



*Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana*

BIODAMAZ
Perú - Finlandia

**MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO
PARA IDENTIFICAR UNIDADES
AMBIENTALES EN LA
SELVA BAJA PERUANA**



Documento
Técnico
Nº 05

SERIE IIAP - BIODAMAZ
Iquitos - Perú

MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO PARA IDENTIFICAR UNIDADES AMBIENTALES EN LA SELVA BAJA PERUANA

DOCUMENTO TÉCNICO N° 5

Instituciones ejecutoras:



Instituto de
Investigaciones de la
Amazonía Peruana



Universidad de
Turku, Finlandia



BIOTA BD

Biota BD Oy,
Finlandia

Institución colaboradora:



UNAP
IQUITOS
PERU

Universidad Nacional de
la Amazonía Peruana

BIODAMAZ, Perú - Finlandia
Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana

Comité Editorial

Víctor Miyakawa Solís
José Álvarez Alonso
Filomeno Encarnación Cajañahupa
Jorge Gasché
Víctor Montreuil Frías
ErasmO Otarola Acevedo

Fotografías

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

El presente documento ha sido realizado con financiamiento del Ministerio de Relaciones Exteriores de Finlandia y del Gobierno del Perú, a través del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, en el marco del Convenio de Cooperación Técnica Internacional entre Perú y Finlandia: Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana - BIODAMAZ.

© 2004, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP
Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana - BIODAMAZ
Av. Abelardo Quiñones km 2.5
Apto. 784 - Teléfonos: (065) 264060 - 265515 - 265516 Fax: (065) 265527
Iquitos - Perú
Correo electrónico: biodamaz@iiap.org.pe
<http://www.iiap.org.pe/biodamaz>

ISBN N° 9972-667-12-X

Hecho el depósito legal N° 1501222005-0376

Imprenta:

Dominius Publicidad
Telf.: (511) 4450735
dominius@infonegocio.net.pe

Los textos pueden ser utilizados total o parcialmente citando la fuente.
Hecho en el Perú



INDICE

Presentación.....	5
Resumen Ejecutivo.....	7
Executive Summary.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MARCO TEÓRICO	
1. Factores ambientales y diversidad biológica.....	15
2. Clasificación del ambiente natural.....	21
3. Ciencia y determinación de las unidades ambientales.....	24
III. EL AMBIENTE AMAZÓNICO PERUANO	
1. Ámbito geográfico.....	31
2. Desarrollo biogeográfico de la región.....	33
3. Factores ambientales actuales.....	34
4. Tipos de ecosistemas.....	40
IV. MARCO METODOLÓGICO	
1. Nivel de detalle.....	45
2. Las fuentes de información.....	46
3. Identificación de las unidades ambientales.....	49
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
1. Conclusiones.....	55
2. Recomendaciones.....	55
VI. BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	57
EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO.....	65



PRESENTACIÓN

Nuestro conocimiento de la Amazonía Peruana aumenta cada día a través de estudios científicos y técnicos. Sabemos más y más sobre la diversidad biológica amazónica, que es una de las más ricas en la Tierra. Por ejemplo, en los últimos años se ha podido comprobar que la Amazonía es un verdadero mosaico de diferentes ambientes que alberga una heterogeneidad grande de ecosistemas, y que no es solamente una capa verde homogénea como antes se pensaba. El desarrollo de herramientas de teledetección, como imágenes de satélite, facilita el estudio de un ambiente complejo y de difícil acceso como es la Amazonía Peruana. Por ejemplo, la publicación del primer mosaico de imágenes de satélite de la selva baja peruana ofrece una oportunidad excelente para diseñar estudios más detallados, y para apreciar toda la complejidad de la Amazonía Peruana con sus diversos tipos de hábitats y ecosistemas.

Aún así queda mucho por estudiar y entender todavía de esta área diversa y compleja. Para poder utilizar sosteniblemente y conservar esta riqueza única de ecosistemas tenemos que aumentar nuestro conocimiento sobre ellos. Más información es también fundamental para poder entender los complejos procesos ambientales que están interconectados, para aprovechar y conservar mejor el ambiente.

Cada área diferente tiene sus particularidades en cuanto a la composición de especies, sus interrelaciones, la geología, la geomorfología, el clima, entre otros. Para lograr un manejo efectivo de estas áreas bien diferentes es importante identificar aquéllas que son relativamente homogéneas biológica y físicamente, dentro de la heterogeneidad amazónica. Cada área requiere su manejo especial. Por lo tanto, la identificación de diferentes áreas relativamente homogéneas es un importante paso en la Zonificación Ecológica Económica que es una herramienta de ordenamiento ambiental. A través del ordenamiento territorial, cada área estará utilizada según su vocación y particularidades, sin deterioro del ambiente y para mejor uso de sus potencialidades, sean éstas de conservación o de uso económico.

En este contexto, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, la empresa de consultorías ambientales, Biota BD Oy de Finlandia, y la Universidad de Turku de Finlandia, en el marco del Convenio Perú-Finlandia, Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana (BIODAMAZ), han contribuido con el documento Marco teórico y metodológico para identificar unidades ambientales en la selva baja peruana. Este documento proporciona las bases teóricas y metodológicas para la identificación de unidades ambientales en la Amazonía del Perú, con el fin de que este conocimiento sea utilizado en la Zonificación Ecológica Económica, que es una tarea pendiente y sirve como una herramienta para alcanzar un uso racional y sostenible de la tierra y sus recursos.

Dennis del Castillo Torres
Presidente
Instituto de Investigaciones de la
Amazonía Peruana

Kimmo Pulkkinen
Embajador de Finlandia



RESUMEN EJECUTIVO

La Zonificación Ecológica Económica (ZEE) es un esfuerzo importante del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) en la región amazónica del Perú, dirigido a lograr un adecuado ordenamiento territorial en dicha región. Su importancia como un fundamento del desarrollo sostenible en la región ha sido reconocida en la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, en la Estrategia Regional de la Diversidad Biológica Amazónica ERDBA, y en el Decreto Supremo N° 045-2001-PCM. En esta última norma se declara de interés nacional el Ordenamiento Territorial Ambiental en todo el país, y se define que la ZEE servirá tantode marco de referencia espacial a los planes sectoriales y regionales, como para promover la inversión privada.

