, tal como se ha realizado en la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana cerca de Iquitos. Conservando estas matrices de suelos diferentes que incluyen varillales en Loreto estaremos al mismo tiempo

conservando la heterogeneidad ambiental que parece ser importante para la diversificación ecológica de ciertos grupos de plantas (Fine et al. 2005; Fine et al. 2004; Gentry 1981).

### **3.1.1. Definición espacial**

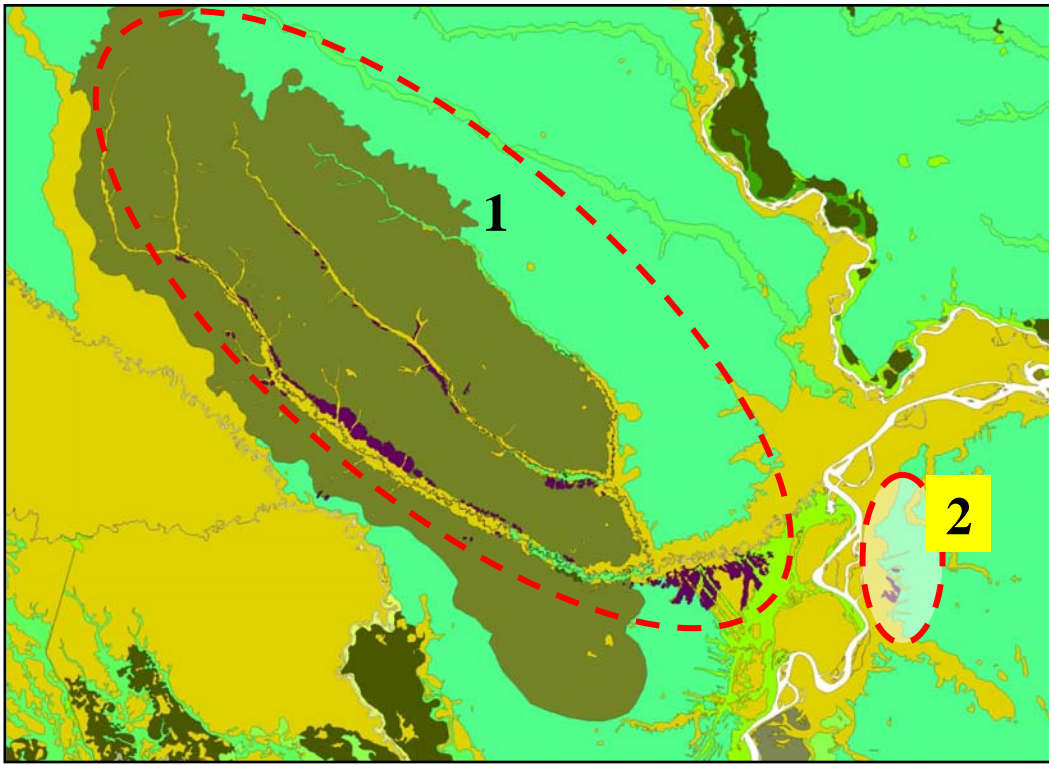
Para definir espacialmente los procesos de diversificación en suelos de arena blanca y la interfase con otros suelos diferentes usamos como base el mapa de Sistemas Ecológicos de la Amazonía Peruana (Josse *et al.* 2007). Dado que el mapa no incluía todas las zonas conocidas con bosques de arena blanca de Loreto, completamos este mapa ubicando con coordenadas geográficas otros sitios para los que este tipo de suelos han sido reportados. Para esto usamos información botánica geo-referenciada (García-Villacorta, (en prep.)) que luego se comparó con imágenes de satélite Landsat TM de la región (Figura 2). Los bosques sobre arena blanca son relativamente fáciles de identificar usando imágenes de satélite debido a su tonalidad diferente con respecto a otros bosques de la Amazonía (Räsänen *et al.* 1993). Una vez identificados todos los parches de varillales en Loreto, se usó el mapa de sistema ecológicos de la Amazonía (Josse et al. 2007) para delimitar las áreas que contenían varillal y la matriz de suelos arcillosos o francos que rodean a los varillales (Figuras 3, 4, 5, 6 y 7).

**Figura 2.** Ubicación de los varillales conocidos para Loreto. (1) Alto Nanay, (2) Allpahuayo-Mishana, (3), Tamshiyacu, (4) Jenaro Herrera, (5) Río Blanco-Tapiche, (6) Cerros de Contamana, (7) Jeberos, (8) Morona

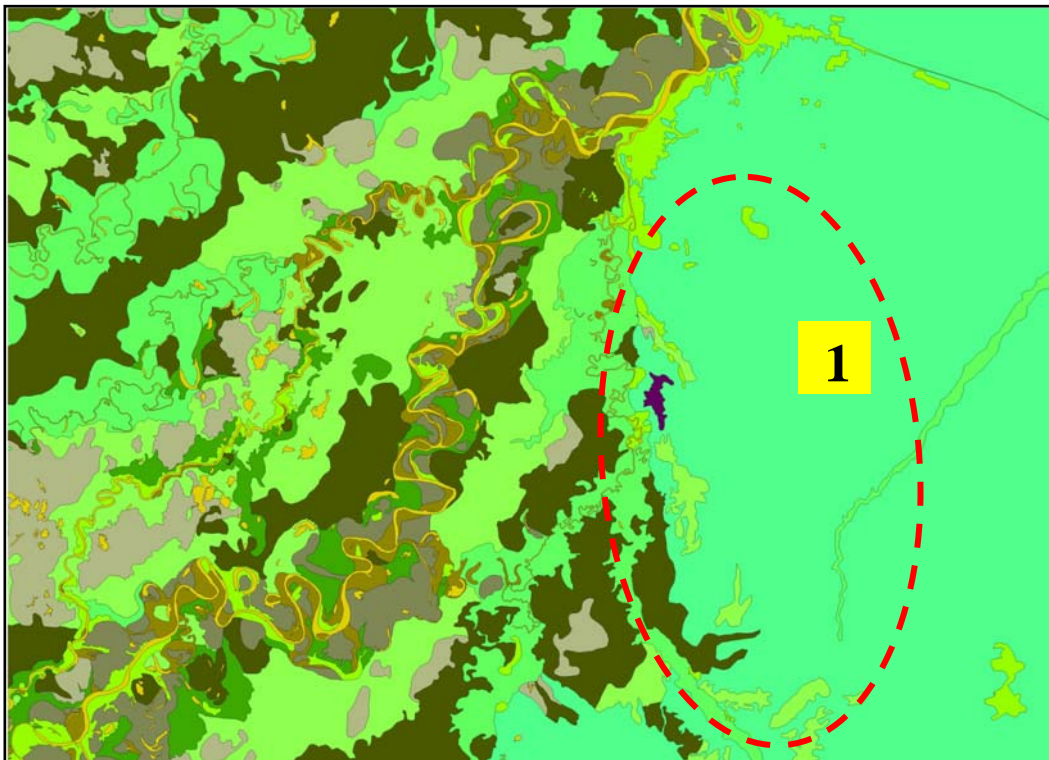




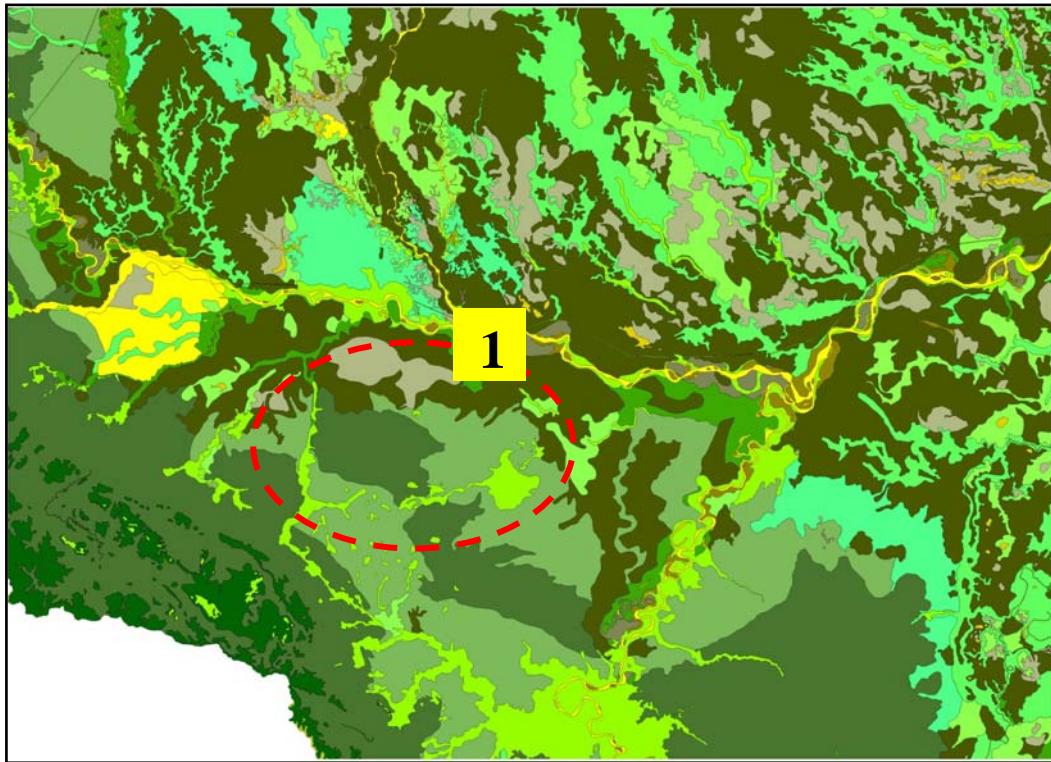
**Figura 3.** Ubicación de los varillales de (1) Allpahuayo-Mishana y Alto Nanay. (2) Tamshiyacu. Colores diferentes representan unidades de vegetación diferentes.



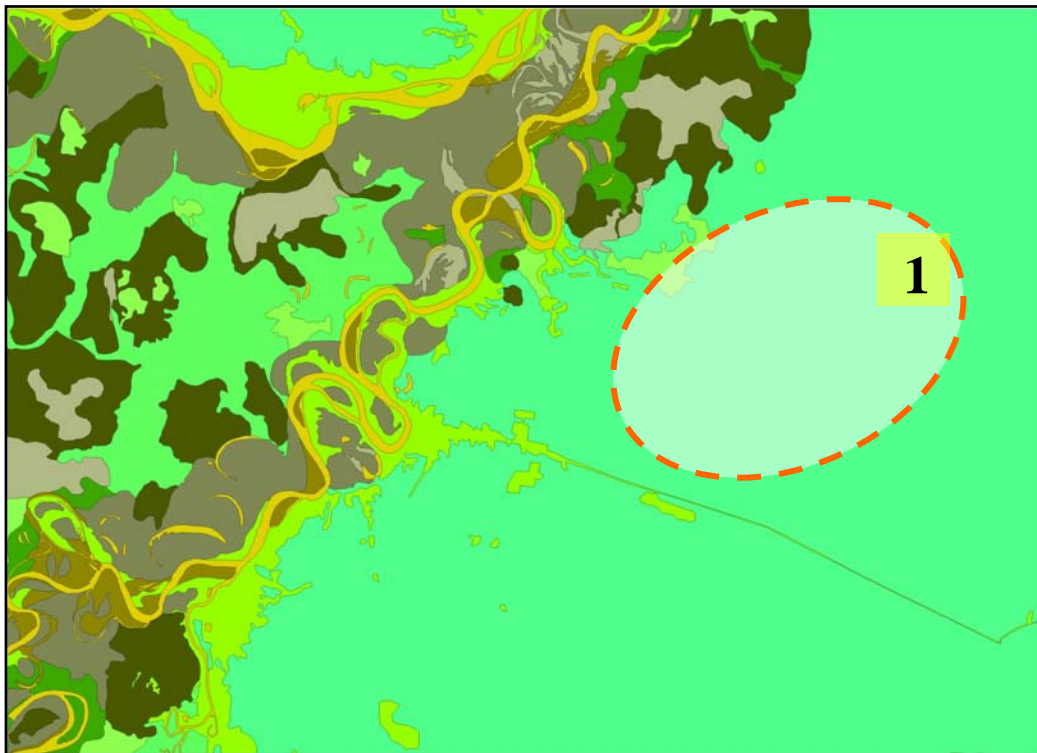
**Figura 4.** Ubicación de los varillales del río Blanco (1) (Tapiche)



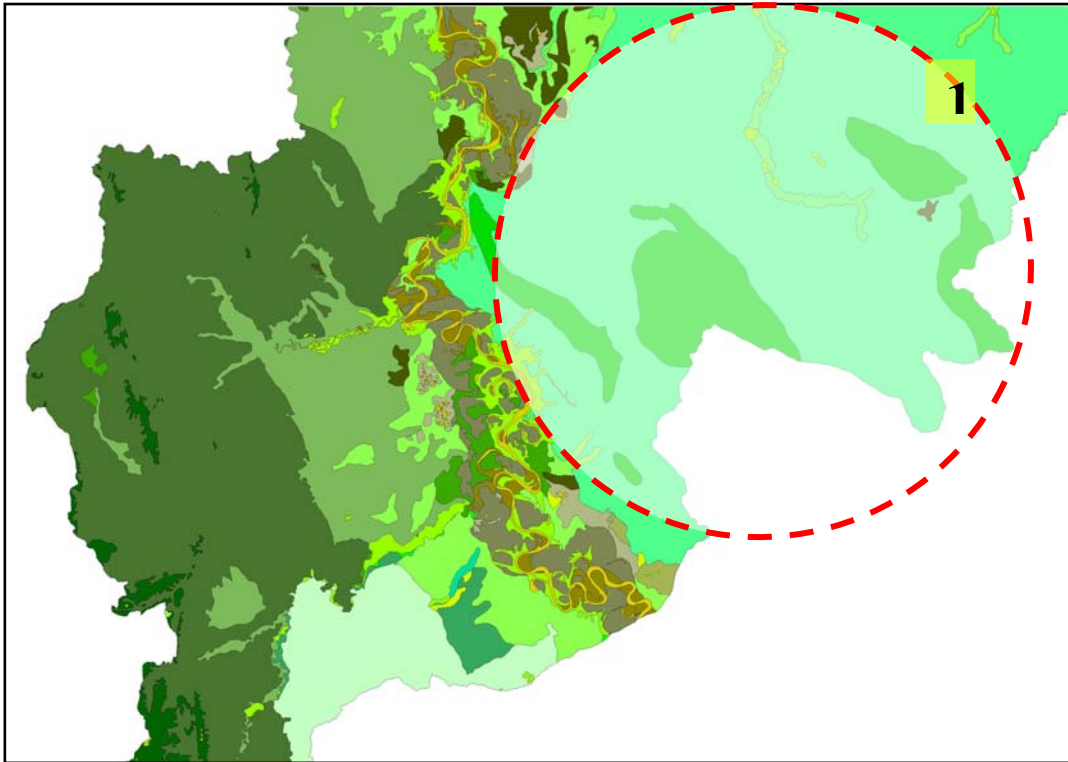
**Figura 5.** Ubicación de los varillales de Jeberos (1)



**Figura 6.** Ubicación de los varillales de Jenaro Herrera (1)



**Figura 7.** Ubicación de los Cerros de Contamana (1)



### **3.2. Diversificación geográfica de la fauna terrestre y acuática entre cuencas**

Comparado con los ecosistemas terrestres, la conservación de los ecosistemas acuáticos ha tenido poca atención a pesar de que los sistemas acuáticos y sus recursos son pieza clave en la economía regional y proporcionan servicios ambientales irremplazables. La creación de las futuras áreas de conservación en los ecosistemas terrestres de Loreto podrían ayudar a integrar los conceptos de conservación integral de ecosistemas acuáticos si hacen coincidir sus límites con cuencas o sub-cuencas enteras que ocurren en sus áreas propuestas, en vez de usar sólo ríos o quebradas como sus límites (Peres & Terborgh 1995).

Estudios en varios grupos taxonómicos han identificado diferentes cuencas en la región Loreto como importantes para la separación de poblaciones y que podrían ser claves en el proceso de *diversificación geográfica* de las especies. Por ejemplo poblaciones del “mono titi” (*Callicebus torquatus*) en cuencas diferentes del Nanay-Tigre y Napo-Putumayo



presentan diferencias fenotípicas y de hábitats que podrían ser indicativos de especies diferentes o que se encuentran en proceso de diversificación (Aquino *et al.* 2008).

Ya que no es posible proteger todos los ecosistemas acuáticos de la región en forma estricta, es necesario implementar otros criterios que ayuden a la conservación integral de los ecosistemas acuáticos en Loreto. De esta manera, una vez que se han protegido las cabeceras de los ríos, estas pueden ser complementadas con una red de Zonas de Manejo Crítico a nivel de cuencas y sub-cuencas (ZMCs) (Abell *et al.* 2007). Las ZMCs tendrían tres objetivos principales: (1) conectar las reservas río abajo y río arriba de modo tal que se proteja zonas importantes como pantanos y segmentos entre ríos que garanticen la conectividad de las poblaciones (Abell *et al.* 2007), (2) permitir el uso sostenible de los recursos por las comunidades que viven a lo largo de los ríos mediante planes de manejo integrales y (3) recuperar poblaciones de peces y otros recursos hidrobiológicos que han sufrido problemas de sobre-pesca.

Las ZMCs no se refieren a la creación de nuevas reservas sino más bien a un sistema de vigilancia y monitoreo en el que pueden estar involucradas las comunidades locales. Restricciones de uso en ZMCs podrían también ser de tipo temporal, coincidente con eventos específicos de migraciones locales y regionales para reproducción (mijanos). Normas de aprovechamiento dentro de cada ZMC permitiría a las comunidades usar de manera sostenible estos recursos (J. Álvarez, com. per.). Las ZMCs tienen en consideración que casi no existen ríos sin gente y que deben ser incluidos dentro de estas áreas de manejo (Crivelli 2002). Para ello, primero es necesario analizar la integridad ecológica de las cuencas en la región, lo cual debe ser una prioridad en el corto plazo. Las cuencas de Loreto que aún mantienen integridad ecológica tienen que ser rápidamente enfocadas para su conservación a un nivel regional o nacional. De especial importancia son las cabeceras de los ríos en las principales cuencas de la región que deberían gozar de algún tipo protección pues son las zonas desde donde nacen los ríos y quebradas que influyen en los procesos ecológicos río abajo. La creación de las ZMCs sería importante para complementar la conservación en Loreto, ya que la mayoría de las áreas protegidas que existen no han tenido como enfoque principal la conservación de los ecosistemas acuáticos. En los casos donde ha existido un criterio para conservar los ecosistemas de agua dulce, como la Reserva Nacional Pacaya Samiria, los ríos y quebradas afuera de la

reserva que lo influyen y los que ocurren a lo largo de la región permanecen sin ninguna medida de conservación.

La conservación a nivel de sub-cuencas y las ZMCs ayudaría a proteger directamente tres procesos importantes para Loreto identificados en este estudio: (1) procesos de reproducción de peces no migratorios, (2) los procesos de migraciones regionales de grandes bagres y (3) los procesos de diversificación entre cuencas.

### **3.2.1. Definición espacial**

Para delimitar espacialmente en Loreto las áreas críticas para la conservación de los procesos de diversificación entre cuencas utilizamos un mapa de cuencas de la región, lo cual nos permitió priorizar espacialmente las cuencas que contienen una muestra representativa de al menos un tipo de ecosistema de río en la región. Las cuencas se clasificaron en siete tipos: (a) elevación alta cerca de los Andes, (b) elevación media con sedimentos de origen volcánico, (c) tierras bajas conteniendo amplias zonas de várzea, (d) tierras bajas conteniendo el canal principal de la cuenca, (e) tierras bajas conteniendo sub-cuencas completa dentro de la región Loreto, (f) tierras bajas del Putumayo y (g) tierras bajas del sur de la Amazonía.

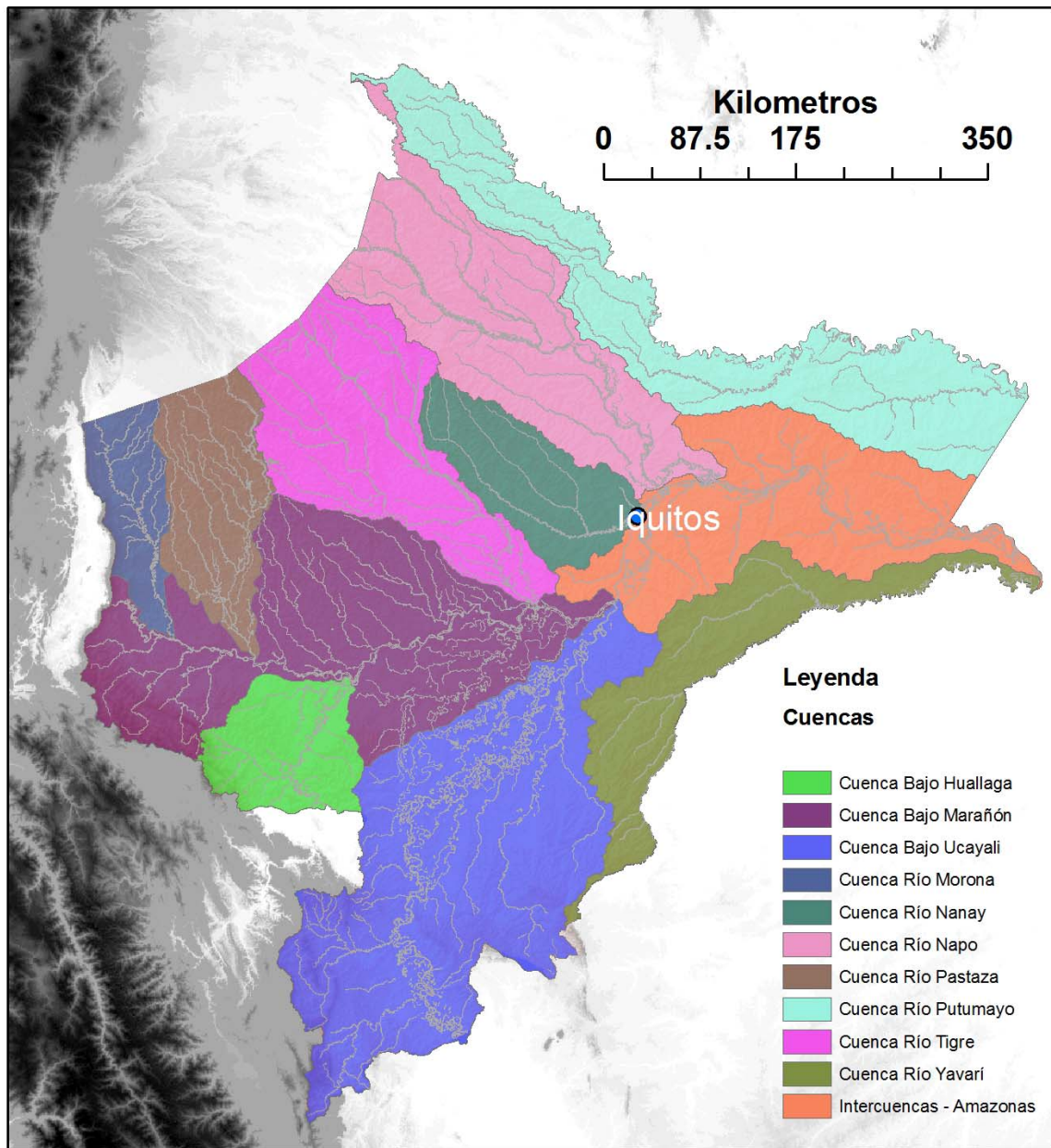
La delimitación completa de las áreas para la conservación de los procesos entre cuencas requiere un análisis detallado dentro de cada cuenca considerando las sub-cuencas que contienen, algo que debe estudiarse en el futuro (Figura 8). Para facilitar este trabajo presentamos a continuación una metodología basado en el uso de ZMCs que puede servir como punto de inicio y que podría refinarse con más discusión y análisis.

Para identificar las ZMCs se puede utilizar el mapa de cuencas y el mapa de los ríos principales y tributarios dentro de cada cuenca. El origen, tipo y tamaño de los ríos (Abell et al. 2007; Toivonen et al. 2007) podría usarse también para buscar representar apropiadamente los canales principales y secundarios del sistema fluvial en Loreto. El ancho de las ZMCs debe considerar la migración lateral erosiva de los ríos que es común en los ríos de la Amazonía. Un *buffer* de 500 m a cada lado del río puede servir para incluir la máxima migración lateral erosiva de los ríos principales registrada en Loreto

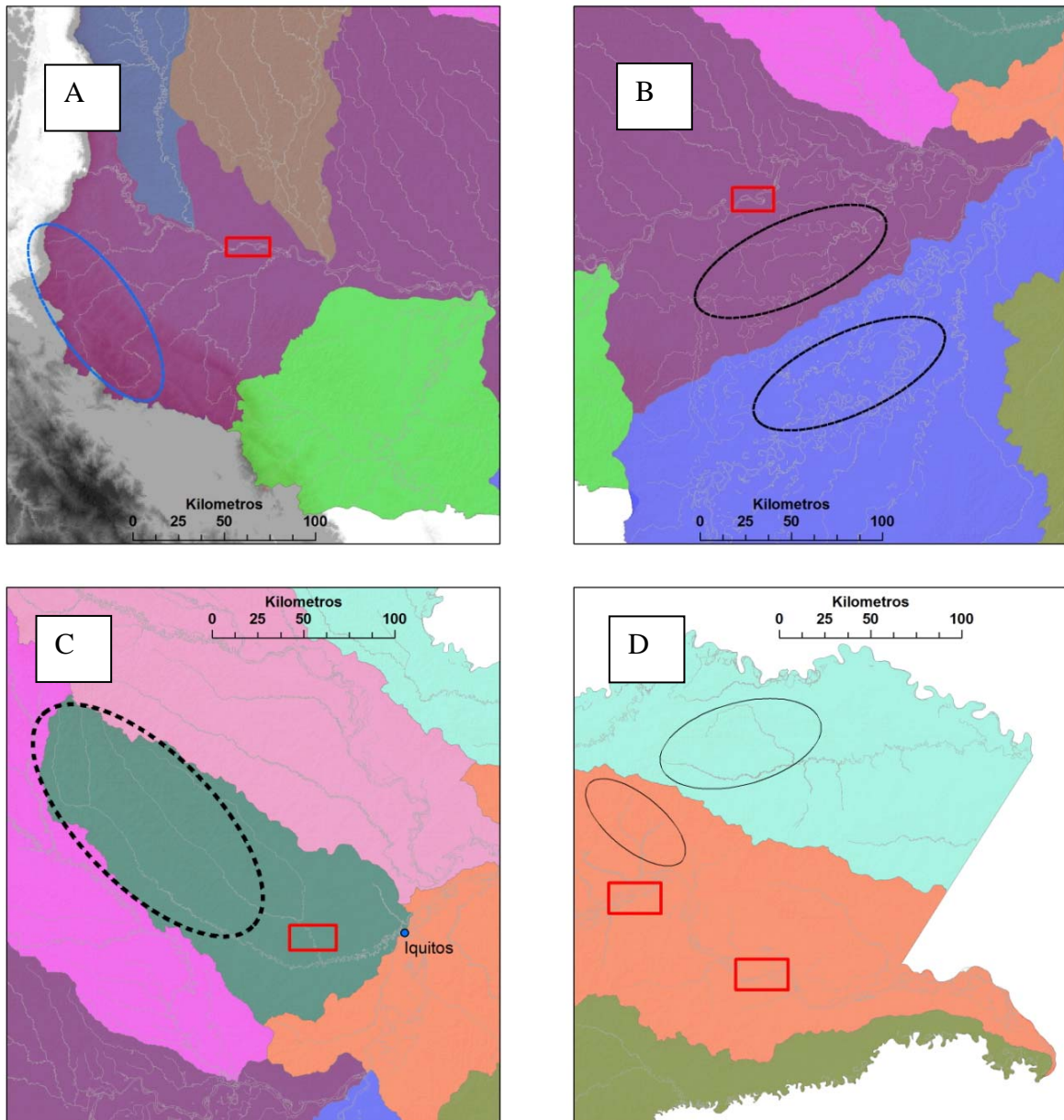
que es de 300 metros (Puhakka *et al.* 1992). Este buffer puede ser menor (p.e. 100 m) a cada lado del canal, dependiendo del ancho y dinámica erosiva para ríos tributarios en las sub-cuencas. Las distancias de separación entre ZMCs dentro de cada cuenca pueden incluir zonas intermedias tanto en ríos tributarios como en los ríos principales de la región: Marañón, Ucayali, Huallaga, Napo, Amazonas y Putumayo. La distancia de separación para la ubicación de las ZMCs a lo largo de los tributarios (dentro de las diferentes cuencas) se puede fijar de acuerdo a la distancia en que dos puntos contiguos dentro de las cuencas cambien en más del 50% en su composición de especies (*diversidad beta*) de algún grupo indicador (p.e. peces). Un segundo criterio podría ser la creación de ZMCs en segmentos de los ríos principales y tributarios localizados justo después de recibir el influjo de agua por ríos o quebradas río abajo.