Reconociendo el bajo nivel actual de conocimiento sobre los ecosistemas amazónicos, no se considera la ZEE como un esfuerzo aislado, sino más bien como un proceso en el que las nuevas informaciones generadas por la investigación deben ser incorporadas en su oportunidad. Asimismo, es importante que los diferentes fundamentos de la ZEE estén basados en aquellas metodologías y teorías que son actuales y adecuadas. En este marco, la identificación de las unidades ambientales amazónicas es un tema esencial. Estas unidades se definen como un espacio geográfico relativamente homogéneo, donde se combinan los factores físicos y biológicos para actuar de una manera particular sobre los organismos que componen la biota.

El presente documento analiza la base científica de la identificación de tales unidades en las selvas bajas del Perú. El documento fue elaborado en el marco del proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana (BIODAMAZ) en su Fase I (1999-2002; Fase II en ejecución 2003-2007), que es un convenio entre los gobiernos del Perú y de Finlandia, ejecutado conjuntamente por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, como contraparte nacional, y por un consorcio finlandés formado por la empresa de consultorías ambientales, Biota BD Oy, y la Universidad de Turku. Nuestro propósito aquí es analizar ciertos aspectos de la ciencia en general y de la Amazonía en particular, estableciendo así los pilares del conocimiento necesarios para facilitar la identificación y mapeo de dichas unidades en este territorio. La Amazonía Peruana se caracteriza por un ambiente particularmente dinámico y heterogéneo, pues la cordillera andina y su desarrollo geológico presentan diversos tipos de vínculos con la realidad ambiental de la selva baja peruana. Por ejemplo, los suelos en selva baja son muy variados, reflejando el tipo de origen y la edad de los materiales sedimentarios en la región. Asimismo, las condiciones ecológicas varían espacialmente, y en consecuencia también los bosques y otros ecosistemas amazónicos presentan patrones muy particulares en la selva baja. Se reconoce que las unidades ambientales que serán identificadas en esta región deben ser reconocidas en varias escalas espaciales de aproximación, escala que implica cierto nivel de percepción en detalle del ambiente.

El conocimiento científico sobre estos temas es muy restringido actualmente, porque son insuficientes los estudios científicos que se han llevado a cabo en esta región. Como consecuencia de esta situación, la determinación de las unidades ambientales no puede sustentarse en una base muy sólida de conocimiento; más bien se debe considerar que las interpretaciones que se puede realizar actualmente son tentativas. No obstante el hecho de que consideramos como un reto práctico e importante el lograr la clasificación y mapeo de las unidades ambientales a escala macro, hay que desarrollar sin embargo las metodologías de tal forma que pueden ser utilizadas aún cuando no son fijas ni definitivas. Las metodologías a usar deben estar basadas en las tecnologías y pensamientos actuales, y deberían ser sustentados con una muy buena documentación de todos los temas con que se trabaja. Es indispensable presentar y almacenar las muestras y los datos originales del trabajo de campo y laboratorio para facilitar su análisis posterior según sea necesario.

En la identificación de las unidades ambientales, las principales fuentes de información a ser consideradas incluyen las imágenes de percepción remota, el trabajo de campo y laboratorio, un análisis de los mapas temáticos y otros documentos, y un buen conocimiento en general sobre los distintos campos de la ciencia relevantes al proceso. Tales requisitos se definen en las siguientes fases para el trabajo:

Fase 1: Planificación estratégica. La identificación de las unidades ambientales es un gran esfuerzo interdisciplinario y de colaboración, y consecuentemente es necesario planificarlo bien.

Fase 2: Formación y capacitación del grupo de trabajo. Se necesita formar un grupo de trabajo cuya capacidad se ajuste a las necesidades de este ejercicio; se necesitará además un grupo de expertos asociados al proceso. Para lograr los mejores resultados se considera importante comenzar el trabajo con un período de capacitación.

Fase 3: Colecta, evaluación y estudio de la información existente. Los esfuerzos de investigación que ya se han realizado en la Amazonía son pilares importantes de información en este trabajo, por lo que se debe identificar, coleccionar, evaluar, estudiar y sistematizar toda esta información.

Fase 4: Creación de las bases de datos temáticas y espaciales. Cada información que tiene relevancia para el trabajo debería ser registrada en las bases de datos, facilitando así un acceso sencillo y eficaz a estas fuentes de información y su análisis.

Fase 5: Análisis e interpretación. Para definir las unidades ambientales se necesitará concentrar la mejor capacidad intelectual posible, incluso involucrar especialistas auxiliares fuera del grupo principal de trabajo. Un tema importante en este proceso es construir todos los conocimientos relevantes en una base fija de información, que se puede sustentar con los datos e información disponibles. También es importante no confundir las observaciones con sus interpretaciones, ya que estas últimas serán basadas en un proceso analítico que debe considerar simultáneamente diversas fuentes independientes de información.

Fase 6: Presentación de productos. El resultado inmediato de este proceso es un mapa que presenta las macrounidades ambientales en la selva baja del Perú, basándose en el conocimiento científico sobre el tema según su disponibilidad en la fecha de su elaboración. También se considera como resultados del trabajo a las bases de datos temáticas y espaciales creadas sobre el tema, pues éstas facilitan el mejoramiento y re-análisis de los resultados. Muchos de estos registros pueden ser integrados en un sistema de información de libre acceso, particularmente SIAMAZONIA (Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana, www.siamazonia.org.pe). Como un tercer resultado, se producirá un plan para seguir actualizando las macrounidades ambientales, y para profundizar el nivel de conocimiento y ajustar las escalas consideradas en la zonificación más detallada (meso o micro).



EXECUTIVE SUMMARY

Land use planning through the use of the tool Ecological and Economic Zoning is an important task that the Research Institute of Peruvian Amazonia (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP) is currently implementing in the Amazonian region of Peru. The importance of land use planning as basis for sustainable development is acknowledged in Peruvian legislation. It is considered a national interest in the whole country, and should be used as the framework for all regional and sector plans and to promote private investment.

Taking into account the actual low level of knowledge on Amazonian ecosystems, land use planning is not considered to be a product but rather a process that will incorporate new knowledge as it is being generated. New and adequate methodologies should be used for land use planning. In this context, the identification of Amazonian environmental units is essential. These units are defined as relatively homogenous areas that combine biological and physical factors that act in a particular manner on those organisms that are part of the biota.