El uso de estos criterios para definir ZMCs permitiría conectar tanto lateral como verticalmente las cuencas de Loreto, conservando así procesos de migración tanto locales como regionales para alimentación y reproducción de la fauna acuática. Así mismo esta estrategia protegería los procesos evolutivos de separación de poblaciones que están actualmente operando. La figura 9 muestra un ejercicio de ubicación de las áreas importantes para conservar en diferentes cuencas incluyendo la creación de ZMCs.

**Figura 8.** Mapa de cuencas de Loreto para planificar la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en el medio acuático.



**Figura 9.** Ejercicio de la delimitación de áreas para la conservación de procesos ecológicos y evolutivos entre cuencas. Elipses protegen (a) cabeceras de ríos con influencia Andina, (b) ríos y áreas inundables amplias, (c) cuencas completas dentro de la región Loreto (Río Nanay), (d) cabeceras de ríos en cuenca conteniendo el canal principal de la cuenca. Áreas en cuadro rojo representan hipotéticas Zonas de Manejo Crítico (ZMCs) para la conservación de la conectividad entre cuencas y sub-cuencas.





### 3.3. Procesos de reproducción estacional de peces y otros animales acuáticos en planicies inundables y canales de los ríos

Del total de superficie de agua en la Amazonía occidental, el 98% está representado por ríos (Toivonen *et al.* 2007) que constituyen un componente importante en los procesos formativos y de perturbación natural del paisaje Amazónico. Estudios de los patrones de erosión de los ríos de Loreto (Ucayali, Marañón y Amazonas) encontraron que la tasa de migración lateral máxima puede oscilar entre 150-300 m, lo que ocasiona que aproximadamente 130 km<sup>2</sup> de bosque sean anualmente erosionados (Puhakka *et al.* 1992).

La integridad de los sistemas acuáticos y los procesos ecológicos que ocurren en su área de influencia dependen del movimiento de materiales dentro y fuera de él. Esto ocurre mediante el transporte de sedimentos por los canales de los ríos y su deposición en la planicie de inundación. Las planicies inundables de la Amazonía se extienden sobre 180,000 km<sup>2</sup> o cerca del 2.6% de los 7 millones de km<sup>2</sup> de la cuenca entera. De ese total 62,000 km<sup>2</sup> corresponden a la Amazonía Peruana donde la dinámica de erosión en los cauces han originado parte de la heterogeneidad ambiental y la biodiversidad en la región (Salo *et al.* 1986). Estos procesos de migración lateral de los ríos representan un importante elemento de perturbación natural para el mantenimiento de los patrones de sucesión de la vegetación adaptada a los ríos y las planicies inundables de la región.

Además de su importancia en los procesos de mantenimiento y formación del paisaje en la Amazonía baja, la migración lateral de los ríos está relacionada con la inundación estacional y la consecuente adaptación de las especies. Debido a su regularidad los procesos de inundación, conocidos como “pulsos de inundación” (Junk 1989; Junk & Piedade 1993b), han dado origen a una flora y fauna adaptada a sobrevivir parcial o completamente sumergida por varios meses durante el año (Parolin 2001, 2009; Parolin *et al.* 2004). Estas adaptaciones son diferentes dependiendo de la especie. Así por ejemplo la “huangana” *Tayassu pecari* se desplaza de las planicies inundables a *restingas altas* o bosques de altura, el venado *Mazama americana* se retrae en las islas y otros como los primates y ardillas tienen hábitos arbóreo (Bodmer & Aquino 2000).

En plantas más de 1000 especies de árboles sobreviven en estas zonas inundables a nivel de toda la cuenca (Wittmann *et al.* 2006), muchos de ellos importantes recursos de alimentos, medicinas y construcción para el poblador amazónico. Además de la flora, existen un grupo grande de peces que ha adaptado su comportamiento a la inundación estacional de los ríos, realizando migraciones laterales hacia los bosques inundados (várzea o tahuampa) para alimentarse y reproducirse (Fernandes 1997). Por ejemplo, cuando el nivel de agua en los ríos crece, el “paiche” (*Arapaima gigas*) migra hacia los bosques inundables más profundos, y cuando el nivel del agua baja, regresa a las partes más bajas de los bosques inundados, luego a los canales de conexión y eventualmente a los lagos (Castello 2008).

Los eventos de inundación estacional, los ‘pulsos de inundación’ (Junk 1989), tienen un efecto profundo en la preservación de la diversidad genética de muchas especies. Esto es más importante en los causes principales de la cuenca Amazónica (p.e. río Marañón, río Ucayali, río Amazonas) y los diferente lagos a lo largo de estos ríos. Durante las ‘crecientes’ estos se convierten en corredores naturales promoviendo el flujo de genes entre poblaciones de peces y otros animales acuáticos como la “taricaya” *Podocnemis unifilis*, el “manatí” *Trichechus inunguis* entre otros.

Se estima que el 50% de las especies de peces en la cuenca Amazónica ocurren en los canales principales de los ríos y las planicies de inundación interconectadas, mientras que el otro 50% ocurren en las cabeceras de los ríos (Junk *et al.* 2007). Un estudio del nivel de flujo genético entre poblaciones de “gamitana” *Colossoma macropomum* en un tramo de 2,000 km del río Amazonas en Brasil encontró que en todo este tramo hay una sola población (*panmixia*) y el nivel de flujo genético es alto (Santos *et al.* 2007). Grandes poblaciones *panmicticas* conectados por los causes principales y promovidos por la inundaciones también son característicos de otras tres especies importantes en la economía pesquera de la región: ‘dorado’ *Brachyplatystoma rousseauxii*, “manitoa” *Brachyplatystoma vaillantii* y “paiche” *Arapaima gigas* (Batista & Alves-Gomes 2006; Hrbek *et al.* 2005). Aunque los pocos estudios de variabilidad genética entre poblaciones han sido realizados mayormente en peces, es de esperarse que otros grupos de animales y plantas presenten patrones similares, especialmente aquellas que tienen amplia distribución geográfica en toda la cuenca (cf. Hubert *et al.* 2007; Vasconcelos *et al.* 2006).

Son estos procesos formativos de los ríos y los pulsos de inundación que ocurren en diferentes cuencas y sub-cuencas que afectan procesos de migración lateral de peces y otros animales acuáticos en los bosques inundables que necesitamos proteger.

### **3.3.1. Definición espacial**

Ante la ausencia de datos de reproducción de peces en los bosques inundables a nivel de toda la región Loreto usamos el enfoque de cuencas y sub-cuencas para definir espacialmente cómo debería enfocarse la conservación de estos procesos. Esta metodología está detallada en la sección 3.2.

### **3.4. Migraciones regionales para crecimiento y reproducción de los grandes bagres**

Los grandes bagres amazónicos representan uno de los más fascinantes peces migratorios en toda la cuenca y constituyen parte importante de la actividad pesquera en los principales puertos de la Amazonía. Los grandes bagres se desplazan en grandes bancos de peces (“mijanos”) desde el estuario del Amazonas, en su confluencia con el Océano Atlántico, hasta las cabeceras del Oeste y sus tributarios de la alta Amazonía de Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia, aproximadamente 4500-5000 km. en distancia. La adecuada conservación de los procesos evolutivos en estas especies requiere un plan de manejo que garantice el mantenimiento de poblaciones saludables en las diferentes cuencas de la región.

Aunque existen iniciativas de cooperación regional para el manejo de estas especies (COPESCAL 2000), estos esfuerzos han sido dispares a través de la región Amazónica. Así, los únicos estudios de patrones de migración regional de estas especies han sido realizados en la Amazonía de Brasil. En un estudio de la ruta migratoria de “manitoa” en cuatro áreas principales de pesca río arriba de la boca del Amazonas (estuario, bajo Amazonas en Brasil, región de Manaus, Tefé y Leticia), Barthem (1990) encontró que el área del estuario estaba compuesto mayormente por individuos juveniles (50 mm en tamaño) y que la mayor parte de los individuos adultos (80-100 mm) se encontraban al

Oeste de la Amazonía (Amazonía de Colombia, Ecuador, Perú Bolivia). *Brachyplatystoma rousseauxii* “dorado”, es otra especie de zúngaro que lleva a cabo largas migraciones en la cuenca para desovar río arriba. Los dorados juveniles y pre-adultos son comunes en la zona del estuario, pero los adultos son raros o no ocurren, encontrándose río arriba cerca de Leticia en el Trapecio Amazónico (Barthem & Goulding 1997).

A una velocidad de 22 km/día los bagres adultos de “manitoa” (*Brachyplatystoma vaillantii*) demoran entre 10-15 días para recorrer la zona de la frontera en el Trapecio Amazónico hasta el estuario (Barthem & Goulding 1997). Ya que la velocidad de la corriente del río Amazonas varía entre 8 a 11 km/hora la migración de las larvas desde lugares al Oeste de la Amazonía como Loreto hasta el estuario duraría entre 13 a 20 días, incluyendo breves retrasos diarios para alimentación (Barthem & Goulding 1997). Algo similar sucede con los adultos y larvas de “dorado”.

Estudios genéticos están confirmando que la zona del estuario contiene poblaciones de las distintas cuencas de la Amazonía, y como es de esperarse presenta una mayor diversidad genética que las poblaciones ubicadas al Oeste de la Amazonía como Loreto (Batista et al. 2005; Batista & Alves-Gomes 2006). En Perú están realizándose estudios similares y se espera que esclarezcan la contribución real de las poblaciones de la alta Amazonía a la diversidad total en la cuenca, así como determinar cuales son las cuencas que contienen la mayor diversidad genética a nivel de larvas en Loreto (C. R. García, Laboratorio de Genética, IIAP). La figura 10 muestra la distribución aproximada del área de crecimiento, alimentación y desove de “dorado” y “manitoa” en la cuenca Amazónica.

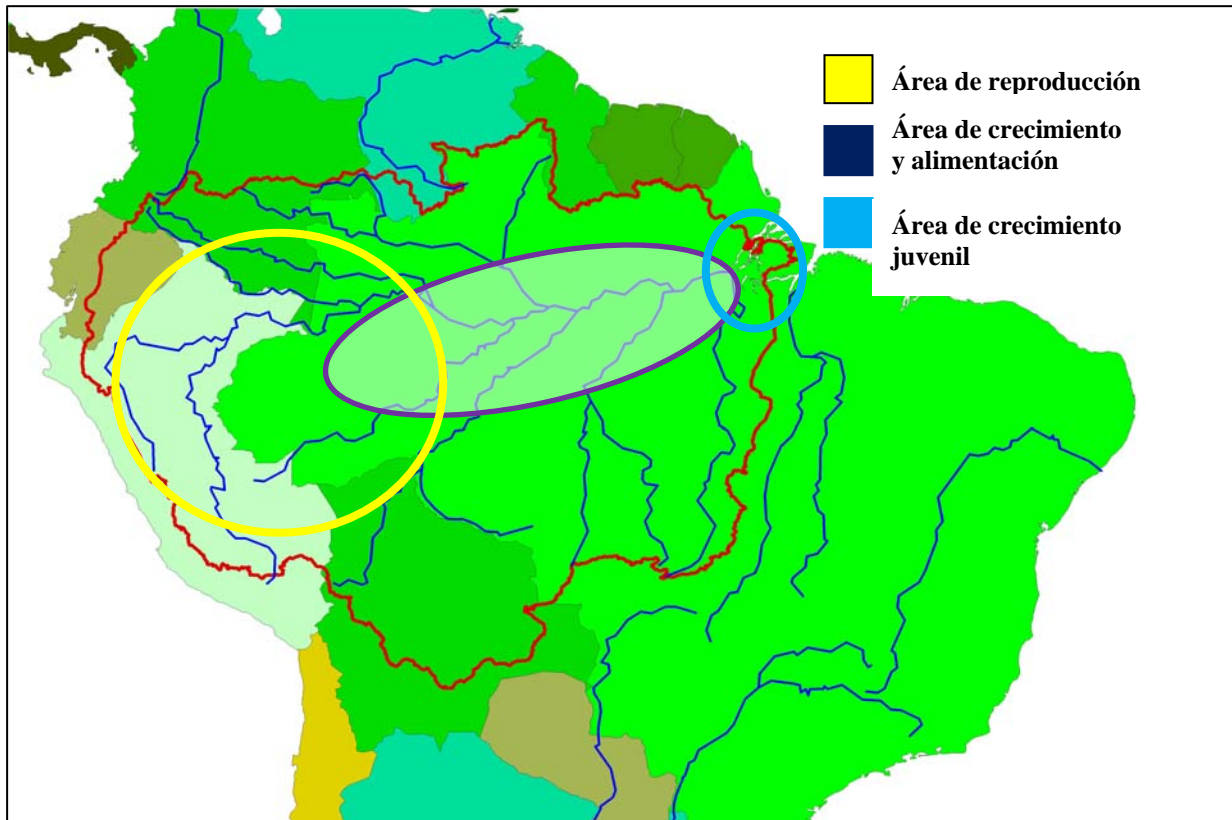
Otras especies menos estudiadas pero que se sospecha realizan el mismo tipo de migración de gran distancia son: *Goslinea platynema* “mota”, *Brachyplatystoma filamentosum* “saltón”, *Pseudoplatystoma tigrinum* “tigre zúngaro” y *Pseudoplatystoma fasciatum* “doncella” (Barthem & Goulding 1997). Todas estas especies han sido encontradas en la zona del estuario del río Amazonas y son capturadas en todas las zonas de pesca de Loreto.

#### **3.4.1. Definición espacial**

Los grandes bagres migratorios utilizan tanto los canales principales de los ríos como las cabeceras en los ríos tributarios. Los canales principales de los ríos son utilizados principalmente para alimentación y crecimiento mientras se desplazan en grandes cantidades río arriba (Barthem & Goulding 1997). Cuando llegan a la Amazonía del Perú, desde zonas río abajo en la Amazonía de Brasil, van alcanzado la madurez sexual a la par de ir internándose en los ríos de Loreto y otros ríos del oeste de la Amazonía para reproducirse.

En la actualidad no existen datos completos de distribución de las especies de bagres migratorios en la región Loreto que nos permita identificar exactamente las áreas de desove. Estudios genéticos de las especies que desovan en las principales cuencas de la región están iniciándose (C. R. García, Lab. de Genética, IIAP) y servirán en el futuro para refinar la conservación de procesos de desove y migración de estas especies. Para determinar espacialmente las áreas de desove se utilizó información estadística de la presencia de “manitoa” y “dorado” en la región Loreto así como estudios regionales de distribución (Barthem & Goulding 1997; Batista et al. 2005). Según los reportes de pesca estas dos especies son encontradas en todas las provincias de la región Loreto. En general la Amazonía Peruana se constituye en uno de los centros de reproducción de estas especies migratorias (Figura 10).

**Figura 10.** Mapa de crecimiento de juveniles, crecimiento de adultos y desove en toda la cuenca Amazónica de *Brachyplatystoma vaillantii* “manitoa” y *Brachyplatystoma rousseauxii* “dorado”. Modificado de Batista & Alves-Gomes (2006).



La presencia de estas especies en casi todos los tributarios y ríos principales de la región hace necesario un sistema de conservación que garantice la conservación tanto de sus zonas de desplazamiento en los ríos principales como en las cabeceras. Mientras que estudios genéticos de larvas de bagres en las diferentes cuencas se encuentren disponibles (necesarios para establecer que especies están desovando en esos lugares y llevar a cabo planes de manejo), la conservación de los procesos migratorios regionales de estas especies podría ser dirigida a conservar cuencas, sub-cuencas y las vías de conexión entre los ríos principales de Loreto y sus tributarios. En la sección 3.2 se plantea una estrategia para la conservación de este importante proceso ecológico que tiene consecuencias importantes en la economía regional.

### **3.5. Diversificación ecológica de plantas y animales a lo largo del gradiente Amazonía baja-piedemonte andino**

La heterogeneidad ambiental en la gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino debe ser conservada para garantizar la continuidad de los procesos evolutivos que generan al menos parte de la diversidad en la región. Además de su importancia como enclaves para la generación y mantenimiento de la diversidad biológica, la conservación del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino garantizará que las poblaciones de plantas y animales ajusten sus rangos de distribución en forma gradual ante inminentes cambios climáticos (Noss 2001).

Varios estudios han demostrado la importancia de este gradiente en la diversificación de la flora y fauna Neotropical. Por ejemplo, comparando la distribución de grupos de especies de aves que se originaron recientemente con otros grupos de origen más antiguos, Fjeldsa (1994) sugirió que la mayor parte de la diversidad de aves del Neotrópico tuvo su origen en el ecotono Amazonía baja-piedemonte Andino y que está relacionado a su complejidad topográfica y climática. Estudios recientes de poblaciones que ocupan amplios rangos de distribución están confirmando que esta interfase constituye un epicentro de diversificación importante. Por ejemplo, estudios moleculares del ave *Mionectes oleagineus* muestra una separación antigua entre sus poblaciones de bosques montanos y los que ocupan los bosques de tierra baja de la Amazonía (Miller *et al.* 2008). Asimismo, Weir (2006) encontró que la tasa de diversificación de un tercio de la avifauna de la selva alta ocurrió muy recientemente, probablemente debido a procesos de glaciación severa que expandió y contrajo sus hábitats repetidamente, comparado a la avifauna de las tierras bajas. Eventos de intercambio entre avifauna de tierras bajas y el piedemonte Andino también parecen haber afectado la tasa de diversificación en ambas regiones, así como la creación de nuevos hábitats y rangos altitudinales durante el levantamiento de las montañas Andinas (Weir 2006).

En un análisis similar, Linder (2008) mostró que la tasa de diversificación es más alta en grupos de plantas que se ubican en el piedemonte Andino y la región del Páramo comparado con especies de las tierras bajas. Esta tasa de especiación más alta en los Andes y piedemonte Andino parece ser más importante para plantas pequeñas. Así, la

más alta diversidad y endemismo en plantas no-arbustivas (hierbas y epífitas) ocurre en el piedemonte Andino, en contraste con la más alta diversidad de árboles en la Amazonía baja (Gentry 1982a, b, 1988a). Estudios moleculares que permiten estimar el tiempo aproximado de cuando ocurrieron estos procesos de diversificación sugieren que el levantamiento de los Andes, creando barreras y formando nuevos tipos de hábitats, fue un factor fundamental en la diversificación explosiva de varios grupos de plantas (Hughes & Eastwood 2006; Luteyn 2002; Pirie et al. 2006; Richardson et al. 2001).

En el contexto regional, la zona conocida como Cerro Escalera y los primeros tramos de la carretera Tarapoto-Yurimaguas ha sido identificada como una zona *hibridización* y de contacto entre diferentes subespecies de mariposas *Ithomiine* y *Heliconiine* que están en proceso de diversificación (Mallet 1993). Mientras estudios similares en otros grupos de organismos y en otras zonas de contacto a lo largo de este gradiente en Loreto se realicen, necesitamos actuar rápido para conservar este gradiente ante la inminente amenaza de destrucción de hábitat que es característico de regiones cercanas al piedemonte Andino.

Ya que esta interfase representa sólo una pequeña fracción del territorio político de Loreto, su conservación debe ser de la más alta prioridad. Esto es más importante considerando que los patrones de diversidad de muchos grupos de plantas y animales en este gradiente varían de un sitio a otro debido a que son bastante localizados espacialmente (Fjeldså & Rahbek 1997; Gentry 1982a). La creación de reservas aisladas en sólo una parte de este gradiente no será suficiente para conservar los procesos de la biodiversidad en esta parte de Loreto. Resulta necesario coordinar la creación de reservas bi- o multi-regionales con las regiones Amazonas, San Martín y Ucayali para las áreas de este gradiente que se extienden fuera del ámbito de la región.

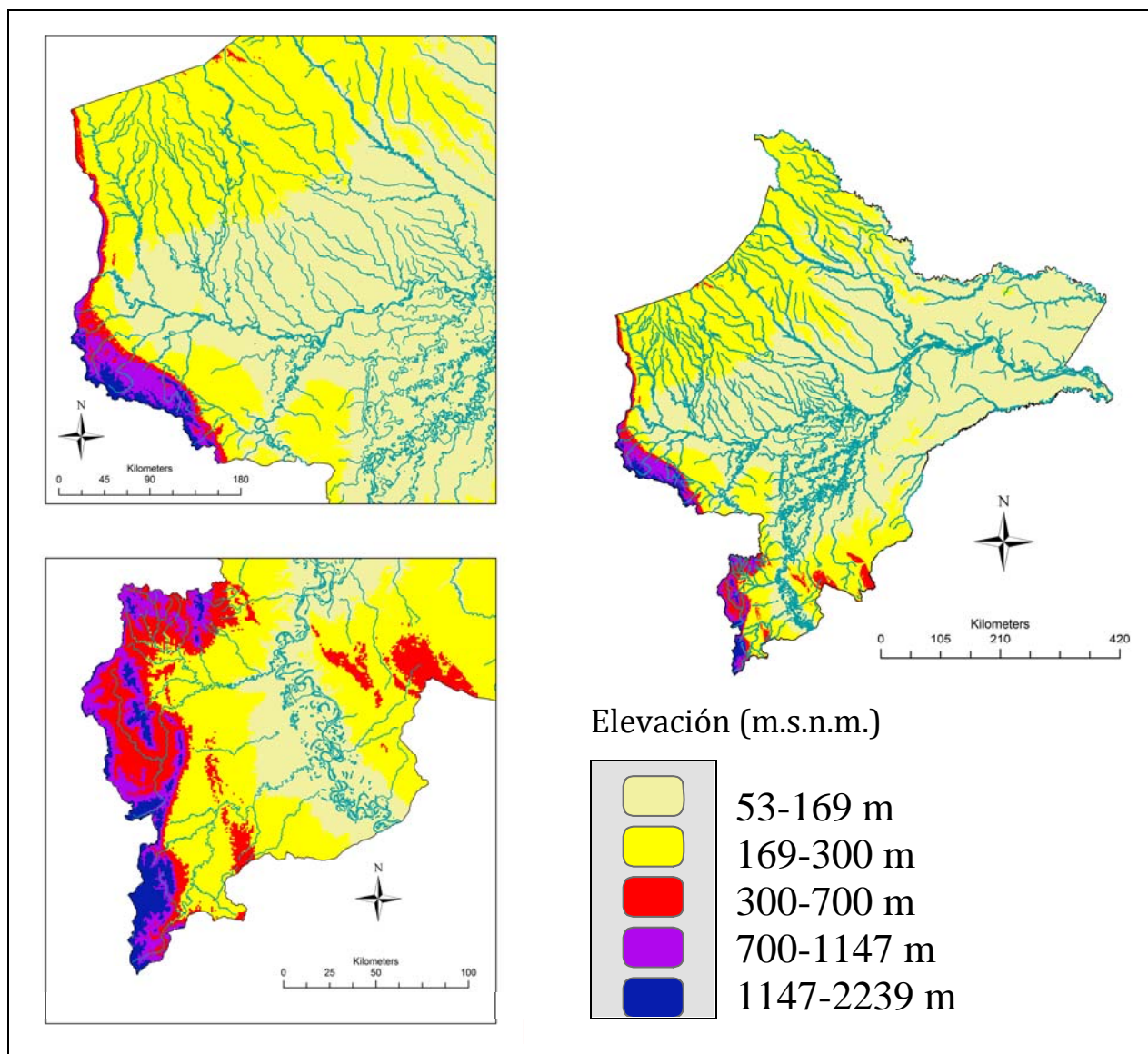
### **3.5.1. Definición espacial**

Para definir espacialmente la ubicación de los procesos evolutivos en la interfase Amazonía baja-piedemonte Andino, utilizamos un mapa digital de elevación del terreno (DEM), donde se clasificó la elevación por encima de los 500 m.s.n.m hasta los 1000 m.s.n.m. como parte del piedemonte Andino. La interfase conteniendo la zona de encuentro entre la Amazonía baja y el piedemonte Andino fue definida como el área



comprendida en el rango altitudinal de 700-300 m.s.n.m. No se incluyó las montañas aisladas de los cerros de Contamana que tienen una geología distinta y no pertenecen a la cadena Andina (Figura 11).

**Figura 11.** Ubicación espacial del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino para Loreto. El rango 300-700 m (en color rojo) se ha identificado como el gradiente para conservar los procesos ecológicos y evolutivos entre la Amazonía baja y el piedemonte Andino.



### 3.6. Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales en el área de influencia del Arco de Iquitos

Un arco geológico es un levantamiento natural del terreno, que en el caso de la Amazonía ocurre debido a la dinámica del *antearco* de Amazonía (Räsänen *et al.* 1987). El Arco de Iquitos es la principal estructura geomorfológica activa en la Amazonía que separa la cuenca Peruana del Marañón de la cuenca Brasileira de Solimões al Este (Roddaz *et al.* 2005).

Antes del levantamiento del arco de Iquitos, ca. 23 a 8 Millones años atrás (Ma), un lago de proporciones gigantescas (el lago Pebas) ocupaba gran parte de lo que hoy corresponde a la Amazonía occidental, formando una importante barrera para la dispersión de plantas y animales entre la región de Guyana y los Andes (Wesselingh 2006). Durante ese tiempo el drenaje recorría paralelo al arco de Iquitos, hasta aprox. 6 Ma cuando el levantamiento del sector norte de los Andes crea el sistema fluvial actual del río Amazonas (Hoorn *et al.* 1995) cortando el terreno del Arco de Iquitos y cambiando el drenaje en dirección Oeste-Este.

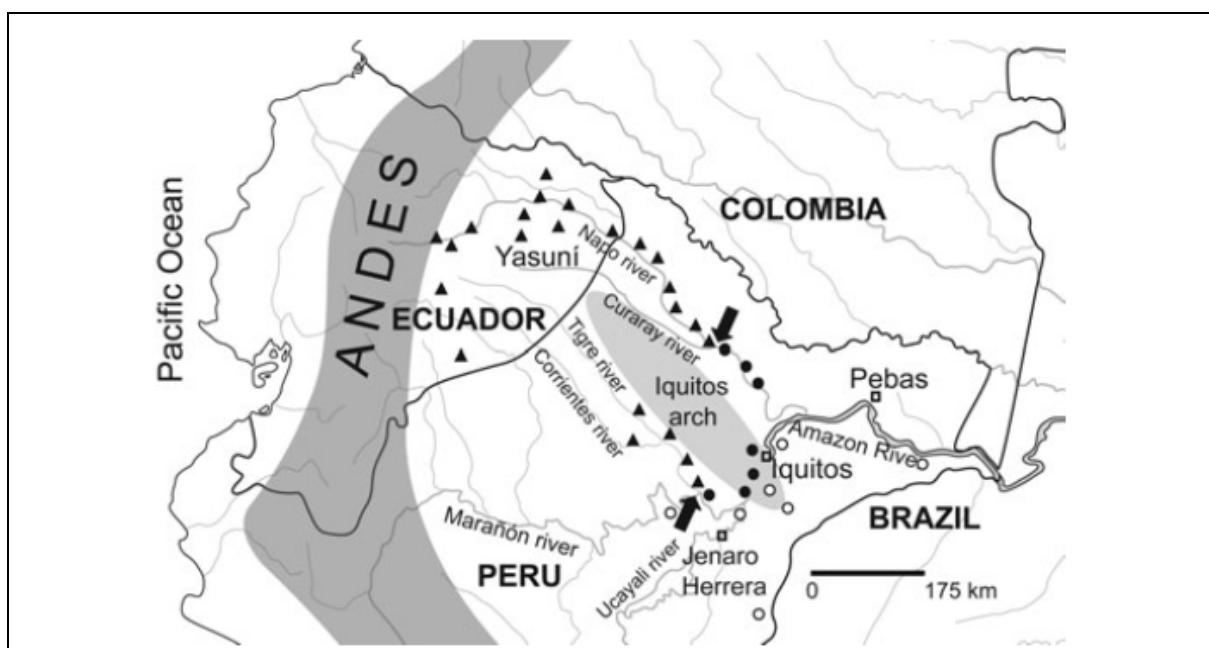
El levantamiento del Arco de Iquitos en el Mioceno superior dentro del mega-lago Pebas jugó un papel importante en el origen de la actual biodiversidad en la región Loreto ya que actuó como una isla que permitió el desarrollo de flora y faunas terrestres y acuáticas aisladas (Roddaz *et al.* 2005). Por ejemplo varios estudios han señalado que una de las causas del *endemismo* en peces en la región se originó por el aislamiento de cuencas y sub-cuencas debido al levantamiento del arco. Este levantamiento en el terreno promovió la divergencia *alopátrica* de poblaciones de peces en cuencas sedimentarias independientes por el establecimiento de planicies desconectadas (Hubert & Renno 2006).