The present document analyses the scientific base for identifying these units in the lowland Amazonian rain forest in Peru. This work was conducted in the framework of the project Biological Diversity of Peruvian Amazonia, Phase I (1999-2002; Phase II is being implemented 2003-2007) which is a technical cooperation project between the governments of Peru and Finland, implemented by the Research Institute of Peruvian Amazonia (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP), as the national counterpart, and a Finnish consortium formed by the environmental consulting company, Biota BD Oy, and the University of Turku. The purpose here is to analyse some general scientific aspects, and especially those on Amazonia, in order to establish certain criteria that can be used to facilitate the identification and mapping of the said units in Peruvian Amazonia. Peruvian Amazonia is characterised to be environmentally dynamic and heterogeneous, as the Andean mountain range and its geological history affect the environmental reality in the lowland rain forest area. For example, the soils in lowland Amazonia vary greatly, reflecting the type of origin and age of the sediment materials in the region. Also, the ecological conditions vary spatially and in consequence forests and other Amazonian ecosystems present unique patterns in the lowland area. Environmental units identified in this area should be defined at different scales of detail.

Today, the scientific knowledge on these themes is not considered adequate, as there are not enough scientific data on them. Because of this situation, defining environmental units cannot be based on fixed knowledge; rather it should be acknowledged that the interpretations conducted with this insufficient knowledge are tentative at the most. What is now considered to be most important is to be able to identify and map environmental units at a macro scale. However, methodologies have to be developed in such a way that they work even under not fixed and undefined conditions. The methodologies used are to be based on actual technologies and ideas, and should be backed up by a good documentation of all the themes that are being worked on. It is important to present and to store samples and original field and laboratory data for any later analysis.

In the identification of environmental units the main information sources are remote sensing images, field and laboratory work, analysis of thematic maps and other documents, and a good basic understanding of science. Taking into account these requirements, the following stages of the work are defined:

Stage 1: Strategic planning. Identification of environmental units is a multidisciplinary and collaborative effort, and as such it should be planned well.

Stage 2: Capacity building of the team. It is necessary to form a team whose capacity is according to the task; also a group of other specialists are needed in the process. To reach the best results, the work should be started with capacity building.

Stage 3: Collection, evaluation and study of existing information. The already conducted studies in Amazonia are a basis for current work, so all this information should be collected, evaluated, studied and systematised.

Stage 4: Creation of thematic and spatial databases. All the relevant information should be registered in databases in order to facilitate an easy and efficient access to this information and to its analysis.

Stage 5: Analysis and interpretation. To identify environmental units it is necessary to count on the best intellectual capacity, including outside experts. All the information and knowledge should be put together and be backed up by real data and information. It is important not to mix interpretation with observations, as interpretations are formed on information using many different independent information sources.

Stage 6: Presentation of products. The immediate result of this process is a map that presents environmental units in lowland Peruvian Amazonia based on information available up to date. Also, the thematic and spatial databases created are considered as results of the work, as these make possible to better and reanalyse the result. Many of the registers can be integrated to an information system of free access, especially to SIAMAZONIA (Biodiversity and Environmental Information System of Peruvian Amazonia, www.siamazonia.org.pe). As a third type of result, a plan to update the environmental units and to improve the current knowledge base is developed and scales of detail defined.



INTRODUCCIÓN

Para utilizar, manejar y conservar la diversidad biológica amazónica de una manera sostenible como dictan los intereses socioeconómicos, las leyes nacionales y diversos convenios internacionales, hay que saber cómo están distribuidas geográficamente las especies de plantas y animales. En tal sentido, es necesario responder a ciertas preguntas claves: ¿Dónde están las áreas con mayor densidad de especies o las especies endémicas que no se registran en ninguna otra parte del mundo? ¿Cuánta intervención humana pueden sostener los diferentes ecosistemas de la región? ¿Dónde se encuentran las especies o los hábitats de importancia económica?

En el caso de la Amazonía Peruana el nivel básico del conocimiento sobre estos temas es claramente inadecuado para los fines de planificación de conservación y uso sostenible. Diversos estudios sobre la clasificación existente de los bosques amazónicos que reportan unos diez tipos diferentes son demasiado generales. En efecto, parece que la cantidad real de distintos tipos del bosque, por su propia dinámica, estructura y composición de especies, sobrepasa los cien (Tuomisto et al. 1995, Shepard et al.).

Mucho de dicha diversidad se atribuye a la complejidad y dinámica ambiental que caracterizan a la Amazonía Peruana. Particularmente los factores geológicos, geomorfológicos, pedológicos (estudio de suelo) y climatológicos son muy complejos en diversos niveles de detalle espacial y además han sido muy variables durante la historia de desarrollo de la región (hace miles y millones de años atrás). Así, la distribución actual de los diferentes tipos de ecosistemas amazónicos refleja la contribución de los factores históricos como características del ambiente actual en la región (ver, por ejemplo, artículos en Kalliola et al. 1993a). Un buen entendimiento de la dinámica, distribución y sostenibilidad de estos ecosistemas simplemente requiere atender bien los factores ambientales.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en el marco del Convenio Perú-Finlandia, Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana (BIODAMAZ), está desarrollando nuevas metodologías para responder lo más rápidamente posible a la demanda de información sobre la distribución de los factores ambientales y de las especies de flora y fauna en la Amazonía Peruana, de cara a las presiones cada vez más fuertes y aceleradas para su uso. Para lograr este objetivo se utilizan por ejemplo imágenes de satélite que tienen la ventaja de dar información espectral de la cobertura terrestre de toda la región, así como se desarrollan nuevas metodologías utilizando especies indicadores para documentar los patrones generales de distribución de especies en el campo.

En este sentido, es particularmente importante fortalecer la base científica del proceso de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) que el IIAP viene promoviendo en la Amazonía. Esta tarea es fundamental para un adecuado proceso de ordenamiento territorial del país. Sin embargo, reconociendo el bajo nivel de conocimiento científico de la región, la ZEE debe ser considerada como un proceso, donde nueva información generada por la investigación debe ser incorporada en su oportunidad. Por eso es importante que la investigación se base en metodologías y teorías de la ciencia actuales, precisas y adecuadas. Asimismo, es importante reconocer los vacíos de información, con el propósito de priorizar los estudios sobre ellos, y entender bien qué tipo de complicaciones pueden causar ellos durante el proceso.