Además de actuar como una isla durante la formación del Amazonas moderno el levantamiento del Arco de Iquitos actuó como una barrera a los suelos de origen Andino, como la formación Nauta, que se encuentran mayormente al flanco Oeste del arco (Roddaz *et al.* 2005). Suelos arenosos que soportan bosques de varillales son más

comunes en el flanco Este del arco de Iquitos (Roddaz *et al.* 2005), incluyendo los varillales más grandes de Loreto en el río Tapiche (Stallard 2006).

Estudios de distribución geográfica de plantas también han encontrado que el arco de Iquitos podría representar una importante barrera biogeográfica. Por ejemplo Montufar & Pintaud (2006) documentan grandes cambios en la composición de palmeras entre la Amazonía ecuatoriana y la región de Iquitos. Así mismo, dos especies *filogenéticamente* muy cercanas, *Astrocaryum urostachys* y *A. macrocalyx* ocurren en áreas diferentes del arco. *A. urostachys* ocurre principalmente cerca del piedemonte Andino y *A. macrocalyx* reemplaza a *A. urostachys* en los terrenos colinosos del arco de Iquitos (Figura 12) (Montufar & Pintaud 2006). Un análisis florístico reciente también encontró que la zona del Arco de Iquitos representaría una zona transición entre floras de composición diferentes, desde el piedemonte Andino ecuatoriano pasando por los bosques de tierras bajas de Loreto hasta la Amazonía brasilera en el este (Pitman *et al.* 2008).

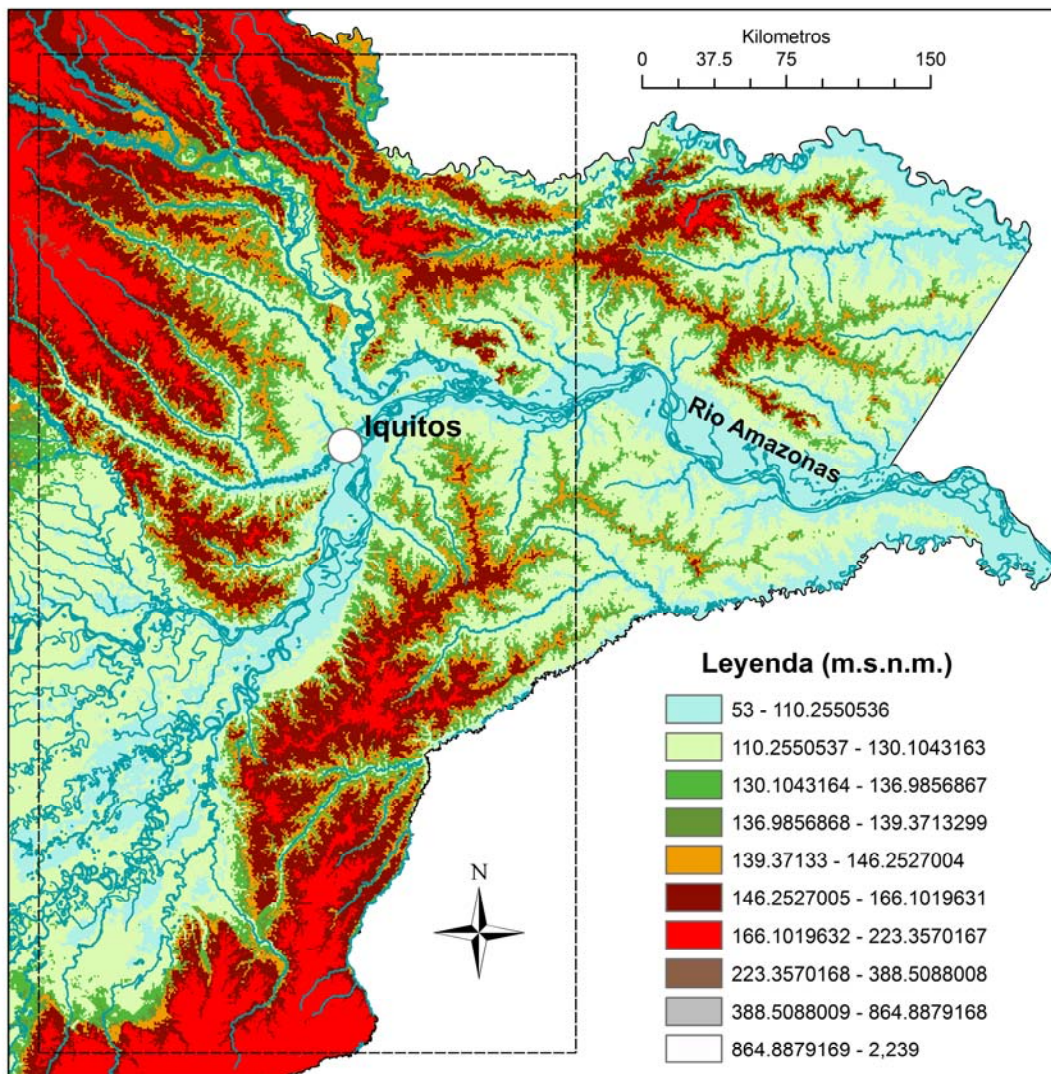
**Figura 12.** Distribución espacial de *A. urostachys* (triángulos), *A. macrocalyx* (círculos cerrados) y *A. javarense* (círculos abiertos). Las flechas sólidas representan las zonas de contacto entre *A. urostachys* y *A. macrocalyx*. Área gris claro representa la ubicación del arco de Iquitos. *A. javarense* está restringido al sur del río Amazonas (Montufar & Pintaud 2006)



### 3.6.1. Definición espacial

Para definir espacialmente el área de influencia del *Arco de Iquitos* utilizamos un modelo de elevación digital de terreno (DEM) de Loreto. El DEM utilizado tiene una precisión de 30 metros en el terreno y fue obtenido por el Space Shuttle Synthetic Aperture Radar Topographic Mapping Mission (SRTM). Clasificamos la elevación cada 30 metros hasta los 500 metros y ubicamos el *Arco de Iquitos* como la región más elevada en la región y coincidente con reportes previos (Roddaz et al. 2005; Stallard 2006; Wesselingh & Salo 2006) (Figura 13).

**Figura 13.** Ubicación de Arco de Iquitos para la conservación de sus procesos ecológicos y evolutivos asociados. Área punteada representa el área de influencia del Arco de Iquitos.



### **3.7. Ajustes regionales de la distribución de especies a cambios climáticos en la Amazonía baja**

La identificación y conservación de gradientes climáticos es muy importante pues permitiría que las especies de plantas y animales ajusten sus rangos de distribución en respuesta a cambios climáticos (Noss 2001), algo que ya está ocurriendo en la actualidad. La conservación del gradiente climático norte-sur de Loreto es importante ya que sostiene poblaciones de plantas y animales adaptadas genéticamente a un amplio rango de variación climática que servirían de stock para poblar regiones que sufran cambios climáticos drásticos en el futuro. Ante la ausencia de montañas que mitiguen cambios en el clima (lluvias y vientos), los bosques de tierras bajas que dominan el paisaje en Loreto podrían verse afectados más intensamente que los bosques cercanos del piedemonte Andino (Fjeldså & Rahbek 2004).

Eventos climáticos del pasado nos pueden dar indicios de la ubicación espacial de las zonas que necesitamos conservar para la continuidad de la biodiversidad Amazónica ante cambios regionales en el clima. A diferencia de los bosques en la Amazonía baja donde cambios climáticos en el Pleistoceno parecen no haber sido tan drásticos (Bush 2002; Colinvaux & De Oliveira 2001; Colinvaux et al. 2000; Mayle et al. 2004) como fue originalmente propuesto (Haffer 1969), estos cambios climáticos fueron drásticos en el piedemonte Andino (Hooghiemstra & Van der Hammen 2004) e hicieron descender las zonas de elevación, formando zonas mixtas donde poblaciones adaptadas a elevaciones altas y bajas se mezclaron para luego expandirse cuando las condiciones del clima cambiaron (Colinvaux et al. 2000; Colinvaux et al. 1996; van der Hammen & Hooghiemstra 2000).

En un ejercicio de simulación de cambios en el clima para el periodo 1990-2095 debido a un incremento anual del 1% del CO<sub>2</sub> en la atmósfera y su efecto en la distribución de plantas en la Amazonía, Miles *et al.* (2004) encontraron que el 43% de las especies declinaron considerablemente en sus poblaciones debido a su respuesta lenta a estos cambios. Las mejores condiciones para la supervivencia de las especies estuvieron localizadas en el noroeste de la Amazonía, en la confluencia entre los bosques montanos y los bosques de la Amazonía baja.

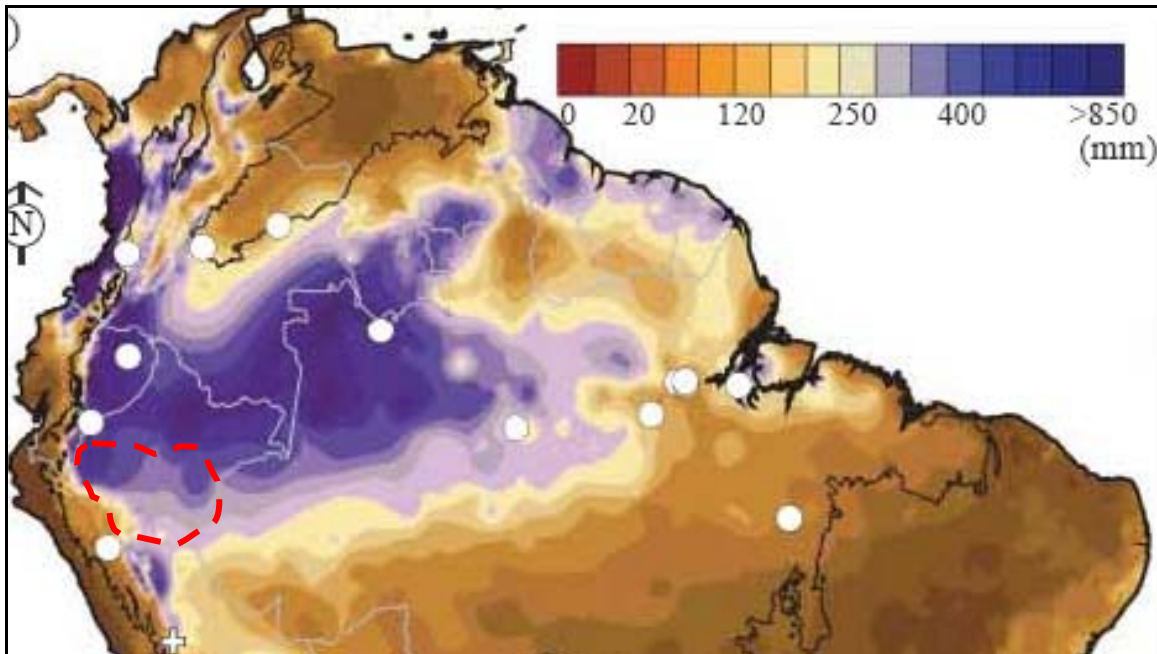
Adicionalmente, después de un análisis de datos paleo-climáticos y de paleo-vegetación, Mayle *et al.* (2004) concluyeron que las áreas de ecotono cerca a los márgenes de la cuenca Amazónica (especialmente aquellas donde la estación seca es más larga y severa) son posiblemente las más sensibles ante futuros cambios en el clima y deberían ser conservadas para el movimiento natural de las especies y su ajuste ante estos cambios. Datos de campo recientes están confirmando que los bosques al sur de la Amazonía Peruana, que tienen una estación seca y lluviosa bien definida, tuvieron el mayor número de árboles muertos comparado a otras regiones y ocasionado por una sequía inusual en la región (Phillips *et al.* 2009). Este tipo de eventos con sequías inusuales pueden llegar a ser comunes en el futuro y es necesario conservar los gradientes de cambios climáticos regionales que ayuden a mitigar el efecto de estos fenómenos.

### **5.9.1. Definición espacial**

En la región, el gradiente macro-climático se orienta en dirección este-oeste (en relación con cambios de elevación afectado por los Andes) y norte-sur (en relación a la cantidad de lluvia por mes que disminuye en esa dirección). El gradiente climático este-oeste está relacionado a gradientes altitudinales y fue definido en la sección 3.5. Para definir espacialmente los procesos de adaptación a cambios en el clima en el gradiente norte-sur se usó un mapa con los tres meses más secos en Loreto derivado de WorldClim (Hijmans *et al.* 2005). WorldClim es una base de datos climáticos con una resolución de aproximadamente 1 km y que se creó interpolando datos de estaciones meteorológicas (Hijmans *et al.* 2005). Ya que áreas potencialmente más afectadas por cambios regionales en el clima serán las áreas con mayor estacionalidad (Mayle *et al.* 2004, Phillips *et al.* 2009), se delineó el área de la región Loreto coincidente con este gradiente (Mayle *et al.* 2004) (Figura 14).



**Figura 14.** Mapa de los tres meses más secos en la Amazonía incluyendo Loreto. La barra representa la cantidad de lluvia por mes. El círculo rojo punteado representa el área en Loreto necesario para la conservación de los procesos de ajustes de distribución geográfica a cambios climáticos regionales. (Modificado de Mayle *et al.* (2004)).



**Tabla 1.** Procesos ecológicos y evolutivos identificados en la Región Loreto, norte de la Amazonía Peruana, mostrando el tamaño aproximado de áreas protegidas que se necesitarían para cada uno (adaptado de Pressey et. al. (2003) y (Specht et al. 2003)). *Muy pequeño*, MP: 10 - 1,000 ha; *pequeño*, P: 1,000 - 100,000 ha; *mediano*, M: 100,000 - 500,000 ha; *grande*, G: 500,000-1'000,000 ha; *muy grande*, MG: >1'0000,000 ha (mega-reservas *sensu* (Peres 2005)). Los procesos en negrita fueron enfocados para la conservación en este estudio. Además de la literatura citada las Fuentes consultadas incluyeron consulta a expertos en temas ecológicos, evolutivos y de conservación (ver Anexo).

PROCESO ECOLÓGICO O EVOLUTIVO	TAMAÑO DE ÁREAS APROPIADAS PARA SU CONSERVACIÓN					FUENTE CONSULTADA
	MP	P	M	G	MG	
Ciclo de nutrientes	✓	✓	✓	✓	✓	(Ometto et al. 2006; Ometto et al. 2005), (Viers et al. 2005), (Nepstad et al. 2002), (Martinelli et al. 1999), (Townsend-Small et al. 2005), (Neill et al. 2006)
Ciclo del agua	✓	✓	✓	✓	✓	(Viers et al. 2005), (Neill et al. 2006), (D'Almeida et al. 2007), (Alsdorf et al. 2005)
Relación planta–polinizadores		✓	✓	✓	✓	(Dick et al. 2004), (Dick et al. 2003b), (Vaz et al. 1998), (Cotton 2001)
Persistencia de plantas raras y comunes en Loreto			✓	✓	✓	(Pitman et al. 2001), (Tuomisto et al. 2003), (Gentry & Ortiz 1993)
<b>Diversificación de plantas y</b>	✓	✓	✓	✓	✓	(Fine et al. 2005), (García-Villacorta (en



<b>animales a suelos de geología única</b>						prep.)), (García-Villacorta et al. 2003)
<b>Procesos de reproducción estacional de peces y otros animales acuáticos en planicies inundables y canales de los ríos</b>	✓	✓	✓	✓	✓	(Castello 2008), (Fernandes 1997), (Lin & Caramaschi 2005)
<b>Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales en el gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino</b>	✓	✓	✓	✓	✓	(Fjeldsá & Rahbek 1997), (Mallet 1993), (Weir 2006)
Perturbación natural del bosque por caída de árboles en bosques de tierra firme (dinámica de claros)	✓	✓	✓	✓	✓	(Wunderle et al. 2005), (Beck et al. 2004), (Myster 2007), (Terborgh & Mathews 1999), (Gerwing & Uhl 2002), (Asner et al. 2004)
Procesos naturales de dinámica de recambio en la composición de especies de árboles del bosque (muerte y reclutamiento de nuevos individuos)	✓	✓	✓	✓	✓	(Phillips et al. 2004), (Phillips & Gentry 1994), (Phillips et al. 1994)
Perturbación natural del bosque por pulsos de inundación en		✓	✓	✓	✓	(Bodmer 1990), (Junk et al. 1989), (Parolin et al. 2004), (Junk & Piedade

planicies de inundación de los ríos						1993a), (Fernandes 1997), (Castello 2008)
Procesos de herbivoría incluyendo pequeños herbívoros mamíferos	✓	✓	✓	✓	✓	(Fine et al. 2004), (Norghauer et al. 2006)
<b>Diversificación de la fauna terrestre y acuática entre cuencas</b>			✓	✓	✓	(Aquino et al. 2008), (Patton et al. 2000), (Hubert & Renno 2006)
<b>Migraciones regionales para alimentación y reproducción de grandes bagres</b>	✓	✓	✓	✓	✓	(COPESCAL 2000), (Batista & Alves-Gomes 2006), (Barthem & Goulding 1997)
Procesos de dispersión de semillas en bosques de altura y bosques inundables	✓	✓	✓	✓	✓	(Fragoso et al. 2003), (Fragoso 1997), (Kubitzki & Ziburski 1994)
<b>Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales en el área de influencia del Arco de Iquitos</b>	✓	✓	✓	✓	✓	(Hubert & Renno 2006), (Roddaz et al. 2005)
Procesos de herbivoría que involucra mamíferos herbívoros de tamaño medio y grandes		✓	✓	✓	✓	(Pacheco 2001)
Procesos predador-presa que involucra mamíferos omnívoros y carnívoros más pequeños	✓	✓	✓	✓	✓	(Terborgh <i>et al.</i> 1993)

Procesos de predación de semillas que incluyen mamíferos pequeños y grandes (especialmente ungulados)		✓	✓	✓	✓	Bodmer 1989, Terborgh <i>et al.</i> 1993, (Bodmer <i>et al.</i> 1988)
<b>Ajustes regionales de la distribución de especies a cambios climáticos</b>			✓	✓	✓	(Miles <i>et al.</i> 2004), (Mayle <i>et al.</i> 2004), (Hooghiemstra & Van der Hammen 2004)
Procesos de herbivoría que involucra pequeñas poblaciones viables de mega herbívoros			✓	✓	✓	Terborgh & Wright 1994
Procesos predador-presa mediados por poblaciones viables de los grandes predadores de la Amazonía (“puma”, “otorongo”, “águila harpía”)					✓	(Janson & Emmons 1990), (Terborgh 1988), (Terborgh 2001), (Terborgh <i>et al.</i> 1999)

## **4. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS PROCESOS ECOLÓGICOS Y EVOLUTIVOS EN LORETO**

### **4.1. Identificando amenazas para la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos en Loreto**

La perturbación en gran escala de las poblaciones de flora y fauna silvestre en los bosques de Loreto (p.e. caza y pesca intensiva, extracción forestal, construcción de carreteras) puede afectar la estructura y dinámica de regeneración del bosque, y por consiguiente los procesos ecológicos que mantienen la diversidad biológica.

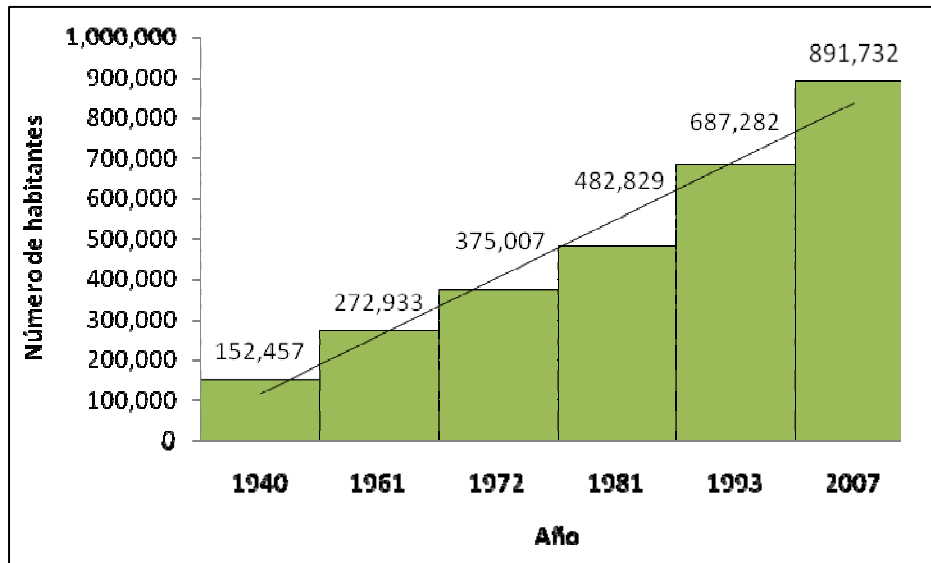
A continuación se presenta una revisión de las principales amenazas para la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos, muchas de las cuales han estado en efecto en la región por muchos años. Por esta razón, enfatizamos proporcionar una perspectiva histórica de estas amenazas, antes que un análisis detallado de cada uno de ellos. Bajo este enfoque queremos mostrar una visión global e histórica de cómo estas amenazas pueden estar afectando la conservación de la biodiversidad y sus procesos. Incluimos en esta sección los resultados obtenidos de consultas directas a los pobladores de Loreto y su percepción sobre el estado actual y pasado de los recursos naturales en la región.

#### **4.1.1. Perspectiva histórica del crecimiento poblacional en Loreto**

Loreto tiene una extensión de 368,851.95 Km<sup>2</sup>, y según el censo del 2007 tiene una población de 884,144 habitantes, con una población urbana de 583,391 habitantes (65,4%) y una población rural de 300,753 habitantes (34.6%) (INEI 2008). La densidad poblacional es baja debido a la gran extensión del departamento: 2,4 habitantes por km<sup>2</sup>, con una esperanza de vida de 65 años (INEI 2008).

En la Figura 15 observamos el incremento constante de la población en Loreto, que conlleva a un aumento en la presión sobre los recursos naturales de la región.

**Figura 15.** Tendencia del crecimiento poblacional en la Región Loreto (en miles de habitantes)

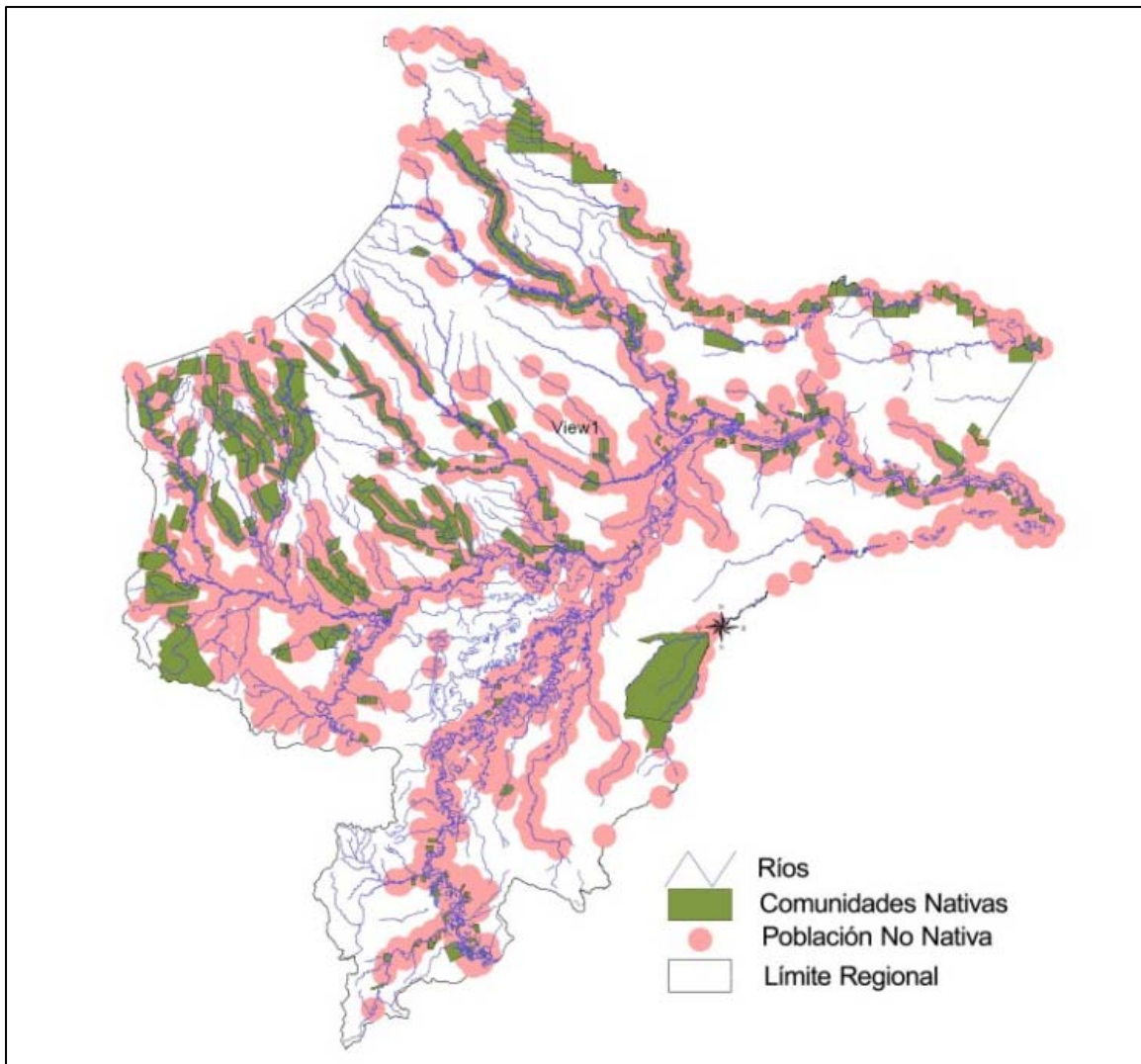


Fuente INEI. 2008. Elaboración propia.

La colonización de la Amazonía comenzó cuando los Chibchas, descendientes de los Mayas, poblaron hace 20,000 años las zonas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo. Otro grupo fue el de los Karibes, que desde el lago Maracaibo y siguiendo el curso del río Casiquiare llegaron al Amazonas estableciéndose en los territorios del Caquetá y Amazonas (IIAP 2006).

En el año 1541, partió de la Amazonía Ecuatoriana la expedición de Francisco de Orellana hacia lo que sería el inicio de la primera expedición a la región Amazónica de Perú. Ya en 1542, esta expedición entra en contacto con las etnias del río Napo (principalmente Omaguas), para posteriormente entrar al río Amazonas. (San Román 1994). Desde aquella expedición hasta la actualidad los procesos de colonización de la Amazonía Peruana han ido en aumento llegando a su máximo apogeo durante el siglo XX hasta la actualidad (Figura 16).

**Figura 16.** Mapa de ubicación de las poblaciones nativas y no nativas en Loreto. Cada punto representa una comunidad.



#### 4.1.2. Percepción actual del poblador Loreetano sobre el estado de conservación de los recursos naturales en la región.

Se recogió información sobre las impresiones de los pobladores acerca del estado de conservación de los recursos naturales en la región mediante la aplicación de encuestas estructuradas y no estructuradas en las diferentes provincias de la región.

La expansión agrícola en muchas de las comunidades visitadas ha alcanzado el total del área comunal, habiéndose solicitado en varios casos una ampliación de los terrenos de la comunidad.

La zona de Yurimaguas, Provincia de Alto Amazonas, es la que presenta una realidad algo distinta del resto de la región. De acuerdo a los pobladores de la zona, los sembríos de coca en la década de los 80 trajeron consigo una fuerte migración andina y a su vez tasas altas de deforestación. En la actualidad es una de las áreas de mayor expansión agrícola, en gran parte por procesos de colonización producto de la carretera Yurimaguas–Tarapoto.

El periodo comprendido entre 1980 y 1995 identificamos el periodo crítico de disminución de recursos naturales en toda la región. Es durante este lapso de tiempo, que los recursos naturales, tales como el pescado, el mitayo, la madera y otros recursos del bosque se vuelven escasos y los pobladores necesitan viajes más largos para adquirirlos. Paralelamente se observa un cambio en el aprovechamiento de los recursos por la disminución de los mismos. De esta manera, la adquisición de los recursos naturales predilectos es reemplazada por aquellos que en el pasado eran considerados poco valiosos. Por ejemplo la caza de *Crax mitu* “paujil” ha sido reemplazada por la caza de otras aves como *Penelope jacquacu* “pucacunga” o la pesca de *Colossoma macropomun* “gamitana” ha sido reemplazada por la pesca de *Curimata* spp. “ractacara” o *Triportheus* spp. “sardina”.

El cambio más notorio para los pobladores Amazónicos se refiere a la disponibilidad de las especies de peces, recurso del cual dependen en gran medida para su alimentación. Todos los encuestados manifiestan la ausencia de *mijanos* especialmente de *Colossoma macropomun* “gamitana”, *Piaractus brachypomus* “paco” y *Brycon* spp. “sábalo”. Aún es posible observar *mijanos* de *Prochilodus nigricans* “boquichico”, *Curimata* spp. “ractacara”, *Schizodon* spp. y *Leporinus* spp. “lisa”. Sin embargo, los individuos de estos peces presentan longitudes muy inferiores a los que pescaban en el pasado (consultas propias).

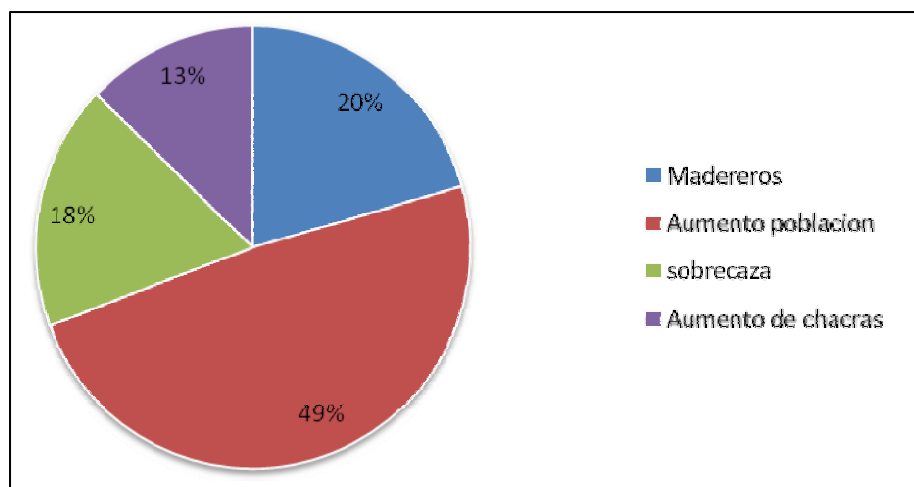
Algo similar sucede con la fauna de caza; *Tayassu pecari* “huangana”, *Tayassu tajacu* “sajino”, *Cuniculus paca* “majas” y *Mazama americana* “venado”, entre otras especies, difícilmente son encontradas en las cercanías de las comunidades por lo que para poder cazar una de estas especies, los pobladores deben viajar varios días fuera de la comunidad.

La madera ha sido extraída de acuerdo con las exigencias de la demanda del mercado, por lo que actualmente la mayoría de los pobladores encuestados mencionan la ausencia de *Swietenia macrophylla* “caoba” en sus territorios hace más de 30 años y de *Cedrela odorata* “cedro” aproximadamente hace 15 a 20 años. Asimismo, mencionan que actualmente no es posible encontrar algunas especies tales como *Cedrelinga catenaeformis* “tornillo”, *Ceiba pentandra* “lúpuna”, entre otros, en los territorios comunales. Los últimos lugares donde aun es posible encontrar estas especies se encuentran probablemente en las cabeceras más alejadas de la cuenca Amazónica.

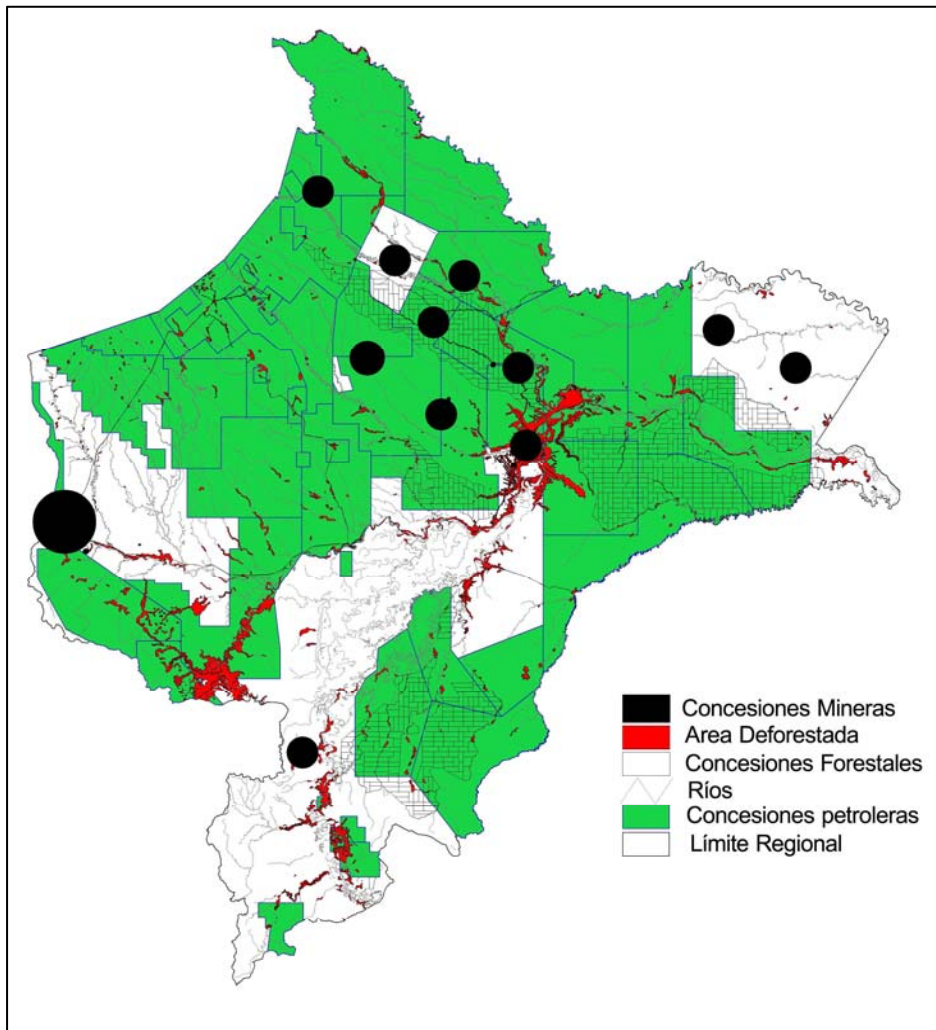
La percepción generalizada de los pobladores sobre cuales serían las razones de la disminución y desaparición de los recursos de flora y fauna es que esta situación actual se debe tanto al incremento poblacional como a la actividad de los madereros (Figura 17). Éstos últimos espantan el mitayo al abrir trochas de más de 5 metros de ancho para sacar la madera (“vial maderero”) el uso de tractores y la caza para proveerse de alimento. Un análisis de las encuestas y las respuestas de los pobladores nos indican que son pocas las zonas en las cuales no hayan ingresado madereros, por más lejanas que fuesen. Esto nos ayuda a comprender porque los pobladores responsabilizan en gran parte a los madereros de la pérdida de sus recursos naturales. En la Figura 18 presentamos un mapa amenazas actuales para la conservación de la diversidad biológica y sus procesos en Loreto.



**Figura 17.** Percepción del poblador Loretano ante la disminución de los recursos naturales en la región desde una perspectiva histórica (elaboración propia en base a encuestas).



**Figura 18.** Mapa de las amenazas actuales para la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos en Loreto. Las concesiones mineras representan los últimos 10 años de actividad en Loreto. Los puntos negros representan la ubicación geográfica y el tamaño relativo de las concesiones mineras.



### 4.1.3. Carreteras

Las carreteras generan procesos de migración y colonización humana, aumentando la presión sobre los recursos naturales. La fragmentación de bosques producida por estas actividades económicas asociadas a la creación de carreteras (colonización, ganadería, agricultura, etc.) forman barreras para las poblaciones de animales y plantas produciendo aislamiento de poblaciones, cambios en los microclimas de las zonas, cambios en el régimen hidrológico entre otros impactos (Ascorra & Dávila M. 2008; Killeen 2007).

La tasa promedio de deforestación en la Amazonía Peruana en el periodo comprendido entre 1999-2005 fue de 647 Km<sup>2</sup>/año y estuvo correlacionado con la accesibilidad al bosque principalmente por el acceso de carreteras. De esta manera, la zona de Pucallpa con su red de carreteras para la extracción maderera representó el 64% del bosque deforestado en la Amazonía Peruana en mismo periodo, mientras que en la zona de Iquitos la deforestación estuvo mayormente confinada a lo largo de la carretera Iquitos-Nauta (Mäki et al. 2001; Oliveira et al. 2007).

La mayoría de carreteras existentes en la región son de tierra afirmada o trochas carrozables cuyo impacto es menor que aquellas asfaltadas. Sin embargo, con la implementación del IIRSA en el país, esto ha comenzando a cambiar. Un ejemplo de ello es la carretera Yurimaguas-Tarapoto, barrera geográfica que constituye un peligro para los procesos ecológicos y evolutivos en la interfase Amazonía baja-piedemonte Andino, tales como el intercambio genético entre poblaciones de flora y fauna.

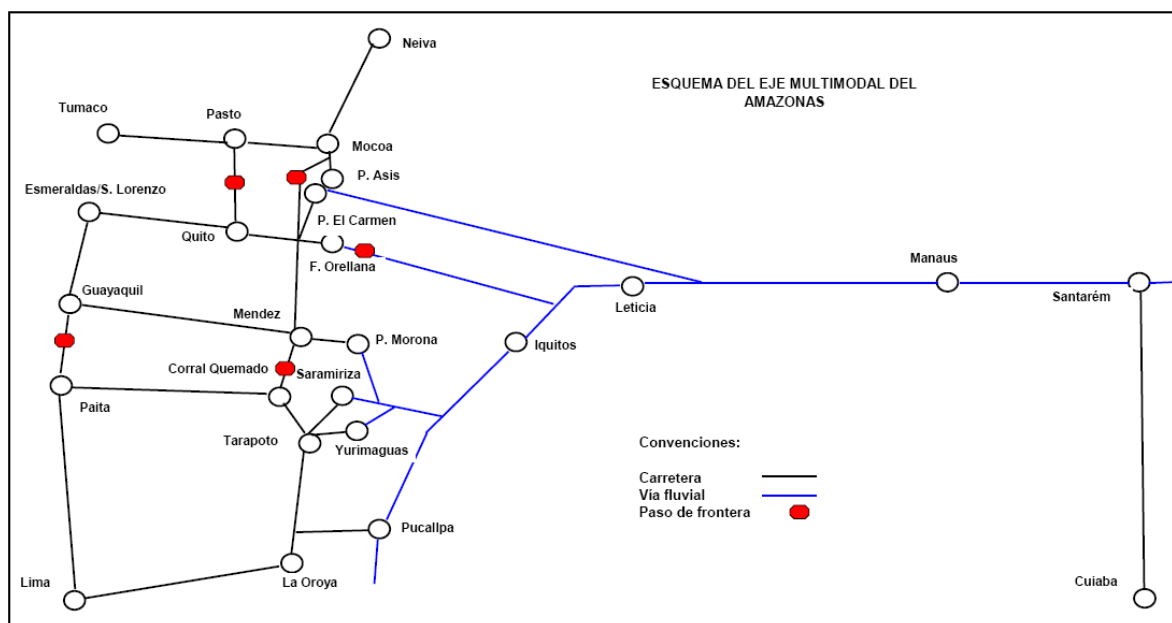
En general, carreteras como la de Yurimaguas-Tarapoto, Saramiriza-Corral Quemado o Napo-Putumayo, entre otras, constituyen amenazas para la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos *per se*. Esta amenaza es mayor cuando existe un mal diseño del trazado de la ruta o no se contemplan estrategias adecuadas para minimizar los impactos biológicos, ecológicos, sociales y culturales que ocasionan.

#### 4.1.3.1. El Proyecto IIRSA Norte

El Perú forma parte de la *Iniciativa para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana* – IIRSA, resultado de la Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno realizada en Brasilia en el año 2000, la misma que involucra a los doce países de América del Sur. IIRSA ha proyectado nueve Ejes de Integración y Desarrollo a nivel sudamericano y el Perú participa en cuatro de estos ejes: a) Eje Amazonas (Perú, Ecuador, Colombia, Brasil), b) Eje Perú – Brasil - Bolivia, c) Eje Interoceánico (Brasil–Paraguay–Bolivia–Perú–Chile) y d) Eje Andino (Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Bolivia y Chile) (Figura 19). El IIRSA contempla una inversión peruana para el Eje del Amazonas de 1435.63 millones de USD (IIRSA 2007).

Se ha determinado los proyectos más importantes a ejecutar en los ejes IIRSA en que participa el Perú y que comprenden: (1) rehabilitación, (2) construcción y mejoramiento de carreteras, (3) construcción de vías de evitamiento, (4) mejoramiento de terminales portuarios fluviales y marítimos, estudios para mejoramiento de navegabilidad comercial en los tramos fluviales de los ejes. Si bien es cierto que el IIRSA intenta mejorar las oportunidades de interconexión regional de Sudamérica y con ello mejorar las oportunidades de desarrollo económico de los países involucrados, este proyecto tendrá efectos importantes en los procesos ecológicos y evolutivos a nivel continental si no desarrollan estrategias para mitigarlo. Estos riesgos serán especialmente importantes en el eje de carreteras cercanos al gradiente piedemonte Andino-Amazonía baja donde la construcción de los ejes viales ya se han iniciado (p.e. carretera Yurimaguas - Tarapoto).

**Figura 19.** Esquema del proyecto IIRSA y las principales ciudades para el eje vial proyectado.



Fuente: (IIRSA 2007)

Las principales amenazas directas por el eje de carreteras IIRSA y otras similares que se desarrollen en la región son la expansión de la ganadería y la agricultura mecanizada, movidas por incentivos en las políticas y por el paradigma de desarrollo subyacente. Por ejemplo la carretera Interoceánica Sur ha contribuido con la aceleración del proceso de degradación de hábitat de la quebrada Guacamayo en Madre de Dios, por la extracción de oro en la zona (Foto 1). Un ejemplo local, es la carretera Iquitos-Nauta, que en los últimos 5 años ha sido colonizada a lo largo de todo el eje.

Las Foto 1 muestran cambios del paisaje de la quebrada Guacamayo en Madre de Dios, y el mismo río Madre de Dios respectivamente. La quebrada Guacamayo ha sufrido la pérdida de hábitats por extracción de oro en tan solo 1 año, en gran medida por la facilidad de transporte hacia la zona por encontrarse al lado de la carretera Interoceánica Sur, que actualmente se encuentra en proceso de asfaltado (E. Ortiz, *com. per*).

**Foto 1.** Carretera Interoceánica Sur, en tramo de Quebrada Guacamayo, Madre de Dios. La accesibilidad de la carretera facilitó la explotación minera y la consecuente degradación de la Quebrada Guacamayo.



Foto: Enrique Ortiz

Los efectos del IIRSA van más allá de los límites políticos de Loreto por lo que los mecanismos de control y mitigación de impactos deben ser tomados de manera integral y coordinada por los diferentes países que comparten la cuenca Amazónica (Andrade 2008). En este sentido, estudios de zonificación ecológica y económica a nivel de toda la región Loreto y otras regiones del país podrían contribuir a mitigar estos problemas identificando las áreas apropiadas para el desarrollo de determinado tipo de actividades.

#### **4.1.4. Agricultura**

La deforestación por la agricultura migratoria relacionada con la economía de subsistencia, es un problema social que se convierte en un círculo vicioso. Eliminando la cubierta vegetal con desperdicio de los recursos del bosque, erosión, pérdida de la escasa fertilidad y

disminución de rendimientos, el agricultor no sale de la pobreza, y para subsistir busca nuevas tierras y sigue deforestando (IIAP 2006).

Cambios en la cubierta vegetal por expansión agrícola y creación de pastos afectan el balance de precipitación y evapotranspiración, y consecuentemente la dinámica de inundación en las cuencas (Neill *et al.* 2006). Estudios en cuencas de todo el mundo indican que la deforestación conduce invariablemente a un alto flujo de aguas en los ríos (Bosch & Hewlett 1982). Esto sería más crítico en las zonas montañosas de Loreto y cercanas a los Andes donde el efecto de la deforestación podría causar inundaciones con perjuicio para las comunidades de plantas y animales adaptadas a ciertos rangos de inundación. Por ejemplo la pérdida de un bosque montano en los Andes de Ecuador significó el 40% de la precipitación en tres cuencas de la parte más baja (Fleischbein *et al.* 2006). Se ha sugerido que la deforestación en las cabeceras de los ríos Amazónicos especialmente aquellos que se originan en los Andes tendrían un efecto importante en la precipitación y el caudal de las aguas río abajo (Gentry & Lopez-parodi 1980). Sin embargo estudios reciente sugieren que el efecto de la deforestación parece ser más importante a nivel de sub-cuencas regionales y no estaría afectando aun a toda la cuenca Amazónica (revisado en D'Almeida *et al.* 2007).

Así como las carreteras, este proceso de degradación del hábitat provoca fragmentación del bosque con lo que se convierte en una seria amenaza a los flujos de agua, el paisaje, los microclimas, procesos de polinización, evapotranspiración, entre otros (Chomitz *et al.* 2007). La pérdida de hábitats debido a la expansión agrícola pone en peligro directo a las poblaciones de grandes predadores, que requieren áreas extensas para su distribución (Foto 2). Por ejemplo el “otorongo” *Panthera onca* puede tener un rango territorial de más de 80 km (Emmons & Feer 1999), que se verá limitada si los bosques llegan a fragmentarse y degradarse con perjuicio para la viabilidad en el largo plazo de estos predadores. Se vuelve indispensable entonces garantizar el mantenimiento de áreas adecuadas que aseguren poblaciones viables de estas especies (Laurance 2006).



El mayor impulsor de la pérdida de la biodiversidad terrestre en los últimos 50 años ha sido la conversión de hábitat, en gran parte debido a la agricultura. La carga de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo, que en gran parte se derivan de fertilizantes y los efluentes agrícolas, es uno de los mayores impulsores del cambio en los ecosistemas terrestres, de agua dulce y los ecosistemas costeros.

**Foto 2.** Área deforestada para agricultura, carretera Mazan-Indiana



Foto: Giuseppe Gagliardi

Tradicionalmente la agricultura en la región es del tipo migratoria. Los pobladores amazónicos cultivan chacras de plátano, yuca y maíz principalmente para su autoconsumo (Gasche, 2004, CONAM, 2005). Sin embargo en los últimos 30 años se ha incentivado en la región la expansión de áreas agrícolas sin considerar las condiciones ambientales de la Amazonía y una adecuada planificación. Esto ha resultado que a través de la historia en la región Loreto se hayan implementado diversos programas agrícolas sin mayores éxitos reales para los pobladores. Entre ellos se cuentan el “camu-camu” *Myrciaria dubia*, y



especialmente el “palmito” *Euterpe precatoria* con grandes extensiones de bosques destruidos y luego abandonados como los que ocurren en la zona del río Manítí. El “sacha inchi”, es el más reciente “boom” en programas agrícolas, promocionado por el Gobierno Regional de Loreto a través del Programa de Préstamos Agrarios (PROCREA). Un análisis de las causas de estos fracasos y mejores estrategias para el desarrollo agrícola que tenga en cuenta los factores ambientales y la viabilidad a largo plazo, debería ser llevado a cabo por las instituciones competentes y el Gobierno Regional de Loreto para una planificación adecuada del potencial agrícola en la región.

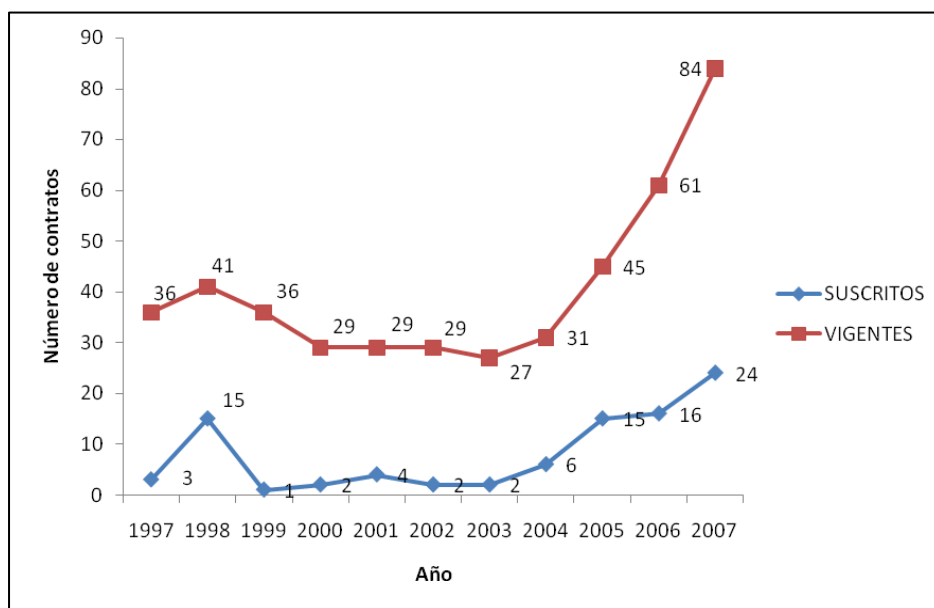
A nivel regional quizás las áreas más amenazadas por la expansión agrícola en la actualidad se encuentran en la ceja de selva de Loreto debido a su conexión por carretera con otras partes del país. En la provincia de Alto Amazonas, cerca de Yurimaguas, existen concesiones de más de 7000 has de bosques para la siembra de “palma aceitera” para la obtención de biocombustibles. Es en estas zonas donde se requiere con más urgencia una adecuada planificación porque las amenazas potenciales para la conservación de los procesos de la biodiversidad ya se han convertido hace tiempo en amenazas reales.

#### **4.1.5. Actividades Petroleras**

Las concesiones de petróleo en el Perú se inician con las Leyes N ° 4452 de 1922 y N ° 11780 de 1952. En la región Loreto, en el año de 1938 la empresa Ganso Azul inicia la explotación de un yacimiento de hidrocarburos en Aguas Calientes, cerca de Contamana. Desde entonces se han sucedido distintas incursiones exploratorias y de explotación en la región, llegando a su máximo apogeo en la década de los 70 con los hallazgos de petróleo en Trompeteros (San Román 1994).

En la actualidad en el Perú operan 55 empresas dedicadas al aprovechamiento de hidrocarburos, de las cuales 20 empresas operan en la Región Loreto (Perú Petro 2008). La figura 20 muestra la tendencia de los contratos petroleros en el Perú.

**Figura 20.** Contratos para de concesiones petroleras en el Perú al 2007.



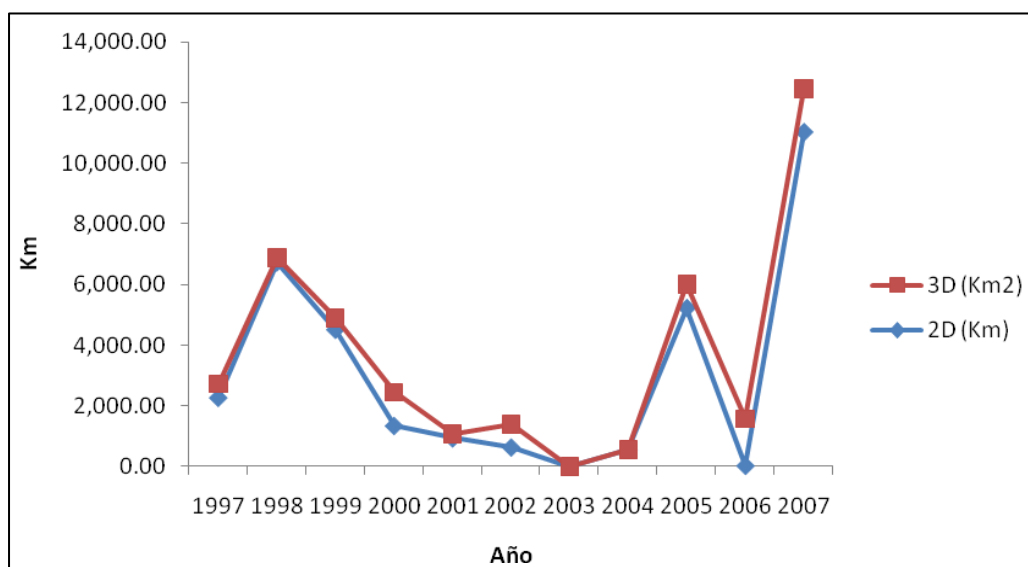
Fuente Perú Petro 2008. Elaboración propia

Los últimos años el precio del petróleo ha ido en aumento hasta que en julio del 2008 el petróleo alcanzo el precio record de 131.22 USD/barril (<http://www.opec.org>). Este fenómeno aumento la actividad petrolera en el país. Actualmente, el precio del petróleo ha decaído y fluctúa alrededor de 40 USD/barril, razón por la cual muchos inversionistas han paralizado las actividades de exploración. Sin embargo, se cree que el precio del petróleo irá aumentando en los próximos años por lo que aún resulta atractiva la inversión en actividades de hidrocarburos en la región.

La primera fase para el desarrollo de la actividad petrolera es la implementación de líneas sísmicas durante la fase exploratoria. Este tipo de actividad ha aumentado considerablemente en los últimos cinco años en la región (Figura 21, Tabla 2). La exploración sísmica constituye una de las principales amenazas a los procesos ecológicos a escala local ya que perturba las actividades de las especies de la fauna silvestre y fragmentan el bosque mediante la creación de senderos para la línea sísmica.

Estos senderos tienen entre 1 a 1.5 metros de ancho y dependiendo del Lote, las líneas sísmicas tienen varios cientos o miles de kilómetros en un sistema de grillas que sumados representa una alteración muy grande a las poblaciones de plantas y animales en los alrededores. Por ejemplo, durante la exploración sísmica del Lote 67 se abrieron 8000 Km de sendero equivalente a 1200 ha (Barret-Perú 2007). Asimismo, la empresa Talisman Petrolera del Perú LLC - Sucursal del Perú, tiene previsto llevar a cabo un Estudio Sísmico 3D del Lote 101 que cubrirá una superficie estimada de 185 km<sup>2</sup> (Talisman-Energy 2009) y la empresa Petrolífera Petroleum del Perú S.A.C. ha propuesto dentro del Lote 106 el levantamiento de 531.11 Km. de líneas sísmicas (Petrolifera 2007).