Dentro del proceso de ZEE, la determinación de Unidades Ambientales (UA), denominado como Unidades Ecológicas en la metodología de ZEE del Tratado de Cooperación Amazónica (TCA 1996) y Rodríguez (1998), es un aspecto muy importante. Definimos una Unidad Ambiental como un espacio geográfico relativamente homogéneo, donde se combinan los factores físicos y biológicos para actuar de una manera particular sobre los organismos que componen la biota. Las UA pueden ser reconocidas en varias escalas espaciales de aproximación. Cada escala implica cierto nivel de percepción de detalle del ambiente. Una unidad ambiental, en los niveles superiores, en la práctica está constituida por un mosaico biofísico de unidades ambientales de nivel inferior, pero por sus características generales es diferente a otras unidades vecinas.

En tal sentido, la zonificación en la Amazonía debe identificar unidades relativamente homogéneas desde el punto de vista geográfico, físico y biológico, juntos con los aspectos sociales y económicos, con el propósito de facilitar su posterior evaluación para diferentes alternativas de uso sostenible del territorio y de sus recursos naturales. A estas unidades relativamente homogéneas se les denominan Unidades Ecológicas Económicas (UEE).

El objetivo de la presente publicación es presentar el proceso de análisis conceptual y metodológico para determinar e identificar unidades ambientales en la región de la selva baja del Perú. La publicación tiene tres grandes bloques temáticos: marco teórico que es un resumen del conocimiento científico, relevante al propósito (Capítulo II); marco metodológico que comprende un análisis de las fuentes de información y las metodologías por utilizar (Capítulo III); y discusión que proporciona algunos pensamientos tanto sobre la realidad ambiental en la Amazonía como las posibilidades realistas de distinguir unidades ambientales “naturales” en ella (Capítulo IV). Al final, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

Este documento ha sido elaborado en el marco del proyecto BIODAMAZ, Perú-Finlandia, en su Fase I. Dicho proyecto de cooperación técnica tiene su origen en un convenio entre los gobiernos del Perú y de Finlandia cuya ejecución en su Fase I tuvo lugar del 1999 al 2002; la Fase II se encuentra en ejecución actualmente (2003-2007). El objetivo general del proyecto en la Fase I fue la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica amazónica y su propósito fue brindar instrumentos de gestión y metodologías de investigación para el manejo sostenible de la diversidad biológica de la Amazonía Peruana. A través de estas acciones el proyecto últimamente aspiró a asistir al desarrollo socioeconómico sostenible de la Amazonía Peruana. El objetivo incluyó apoyar al país en el desarrollo de herramientas de gestión ambiental, por ejemplo, a través de la elaboración de una estrategia para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica de la región amazónica; el desarrollo de metodologías de investigación y evaluación de la diversidad biológica de la Amazonía Peruana, con el objetivo de contribuir a mejorar su conocimiento y uso en los procesos de planificación; y el fortalecimiento de capacidades y de colaboración y comunicación interinstitucional e intersectorial en este campo. La contraparte nacional del proyecto BIODAMAZ es el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). La contraparte finlandesa en la ejecución del proyecto es un consorcio formado por la empresa finlandesa de consultorías ambientales, Biota BD Oy, y la Universidad de Turku. La Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) ha colaborado en numerosas formas durante la ejecución del Proyecto.

Además de los investigadores de las instituciones ejecutoras y colaboradoras, diversos especialistas han proporcionado información valiosa para el presente documento o han presentado pensamientos que hemos incluido en el mismo. Agradecemos a todas aquellas personas por su importante contribución. Esperamos que esta publicación contribuya con la base científica del conocimiento ambiental de la Amazonía, lo cual es un propósito reconocido en la Estrategia Regional de la Diversidad Biológica Amazónica (ERDBA; BIODAMAZ 2001a) y en la Estrategia Nacional sobre la Diversidad Biológica del Perú (ENDB; ENDB 2001) del cual la ERDBA forma parte. Al mismo tiempo, mucha de la información aquí expuesta presenta un vínculo cercano al Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana (SIAMAZONIA) cuya página web se encuentra en la dirección www.siamazonia.org.pe.



Marco teórico

1. FACTORES AMBIENTALES Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA

El tema central de la teoría darwinista sobre la evolución menciona que en la naturaleza la selección natural opera en beneficio de los organismos que mejor se adaptan a las condiciones ambientales. Cada especie necesita determinadas condiciones ambientales para poder crecer y reproducirse. Si nosotros encontramos una planta o un animal en una determinada zona, es porque existen ciertas condiciones adecuadas, tanto físicas (temperatura, luz, humedad, nutrientes, entre otros) como biológicas (existencia de otras especies que sirven de alimento, de sustratos para reproducirse o para evitar depredadores, competencia por alimento o espacio, entre otros). En tal sentido, la distribución de cada especie está determinada por sus límites de tolerancia a las variaciones de cada uno de estos factores ambientales y biológicos.

Sin embargo, si lo analizamos al nivel global, no todas las plantas y animales viven en todas las regiones del mundo donde existen condiciones ambientales adecuadas para que se desarrollen. Existen factores históricos (que tienen su base en la historia evolutiva de cada especie y cada ecosistema) que determinan también la composición de especies de una comunidad biológica particular. Por ejemplo, en África encontramos a los elefantes y leones, que no se presentan en Brasil pese a tener casi similares condiciones ambientales en ciertas regiones. Hasta especies parecidas al elefante, los mastodontes, ocurrieron en América del Sur, pero estos ya se extinguieron hace miles de años. Estos ejemplos ilustran que es importante considerar los factores históricos para poder interpretar los patrones de distribución de especies individuales, o para entender el desarrollo de las asociaciones de especies en diferentes lugares.

Cada especie vegetal o animal se ha originado una sola vez y en un área determinada. A partir de este centro de origen, la especie se difunde gradualmente hasta que es frenada por un obstáculo físico, tal como un océano o una cadena montañosa, o por condiciones ambientales desfavorables, como el clima, ausencia de alimentos o hábitat adecuado, o presencia de otras especies que compiten por el mismo espacio o alimento (Brown 1984, Brown *et al.* 1995, Hubbell 2001). Así mismo, el hombre tiene una influencia muy grande en la distribución de algunas especies, ya sea por la explotación irracional de las mismas, por destrucción de su hábitat, o por la introducción de ciertas especies en lugares donde originalmente no ocurren.

Para comprender los patrones de distribución de especies en el espacio geográfico, es necesario conocer las propiedades generales que caracterizan, estructural y funcionalmente a un paisaje. Estas propiedades pueden ser clasificadas en diferentes maneras, por ejemplo según la clasificación de Gonzales-Bernaldez (1981, citado por Etter 1990):

La propiedad equipotencial: Esta propiedad se origina en las variaciones latitudinales y altitudinales, que determinan las condiciones climáticas generales y que a su vez generan las características de zonalidad. Las variaciones latitudinales dependen de la rotación y translación de la Tierra y tienen dimensiones planetarias; las variaciones altitudinales se originan en las barreras orográficas que pueden acentuar o contrarrestar los patrones latitudinales.

La propiedad vectorial: Esta propiedad es la que define en forma general las toposecuencias o asociaciones de relieve de las diferentes geoformas, las cuales determinan comportamientos o patrones repetitivos predecibles. Esto se asimila al concepto de catena que lleva implícitos patrones asociativos de topografía, suelos, vegetación y uso. Esta propiedad está directamente ligada al tipo de sustrato y a su génesis (clima, litología, edad, geomorfología, hidrología, entre otros).

La propiedad celular: Es la propiedad que por lo general crea los límites de tipo más abrupto en el paisaje. Esta propiedad se origina en las discontinuidades de los patrones de distribución del sustrato (litología, hidrología, suelos) debidos a intrusiones, deposiciones, drenaje, entre otros. Estos determinan las características de azonalidad e intrazonalidad. Otros factores que generan patrones de discretividad espacial son las actividades humanas por medio de las quemas, mecanización y fertilización recurrentes.

Patrones de distribución de individuos de especies

Cuando consideramos la posible contribución de los factores ambientales a la distribución de individuos de una determinada especie, es útil evaluar la distribución de sus individuos en el espacio (Figura 1). La distribución **regular** es muy rara en la naturaleza y si ocurre, debe existir un mecanismo particular que determine la posición de cada individuo de, por ejemplo, árboles en el bosque. Por otro lado, este patrón es muy característico en los ecosistemas creados y manejados por el hombre. La distribución **irregular**, por su parte, es un patrón muy común en la naturaleza y caracteriza, por ejemplo, a las poblaciones de árboles en un bosque diverso en la Amazonía. Allí, los individuos pueden tener, en promedio, un cierto distanciamiento entre sí sin embargo diversos procesos estocásticos (al azar) determinan, cada vez, el posicionamiento exacto de los individuos. Finalmente, un patrón **agrupado** de los individuos nos puede sugerir que el área de interés no es homogénea para la especie, sino presenta, posiblemente, diferentes tipos de hábitat. Una distribución agrupada de individuos puede también nacer en un ambiente homogéneo si las especies tienen dispersión limitada. Estos ejemplos muestran que por levantar datos sobre la distribución de los individuos de una especie en el campo, uno llega a considerar distintos temas ecológicos y ambientales para entender los patrones observados.

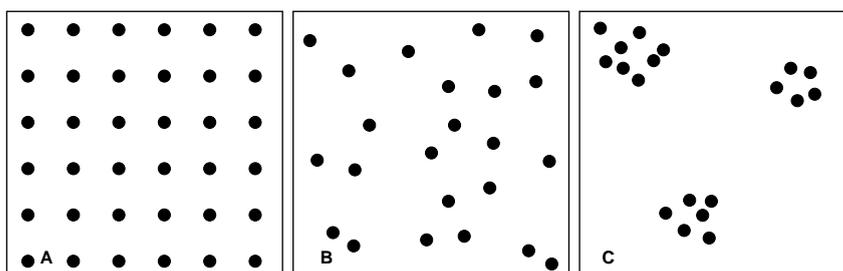


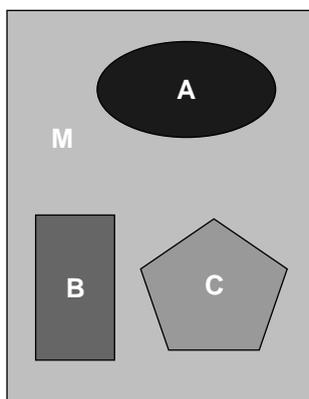
Figura 1. Patrones de distribución de individuos en el espacio. A. Regular. B. Irregular. C.

Patrones de diversidad de especies

Con la expresión "patrones de diversidad" se llama atención a la presencia de diferentes tipos de hábitats en la naturaleza y su contribución al número de especies. Para ilustrar el tema, se presenta la distinción de tres componentes espaciales de la diversidad biológica (Figura 2): la diversidad dentro de un hábitat (diversidad a), la diversidad entre hábitats diferentes (b), y la diversidad entre regiones diferentes (g). En la Amazonía, la mayoría de los bosques presentan alta diversidad a, la presencia de diferentes tipos de bosque en las mismas regiones contribuye a la diversidad b, y las diferencias en la composición florística entre Loreto y Madre de Dios, por ejemplo, es una reflexión de la diversidad g. El número total de especies en la Amazonía es la suma de todas las especies en la región y es mayor que el número de especies en cualquier de sus sub-regiones.

Área de estudio

Lista de especies



Habitat	M	A	C	B	Encontrado en hábitats
Especies 1		X		X	2
Especies 2	X	X	X	X	4
Especies 3	X		X		2
Especies 4	X		X	X	3
Especies 5			X	X	2
Número de especies (Div.)	3	2	4	4	5

Figura 2. Componentes de la diversidad biológica en el contexto espacial. El área de estudio tiene cuatro tipos de hábitat, el hábitat predominante (matriz, M) y tres manchas pequeñas con sus características particulares (A, B, C). La lista de especies indica las asociaciones de especies encontradas en cada hábitat, sus números de especies variando entre 2 y 4 (componente a de la diversidad biológica). Considerando el número de especies en todo el área de estudio (cinco especies), se incluye allí la contribución de los distintos tipos de hábitat en la misma región (componente b). Si pensamos que se estudiará un mismo tipo de área en alguna otra región, podríamos hallar algunas especies que no se encuentran presente aquí, así contribuyendo a la diversidad biológica a nivel de diferentes regiones (componente g).

Figura 2. Componentes de la diversidad biológica en el contexto espacial. El área de estudio tiene cuatro tipos de hábitat, el hábitat predominante (matriz, M) y tres manchas pequeñas con sus características particulares (A, B, C). La lista de especies indica las asociaciones de especies encontradas en cada hábitat, sus números de especies variando entre 2 y 4 (componente a de la diversidad biológica). Considerando el número de especies en todo el área de estudio (cinco especies), se incluye allí la contribución de los distintos tipos de hábitat en la misma región (componente b). Si pensamos que se estudiará un mismo tipo de área en alguna otra región, podríamos hallar algunas especies que no se encuentran presente aquí, así contribuyendo a la diversidad biológica a nivel de diferentes regiones (componente g).