**Figura 21.** Longitud de líneas sísmicas en el periodo 1997–2007



Fuente Perú Petro 2008. Elaboración propia

Actualmente no conocemos el nivel con que la creación de estos senderos sísmicos en los bosques de Loreto está afectando a los diferentes procesos ecológicos por lo que se debería llevar a cabo inventarios en las especies y los procesos ecológicos más afectados a esta escala de perturbación (polinización, floración, dispersión de semillas, reproducción de animales pequeños). Actividades de monitoreo deben ser esenciales en estos estudios para conocer el

estado antes de la actividad y el efecto después de la perturbación que permitan realizar conclusiones y recomendaciones con una base científica.

La segunda actividad, y quizás la más publicitada, de la actividad petrolera ocurre durante la fase de extracción. La migración estacional de la fauna acuática, procesos de reproducción estacional (desove) de animales acuáticos, procesos de dinámica en las orillas de los ríos y bosques inundables son procesos ecológicos y evolutivos que pueden verse afectados durante la etapa de extracción petrolera, principalmente por los derrames de petróleo y por el vertimiento de aguas residuales en las zonas de explotación.

La tecnología para prevenir problemas ambientales existe y debería implementarse apropiadamente. Estos riesgos pueden ser minimizados por las compañías petroleras llevando a cabo las previsiones del caso y teniendo planes de contingencia efectivos en caso de ocurrir derrames. Corresponde a las instancias correspondientes del estado Peruano y el Gobierno Regional de Loreto fiscalizar que los reglamentos estipulados en la legislación actual, básicamente en la *Ley Orgánica de Hidrocarburos N° 26221*, el *Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos D.S. N° 015 - 2006 - EM* y el *Reglamento de las actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos D.S N° 032 - 2004 - EM*, sean cumplidos por las empresas petroleras.

**Tabla 2.** Estadísticas de las actividades petroleras en Loreto: periodo 1997–2007. Modificado de PeruPetro (2008)

Actividad	Estado	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Contratos	Suscritos	3	15	1	2	4	2	2	6	15	16	24
	Vigentes	36	41	36	29	29	29	27	31	45	61	84
Sísmica Registrada	2D (Km)	2,269.9	6,726.4	4,510.9	1,345.7	935.6	633.6	-	564.0	5,229.0	30.0	11,019.4
	3D (Km2)	451.4	146.0	374.1	1,105.0	153.9	764.1	-	-	773.1	1,549.7	1,425.9
Pozos Perforados	Desarrollo	93	50	15	31	32	12	26	34	69	78	177
	Exploratorio	10	10	6	5	4	5	3	5	5	8	9
	Total	103	60	21	36	36	17	29	39	74	86	186

#### 4.1.6. Extracción minera

La actividad minera en la región es incipiente, sin embargo las pocas experiencias existentes han sido severamente criticadas por el uso de mercurio, elemento cancerígeno que se acumula en los organismos. Esta acumulación ocasiona enfermedades a mediano y largo plazo y sucede frecuentemente en los procesos de extracción de oro y su vertimiento en las aguas; como por ejemplo ha ocurrido en el río Nanay, principal fuente de agua para la ciudad de Iquitos. Después de la paralización de las actividades mineras en la cuenca del Nanay, por la prohibición mediante el ordenanza regional O.R. N° 006 – 2003 – CR/RL, el problema de la contaminación de las aguas por residuos de mercurio se trasladado al río Curaray, en la cuenca del río Napo, donde las dragas continúan sus actividades extractivas y de contaminación.

Durante el año 2008 y 2009 se han otorgado concesiones mineras principalmente en las cuencas de los ríos Morona y Marañón en la Provincia Daten del Marañón (Figura 18). Dichas concesiones no cuentan con Estudios de Impacto Ambiental, ya que al ser consideradas como *minería de pequeña escala* no están obligadas a llevar a cabo dichos estudios. Sin embargo, debido al efecto acumulativo del mercurio en los organismos, especialmente en la fauna acuática, y a través de la cadena trófica, una cantidad mínima puede resultar en graves daños para la salud si se acumula a un nivel intolerable. De esta manera, a pesar de considerarse como una extracción a pequeña o media escala, la contaminación por mercurio puede convertirse en un problema de gran escala como sucede en muchas regiones de la sierra Peruana. Esto es más grave considerando que gran parte de la población se encuentra asentada a lo largo de los ríos de la región.

En Madre de Dios, la pequeña y mediana minería utilizó 366.09 toneladas de mercurio metálico en el periodo 1990 – 2006, convirtiéndose en un gran problema de contaminación de los ambientes acuáticos y terrestres en esa región (Ascorra & Dávila 2008).

Otro efecto de la minería en los ríos es la perturbación del lecho del río con motobombas (Foto 3A) y dragas (Foto 3B). En la cuenca del río Madre de Dios se calcula que se remueven 26 millones de toneladas/año de materiales diversos (Ascorra & Dávila 2008). Esto origina el aumento de la turbidez del agua, cambios en los recursos hidrobiológicos, modificación del lecho de los ríos, obstaculización de la navegación y reducción de la calidad del agua.

**Foto 3.** (A) Extracción minera en el río Madre de Dios (2005). (B) Draga minera realizando actividades de extracción en el alto río Curaray (2008).



Foto: Roosevelt García



Foto: Giuseppe Gagliardi

La problemática de la extracción de oro en Madre de Dios es un ejemplo de lo que podría ocurrir en nuestra región si no se implementan las políticas y los mecanismos de control adecuados.

#### 4.1.7. Explotación maderera

La explotación maderera se inicia en la región en 1918 cuando la empresa Americana Astoria inicia sus exportaciones de “caoba” *Swietenia macrophylla* y “cedro” *Cedrela odorata* a los Estados Unidos de Norteamérica (Figura 22), inicialmente en trozas (Foto 5), y posteriormente a partir de 1930 en forma de tablas (San Román 1994, Morey & Sotil 2000).

**Foto 4.** Troza de “caoba” *Swietenia macrophylla* en uno de los primeros aserraderos de Iquitos (aprox. 1931)

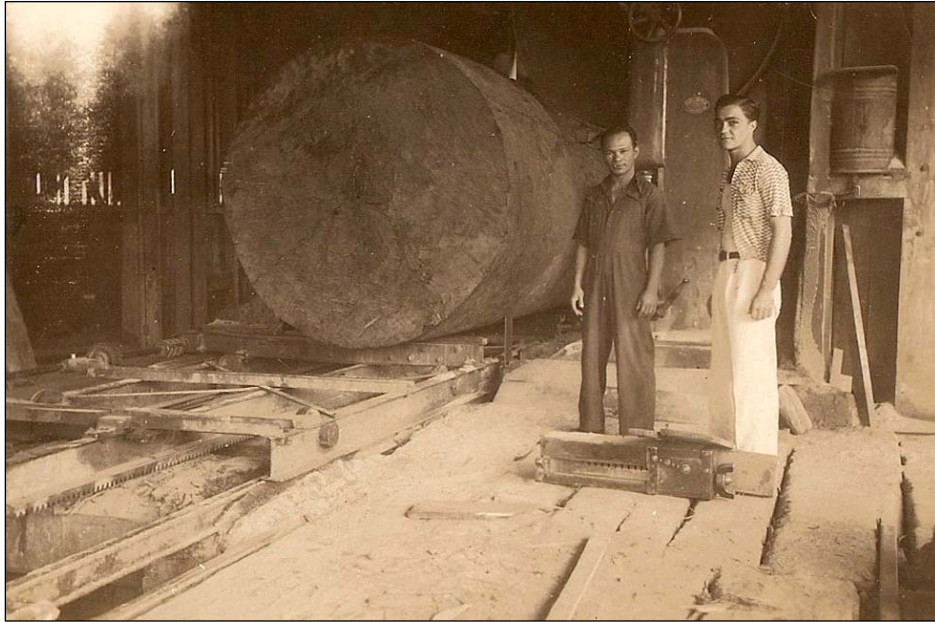
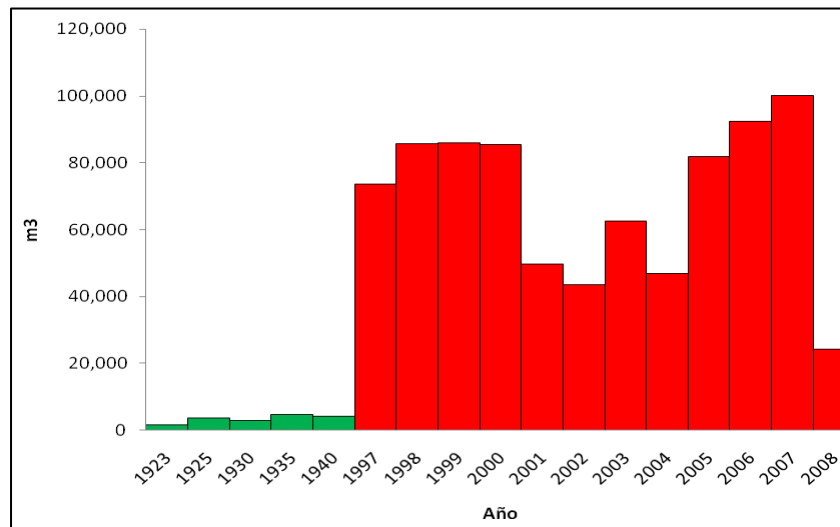


Foto: Familia Urrutia

**Figura 22.** Extracción de cedro y caoba conglomerado por año (en m<sup>3</sup>) desde inicios de siglo XX hasta la actualidad.

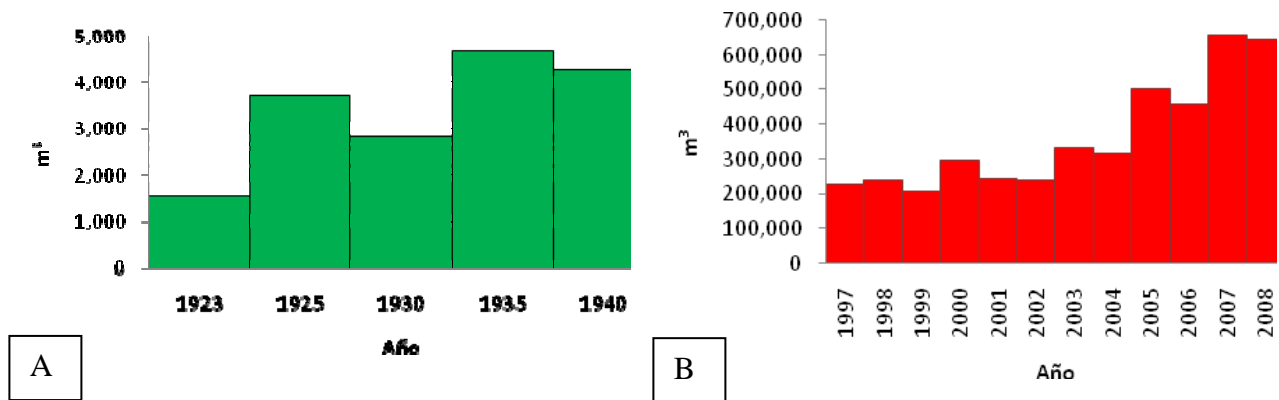


Fuente: San Román (1994) (datos de 1923 – 1940), DGFFS (datos de 1997-2008), elaboración propia



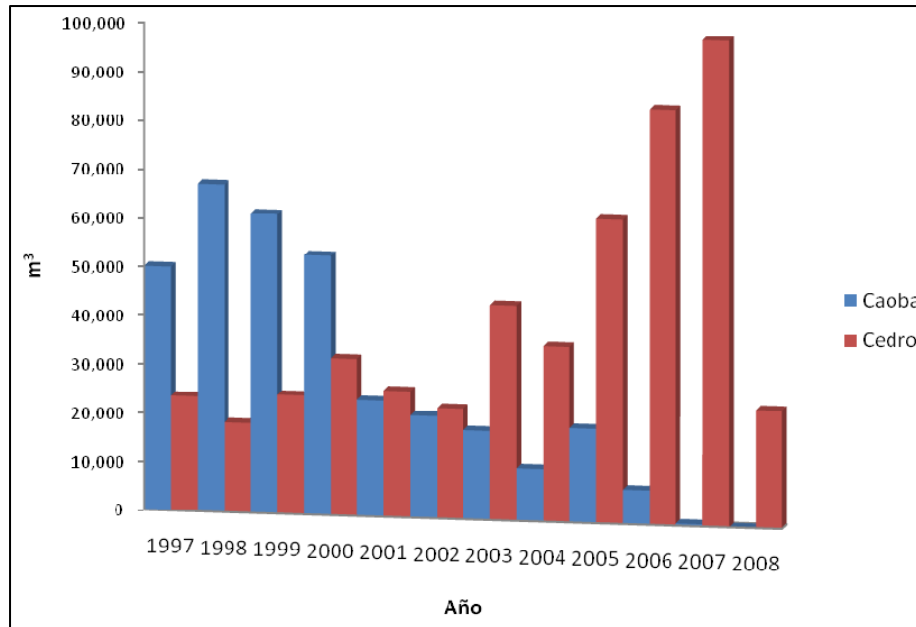
En la actualidad, 90 años más tarde, aún exportamos madera en tablas y la tendencia que se observa muestra que la producción de madera rolliza ha aumentado en el periodo 1997 - 2008 como consecuencia del inicio de la política de concesiones forestales por el estado en la (Figura 23).

**Figura 23.** Producción de madera rolliza en Loreto durante los periodos (A) 1923 – 1940 y (B) 1997-2008. Fuentes igual que Figura 22.



Al mismo tiempo que la cantidad de madera extraída de los bosques naturales ha aumentado también han empezado a disminuir la abundancia de ciertas especies como la “caoba”, la cual ha sido sustituida por otras especies como el “cedro” (Figura 24). Sin embargo, no pasará mucho tiempo hasta el “cedro” sea reemplazado por otras especies menos valiosas como ya esta ocurriendo en muchas provincias de la región (encuestas propias).

**Figura 24.** Tendencia de la disminución de madera “caoba” y subsecuente reemplazo por “cedro” debido al mal manejo del recurso forestal en la región Loreto.



Fuente: Ministerio de Agricultura & DGFFS. Elaboración propia

Entre los efectos de ésta actividad extractiva sobre los procesos ecológicos en los bosques están la perturbación de los procesos de sucesión y regeneración natural. Por ejemplo, se ha demostrado que algunos métodos extractivos de la madera como el “corte en fajas” influye en la composición de dispersores de semillas que se internan en el área abierta de la faja, lo cual afecta el tipo de especies que se regeneran (Gorchov *et al.* 1993). Otro método usado comúnmente en la industria de la madera en la región es la extracción selectiva, mediante el cual se extraen del bosque los individuos que reúnen ciertas condiciones de talla o que pertenecen a una determinada especie. Aunque aparentemente este sistema es menos destructivo que el sistema de fajas, si la extracción selectiva pasa de un determinado límite en la perturbación del dosel de bosque debido a la extracción de los árboles más grandes esto afectará indudablemente la sucesión y regeneración en el bosque. En la realidad

tractores penetran el bosque hasta las cabeceras de los ríos creando a su paso una perturbación al bosque que afecta la integridad de los procesos ecológicos. Los árboles que se extraen mediante estos métodos tienen un efecto importante en otras especies ya que producen las semillas y plántulas de las que dependen otros procesos ecológicos como la predación de semillas, herbivoría y dispersión de semillas.

Un reciente estudio en la Amazonía de Brasil, utilizando imágenes satelitales para determinar la proporción de claros en el dosel como resultado de la extracción selectiva, encontró que el 76% de los bosques bajo este sistema, durante el periodo 1999-2004, resultaron en altos niveles de daño al dosel que los pone en riesgo a los efectos severos de sequías (Asner *et al.* 2006). Aunque no se conoce cual es la magnitud del daño al dosel del bosque por los procesos extractivos de la madera en la región Loreto, este ejemplo puede servir para aplicar medidas reguladoras que minimicen estos efectos en los bosques de la región.

Otro problema común que se presenta en las zonas de extracción maderera es la caza indiscriminada para la obtención de carne, perturbando las poblaciones de fauna silvestre y los procesos ecológicos que ocurren en el bosque (encuestas propias). La extracción de árboles de gran porte pueden soportar nidos de grandes predadores como el “águila harpía” *Harpia harpyja*, un ave rara e indicadora de hábitat saludables. Perturbaciones en gran escala en estos hábitats pueden causar efectos graves en las relaciones predador-presa y los procesos de autorregulación de los ecosistemas amazónicos.

Esto podría evitarse mediante un control y manejo adecuado de la actividad extractiva que imite los fenómenos naturales de perturbación tanto como sea posible (Ricklefs *et al.* 1984) y que permita la sostenibilidad de la industria en el largo plazo. Existen varios ejemplos históricos de cómo la ausencia de un manejo y regulación adecuada han llevado a la casi extinción de la “caoba” *Swietenia macrophylla* y la escasez del “cedro” *Cedrela odorata* en la región. Aunque todavía es posible encontrar estas especies en los lugares más apartados de

la región, su escasez es tal que la sostenibilidad de la industria basado en estas especies es por los menos precaria para ser optimistas.

Quizá el ejemplo mejor documentado de cómo el mal manejo del recurso forestal ha llevado casi al colapso de una industria, que tuvo su “boom” en la década del 1970, es el caso de la “lupuna” *Ceiba pentandra*, uno de los árboles de la Amazonía más majestuosos por el tamaño de su copa y su diámetro de proporciones gigantescas, que antes de la década de 1970 se encontraba comúnmente en los bosques de *tahuampa* a lo largo de muchos ríos de Loreto (Gentry & Vásquez 1988).

En 1969-1970, dos laminadoras (TRENDA e Iquitos Plywood) fueron establecidos en Iquitos para elaborar “triplay” que se exportaba con grandes ganancias a los mercados de Venezuela y los Estados Unidos (Gentry & Vásquez 1988). La materia prima de esta industria, la lupuna, estaba convenientemente localizada a lo largo de los ríos de Loreto. En 1975 tres laminadoras más, INPULSA, Laminadora Amazónica y LAPESA, fueron establecidas. En 1980 ya era posible observar que la materia prima de esta industria se estaba explotando en condiciones insostenibles para un recurso renovable. No existió ningún tipo de control ni iniciativas por parte de las autoridades ni de las empresas laminadoras para emprender planes de manejo. A mediados de 1970, ya no era posible observar más “lupuna” a lo largo de los ríos y en el puerto de Iquitos se veía pequeñas balsas de unas cuantas trozas de “lupuna” en vez de los kilómetros de grandes balsas de “lupuna” esperando ser transportados a las empresas laminadoras (Gentry & Vásquez 1988). En 1983 INPULSA y LAPESA cerraron dejando desempleados a cientos de trabajadores loretanos y la industria que floreció explotando sin regulación su materia prima renovable declinó en importancia en la región.

La importante lección para no olvidar es que en una economía de mercado donde la industria busca la ganancia máxima por el mínimo costo, el manejo sostenible de los recursos no es posible sin un control y fiscalización de las autoridades competentes.

Ya que no se conoce con exactitud la magnitud de los efectos de la actividad extractiva sobre las poblaciones de animales y en la dinámica de regeneración del bosque, se debe establecer mecanismos para estudiar sus efectos antes y después de la extracción maderera, especialmente en zonas donde se extrae madera continuamente y en cantidades industriales.

#### **4.1.8. Extracción pesquera**

La sobre-pesca en toda la región es un problema del presente y no del futuro. Se ha vuelto más común que animales acuáticos que se alimentan de otros peces, como los delfines de río, compitan con los pescadores por peces ante la ausencia de este en el cauce principal (encuestas propias). La ausencia en los mercados y puertos de la región de especies tan comunes en la década pasada como el “boquichico” y el “sábalo” es un serio indicador de sobre-pesca. Los pobladores en las diferentes provincias de la región mencionan que existen cambios en la frecuencia y tamaño de los “mijanos”. En la actualidad los mijanos son más pequeños y pasan menos frecuentemente, o en algunos casos ya no se observan las especies más preciadas como “gamitana” (*Colossoma macropomum*) entre otros (encuestas propias).

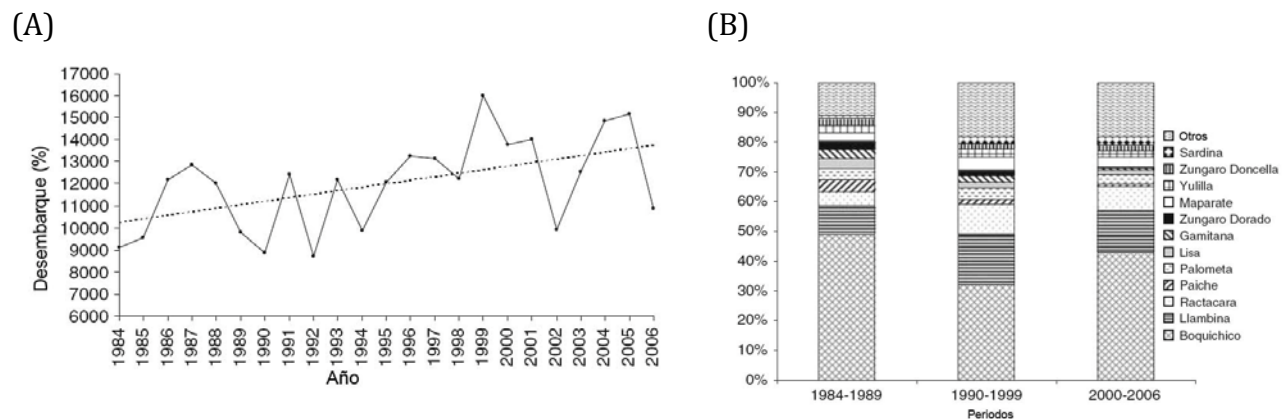
Es indudable que la extracción pesquera sin un adecuado control y manejo está afectando los ciclos naturales de reproducción de los principales peces de la Amazonía, especialmente de aquellas con ciclo de vida largo como los “zúngaros”, “gamitada”, “paco” (*Piaractus brachypomus*) y “paiche” (*Arapaima gigas*). Esto a su vez ocasiona un efecto negativo en los procesos de dispersión de semillas de un gran número de plantas adaptadas a los ecosistemas acuáticos de la Amazonía (Kubitzki & Ziburski 1994).

La zona más productiva de pesca en la región Loreto está localizada en el área inundable del río Ucayali, al suroeste de Iquitos. Así mismo, el desembarque pesquero en la región Loreto también incluye peces de los ríos Marañón, Huallaga, Napo, Tigre, Putumayo, Nanay, Yavarí y Morona (García *et al.* 2008). Actualmente, las flotas pesqueras deben viajar grandes distancias y mayor tiempo que hace una década atrás para conseguir el producto pesquero (encuestas propias).

Curiosamente, las estadísticas de desembarque pesquero de la región Loreto muestran una tendencia de incremento del volumen de captura en los últimos años (Figura 25). Sin embargo, esto se ha debido al incremento en el número de pescadores, la no existencia de vedas de acuerdo a las etapas de reproducción en las diferentes cuencas y la ausencia en el control del tamaño apropiado de mallas de pesca por las autoridades del sector pesquero.

Como consecuencia, las especies más preciadas de hace una década atrás como “paco”, “gamitada”, “paiche” y “dorado” han sido reemplazados por individuos inmaduros y otras especies de menor tamaño, ciclo de vida corta y menor valor, principalmente del grupo de los Characiformes, “boquichico”, “fasaco” *Hoplias malabaricus*, “chambira” *Rhapiodon vulpinus* entre otros (Figura 26) (García *et al.* 2008).

**Figura 25.** (A) Tendencia del desembarque pesquero total (toneladas) en la región Loreto entre 1984–2006. (B) Cambios en la composición de especies del desembarque pesquero por periodos.

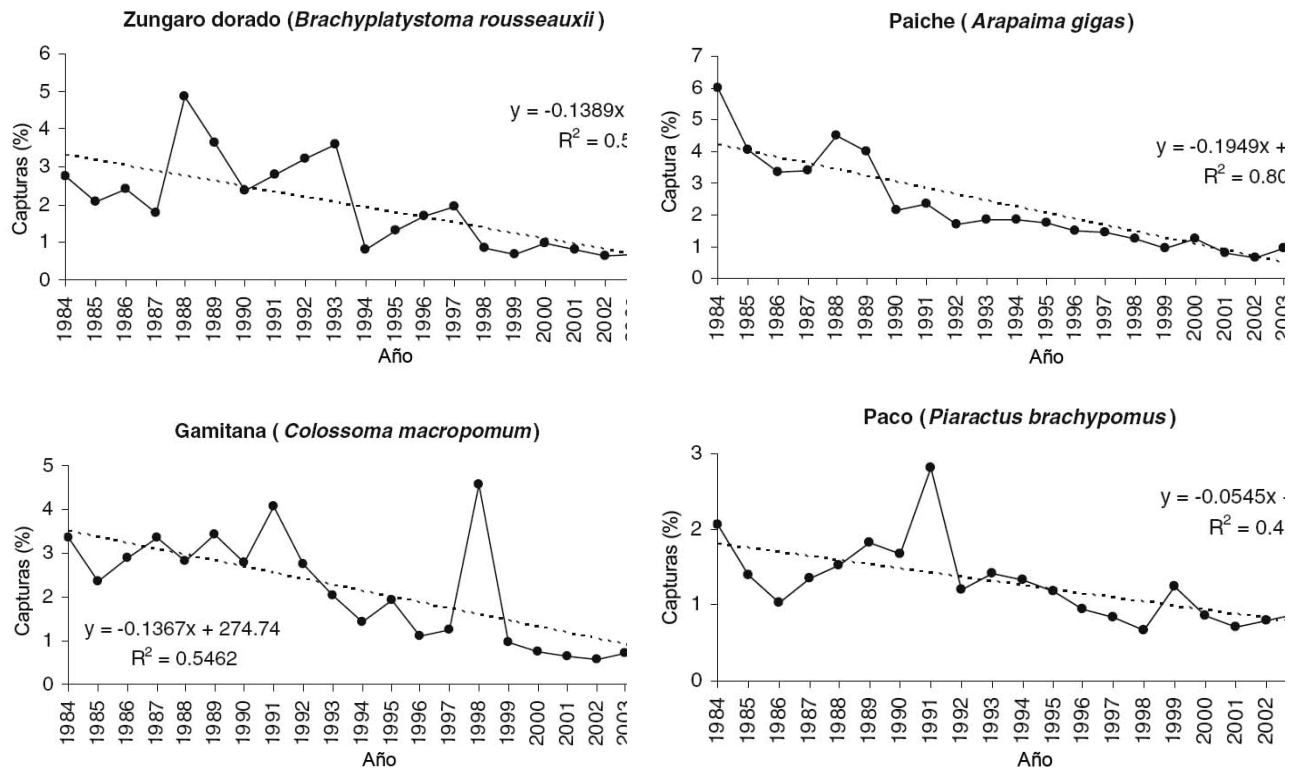


Fuente: García *et al.* 2008

Si la pesca en la región estuviese basada en las especies más grandes (o en sólo una de ellas) la pesquería en la región ya habría colapsado. Aun así, sin una pronta regulación en la presión de pesca sobre las especies de ciclos cortos en que se basa la pesca en la región, la

pesquería regional podría terminar capturando de individuos juveniles (un año de edad) de las especies más pequeñas. Una alta presión de pesca como la que está ocurriendo actualmente afectará indudablemente el intercambio genético de las poblaciones entre diferentes cuencas y subcuencas de la región debido a una súbita disminución en el número de individuos reproductores.

**Figura 26.** Declinación en el porcentaje de capturas de especies de peces grandes y de alto valor económico en Loreto, comprendiendo el periodo 1984–2006.