Estudiando la diversidad biológica en el campo, se puede muestrear las especies en parcelas de tamaño diferente (Figura 3). En el inicio, cada aumento en el tamaño de la parcela aumentará el número de especies en el muestreo, hasta cuando el muestreo sea suficientemente grande para capturar, una vez, la mayoría de las especies del hábitat (diversidad a). Después de esta saturación, aumentando el tamaño de la parcela no producirá significativamente nuevas especies, hasta cuando la parcela muestre partes de un otro tipo de hábitat que contribuirá al muestreo con aquellas especies que son asociadas con el mismo (componente b de la diversidad biológica). En la curva que presenta la relación entre el área del muestreo y número de especies, la contribución del nuevo hábitat en el número de especies se nota claramente.

Los bosques tropicales presentan el mayor número de diferentes especies de plantas y animales entre los ecosistemas terrestres. Esto implica que la diversidad a es muy elevada en estos ecosistemas, sin embargo también los componentes b y g de la diversidad biológica cumplen un papel importante. En particular, Gentry & Ortiz (1993) manifiestan que las áreas con la máxima diversidad de plantas en las selvas peruanas se dan en las tierras bajas con suelos relativamente ricos a intermedios, alta precipitación anual y/o poco estrés de estación seca, y complejos de diferentes substratos.

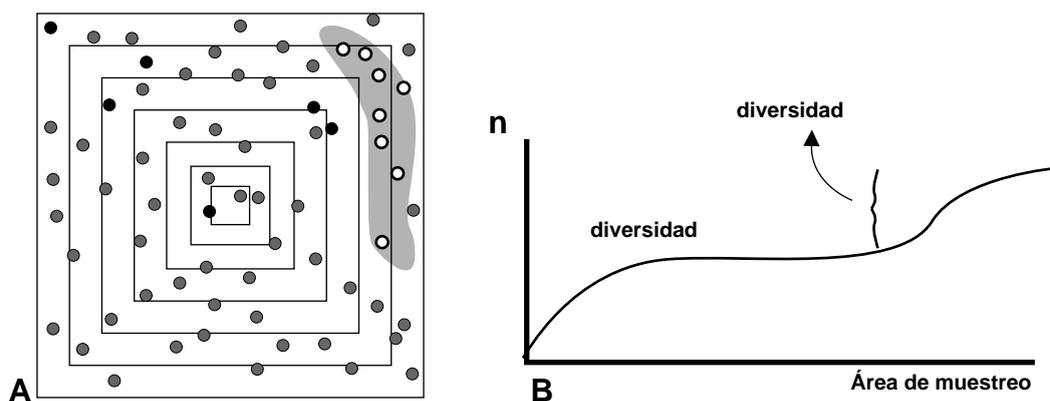


Figura 3. Relación entre el área del muestreo con el número de especies muestreadas. **A.** Área por muestrear, los puntos presentan diferentes especies, las cuadrículas son parcelas de diferentes tamaños y el área gris presenta un otro tipo de hábitat, por ejemplo depresión con mal drenaje. **B.** Curva mostrando la relación entre el tamaño de la parcela y el número de especies encontrado en las mismas. Parcelas pequeñas solo muestran especies de un hábitat (diversidad a) pero en parcelas grandes también se incluye partes de otro hábitat así contribuyendo al número total de especies (componente b de la diversidad biológica).

Ecología de paisaje

Cualquier paisaje se caracteriza por diferentes hábitats y especies asociadas con los mismos, ligera o estrictamente. Considerando la distribución espacial de estos hábitats, o elementos en el paisaje, se puede encontrar tres tipos básicos de ellos (Forman & Gordon 1986):

Elementos tipo parche (mancha), los cuales se definen como superficie no lineal de tamaño variable que difiere fisionómicamente de sus alrededores, el que posee un grado de homogeneidad interno. Los parches varían de acuerdo con su tamaño, forma, tipo, heterogeneidad y sus características de borde. Estas características tienen un efecto marcado sobre la diversidad biológica.

Elementos tipo corredor, los cuales presentan una franja angosta y alargada y dirección variada que atraviesa una matriz y difiere de ella. Las propiedades generales de los corredores en un paisaje son de unir o también separar elementos dentro de una matriz geográfica. Consecuentemente, un corredor puede permitir el flujo de materia, especies y energía a través del paisaje.

Elementos tipo matriz, los cuales son los elementos del paisaje que ocupa la mayor área relativa. En general podemos encontrar desde paisajes donde domina claramente un elemento matricial con unos pocos parches y corredores diseminados, hasta aquellos compuestos casi enteramente por parches formando un mosaico muy complejo.

La distribución y la forma de los diferentes elementos del paisaje presentan aspectos muy importantes por considerar en los estudios sobre la diversidad biológica y ambiental, en la planificación del uso de la tierra y en la biología de conservación. Como lo característico de la intervención humana, los ecosistemas naturales disminuyen cuando avanza el uso de las tierras por el hombre. En el llano amazónico, la matriz originalmente formada por los bosques tropicales típicamente se convierte en un paisaje agropecuario, causando que algunas partes del bosque original quedan como corredores o parches dentro de un área no boscosa (Figura 4).

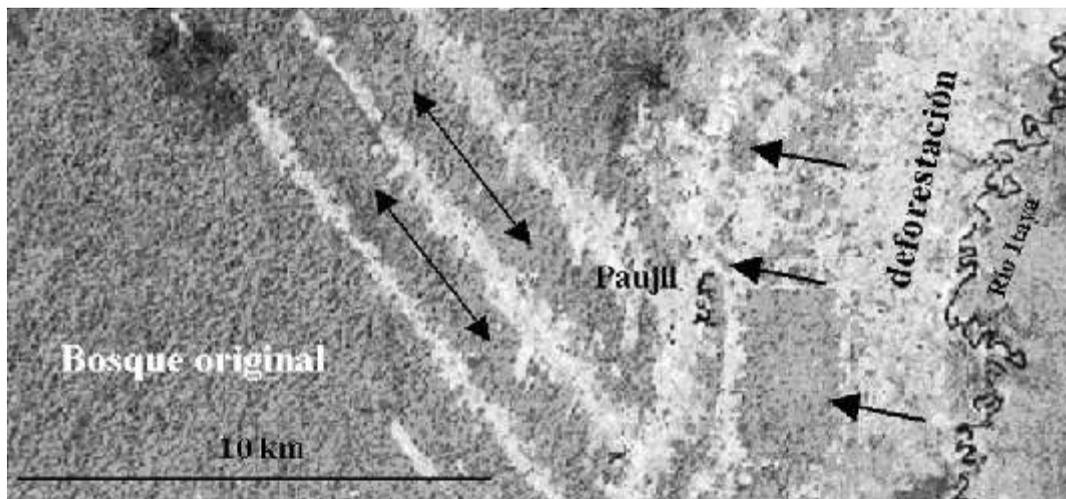


Figura 4. Fragmentación del bosque por deforestación en la zona de Paujil por la carretera Iquitos-Nauta. En la imagen de satélite, el bosque primario aparece gris-verde y las áreas deforestadas presentan tonalidades claras. Las flechas indican algunos parches y corredores remanentes del bosque primario dentro de las áreas deforestadas.

Estos cambios en la cobertura vegetal conduce a la fragmentación de los bosques. La fragmentación es definida como la división de un hábitat continuo en pedazos más pequeños y aislados, cuyo resultado es la reducción del área total de hábitat (pérdida de hábitat), la reducción del tamaño de los parches de hábitat y el aumento en el aislamiento; los nuevos hábitat creados se vuelven barreras para unas especies y corredores para otras (Ecotono 1996).

La fragmentación de un ecosistema por factores externos puede resultar en varios tipos de consecuencias ecológicas que, por su parte, pueden drásticamente cambiar las características del parche remanente (Figura 5). Por ejemplo, aunque en su estado inicial un fragmento de bosque tropical puede presentar casi todas las especies del bosque original, con el tiempo muchos de ellos van desapareciendo por no tener poblaciones viables en los parches reliquias. Además los diversos efectos de borde cerca de las márgenes del fragmento el microclima es diferente, hay influencia por especies del otro ambiente (paisaje deforestado), y solo en un lado hay ecosistemas boscosos pueden causar problemas adicionales a las poblaciones de plantas y animales que viven en el fragmento. Muchas veces, se desarrolla una zona marginal en el fragmento, dónde las especies del ecosistema original están forzadas a ceder paso a aquellas especializadas a vivir en condiciones del borde.

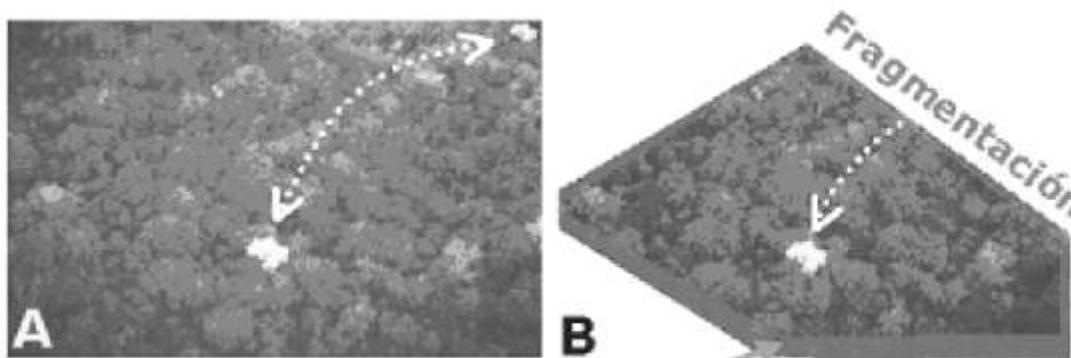
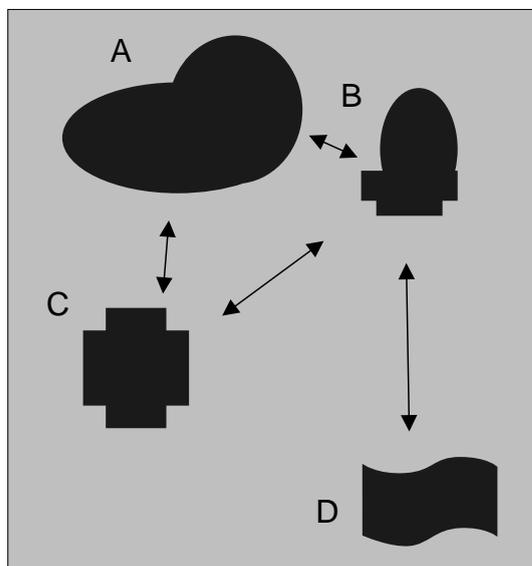


Figura 5. Consecuencias ecológicas de fragmentación causada por deforestación. **A.** En un bosque tropical con alta nivel de diversidad a, los individuos de diferentes especies de árboles ocurren en forma aislada. Sin embargo los animales, por ejemplo aves, pueden actuar como vectores de polinización entre diferentes individuos. **B.** Como resultado de fragmentación, en un bosque deforestado, las poblaciones del ecosistema original ya no sostienen la dinámica poblacional natural de las especies, y así disminuirá, con tiempo, su viabilidad en los fragmentos. Además las márgenes del fragmento sufren el fenómeno de borde (faja indicada por la flecha).

Otro aspecto ecológico en el nivel del paisaje, y en la misma vez un ejemplo de la amplia selección de teorías que deben ser consideradas en los estudios sobre la diversidad biológica, es lo llamado dinámica de metapoblaciones (Gilpin & Hanski 1991). La idea principal es muy sencillo: si consideramos un paisaje que presenta diversas manchas (parches) de algún tipo particular de hábitat, ocupadas por una especie que está especializada al mismo, cada mancha tiene su población local de esta especie. Con el tiempo, puede ocurrir fluctuaciones en el número de individuos en cada población local, hasta que puede sufrir una extinción local por un factor particular, por ejemplo enfermedad (Figura 6). Sin embargo, la presencia de otras manchas en la región con poblaciones viables de la misma especie, hace posible que la mancha puede ser nuevamente colonizada por la misma. El conjunto de las poblaciones locales que pueden interactuar de esta manera se denomina como "metapoblación". Un aspecto central en la teoría de las metapoblaciones es que cada subpoblación local tiene su dinámica propia.