Fuente: García *et al.* 2008

Resulta imperativo identificar y proteger las áreas de reproducción en las diferentes cuencas y reglamentar la pesca en esas zonas. En el caso de las especies migratorias se debe proteger los hábitats en los extremos hacia río abajo y río arriba de la migración, así como la vía de migración. Esto tiende a convertirse en un compromiso mucho mayor, siendo irreal

depender solo de las áreas protegidas como parques y reservas para proteger los regímenes hidrológicos y los stocks de los peces migratorios (FAO 1998).

Se deben realizar más estudios sobre la biología reproductiva de las especies en su medio natural (ríos y áreas inundables) que puedan servir para orientar las políticas de conservación en la región. No sabemos cuanto afecta o ha afectado la presión de pesca en las diferentes cuencas a los procesos de dispersión de semillas por peces frugívoros. Mientras estos estudios se realicen, un enfoque de protección a nivel de cuencas y sub-cuencas podría ser efectivo para la conservación no sólo de las especies sino de los procesos ecológicos importantes que ocurren en esas áreas.

#### **4.1.9. Cacería**

Tradicionalmente los fines de la caza realizada por los pobladores amazónicos son tanto para subsistencia como para la generación de recursos económicos. Son principalmente los pobladores que viven en bosques de tierra firme (altura) aquellos que proveen de carne de monte a los diferentes mercados de la región (Bodmer *et al.* 1994). Entre los animales más comúnmente cazados en la región figuran los ungulados como “sachavaca”, “sajino”, “huangana” y “venado” (Foto 6), que en los bosques de tierra firme de la propuesta de Área de Conservación Regional Comunal Tamshiyacu Tahuayo representa aproximadamente el 78% de la carne de monte cazada anualmente (Bodmer *et al.* 1994). Entre los procesos ecológicos más afectados por la disminución de las poblaciones de animales silvestres está la dispersión de semillas, procesos de herbivoría, así como desequilibrios en la relación predador-presa.

Además del consumo a nivel regional, los animales silvestres han sido cazados para satisfacer demandas del mercado en el exterior. A finales de la época del caucho, alrededor de 1920, los pecaríes y otras especies fueron cazados por sus pieles de forma profesional. Este periodo de caza estuvo motivada por los requerimientos de pieles de Europa (Fang *et al.* 2008).



**Foto 5.** Huangana (*Tayassu pecari*) eviscerada en una comunidad Arabela (río Curaray).



Foto: Giuseppe Gagliardi

De acuerdo a las encuestas realizadas en la presente investigación, la mayoría de cazadores manifiestan que se necesita un mayor esfuerzo para realizar las actividades de cacería, llegando a viajar por varios días para obtener la carne de monte, cuando en el pasado cazaban en los alrededores de su comunidad. Asimismo, la composición de la fauna de caza a cambiado con respecto al pasado (desde aproximadamente hace 20 años) debido principalmente a la disminución de las poblaciones de especies preferidas. Las especies preferidas para la caza (“majas”, “sajino”, “huangana”, “sachavaca”, “paujil”) en las cercanías a las comunidades han sido reemplazadas por especies de menor predilección como “monos pequeños”, “añuje”, “perdiz” y “pava”.

## 5. ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA GESTIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS PROCESOS ECOLÓGICOS Y EVOLUTIVOS

### 5.1. Conectividad y tamaño de áreas protegidas para la conservación de procesos ecológicos y evolutivos

#### 5.1.1. Conectividad

La conectividad entre hábitats y regiones biogeográficas facilita las respuestas migratorias de las especies a cambios estacionales y variación en el largo plazo de los hábitats. Asimismo, permite que las poblaciones mantengan su potencial evolutivo mediante la conservación de poblaciones adaptadas a diferentes condiciones medioambientales a lo largo de sus rangos de distribución.

Al mismo tiempo que conservamos la variabilidad genética de las poblaciones, un apropiado nivel de conectividad permitirá que áreas con poblaciones extinguidas puedan ser pobladas nuevamente con especies provenientes de lugares mejor conservados, un modelo conocido como “fuente-sumidero”. Este modelo de conservación parece ser efectivo para mamíferos ungulados que conforman un importante grupo de dispersores y depredadores de semillas y plántulas, como ha sido demostrado con datos de intensidad y estacionalidad de la cacería en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (Bodmer *et al.* 1988). Modelos similares de intensidad de pesca y efecto fuente-sumidero se presume que también funcionarían en el ecosistema acuático, pero aún no hay estudios que validen estas ideas.

Las áreas protegidas que conserven los procesos ecológicos y evolutivos deben estar conectadas entre sí de modo tal que áreas de conservación más pequeñas también formen parte del rango de distribución natural de estas especies (Sanderson *et al.* 2002).

En situaciones donde las mega-reservas de conservación para grandes predadores no son posibles, el grado de conectividad entre reservas es aún más importante porque las presas de

las que dependen estos animales también representan gran parte de la actividad de caza para el poblador rural. Varios estudios han demostrado que poblaciones de predadores frecuentemente colapsan en reservas aisladas y que son muy pequeñas, o que sufren de intensa actividad de caza por poblaciones humanas en la periferia (Cullen et al. 2000; Woodroffe & Ginsberg 1988).

### 5.1.2.- Tamaño

En lo posible, las nuevas áreas de conservación en Loreto tienen que ser lo suficientemente grandes (mega-reservas) para soportar las poblaciones de predadores (los procesos de predación) y sus presas (Laurance 2006; Peres 2005) en cada una de las diferentes zonas donde los procesos ecológicos y evolutivos han sido identificados. Estimaciones del tamaño de área necesarios para la protección de *Panthera onca* “jaguar” concluyen que se necesitan alrededor de 900,000 has (Specht *et al.* 2003). Sin embargo, este número es más del doble (aproximadamente 2'500,000 has) si consideramos el área necesaria para proteger poblaciones saludables de otro gran predador como el “águila harpía” *Harpia harpija* (Specht *et al.* 2003) que se desplaza grandes distancias. Estas estimaciones concuerdan con la definición de mega-reserva de Peres (2005) como las áreas  $\geq 1'000,000$  de hectáreas que son necesarios para proteger poblaciones saludables de estos predadores.

Si hubiera que establecer un tamaño mínimo para la protección de las relaciones predador-presa en este tipo de especies en la región Loreto, este valor debería estar alrededor de 500,000 ha (Specht *et al.* 2003). En caso que las áreas de conservación sean más pequeñas, éstas deben tener un adecuado nivel de conectividad que permita el tránsito natural de los predadores y sus presas y por consiguiente la autorregulación característica de un bosque con integridad ecológica. Bajo ciertos criterios de conectividad estos bloques de conservación pueden servir como fuentes para otras áreas que no tienen la protección adecuada.

## 5.2. Conservación de procesos ecológicos y evolutivos en los ecosistemas acuáticos de Loreto

Hasta ahora la conservación de los patrones de la biodiversidad en muchas partes del mundo incluido la Amazonía se ha concentrado en la conservación de los ecosistemas terrestres. La conservación de los procesos ecológicos que ocurren en el ecosistema acuático debe también ser parte de este esfuerzo, pudiendo lograrse apropiadamente a través de la conservación de cuencas (Moilanen et al. 2007; Roux et al. 2008).

Debido a la naturaleza continua de las zonas inundables en el ecosistema Amazónico uno podría esperar poca diferenciación genética entre las poblaciones. Sin embargo la distancia de separación entre las poblaciones parece ser muy importante en los procesos evolutivos en este tipo de ecosistemas, en especial especies que habitan cuencas aisladas, cabeceras de ríos o que reciben el influjo de sedimentos de diferente origen. Adicionalmente a la distancia de separación entre poblaciones, otros procesos no naturales como la alta intensidad de pesca parecen estar reduciendo considerablemente la diversidad genética en las poblaciones. Por ejemplo las poblaciones de “paiche” en la zona de Iquitos que son intensamente explotadas tienen más baja diversidad genética comparado a la diversidad genética más alta que alcanzan en la Reserva Mamirahuá (Brasil) donde esta especie se pesca con programas de manejo rotativos (Hrbek *et al.* 2005).

En otro ejemplo similar, la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos importantes para grandes bagres migratorios como el “dorado” y la “manitoa” puede servir al mismo tiempo para la conservación de otras especies que no presentan esos requerimientos en su ciclo de vida. El problema actual es que no existe información que oriente el diseño de un sistema de áreas protegidas adecuado para estas especies. Idealmente se necesita saber donde se ubican las áreas de desove en Loreto para enfocar la conservación en esas áreas. La dificultad radica en que las larvas de bagres son difíciles de distinguir a simple vista de otras especies no migratorias (Homero Sánchez, com. per.), por lo que se necesitan otros métodos para determinar que especies de bagres desovan en las diferentes cabeceras de los ríos en

Loreto. Este problema puede ser resuelto rápidamente mediante la caracterización genética de las larvas, tal como se está comenzando a realizar actualmente (C. R. García, Laboratorio de genética, IIAP, com. per). Además del conocimiento y conservación de los lugares de desove se necesita asegurar que los corredores acuáticos que conectan estas áreas de desove mantengan su integridad ecológica.

Mientras que esta información sea obtenida muestreando todas las cuencas de la Amazonía Peruana, este problema puede enfocarse mediante la conservación de cuencas y sub-cuencas interconectadas y donde procesos ecológicos se mantengan intactos. Considerando que los recursos hidrobiológicos constituyen un importante componente de la dieta en la Amazonía, la conservación de los procesos de migración y desove puede llevarse a cabo mediante la creación de Zonas de Manejo Crítico (ZMC) en forma sistemática a lo largo del río Amazonas y afluentes principales (Sección 3.2).

Basándose en las diferencias genéticas entre siete poblaciones de “paiche” a lo largo de la Amazonía, Hrbek *et al.* (2007) propusieron la creación de reservas para conservar ésta y otras especies similares con un máximo de separación entre sí de 2500 Km. La Reserva Nacional Pacaya Samiria adecuadamente manejada podría cumplir esta función para el “paiche” en Loreto; sin embargo, falta realizar un diagnóstico similar de las zonas de reproducción de otras especies de distribución restringida a determinadas cuencas en la región que no serían protegidos con este criterio de reserva, en especial los que ocurren cerca del piedemonte Andino y los que presentan cargas sedimentarias diferentes (p.e. río Pastaza, ríos de agua negra).

La conservación de los procesos migratorios que permiten intercambio genético entre las poblaciones no está garantizada si no diseñamos un sistema de conservación que incluya diferentes sectores río arriba y río abajo, por donde las poblaciones tienen que desplazarse estacionalmente, además de las cabeceras, los que deben conservarse en forma intangible. La propuesta de conservación a nivel de cuencas y ZMCs propuesta en este documento servirá

para garantizar la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos en los sistemas acuáticos de la región, incluyendo la dispersión regional de los grandes bagres.

### **5.3. Conservación de procesos ecológicos y evolutivos en los ecosistemas terrestres de Loreto**

La importancia de la conectividad para la conservación de los procesos de la biodiversidad en el ecosistema terrestre está reflejado en estrategias de conservación de grandes predadores, como el “puma” *Puma concolor* y el “otorongo” *Panthera onca*. Estos animales constituyen elementos claves en un ecosistema saludable porque su efecto de perturbación natural se extienden a varios niveles tróficos en el ecosistema Amazónico y funcionan como una fuerza estabilizadora (Terborgh 1988; Terborgh et al. 1999). No debemos dejarnos engañar por un bosque lleno de árboles, pero vacío, como los que ocurren en muchas zonas de Loreto sin la presencia de predadores que regulen las poblaciones de otros animales (Redford 1992). Si no conservamos adecuadamente los bosques que todavía mantienen poblaciones saludables de estos predadores y sus presas (que dispersan las semillas y mantienen bajo control a los juveniles de árboles dominantes), los “bosques vacíos” sufrirán irremediamente cambios drásticos en su composición. Hay muy pocos lugares en la región Loreto, especialmente en áreas escasamente pobladas donde es aún posible observar la presencia de estas especies y que ameritan ser conservadas.

## **6. Propuesta de indicadores para el monitoreo de los procesos ecológicos y evolutivos identificados**

Para llevar a cabo el monitoreo de los principales procesos ecológicos y evolutivos de la región Loreto se propone una serie de indicadores de acuerdo a acciones a desarrollar. Para los diversos procesos ecológicos y evolutivos se consideran diversas acciones e indicadores que en algunos casos son complementarios y están sujetos a las particularidades de cada proceso ecológico y evolutivo identificado.

Esperamos que esta propuesta sea un punto de inicio para el monitoreo de los procesos ecológicos y evolutivos identificados, los que deben ser expandidas, priorizadas y ejecutadas por las autoridades competentes con el aporte de instituciones de investigación y cooperación científica. En muchos casos esta información existe pero necesita ser sistematizada y centralizada. En otros casos la información existente sobre los diversos procesos ecológicos y evolutivos es incipiente; por lo que es necesario generar mayor información básica que mejore el conocimiento de los mismos y sirva de herramienta para establecer los mejores mecanismos para su conservación.

**Tabla 3.** Propuesta de acciones e indicadores de monitoreo de los procesos ecológicos y evolutivos identificados

<b>Procesos ecológicos y evolutivos involucrados</b>	<b>Acciones</b>	<b>Indicadores</b>
1. Diversificación de plantas y animales a suelos de geología única: suelos arenosos de cuarzo que soportan bosques de varillales y cerros de Contamana	Sistematización de información de inventarios existentes de varillales y cerros de Contamana.	+ Listados taxonómicos. + Mapas de distribución de especies. + Mapas de vacíos de información. + Listados de especies identificadas como especialistas.
	Inventarios biológicos de áreas identificadas con vacíos de información.	+ Listados taxonómicos. + Mapas de distribución de especies. + Mapas de vacíos de información. + Listas de especies endémicas. + Reportes de dinámica poblacional y dispersión de semillas por aves especialistas de varillal.
	Estudio de adaptación a los suelos.	+ Nivel de adaptación de las plantas a los suelos de varillales y cerros de Contamana. + Resultados de transplante de plantas a diferentes tipos de suelos.



	Identificar flujo genético entre zonas de geología única.	+ Resultados de investigaciones de dispersión de semillas por parte de aves especialistas a suelos de geología única. + Nivel de flujo genético entre poblaciones habitando parches diferentes de varillales.
	Seguimiento del estado de conservación.	+ Datos de extracción de madera rolliza y aserrada provenientes de concesiones madereras. + Imágenes de satélite actualizadas para determinar expansión agrícola en las zonas de geología única. + Mapas actualizados de derrames de hidrocarburos. + Incremento del porcentaje de área protegida con respecto al área que alberga el proceso.
2. Procesos de reproducción estacional de peces y otros animales acuáticos en planicies inundables y canales de los ríos	Análisis de cambios en el régimen hidrológico en diferentes sectores de cuencas y sub-cuencas.	+ Datos hidrológicos. + Mapas de aéreas de inundación por cuencas y sub-cuencas.
	Estudio de adaptación a la estacionalidad de las inundaciones.	+ Nivel de adaptación de peces y otros animales acuáticos. + Cuencas y sub-cuencas con la mayor

		<p>abundancia de individuos reproductores.</p> <p>+ Reporte de la importancia de los humedales para los procesos de reproducción estacional y aporte hídrico a nivel de cuenca.</p>
	Planes de manejo de especies de alto valor económico y ecológico a nivel de cuencas y sub-cuencas.	<p>+ Número de planes de manejo aprobados e implementados.</p> <p>+ Número de normas legales.</p>
	Estudios poblacionales de peces y otros animales acuáticos.	<p>+ Abundancia de poblaciones por especie a nivel de cuencas y sub-cuencas.</p> <p>+ Abundancia de individuos en capacidad reproductiva a nivel de cuencas y sub - cuencas.</p>
	Seguimiento del estado de conservación.	<p>+ Estadísticas de desembarque pesquero con una metodología estandarizada para todas las zonas de pesca en la región.</p> <p>+ Estimado de producción anual de huevos de especies que usan playas estacionales (p.e. "taricaya" <i>Podocnemis unifilis</i>).</p> <p>+ Datos de extracción de madera rolliza y aserrada de las planicies inundables.</p> <p>+ Resultados de análisis de contaminación</p>

		<p>de agua basado, en datos de EIAs y monitoreo ambiental de concesiones de hidrocarburos en fases de exploración y explotación.</p> <p>+ Incremento del porcentaje de área protegida con respecto al área que alberga el proceso.</p>
<p>3. Diversificación ecológica de plantas y animales a lo largo del gradiente Amazonía baja-Piedemonte Andino</p>	<p>Sistematización de información de inventarios existentes de zonas de gradiente Amazonía baja-Piedemonte Andino.</p>	<p>+ Listados taxonómicos de acuerdo a gradientes altitudinales.</p> <p>+ Mapas de distribución de especies.</p> <p>+ Mapas de sitios con alto nivel de hibridación en diferentes grupos taxonómicos.</p> <p>+ Mapas de vacíos de información.</p> <p>+ Listas de especies endémicas.</p> <p>Inventarios biológicos de áreas identificadas con vacíos de información.</p> <p>+ Listados taxonómicos de acuerdo a gradientes altitudinales.</p> <p>+ Mapas de distribución de especies.</p> <p>+ Mapas de vacíos de información.</p> <p>+ Listas de especies endémicas.</p>

	<p>Identificar flujo genético entre zonas de gradiente Amazonía baja - Piedemonte Andino.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Resultados de investigaciones de dispersión de semillas.</li> <li>+ Nivel de flujo genético entre poblaciones habitando a lo largo de gradientes.</li> <li>+ Resultados de estudios de grado de diferenciación genética entre poblaciones a lo largo de gradientes.</li> <li>+ Listado de especies de alto valor genético para manejo de poblaciones en áreas que han sufrido reducción de sus poblaciones.</li> <li>+ Número de especies híbridas en distintos grupos taxonómicos.</li> </ul>
	<p>Seguimiento del estado de conservación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Mapas de distribución de especies.</li> <li>+ Estadísticas de zonas de caza.</li> <li>+ Listados de especies categorizadas por rangos de elevación.</li> <li>+ Datos de extracción de madera rolliza y aserrada provenientes de concesiones madereras.</li> <li>+ Proporción de hábitat perturbado o fragmentado por construcción de carreteras.</li> </ul>

		+	Incremento del porcentaje de área protegida con respecto al área que alberga el proceso.
4. Diversificación de la fauna terrestre y acuática entre cuencas	Sistematización por cuencas de inventarios realizados.	+	Listados taxonómicos por cuencas.
		+	Mapas de distribución de especies por cuencas.
		+	Mapas de identificación de vacíos de información.
		+	Listados de especies endémicas en cabeceras de cuencas.
	Identificar flujo genético de fauna terrestre y acuática entre cuencas.	+	Resultados de investigaciones de dispersores de semillas, especialmente peces frugívoros.
		+	Nivel de flujo genético entre poblaciones habitando diferentes cuencas.
	Planes de manejo de especies de alto valor económico y ecológico a nivel de cuencas y sub-cuencas.	+	Número de planes de manejo aprobados e implementados.
		+	Número de normas legales.

	Seguimiento del estado de conservación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Estadísticas de zonas de caza.</li> <li>+ Listados por cuencas de especies amenazadas.</li> <li>+ Datos de extracción de madera rolliza y aserrada.</li> <li>+ Datos hidrológicos.</li> <li>+ Resultados de análisis de calidad de agua basados en datos de EIAs y monitoreo ambiental de concesiones de hidrocarburos en fases de exploración y explotación, y otros.</li> <li>+ Mapas actualizados de derrames de hidrocarburos, relaves mineros y otras fuentes de contaminación.</li> <li>+ Acciones de monitoreo de la calidad del agua entre cuencas.</li> <li>+ Incremento del porcentaje de área protegida con respecto al área que alberga el proceso.</li> </ul>
5. Migraciones regionales para crecimiento y reproducción de grandes bagres	Fortalecer investigación y acuerdos regionales en temas de migración	+ Número de artículos científicos o documentos técnicos de la temática.

	de grandes bagres con Brasil y Colombia.	+	Número de acuerdos internacionales de pesca suscritos con Colombia y Brasil.
	Inventarios de grandes bagres a nivel de cuencas y sub-cuencas.	+	Listados taxonómicos.
		+	Abundancia por especies.
		+	Mapas de distribución de especies.
	Planes de manejo de especies de alto valor económico y ecológico a nivel de cuencas y sub-cuencas.	+	Número de planes de manejo aprobados e implementados.
		+	Número de normas legales.
	Estudios poblacionales de grandes bagres a nivel de cuencas.	+	Abundancia de poblaciones por especie a nivel de cuencas y sub-cuencas.
		+	Abundancia de individuos en capacidad reproductiva a nivel de cuencas y sub-cuencas.
		+	Diversidad genética de los bagres migratorios regionales entre cuencas.
		+	Resultados de investigaciones de larvas de grandes bagres.
	Seguimiento del estado de conservación.	+	Estadísticas de desembarque pesquero.
		+	Mapas de zonas de pesca.
		+	Datos de extracción de madera rolliza y aserrada de planicies inundables.
		+	Incremento del porcentaje de área

			protegida con respecto al área que alberga el proceso.
	Sistematización de información de inventarios realizados en el área de Iquitos.	+	Listados taxonómicos.
		+	Mapas de distribución de especies.
		+	Mapas de vacíos de información.
		+	Listados de especies identificadas como especialistas.
6. Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales que ocupan el área de influencia del Arco de Iquitos	Inventarios biológicos de áreas identificadas con vacíos de información.	+	Listados taxonómicos.
		+	Mapas de distribución de especies.
		+	Mapas de vacíos de información.
		+	Listas de especies endémicas.
	Flujo genético entre poblaciones a lo largo del arco de Iquitos.	+	Nivel de flujo genético entre poblaciones habitando áreas de influencia del Arco de Iquitos.
		+	Listado de plantas y animales en gradientes climáticos de la Amazonía baja.
		+	Mapas de modelos de distribución



			geográfica de las especies ante distintos escenarios climáticos.
	Sistematización de información de inventarios realizados en la región	+	Listado de plantas y animales en gradientes climáticos de la Amazonía baja.
		+	Mapas de modelos de distribución geográfica de las especies ante distintos escenarios climáticos.
	Inventarios biológicos en zonas influenciadas por zonas de transición climática.	+	Listados de plantas y animales en zonas de transición climática.
7. Ajustes regionales de la distribución de especies a cambios climáticos en la	Identificar flujo genético entre poblaciones en zonas de transición climática.	+	Nivel de flujo genético entre poblaciones habitando zonas de transición climática en la región Loreto.

Amazonía baja	Seguimiento del estado de conservación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Incremento del porcentaje de área protegida con respecto al área que alberga el proceso.</li> <li>+ Mapa de la disminución del área que albergan transiciones climáticas en la Amazonía baja</li> <li>+ Estadísticas temporales de variación climatológica en Loreto.</li> <li>+ Reportes de seguimientos sobre variación climática en Loreto.</li> </ul>
---------------	---	--

## 7. CONCLUSIONES

1. Los procesos de la biodiversidad incluyen los procesos ecológicos (p.e. ciclos de creciente y vaciante en los ríos, polinización, migraciones) y evolutivos (rango de adaptación de las especies a cambios en el clima, o procesos de formación de nuevas especies por separación geográfica de poblaciones) que necesitan ser enfocados explícitamente como objetos de conservación para garantizar la persistencia de la biodiversidad Amazónica de Loreto.
2. Dado la multitud de procesos ecológicos y evolutivos que existen y que se expresan en diferentes escalas temporales y espaciales es necesario usar un criterio que sea incluyente de varios procesos a la vez. Los componentes espaciales asociados a los procesos cumplen esta función, ya que nos permite identificar los procesos explícitamente en un mapa.
3. Los principales procesos ecológicos y evolutivos identificados en Loreto son: (1) Diversificación de plantas y animales en suelos de geología única, (2) Procesos de reproducción estacional de peces y otros animales acuáticos en planicies inundables y canales de los ríos, (3) Diversificación ecológica de plantas y animales a lo largo del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino, (4) Diversificación geográfica de la fauna terrestre y acuática entre cuencas, (5) Migraciones regionales para crecimiento y reproducción de los grandes bagres, (6) Diversificación ecológica y geográfica de plantas y animales que ocupan el área de influencia del Arco de Iquitos y (7) Ajustes regionales de la distribución de especies a cambios climáticos en la Amazonía baja.
4. Los procesos (2), (4) y (5) están relacionados espacialmente y su conservación puede ser enfocada en forma similar. Se presenta una propuesta metodológica para la conservación de estos tres procesos en la Sección 3.2.

5. A pesar de representar una pequeña proporción en la región Loreto, los bosques en suelos de geología única como los varillales soportan un alto endemismo en varios grupos de organismos, especialmente aves y plantas que deben ser de primera prioridad para la conservación regional. Además de representar patrones inusuales de endemismo, los bosques de varillal representan un verdadero tesoro evolutivo porque contienen a las especies más antiguas de la región Amazónica. La pérdida de estas especies antiguas sería para siempre, ya que especies históricamente aisladas como las que ocurren en los varillales no pueden recuperarse una vez que se pierden. Similar atención requieren los cerros de Contamana ya que representan una historia geológica única debido a su aislamiento de la cadena de montañas Andina.
6. La conservación de los procesos de diversificación geográfica de la fauna terrestre y acuática entre cuencas es importante ya que conservará el potencial evolutivo en la región. Poblaciones de ciertos grupos de plantas y animales sólo ocurren en determinadas cuencas debido a procesos de aislamiento geográfico por formación de barreras. Se requiere hacer un análisis de la conservación regional por cuencas y sub-cuencas.
7. La conservación de los procesos de reproducción estacional está relacionado a los pulsos de inundación (Junk et al. 1989) que ocurren en diferentes cuencas y sub-cuencas y que afectan procesos de migración lateral de peces y otros animales acuáticos en los bosques inundables. Estos eventos de inundación promueven el intercambio genético entre poblaciones que de otra forma quedan aisladas en los lagos y ríos secundarios de la región.
8. Los grandes bagres constituyen un grupo de peces que realiza una de las migraciones más grandes en toda la cuenca Amazónica. El uso sostenible de este importante recurso pesquero requiere la conservación de sus patrones migratorios y que involucra instituciones pesqueras del Brasil. Esto es porque estas especies desovan en los ríos de la

región Loreto después de casi 5000 km de viaje desde la zona del estuario del río Amazonas, en su confluencia con el Océano Atlántico, en el Brasil.

9. La heterogeneidad ambiental en el gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino debe ser conservada para garantizar la continuidad de los procesos evolutivos que generan al menos parte de la diversidad en la región. Además de su importancia como enclaves para la generación y mantenimiento de la diversidad biológica, la conservación del gradiente Amazonía baja-piedemonte Andino garantizará que las poblaciones de plantas y animales ajusten sus rangos de distribución en forma gradual ante inminentes cambios climáticos. Ya que esta interfase representa sólo una pequeña fracción del territorio político de Loreto, su conservación debe ser de la más alta prioridad.
  
10. La conservación del área de influencia del arco de Iquitos es importante porque: (a) el levantamiento del Arco de Iquitos en el Mioceno superior dentro del mega-lago Pebas jugó un papel importante en el origen de la actual biodiversidad en la región Loreto ya que actuó como una isla que permitió el desarrollo de flora y faunas terrestres y acuáticas aisladas, (b) actuando como barrera a sedimentos de origen Andino aumentó la heterogeneidad ambiental en la región, (c) constituye un punto biogeográfico de transición importante de plantas y ciertos grupos de animales entre el este y oeste de la Amazonía.
  
11. La conservación de los procesos de ajustes de rangos de distribución geográfica de las especies está relacionado con la conservación de gradientes climáticos regionales. El gradiente norte-sur de Loreto es importante ya que incluye mayormente tierras bajas (selva baja) que sostienen poblaciones de plantas y animales adaptadas genéticamente a un amplio rango de variación climática y que servirían de stock para poblar regiones que sufran cambios climáticos drásticos en el futuro. La conservación de este gradiente en la región Loreto posibilitara la adaptación de las especies a cambios climáticos en el futuro.

12. No todos los procesos identificados están espacialmente bien definidos (p.e. zonas de reproducción de grandes bagres migradores en Loreto). Se necesitan estudios más completos de los procesos ecológicos y evolutivos identificados para llenar estos vacíos de información.
13. Los procesos identificados necesitan ser evaluados para determinar si están siendo apropiadamente considerados en el planeamiento de la conservación regional. El siguiente paso debe incluir un análisis de la irremplazabilidad, complementariedad y vulnerabilidad (Margules *et al.* 2002) por cada proceso identificado y su representatividad en las actuales áreas de conservación de Loreto. A través de este análisis se podrá verificar cuales son las áreas prioritarias para la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos identificados.
14. El tamaño mínimo para la conservación adecuada de los procesos ecológicos y evolutivos en Loreto es de 500,000 has, coincidente con el tamaño mínimo para la conservación de procesos de predación por grandes felinos y aves rapaces, que requieren amplias áreas de distribución (Specht *et al.* 2003). Áreas de conservación con igual o más de 1 millón de has son preferibles ya que garantizan zonas buffer ante amenazas de pérdida de hábitat y presión de caza. En situaciones donde las áreas de conservación sean más pequeños, la conectividad entre áreas adquiere una importancia muy alta.
15. Los pobladores de la región Loreto identifican el crecimiento poblacional como la causa principal de la disminución de los recursos naturales y el consecuente efecto sobre ciertos procesos ecológicos sensibles a la población como son los cambios en la tamaño, composición, frecuencia y abundancia de peces, incluyendo las migraciones estacionales (“mijanos”).
16. El periodo comprendido entre 1980 y 1995 constituye el período crítico donde empezó a disminuir los recursos naturales para consumo y comercialización en toda la región. Es durante este lapso de tiempo, que los recursos naturales, tales como el pescado, el

mitayo, la madera y otros recursos del bosque se vuelven escasos cerca de las comunidades.

17. Dado la variedad de componentes ecológicos y evolutivos que existen y que a menudo se interconectan con actividades económicas importantes en la región, la conservación de estos procesos tiene que buscar la participación de todos los actores relevantes, en especial si los procesos involucrados salen de los límites políticos de Loreto.

## 8. LITERATURA CITADA

- Abell, R., J. D. Allan, and B. Lehner. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation* 134:48-63.
- Alsdorf, D., T. Dunne, J. Melack, L. Smith, and L. Hess. 2005. Diffusion modeling of recessional flow on central Amazonian floodplains. *Geophysical Research Letters* 32:1-4.
- Alvarez-Alonso, J., and B. M. Whitney. 2003. New distributional records of birds from white-sand forests of northern Peruviana Amazon, with implications of biogeography of northern South America. *The Condor* 105:552-566.
- Alvarez-Alonso, J. A., and B. M. Whitney. 2001. A new *Zimmerius* tyrannulet (Aves : Tyrannidae) from white sand forests of northern Amazonian Peru. *Wilson Bulletin* 113:1-9.
- Andrade, G. 2008. Biodiversidad, procesos ecológicos y servicios ecosistémicos: El reto del mantenimiento de una Amazonia íntegra, funcional y resistente ante el cambio climático global. Memorias del taller construcción de una visión de conservación regional para la Amazonía, Bogotá, Colombia.
- Aquino, R., W. Terrones, F. Cornejo, and E. W. Heymann. 2008. Geographic Distribution and Possible Taxonomic Distinction of *Callicebus torquatus* Populations (Pitheciidae: Primates) in Peruvian Amazonia. *American Journal of Primatology* 70:1-6.
- Ascorra, C. F., and A. P. Dávila M. 2008. Diagnóstico Ambiental Integral de Madre de Dios: un enfoque pensando en las personas, Madre de Dios.
- Asner, G. P., E. N. Broadbend, P. J. C. Oliveira, M. Keller, D. E. Knapp, and J. M. N. Silva. 2006. Condition and fate of logged forests in the Brazilian Amazon. *Proceedings National Academy of Sciences* 103:12947-12950.
- Asner, G. P., M. Keller, and J. N. M. Silva. 2004. Spatial and temporal dynamics of forest canopy gaps following selective logging in the eastern Amazon. *Global Change Biology* 10:765-783.
- Avise, J. C. 1998. The history and purview of phylogeography: a personal reflection. *Molecular Ecology* 7:371-379.
- Balmford, A., G. Mace, and J. R. Ginsberg. 1998. The challenges to conservation in a changing world: putting processes on the map. Pages 1-28 in G. Mace, A. Balmford, and J. R. Ginsberg, editors. *Conservation in a Changing World*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Banguera-Hinestroza, E., H. Cardenas, M. Ruiz-Garcia, M. Marmontel, E. Gaitan, R. Vazquez, and F. Garcia-Vallejo. 2002. Molecular identification of evolutionarily significant units in the Amazon River dolphin *Inia sp* (Cetacea : Iniidae). *Journal of Heredity* 93:312-322.
- Barret-Perú 2007. Prospeccion de líneas sísmicas 3D. Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- Barthem, R. 1990. *Ecologia e pesca da piramutaba*. UNICAMP, Campinas.
- Barthem, R., and M. Goulding 1997. Os bagres balizadores: ecologia, migração e conservação de peixes amazônicos. IPAAM, Brasília.
- Batista, J., K. Formiga-Aquino, I. Pires-Farias, and J. Alves-Gomes. 2005. Variabilidade genética da dourada e da piramutaba na bacia Amazônica. Pages 15-19 in N. N. Fabrè, and R. Barthem, editors. *O manejo da pesca dos grandes bagres migradores, piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas*. ProVárzea-IBAMA MMA, Manaus, Amazonas.



- Batista, J. S., and J. A. Alves-Gomes. 2006. Phylogeography of *Brachyplatystomarusseauxii* (Siluriformes - Pimelodidae) in the Amazon Basin offers preliminary evidence for the first case of “homing” for an Amazonian migratory catfish. *Genetics and Molecular Research* 5:723-740.
- Beck, H., M. S. Gaines, J. E. Hines, and J. D. Nichols. 2004. Comparative dynamics of small mammal populations in treefall gaps and surrounding understorey within Amazonian rainforest. *Oikos* 106:27-38.
- Bodmer, R. 1989. Ungulate biomass in relation to feeding strategy within Amazonian forests. *Oecologia* 81:547-550.
- Bodmer, R. 1990. Responses of ungulates to seasonal inundations in the Amazon floodplain. *Journal of Tropical Ecology* 6:191-201.
- Bodmer, R., and R. Aquino. 2000. Ecología poblacional de mamíferos en bosques inundables de la Amazonía Peruana. Pages 153 - 166 in E. Cabrera, C. Mercoli, and R. Resquin, editors. *Manejo de Fauna Silvestre en Amazonia y Latinoamerica*, Asuncion.
- Bodmer, R., T. Fang, L. Moya, and G. Gill. 1994. Managing Wildlife to conserve Amazonian forests: population biology and economic considerations of game hunting. *Biological conservation* 67:29 – 35.
- Bodmer, R., T. G. Fang, and L. Moya. 1988. Ungulate management and conservation in the Peruvian Amazon. *Biological Conservation* 45:303-310.
- Borges, S. H. 2004. Species poor but distinct: bird assemblages in white sand vegetation in Jau National Park, Brazilian Amazon. *Ibis* 146:114-124.
- Bosch, J. M., and J. D. Hewlett. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 103:323–333.
- Bush, M. B. 2002. Distributional change and conservation on the Andean flank: a palaeoecological perspective. *Global Ecology and Biogeography* 11:463-473.
- Cantanhede, A. M., V. M. F. Da Silva, I. P. Farias, T. Hrbek, S. M. Lazzarini, and J. Alves-Gomes. 2005. Phylogeography and population genetics of the endangered Amazonian manatee, *Trichechus inunguis* Natterer, 1883 (Mammalia, Sirenia). *Molecular Ecology* 14:401-413.
- Castello, L. 2008. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish* 17:38-46.
- Chauvel, A., I. Walker, and Y. Lucas. 1996. Sedimentation and pedogenesis in a Central Amazonian Black water basin. *Biogeochemistry* 33:77-95.
- Cheviron, Z. A., S. J. Hackett, and A. P. Capparella. 2005. Complex evolutionary history of a Neotropical lowland forest bird (*Lepidothrix coronata*) and its implications for historical hypotheses of the origin of Neotropical avian diversity. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 36:338-357.
- Chomitz, K. M., P. Buys, G. De Luca, T. S. Thomas, and S. Wertz-Kanounnikoff 2007. *Realidades Antagónicas: Expansión agrícola, reducción de la pobreza y medio ambiente en los bosques tropicales*. Mayol Ediciones, Bogota.
- Colinvaux, P. A., and P. E. De Oliveira. 2001. Amazon plant diversity and climate through the Cenozoic. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 166:51-63.
- Colinvaux, P. A., P. E. De Oliveira, and M. B. Bush. 2000. Amazonian and neotropical plant communities on glacial time-scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses. *Quaternary Science Reviews* 19:141-169.

- Colinvaux, P. A., P. E. DeOliveira, J. E. Moreno, M. C. Miller, and M. B. Bush. 1996. A long pollen record from lowland Amazonia: Forest and cooling in glacial times. *Science* 274:85-88.
- COPESCAL. 2000. Informe del taller regional sobre el manejo de pesquerías de bagres migratorios del Amazonas. Page 22 pp. in FAO, editor, Roma.
- Cotton, P. A. 2001. The Behavior and interactions of birds visiting *Erythrina fusca* flowers in the Colombian Amazon. *Biotropica* 33:662-669.
- Cowling, R. M., A. T. Knight, D. P. Faith, S. Ferrier, A. Lombard, A. Driver, M. Rouget, K. Maze, and P. G. Desmet. 2004. Nature conservation requires more than a passion for species. *Conservation Biology* 18:1074-1076.
- Crandall, K. A., O. R. P. Bininda-Emonds, G. M. Mace, and R. K. Wayne. 2000. Considering evolutionary processes in conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution* 15:290-295.
- Crivelli, A. J. 2002. The role of protected areas in freshwater fish conservation. Pages 373-388 in M. J. Collares-Pereira, I. G. Cowx, and M. M. Coelho, editors. *Conservation of freshwater fishes: options for the future*. Fishing News Books, Oxford, UK.
- Cullen, L., R. Bodmer, and C. V. Padua. 2000. Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forests, Brazil. *Biological Conservation* 95:49-56.
- D'Almeida, C., C. J. Vörösmarty, C. G. Hurtt, J. A. Marengo, S. L. Dingman, and B. D. Keim. 2007. The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *International Journal of Climatology* 27:633-647.
- Da Silva, M. N. F., and J. L. Patton. 1998. Molecular phylogeography and the evolution and conservation of Amazonian mammals. *Molecular Ecology* 7:475-486.
- Dick, C. W., K. Abdul-Salim, and E. Bermingham. 2003a. Molecular systematic analysis reveals cryptic tertiary diversification of a widespread tropical rain forest tree. *American Naturalist* 162:691-703.
- Dick, C. W., E. Bermingham, M. R. Lemes, and R. Gribel. 2007. Extreme long-distance dispersal of the lowland tropical rainforest tree *Ceiba pentandra* L. (Malvaceae) in Africa and the Neotropics. *Molecular Ecology* 16:3039-3049.
- Dick, C. W., G. Etchelecu, and F. Austerlitz. 2003b. Pollen dispersal of tropical trees (*Dinizia excelsa*: Fabaceae) by native insects and African honeybees in pristine and fragmented Amazonian rainforest. *Molecular Ecology* 12:753-764.
- Dick, C. W., D. W. Roubik, K. F. Gruber, and E. Bermingham. 2004. Long-distance gene flow and cross-Andean dispersal of lowland rainforest bees (Apidae : Euglossini) revealed by comparative mitochondrial DNA phylogeography. *Molecular Ecology* 13:3775-3785.
- Dietz, J. 2002. Variation and distribution of forest types on the southern foothills of the Cordillera Cahuapanas, Alto Mayo, Peru. Page 116. Department of Biogeography. University of Bayreuth, Bayreuth, Germany.
- Eizirik, E., J. H. Kim, M. Menotti-Raymond, P. G. Crawshaw, S. J. O'Brien, and W. E. Johnson. 2001. Phylogeography, population history and conservation genetics of jaguars (*Panthera onca*, Mammalia, Felidae). *Molecular Ecology* 10:65-79.
- Emmons, L. H., and F. Feer 1999. *Neotropical rainforest mammals, a field guide*. The University of Chicago Press.

- Fang, T. G., R. E. Bodmer, P. E. Puertas, P. Mayor, P. Perez, R. Acero, and D. T. S. Hayman 2008. Certificación de pieles de pecaríes en la Amazonía Peruana: Una estrategia para la conservación y manejo de fauna silvestre en la Amazonía Peruana.
- FAO 1998. Fisheries and Aquatic Biodiversity Management in the Amazon.
- Fernandes, C. C. 1997. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish* 6:36-44.
- Fine, P. V. A., D. C. Daly, G. V. Munoz, I. Mesones, and K. M. Cameron. 2005. The contribution of edaphic heterogeneity to the evolution and diversity of Burseraceae trees in the western Amazon. *Evolution* 59:1464-1478.
- Fine, P. V. A., R. Garcia-Villacorta, N. C. A. Pitman, I. Mesones, and S. W. Kembel. in review. A Floristic Study of the White-Sand Forests of Peru. *Annals of the Missouri Botanical Garden*.
- Fine, P. V. A., I. Mesones, and P. D. Coley. 2004. Herbivores promote habitat specialization by trees in amazonian forests. *Science* 305:663-665.
- Fjeldså, J. 1994. Geographical Patterns for Relict and Young Species of Birds in Africa and South-America and Implications for Conservation Priorities. *Biodiversity and Conservation* 3:207-226.
- Fjeldså, J., and C. Rahbek. 1997. Species richness and endemism in South American birds: implications for the design of networks of nature reserves. Pages 466-482 in W. F. Laurance, and J. R. D. B. Bierregaard, editors. *Tropical Forest Remnants*. Chicago Univ. Press, Chicago.
- Fjeldså, J., and C. Rahbek. 2004. Diversification of a speciose neotropical bird group from lowlands to highlands. *Integrative and Comparative Biology* 44:553-553.
- Fleischbein, K., W. Wilcke, C. Valerezo, W. Zech, and K. Knoblich. 2006. Water budgets of three small catchments under montane forest in Ecuador: experimental and modeling approach. *Hydrological Processes* 20:2491-2507.
- Fragoso, J. M. V. 1997. Tapir-generated seed shadows: scale-dependent patchiness in the Amazon rain forest. *Journal of Ecology* 85:519-529.
- Fragoso, J. M. V., K. M. Silvius, and J. A. Correa. 2003. Long-distance seed dispersal by tapirs increases seed survival and aggregates tropical trees. *Ecology* 84:1998-2006.
- Frasier, C. L., V. A. Albert, and L. Struwe. 2008. Amazonian lowland, white sand areas as ancestral regions for South American biodiversity: Biogeographic and phylogenetic patterns in *Potalia* (Angiospermae: Gentianaceae). *Organisms, Diversity and Evolution* 8:44-57.
- Gansser, A. 1954. The Guiana Shield (South America). *Ecol. Geol. Helvet* 47:77-112.
- García-Villacorta, R. 2005. Linking floristic patterns to edaphic gradients and remote sensing in Peruvian Amazonia. Department of Biology. University of Missouri, Saint Louis, Saint Louis.
- García-Villacorta, R. (en prep.). Origin and phylogeographic connections of Amazonian white-sand forests.
- García-Villacorta, R., M. Ahuite, and M. Olortegui. 2003. Clasificación de bosques sobre arena blanca de la Zona Reservada Allpahuayo-Mishana. *Folia Amazonica* 14:17-33.
- García, A., S. Tello, G. Vargas, and F. Duponchelle. 2008. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology Biochemistry*.

- Gascon, C., J. R. Malcolm, J. L. Patton, M. N. F. da Silva, J. P. Bogart, S. C. Lougheed, C. A. Peres, S. Neckel, and P. T. Boag. 2000. Riverine barriers and the geographic distribution of Amazonian species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97:13672-13677.
- Gentry, A. H. 1981. Distributional Patterns and an Additional Species of the *Passiflora-Vitifolia* Complex - Amazonian Species-Diversity Due to Edaphically Differentiated Communities. *Plant Systematics and Evolution* 137:95-105.
- Gentry, A. H. 1982a. Neotropical Floristic Diversity - Phytogeographical Connections between Central and South-America, Pleistocene Climatic Fluctuations, or an Accident of the Andean Orogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69:557-593.
- Gentry, A. H. 1982b. Patterns of Neotropical Plant-Species Diversity. *Evolutionary Biology* 15:1-85.
- Gentry, A. H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plant communities. Pages 153-181 in M. E. Soulé, editor. *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer Associates, INC.
- Gentry, A. H. 1988a. Changes in Plant Community Diversity and Floristic Composition on Environmental and Geographical Gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75:1-34.
- Gentry, A. H. 1988b. Tree Species Richness of Upper Amazonian Forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 85:156-159.
- Gentry, A. H., and J. Lopez-parodi. 1980. Deforestation and increased flooding of the Upper Amazon. *Science* 210:1354-1356.
- Gentry, A. H., and R. S. Ortiz. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía Peruana. Pages 155-166 in R. Kalliola, M. Puhakka, and W. Danjoy, editors. *Amazonía Peruana: vegetación húmeda tropical en el llano subandino PAUT-ONERN*, Jyväskylä.
- Gentry, A. H., and R. Vásquez. 1988. Where have all the ceibas gone? A case history of mismanagement of a tropical forest resource. *Forest Ecology and Management* 23:73-76.
- Gerwing, J. J., and C. Uhl. 2002. Pre-logging liana cutting reduces liana regeneration in logging gaps in the eastern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* 12:1642-1651.
- Gorchov, D. L., F. Cornejo, C. Ascorra, and M. Jaramillo. 1993. The Role of Seed Dispersal in the Natural Regeneration of Rain-Forest after Strip-Cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio* 108:339-349.
- Grandez, C., A. García, A. Duque, and J. F. Duivenvoorden. 2001. La composición florística de los bosques en las cuencas de los ríos Ampiyacu y Yaguasyacu (Amazonía Peruana) in J. F. Duivenvoorden, H. Balslev, J. Cavelier, C. Grandez, H. Tuomisto, and R. Valencia, editors. *Evaluación de recursos vegetales no maderables en la Amazonía noroccidental*. IBED, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- Haffer, J. 1969. Speciation of Amazonian forest birds. *Science* 1965:131-137.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Hooghiemstra, H., and T. Van der Hammen. 2004. Quaternary Ice-Age dynamics in the Colombian Andes: developing an understanding of our legacy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 359:173-180.

- Hoorn, C., J. Guerrero, G. A. Sarmiento, and M. A. Lorente. 1995. Andean tectonics as a cause of changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23:237-240.
- Hrbek, T., M. Crossa, and I. P. Farias. 2007. Conservation strategies for *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) and the Amazonian várzea ecosystem. *Braz. J. Biol.* 67:909-917.
- Hrbek, T., I. P. Farias, M. Crossa, I. Sampaio, J. I. R. Porto, and A. Meyer. 2005. Population genetic analysis of *Arapaima gigas*, one of the largest freshwater fishes of the Amazon basin: implications for its conservation *Animal Conservation* 8:297-308.
- Hubert, N., F. Duponchelle, J. Nunez, R. Rivera, F. Bonhomme, and J. F. Renno. 2007. Isolation by distance and Pleistocene expansion of the lowland populations of the white piranha *Serrasalmus rhombeus*. *Molecular Ecology* 16:2488-2503.
- Hubert, N., and J.-F. Renno. 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 33:1414-1436.
- Hughes, C., and R. Eastwood. 2006. Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103:10334-10339.
- IIAP 2006. Estrategia Regional de la Diversidad Biológica de Loreto.
- IIRSA 2007. Actualización visión de negocios eje del Amazonas.
- INEI 2008. Perfil sociodemográfico, Lima.
- Isler, M. L., J. Alonso, Alvarez, P. R. Isler, T. Valqui, A. Begazo, and B. M. Whitney. 2002. Rediscovery of a cryptic species and description of a new subspecies in the *Myrmeciza hemimelaena* complex (Thamnophilidae) of the Neotropics. *The Auk* 119:362-378.
- Janson, C. H., and L. H. Emmons. 1990. Ecological structure of the non-flying mammal community at Cocha Cashu Biological Station, Manu National Park, Peru. Pages 314-338 in A. H. Gentry, editor. *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven, CT.
- Josse, C., G. Navarro, F. Encarnacion, A. Tovar, P. Comer, W. Ferreira, F. Rodrigues, J. Saito, J. Sanjurjo, J. Dyson, E. Rubin de Celis, R. Zárate, J. Chang, M. Ahuite, C. Vargas, F. Paredes, W. Castro, J. Maco, and F. Reátegui 2007. *Sistemas ecológicos de la cuenca Amazónica de Perú y Bolivia: clasificación y mapeo*. , Arlington, Virginia, USA.
- Junk, W. 1989. Flood tolerance and tree distribution in Central Amazonian floodplains in L. B. Nielsen, I. C. Nielsen, and H. Balslev, editors. *Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, London.
- Junk, W. J., P. B. Bayley, and R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Special Publication of the Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 106:110 - 127.
- Junk, W. J., and M. T. F. Piedade. 1993a. Herbaceous Plants of the Amazon Floodplain near Manaus - Species-Diversity and Adaptations to the Flood Pulse. *Amazoniana-Limnologia Et Oecologia Regionalis Systemae Fluminis Amazonas* 12:467-484.
- Junk, W. J., and M. T. F. Piedade. 1993b. Herbaceous Plants of the Amazon Floodplain near Manaus - Species-Diversity and Adaptations to the Flood Pulse. *Amazoniana* 12:467-484.
- Junk, W. J., M. G. M. Soares, and P. B. Bayley. 2007. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10:153-173.

- Kalliola, R., H. Tuomisto, and K. Ruokolainen. 1996. Areas importantes para la conservación de la selva baja Peruana desde el punto de vista geo-ecológico. Pages 127-132 in L. O. Rodriguez, editor, Lima, Perú.
- Kauffman, S., G. Paredes-Arce, and R. Marquina-Pozo. 1998. Suelos de la zona de Iquitos in R. Kalliola, and S. Flores-Paitán, editors. *Geoecología y desarrollo amazonico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú*. Turku University, Turku, Finland.
- Killeen, T. J. 2007. Una Tormenta Perfecta en la Amazonía Desarrollo y conservación en el contexto de la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA). *Advances in Applied Biodiversity Science* 7:1 - 11.
- Killeen, T. J., and L. A. Solórzano. 2007. Conservation strategies to mitigate impacts from climate change in Amazonia. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363:1881-1888.
- Kubitzki, K. 1989. Amazon lowland and Guayana highland - historical and ecological aspects of the development of their floras. *Amazoniana* 11:1-12.
- Kubitzki, K., and A. Ziburski. 1994. Seed Dispersal in Flood-Plain Forests of Amazonia. *Biotropica* 26:30-43.
- Laurance, W. F. 2006. More reasons for megareserves in Amazonia. *Natureza & Conservação* 4:96-106.
- León, B., N. Pitman, and J. Roque 2006. El libro rojo de las plantas endémicas del Perú.
- Lin, D. S. C., and T. P. Caramaschi. 2005. Responses of the fish community to the flood pulse and siltation in a floodplain lake of the Trombetas River, Brazil. *Hydrobiologia* 545:75-91.
- Linder, H. P. 2008. Plant species radiation: where, when, and why? *Phylosophical Transactions of the Royal Society B* 363:3097-3105.
- Lougheed, S. C., C. Gascon, D. A. Jones, J. P. Bogart, and P. T. Boag. 1999. Ridges and rivers: a test of competing hypotheses of Amazonian diversification using a dart-poison frog (*Epipedobates femoralis*). *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 266:1829-1835.
- Luteyn, J. L. 2002. Diversity, adaptation, and endemism in neotropical Ericaceae: Biogeographical patterns in the Vaccinieae. *Botanical Review* 68:55-87.
- Mäki, S., R. Kalliola, and K. Vuorinen. 2001. Road construction in the Peruvian Amazon: process, causes, and consequences. *Environmental Conservation* 28:199-214.
- Mallet, J. 1993. Speciation, radiation, and color pattern evolution in *Heliconius* butterflies: evidence from hybrid zones. Pages 226–260 in R. G. Harrison, editor. *Hybrid zones and the evolutionary process*. Oxford University Press, New York.
- Margules, C. R., R. L. Pressey, and P. H. Williams. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J. Biosci.* 37:309-326.
- Martinelli, L. A., M. C. Piccolo, A. R. Townsend, P. M. Vitousek, E. Cuevas, W. McDowell, G. P. Robertson, O. C. Santos, and K. Treseder. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. *Biogeochemistry* 46:45-65.
- Mayle, F. E., D. J. Beerling, W. D. Gosling, and M. B. Bush. 2004. Responses of Amazonian ecosystems to climatic and atmospheric carbon dioxide changes since the last glacial maximum. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 359:499-514.
- Miles, L., A. Grainger, and O. Phillips. 2004. The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia *Global Ecology and Biogeography* 13:553-565.

- Miller, M. J., E. Bermingham, J. Klicka, P. Escalante, F. S. Raposo do Amaral, J. T. Weir, and K. Winker. 2008. Out of Amazonia again and again: episodic crosses of the Andes promotes diversification in a lowland forest flycatcher. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275:1133-1142.
- Moilanen, A., J. Leatherwick, and J. Elith. 2007. A method for spatial freshwater conservation prioritization. *Freshwater Biology* 53:577-592.
- Montufar, R., and J. C. Pintaud. 2006. Variation in species composition, abundance and microhabitat preferences among western Amazonian terra firme palm communities. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151:127-140.
- Moritz, C. 1994. Defining evolutionary significant units for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 9:373-375.
- Moritz, C. 1999. Conservation units and translocation. *Hereditas* 130:217-228.
- Moritz, C. 2002. Strategies to protect biological diversity and the evolutionary processes that sustain it. *Systematic Biology*:238-254.
- Myster, R. W. 2007. Interactive effects of flooding and forest gap formation on tree composition and abundance in the peruvian Amazon. *Folia Geobotanica* 42:1-9.
- Neill, C., H. Elsenbeer, A. V. Krusche, J. Lehmann, D. Markewitz, and R. Figueiredo. 2006. Hydrological and biogeochemical processes in a changing Amazon: results from small watershed studies and the large-scale biosphere-atmosphere experiment. *Hydrological Processes* 20:2467-2476.
- Nelson, B. W., W. Ferreira, M. F. da Silva, and M. L. Kawasaki. 1990. Endemism centres, refugia and botanical collection intensity in Brazilian Amazonia. *Nature* 345:714-716.
- Nepstad, D. C., P. Moutinho, M. B. Dias, E. Davidson, G. Cardinot, D. Markewitz, R. Figueiredo, N. Vianna, J. Chambers, D. Ray, J. B. Guerreiros, P. Lefebvre, L. Sternberg, M. Moreira, L. Barros, F. Y. Ishida, I. Tohlver, E. Belk, K. Kalif, and K. Schwalbe. 2002. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes, aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon forest. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 107:-.
- Newton, A. C., T. R. Allnut, A. C. M. Gillies, A. J. Lowe, and R. A. Ennos. 1999. Molecular phylogeography, intraspecific variation and the conservation of tree species *Trends in Ecology & Evolution* 14:140-145.
- Norghauer, J. M., J. R. Malcolm, and B. L. Zimmerman. 2006. Juvenile mortality and attacks by a specialist herbivore increase with conspecific adult basal area of Amazonian *Swietenia macrophylla* (Meliaceae). *Journal of Tropical Ecology* 22:451-460.
- Noss, R. F. 2001. Beyond Kyoto: forest management in a time of rapid climate change *Conservation Biology* 15:578-590.
- Oliveira, P. J. C., G. P. Asner, D. E. Knapp, A. Almeyda, R. Galván-Gildemeister, S. Keene, R. F. Raybin, and R. C. Smith. 2007. Land-use allocation protects the Peruvian Amazon. *Science* 317:1233-1236.
- Olson, D. M., and E. Dinerstein. 2002. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89:199-224.
- Ometto, J. P. H. B., J. R. Ehleringer, T. F. Domingues, J. A. Berry, F. Y. Ishida, E. Mazzi, N. Higuchi, L. B. Flanagan, G. B. Nardoto, and L. A. Martinelli. 2006. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. *Biogeochemistry* 79:251-274.

- Ometto, J. P. H. B., A. D. Nobre, H. R. Rocha, P. Artaxo, and R. A. Martinelli. 2005. Amazonia and the carbon cycle: lessons learned. *Oecologia* 143:483-500.
- Pacheco, M. A. W. 2001. Effects of flooding and herbivores on variation in recruitment of palms between habitats. *Journal of Ecology* 89:358-366.
- Parolin, P. 2001. Morphological and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees. *Oecologia* 128:326-335.
- Parolin, P. 2009. Submerged in darkness: adaptations to prolonged submergence by woody species of the Amazonian floodplains. *Annals of Botany* 103:359-376.
- Parolin, P., O. De Simone, K. Haase, D. Waldhoff, S. Rottenberger, U. Kuhn, J. Kesselmeier, B. Kleiss, W. Schmidt, M. T. F. Piedade, and W. J. Junk. 2004. Central Amazonian floodplain forests: Tree adaptations in a pulsing system. *Botanical Review* 70:357-380.
- Patton, J. L., M. N. F. Da Silva, and J. R. Malcolm. 2000. Mammals of the Rio Jurua and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. *Bulletin of the American Museum of Natural History*:1-+.
- Peacock, J., T. R. Baker, S. L. Lewis, G. Lopez-Gonzalez, and O. L. Phillips. 2007. The RAINFOR database: monitoring forest biomass and dynamics. *Journal of Vegetation Science* 18:535-542.
- Pearse, D. E., A. D. Arndt, N. Valenzuela, B. A. Miller, V. Cantarelli, and J. W. Sites. 2006. Estimating population structure under nonequilibrium conditions in a conservation context: continent-wide population genetics of the giant Amazon river turtle, *Podocnemis expansa* (Chelonia; Podocnemididae). *Molecular Ecology* 15:985-1006.
- Peres, C. A. 2005. Why we need megareserves in Amazonia. *Conservation Biology* 19:728-733.
- Peres, C. A., and J. Terborgh. 1995. Amazonian nature-reserves: an analysis of the defensibility status of existing conservation units and design criteria for the future. *Conservation Biology* 9:34-46.
- PeruPetro 2008. Estadística Petrolera 2007.
- Petrolifera 2007. Estudio de impacto ambiental del proyecto sísmica 2D Lote 106. Resumen ejecutivo.
- Phillips, O., and J. S. Miller 2002. Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. Missouri Botanical Garden, Saint Luis, Missouri.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragão, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. López-González, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, L. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Bánki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. Alves de Oliveira, N. Dávila Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. A. Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jiménez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patiño, M. C. Peñuela, A. Prieto, F. Ramírez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. S. Thomas, H. ter Steege, J. Stropp, R. Vásquez, P. Zelazowski, E. Alvarez Dávila, S. Andelman, A. Andrade, K.-J. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, E. Honorio C., H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. Peña Cruz, N. C. A. Pitman, P. Núñez Vargas, H. Ramírez-Angulo, A. Rudas, R. Salamão, N. Silva, J. Terborgh, and A. Torres-Lezama. 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323:1344-1347.
- Phillips, O. L., T. R. Baker, L. Arroyo, N. Higuchi, T. J. Killeen, W. F. Laurance, S. L. Lewis, J. Lloyd, Y. Malhi, A. Monteagudo, D. A. Neill, P. N. Vargas, J. N. M. Silva, J. Terborgh, R. V. Martinez, M. Alexiades, S. Almeida, S. Brown, J. Chave, J. A. Comiskey, C. I. Czimczik, A. Di Fiore, T. Erwin, C. Kuebler, S. G. Laurance, H. E. M. Nascimento, J. Olivier, W. Palacios, S. Patino, N. C. A. Pitman, C. A. Quesada, M. Salidas, A. T. Lezama,



- and B. Vinceti. 2004. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 359:381-407.
- Phillips, O. L., and A. H. Gentry. 1994. Increasing Turnover through Time in Tropical Forests. *Science* 263:954-958.
- Phillips, O. L., P. Hall, A. H. Gentry, S. A. Sawyer, and R. Vasquez. 1994. Dynamics and Species Richness of Tropical Rain-Forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91:2805-2809.
- Pirie, M. D., L. W. Chatrou, J. B. Mols, R. H. J. Erkens, and J. Oosterhof. 2006. 'Andean-centred' genera in the short-branch clade of Annonaceae: testing biogeographical hypotheses using phylogeny reconstruction and molecular dating. *Journal of Biogeography* 33:31-46.
- Pitman, N. C. A., H. Mogollón, N. Dávila, M. Ríos, R. García-Villacorta, J. Guevara, M. Ahuite, M. Aulestia, D. Cardenas, C. E. Cerón, P.-A. Loizeau, D. A. Neill, P. V. Núñez, W. A. Palacios, O. L. Phillips, R. Spichiger, E. Valderrama, and R. Vásquez-Martínez. 2008. Tree community change across 700 km of lowland Amazonian forest from the Andean foothills to Brazil. *Biotropica*.
- Pitman, N. C. A., J. Terborgh, M. R. Silman, and P. Nunez V. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *SO - Ecology*. 80(8). Dec., 1999. 2651-2661.
- Pitman, N. C. A., J. W. Terborgh, M. R. Silman, P. Nunez, D. A. Neill, C. E. Ceron, W. A. Palacios, and M. Aulestia. 2001. Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology* 82:2101-2117.
- Prance, G. T. 1996. Islands in Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 351:823-833.
- Pressey, R. L., R. M. Cowling, and M. Rouget. 2003. Formulating conservation targets for biodiversity pattern and process in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation* 112:99-127.
- ProNaturaleza. 2007. Proyecto: conservación de la Sierra del Divisor. ProNaturaleza 2004-2007. Documentos Técnicos. The Nature Conservancy.
- Puhakka, M., R. Kalliola, M. Rajasilta, and J. Salo. 1992. River types, site evolution and successional vegetation patterns in Peruvian Amazonia. *Journal of Biogeography* 19.
- Quijada-Mascarenas, J. A., J. E. Ferguson, C. E. Pook, M. D. G. Salomao, R. S. Thorpe, and W. Wuster. 2007. Phylogeographic patterns of trans-Amazonian vicariants and Amazonian biogeography: the Neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus* complex) as an example. *Journal of Biogeography* 34:1296-1312.
- Rajaniemi, S., E. Tomppo, K. Ruokolainen, and H. Tuomisto. 2005. Estimating and mapping pteridophyte and Melastomataceae species richness in western Amazonian rainforests. *International Journal of Remote Sensing* 26:475-493.
- Räsänen, M., R. Kalliola, and M. Puhakka. 1993. Mapa geocológico de la selva baja Peruana: explicaciones. Pages 207-216 in R. Kalliola, M. Puhakka, and W. Danjoy, editors. *Amazonía Peruana: vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. PAUT-ONERN, Jyväskylä.
- Räsänen, M., A. Linna, G. Irion, L. Rebata, R. Vargas, and W. F. 1998. Geología y geoformas del area de Iquitos, Peru. Pages 60-136 in R. Kalliola, and R. Paredes, editors. *Geocología y desarrollo de la zona de Iquitos, Perú*.
- Räsänen, M., J. Salo, and R. Kalliola. 1987. Fluvial perturbation in the Western Amazon basin: regulation by long-term Sub-Andean tectonics. *Science* 238:1398-1401.

- Redford, K. H. 1992. The empty forest. *BioScience* 42:412-422.
- Renno, J. F., N. Hubert, J. P. Torrico, F. Duponchelle, J. N. Rodriguez, C. G. Davila, S. C. Willis, and E. Desmarais. 2006. Phylogeography of *Cichla* (Cichlidae) in the upper Madera basin (Bolivian Amazon). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 41:503-510.
- Richardson, J. E., R. T. Pennington, T. D. Pennington, and P. M. Hollingsworth. 2001. Rapid diversification of a species-rich genus of neotropical rain forest trees. *Science* 293:2242-2245.
- Ricklefs, R. E., Z. Naveh, and R. E. Turner. 1984. Conservation of ecological processes. *The Environmentalist* 4:6-16.
- Roddaz, M., P. Baby, S. Brusset, W. Hermoza, and J. M. Darrones. 2005. Forebulge dynamics and environmental control in Western Amazonia: the case study of the Arch of Iquitos (Peru). *Tectonophysics* 399:87-108.
- Rodríguez, L. O. 1996. *Diversidad Biológica del Perú: Zonas Prioritarias para su Conservación*, Lima, Peru.
- Rodríguez, L. O., and K. R. Young. 2000. Biological diversity of Peru: Determining priority areas for conservation. *Ambio* 29:329-337.
- Rouget, M., R. M. Cowling, R. L. Pressey, and D. M. Richardson. 2003. Identifying spatial components of ecological and evolutionary processes for regional conservation planning in the Cape Floristic Region, South Africa. *Diversity & Distributions* 9:191-210.
- Roux, D. J., J. L. Nel, P. J. Ashton, A. R. Deacon, F. C. de Moor, D. Hardwick, L. Hill, C. J. Kleynhans, G. A. Maree, J. Moolman, and R. J. Scholes. 2008. Designing protected areas to conserve riverine biodiversity: Lessons from a hypothetical redesign of the Kruger National Park. *Biological Conservation* 141:100-117.
- Salo, J., R. Kalliola, I. Hakkinen, Y. Makinen, P. Niemela, M. Puhakka, and P. D. Coley. 1986. River Dynamics and the Diversity of Amazon Lowland Forest. *Nature* 322:254-258.
- San Román, J. 1994. *Perfiles históricos de la Amazonía Peruana*. CETA - CAAAP - IIAP, Iquitos.
- Sanderson, E. W., K. H. Redford, C.-L. B. Chetkiewics, R. A. Medellín, A. R. Rabinowitz, J. G. Robinson, and A. B. Taber. 2002. Planning to save a species: the Jaguar as a model. *Conservation Biology* 16:58-62.
- Santos, M. C. F., M. L. Ruffino, and L. P. Farias. 2007. High levels of genetic variability and panmixia of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Clavier, 1816) in the main channel of the Amazon River. *Journal of Fish Biology* 71:33-44.
- Schulman, L., T. Toivonen, and K. Ruokolainen. 2007. Analysing botanical collecting effort in Amazonia and correcting for it in species range estimation. *Journal of Biogeography*:1388-1399.
- Smith, T. B., S. Kark, C. J. Schneider, R. K. Wayne, and C. Moritz. 2001. Biodiversity hotspots and beyond: the need for preserving environmental transitions. *Trends in Ecology & Evolution* 16:431.
- Sombroek, W. G. 1984. Soils of the Amazon region. Pages 521-535 in H. Sioli, editor. *The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty river and its basin*. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Specht, C. D., J. Cavelier, and L. Ferreira 2003. Biodiversity vision of the southwestern Amazonian moist forest Global 200 Ecoregion.
- Stallard, R. F. 2006. Historia geológica de la región media del Yavarí y edad de la tierra firme. Pages 230-237 in C. Vriesendorp, N. Pitman, J. I. Rojas Moscoso, L. Rivera Chávez, L.

- Calixto Méndez, M. Vela Collantes, and P. Fasabi Rimachi, editors. Perú: Matsés. Rapid Biological Inventories Report 16. The Field Museum of Natural History, Chicago.
- Struwe, L., and V. A. Albert. 2004. A monograph of neotropical *Potalia* Aublet (Gentianaceae : Potalieae). *Systematic Botany* 29:670-701.
- Talisman-Energy 2009. Estudio de impacto ambiental semidetallado del proyecto de prospección sísmica 3D. Perforación exploratoria del Lote 101.
- Terborgh, J. 1988. The big things that run the world: a sequel to E. O. Wilson. *Conservation Biology* 2:402-403.
- Terborgh, J., J. A. Estes, P. Paquet, K. Ralls, D. Boyd-Heger, B. J. Miller, and R. F. Noss. 1999. The role of top carnivores in regulating terrestrial ecosystems in M. E. Soulé, and J. Terborgh, editors. *Continental conservation: scientific foundations of regional reserve networks*. Island Press, Washington, D. C.
- Terborgh, J., E. Losos, M. P. Riley, and M. B. Riley. 1993. Predation by Vertebrates and Invertebrates on the Seeds of 5 Canopy Tree Species of an Amazonian Forest. *Vegetatio* 108:375-386.
- Terborgh, J., and J. Mathews. 1999. Partitioning of the understory light environment by two Amazonian treelets. *Journal of Tropical Ecology* 15:751-763.
- Terborgh, J., and S. J. Wright. 1994. Effects of mammalian herbivores on plant recruitment in two neotropical forests. *Ecology* 75:1829-1833.
- Terborgh, J. e. a. 2001. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294:1923-1926.
- Toivonen, T., S. Mäki, and R. Kalliola. 2007. The riverscape of western Amazonia—a quantitative approach to the fluvial biogeography of the region. *Journal of Biogeography* 34:1374-1387.
- Townsend-Small, A., M. E. McClain, and J. A. Brandes. 2005. Contributions of carbon and nitrogen from the Andes Mountains to the Amazon River: Evidence from an elevational gradient of soils, plants, and river material. *Limnol. Oceanogr.* 50:672-685.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen, R. Kalliola, A. Linna, W. Danjoy, and Z. Rodriguez. 1995. Dissecting Amazonian Biodiversity. *Science* 269:63-66.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen, and M. Yli-Halla. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299:241-244.
- van der Hammen, T., and H. Hooghiemstra. 2000. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews* 19:725-742.
- Vasconcelos, W. R., T. Hrbek, R. Da Silveira, B. de Thoisy, B. Marioni, and I. P. Farias. 2006. Population genetic analysis of *Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758) from South America. *Genetics and Molecular Biology* 29:220-230.
- Vaz, C. G., D. de Oliveira, and O. S. Ohashi. 1998. Pollinator contribution to the production of cowpea in the Amazon. *Hortscience* 33:1157-1159.
- Viers, J., G. Barroux, M. Pinelli, P. Seyler, P. Oliva, B. Dupre, and G. R. Boaventura. 2005. The influence of the Amazonian floodplain ecosystems on the trace element dynamics of the Amazon River mainstem (Brazil). *Science of the Total Environment* 339:219-232.
- Vormisto, J., H. Tuomisto, and J. Oksanen. 2004. Palm distribution patterns in Amazonian rainforests: What is the role of topographic variation? *Journal of Vegetation Science* 15:485-494.
- Vriesendorp, C., T. S. Schulenberg, W. S. Alverson, D. K. Moskovits, and J. I. Rojas-Moscoco. 2006. Perú: Sierra del Divisor. Rapid Biological Inventories Report 17 The Field Museum, Chicago, Illinois.

- Weir, J. T. 2006. Divergent timing and patterns of species accumulation in lowland and highland Neotropical birds. *Evolution* 60:842-855.
- Wesselingh, F. P. 2006. Miocene long-lived lake Pebas as a stage of mollusc radiations, with implications for landscape evolution in western Amazonia. *Scripta Geologica*:1-17.
- Wesselingh, F. P., and J. A. Salo. 2006. A Miocene perspective on the evolution of the Amazonian biota. *Scripta Geologica* 133:439-458.
- Whitney, B. M., and J. A. Alonso. 2005. A new species of gnatcatcher from white-sand forests of northern Amazonian Peru with revision of the *Polioptila guianensis* complex. *Wilson Bulletin* 117:113-127.
- Wittmann, F., J. Schoöngart, and J. C. Montero. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon basin. *Journal of Biogeography* 33:1334-1347.
- Woodroffe, R., and J. R. Ginsberg. 1988. Edge effect and the extinction of populations inside protected areas. *Science* 280:2126-2128.
- Wunderle, J. M., M. R. Willig, and L. M. P. Henriques. 2005. Avian distribution in treefall gaps and understorey of terra firme forest in the lowland Amazon. *Ibis* 147:109-129.
- Wuster, W., J. E. Ferguson, J. A. Quijada-Mascarenas, C. E. Pook, M. D. Salomao, and R. S. Thorpe. 2005. Tracing an invasion: landbridges, refugia, and the phylogeography of the Neotropical rattlesnake (*Serpentes* : *Viperidae* : *Crotalus durissus*). *Molecular Ecology* 14:1095-1108.
- Zamudio, K. R., and H. W. Greene. 1997. Phylogeography of the bushmaster (*Lachesis muta* : *Viperidae*): implications for neotropical biogeography, systematics, and conservation. *Biological Journal of the Linnean Society* 62:421-442.
- Zink, R. M. 2004. The role of subspecies in obscuring avian biological diversity and misleading conservation policy. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271:561-564.

## 9. GLOSARIO

**ADN:** Acido Desoxirribonucleico. Material genético presente en todas las células de los organismos vivos y que es único para cada especie. Distintas poblaciones de una misma especie pueden presentar variaciones en determinadas regiones del ADN conocido como haplotipos. El ADN es hereditable (transferible de padres a hijos).

**Alelo:** Variación de un gen determinado dentro de un población.

**Alopátrico:** Referido a alopatría, que es un proceso de especiación (geográfica) por aislamiento geográfico de poblaciones debido a la formación de barreras.

**Antearco:** Depresión geológica de subducción (hundimiento) o levantamiento en respuesta a fuerzas tectónicas. La cuenca de antearco de la Amazonía se originó en respuesta al levantamiento de los Andes.

**Complementariedad.** Propiedad de dos sitios (o grupos de sitios) que ocurre cuando alguna de las características naturales en un sitio difiere de las características en otro sitio. Cuando grupos de sitios son altamente complementarios ellos no contienen (o casi no contienen) representación traslapada de los recursos naturales o los procesos ecológicos y evolutivos.

**Componente espacial.** Sustituto de los procesos ecológicos y evolutivos, que están relacionados a elementos espaciales del paisaje de una región y que nos permite

identificarlos en un mapa. Pueden ser divididos en componentes espacialmente fijos y flexibles (Rouget et al. 2003).

**Especiación.** Ver diversificación.

**Fenotipo:** Cualquier característica detectable de un individuo, a menudo morfológico, y que resulta de la interacción del genotipo (componente genético) con el medio ambiente.

**Diversificación.** Sinónimo de especiación. Se define como la divergencia evolutiva de subgrupos de una especie ancestral en dos especies diferentes.

**Diversificación ecológica.** Formación de nuevas especies por respuestas adaptativas al medio ambiente

**Diversificación geográfica:** Formación de nuevas especies por procesos de separación geográficas de poblaciones (p.e. debido a la formación de barreras)

**Diversidad adaptativa:** Diversidad generado por adaptación a las condiciones ambientales

**Diversidad beta:** Diversidad que mide el porcentaje de reemplazo en la composición de especies entre hábitats diferentes.

**Ecotono:** Área de transición entre dos comunidades o hábitats adyacentes

**Endemismo:** Describe las especies que son nativas a determinada región geográfica

**Especies indicadoras:** Especies o taxa que pueden usarse para predecir las condiciones ecológicas de una región y así la presencia de otras especies asociadas a esas condiciones

**Elementos sustitutos:** Datos espaciales (p.e. mapas de vegetación, ecorregiones) que pueden servir como alternativa para el mapeo de la biodiversidad ante la ausencia de datos biológicos de distribución completos

**Evolución adaptativa:** Evolución producto de la adaptación a condiciones ambientales sin separación geográfica

**Haplotipo:** Combinación de alelos que son transmitidos juntos en el mismo cromosoma. Poblaciones de una misma especie pueden tener diferentes haplotipos a través de su rango de distribución producto de eventos históricos (separación geográfica) o procesos poblacionales (p.e. aumento y declinación poblacional)

**irreemplazabilidad.** Una medida de la probabilidad de que el sitio será requerido como parte de una red de reservas que satisface una meta de conservación específica. Un sitio es altamente irremplazable cuando incluye características naturales raras o únicas.

**Melastomatácea:** Grupo de plantas leñosas mayormente arbustivas de la Amazonía

**Metapoblación:** Se refiere a un grupo de poblaciones espacialmente separadas pero que mantienen conexión por procesos de dispersión.

**Mijano:** termino regional para describir a los bancos de peces que se desplazan en los ríos Amazónicos.

**Mitocondria:** Organelo encontrado en la mayoría de células eukarioticas. Tiene la función de producir energía a la célula.

**Monofilia recíproca:** ver recíprocamente monofilético

**Nichos de distribución:** Método para predecir la distribución de especies mediante las preferencias ecológicas de las especies (el nicho que ocupa en el ecosistema).

**Panmixia:** Donde todos los individuos de una población tienen la misma probabilidad de emparejarse unos con otros.

**Persistencia:** Concepto en biología de conservación que se refiere a capacidad de mantener la biodiversidad basado en la conservación de los procesos ecológicos y evolutivos

**Potencial reproductivo:** capacidad alta o baja de un individuo en la población de dejar descendientes.



**Recíprocamente monofilético:** miembros de una población comparten un ancestro común no compartido por los miembros de otra población y que se determina por diferencias en segmentos de ADN (alelos o haplotipos) entre poblaciones.

**Restinga alta:** termino regional para referirse a zonas elevadas en suelos de várzea sujetas a inundaciones anuales de 2 a 4 meses, a una profundidad de 1-2.5 metros.

**Selección divergente:** Selección natural que ocasiona separación de poblaciones o formación de nuevas especies

**Variación fenotípica hereditable:** se refiere a las diferencias morfológicas (color, forma, tamaño, etc.) que pueden presentar distintas poblaciones de una misma especie y que son pasadas de una generación a otra.

**Varillal:** Tipo de bosque que crece sobre suelos arenosos de cuarzo en la Amazonía Peruana.

Bosques similares en Brasil son conocidos como campina o catinga Amazónica.

**Várzea:** Término brasileño sinónimo de tahuampa. Se refiere a los hábitats inundados por ríos de agua blanca (ríos con sedimentos de origen Andino).

## 10. ANEXO

### 10.1 LISTA DE PERSONAS CONSULTADAS

#### 10.1.1. Nacionales

<b>Nombre</b>	<b>Cargo/Área de investigación</b>	<b>Institución</b>
José Álvarez Alonso	Especialista en diversidad biológica	Programa de Investigaciones en Biodiversidad Amazónica (PIBA) - IIAP
Manuel Ahuite	Especialista SIG	Consultor
Miguel Antúnez	Investigador	WCS – Iquitos
Rolando Aquino Yarihuamán	Especialista en mamíferos	ICBAR – Iquitos
Freddy A. Arévalo Dávila	Especialista mamíferos acuáticos	Consultor
Nora Bendayán Acosta	Docente	Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP
Alberto Chirif Tirado	Antropólogo	Consultor
Fred Chu Koo	Investigador	Programa de Conservación y Uso del Agua y sus Recursos – IIAP
Rosario Del Águila Chávez	Jefa del Proyecto	AECI
Javier Del Águila Chávez	Coordinador Zonificación Pastaza-Morona	Proyecto Pastaza Morona – PROFONANPE
Filomeno Encarnación	Especialista en vegetación	Programa de investigación en cambio climático, desarrollo territorial y ambiental (PROTERRA) – IIAP

Maribel Espinoza	Bióloga, Oficina de Medio Ambiente	PeruPetro
Freddy Ferreyra Vela	Responsable	IBC, Cuenca del Ampiyacu-Apayacu
Carmen R. García Dávila	Investigadora	Laboratorio de Genética Molecular, IIAP
Jorge Gasché	Antropólogo, Investigador	IIAP
Marianella Guerra Muñoz	Responsable	Nodo CIEF Yurimaguas – INRENA
Javier Herrera Reátegui	Director	Sub-región Producción Alto Amazonas
Cristina López Wong	Especialista Áreas Naturales Protegidas	Proyecto Apoyo al PROCREL
Nelly Marín Flores	Responsable (e)	Nodo CIEF Iquitos – MINAG-ATFFS
Víctor H. Montreuil Frías	Docente/Especialista en recursos pesqueros	Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP
Luis Moya Ibáñez	Coordinador de Pesca	PEDICP
Enrique Ortiz	Vice-presidente	ACA
Alan Panaífo Tananta	Director	Sub-región de la Producción Loreto – Nauta
Carlos M. Perea Sicchar	Jefe Área de Medio Ambiente	Dirección Regional del Ministerio de la Producción
Christian Pérez Vera	Especialista SIG	Proyecto Apoyo al PROCREL
Eloy Pezo Gonzáles	Administrador	MINAG-ATFFS – Yurimaguas
Pablo Puertas	Responsable	WCS – Iquitos
Joaquín Reátegui Vásquez	Director	Agencia Agraria de Loreto – Nauta
Piero Rengifo Cárdenas	Especialista SIG	PRONATURALEZA - Sede Pucallpa
Richer Ríos Zumaeta	Docente	Facultad de Ciencias Forestales – UNAP

Daniel Rivera Chávez	Administrador	CEDIA
Roberto Rojas Ruiz	Docente	Facultad de Ciencias Forestales – UNAP
Viviana Ruiz	Responsable Fauna Silvestre	MINAG-ATFFS – Iquitos
Ángel Ruiz Frías	Docente	Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP
Homero Sánchez	Especialista en peces Amazónicos	Programa de Conservación y Uso del Agua y sus Recursos – IIAP
Ana Rosa Sáenz Rodríguez	Responsable de la Cuenca del Putumayo	IBC
Enrique Soria López	Coordinador Oficina de Estadística Agraria	Agencia Agraria de Loreto – Nauta
Javier Souza Tecco	Docente	Facultad de Ciencias Biológicas – UNAP
Salvador Tello	Director, especialista en peces	Programa de Conservación y Uso del Agua y sus Recursos – IIAP
Roxana Tong Álvarez	Directora Ejecutiva	ONG Claridad SI
Mauro Vásquez Ramírez	Director	PEDICP
Yuri Napoleón Vela Mendoza	Investigador	IIAP – Yurimaguas
Manuel Vela Rojas	Responsable	INRENA - Sede Nauta
Víctor Hugo Wong Ramírez	Biólogo	Municipalidad de Nauta
Ricardo Zárate	Investigador	Programa de investigación en cambio climático, desarrollo territorial y ambiental (PROTERRA) – IIAP

### 10.1.2. Extranjeros

<b>Nombre</b>	<b>Cargo/Área de investigación</b>	<b>Institución</b>
Mark A. Cochrane, PhD	Cambios en la cobertura terrestre y sistemas dinámicos	South Dakota State University, USA
Fabrice Duponchelle, PhD	Diversificación de peces en el Neotrópico y África	Institut de Recherche pour le Développement (IRD), 350 calle Roma, FOPCA/UNFV, Miraflores, Lima, Peru
Eckhard W. Heymann, PhD	Ecología y taxonomía de primates Amazónicos	Abteilung Verhaltensforschung & Ökologie, Deutsches Primatenzentrum, Kellnerweg 4, D-37077 Göttingen, Germany
Wolfgang Junk, PhD	Investigador en Limnología Amazónica	Max Planck Institute
Risto Kalliola, PhD	Geología, ecología y aplicaciones SIG en estudios de la biodiversidad Amazónica	Departamento de Geografía, Universidad de Turku, Turku, Finlandia
William Laurance, PhD	Conservación de la Amazonía	Smithsonian Tropical Research Institute
James Mallet, PhD	Biología Evolutiva (Diversificación de Lepidópteros en zonas híbridas de los Andes)	University College London 4 Stephenson Way London NW1 2HE, UK

Pedro Mayor Aparicio, PhD	Grupo de Especialistas UICN – Suiformes (Pecaríes)	Universidad Autónoma de Barcelona
Lera Miles, PhD	Modelos de clima y uso de SIG en conservación	UNEP, World Conservation Monitoring Center, UK
Toby Pennington, PhD	Taxonomía de Leguminosae y biogeografía de plantas del Neotrópico	Royal Botanic Garden Edinburgh
John Terborgh, PhD	Investigador en ecología tropical y conservación	Centro para la Conservación Tropical, Duke University
Frank Wesselingh, PhD	Curador de moluscos cenozoicos	National Museum Natural History, Holanda