Paisaje con cuatro manchas de hábitat



Poblaciones locales

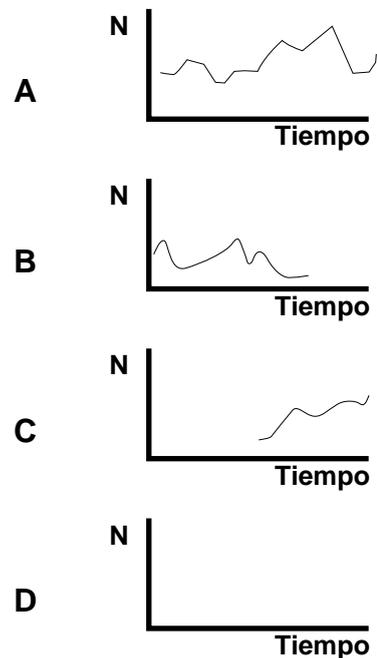


Figura 6. Dinámica de metapoblaciones. Dentro del paisaje de estudio, se encuentran cuatro ocurrencias de un hábitat preferido por una especie de interés, cuyas poblaciones locales se han monitoreado. En la mancha A, la especie siempre ha sido presente, mientras en la mancha B se ha extinguido localmente. En la mancha C, la especie se ha aparecido durante el período de monitoreo y en la D, nunca se ha registrado esta especie. Juntas, las poblaciones locales forman una llamada metapoblación, que implica que existe intercambio de individuos entre las poblaciones locales. Según esta teoría, la viabilidad consistente de una metapoblación es mucho mayor que de una población local.

La teoría sobre la dinámica de metapoblaciones presenta diversas implicaciones muy sencillas. Por ejemplo, considerando un archipiélago de manchas (parches) de varillales y chamizales que ocurre en las cercanías de Iquitos (Figura 7), el valor de su conservación puede ser evaluado a la luz de esta teoría. Estas manchas presentan especies de plantas y animales cuya distribución está estrictamente asociada con este tipo de hábitat. Para conservar este grupo de especies especializadas, es importante que la conservación incorpore muchas de estas manchas (como es el caso en la Zona Reservada Allpahuayo-Mishana en las cercanías de la ciudad de Iquitos), en vez de solamente algunas, para que las metapoblaciones de estas especies puedan sobrevivir y así el riesgo de su extinción disminuirá. Para mantener una metapoblación viable es esencial mantener el intercambio de individuos entre los parches (migración entre parches) y evitar fragmentación del bosque.

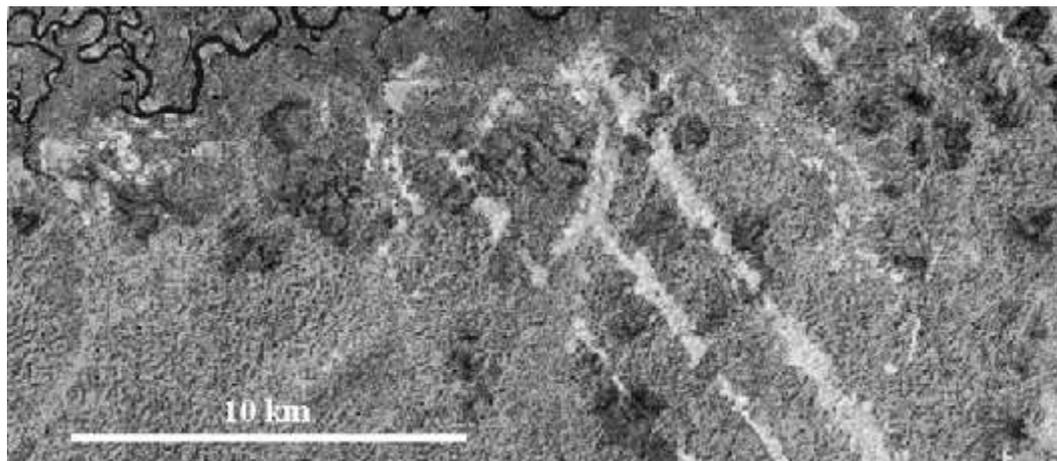


Figura 7. Archipiélago de parches de vegetación especial (varillales, chamizales) en la Zona Reservada Allpahuayo-Mishana (manchas oscuras). Es obvio que las temas tratados en la teoría de dinámica de metapoblaciones es relevante aquí, porque está presente un archipiélago de parches aislados, ocupados por plantas y animales asociados con los mismos.

Diversidad ambiental en el Perú

La diversidad ambiental y su contribución a las especies se pueden observar con claridad al nivel de todo el Perú, donde existen ambientes muy contrastantes a pesar de tener aproximadamente la misma latitud. Por ejemplo, la zona desértica de Piura presenta una formación vegetal, constituida por algarrobos, la cual alberga una pobre diversidad de animales, mientras en la selva baja la diversidad biológica en los bosques húmedos tropicales alcanza su máxima expresión. El patrón de ecosistemas y especies es totalmente diferente entre ambos ambientes y el factor causante es, principalmente, el clima. Sobre el particular, Tricart (1977), en el marco de su teoría sobre la ecodinámica, manifiesta que la dinámica del medio ambiente de los ecosistemas (léase morfodinámica) es muy importante en la dinámica de la propia biocenosis, pues la morfodinámica depende del clima, topografía y del material rocoso.

En la Amazonía, aparentemente un espacio relativamente homogéneo, también existe una variabilidad ambiental muy grande, aunque no tan contrastante como en el ejemplo anterior. Muchas de las variaciones ambientales en la Amazonía reflejan la contribución de factores climáticos, geológicos, pedológicos e hidrológicos. Los ecosistemas inundables, por ejemplo, albergan especies diferentes de los ecosistemas de tierra firme o de altura, aunque algunas especies comparten ambos ambientes. Por ejemplo, las orillas de los ríos amazónicos típicamente presentan bosques sucesionales jóvenes, caracterizados por asociaciones muy particulares de especies (Encarnación 1985, Kalliola *et al.* 1992, Puhakka *et al.* 1993). Generalmente los bosques de tierra firme parecen ser más ricos en especies que los bosques inundables (Campbell *et al.* 1986, Gentry 1986, Balslev *et al.* 1987, Dumont *et al.* 1990).

En cada uno de los diferentes tipos de paisaje amazónico, así mismo como en cada región amazónica, a una escala más detallada, se puede apreciar una significativa variabilidad ambiental (ver por ejemplo artículos en Kalliola & Flores Paitán 1998). Sobre el particular, Tuomisto *et al.* (1995) manifiestan que estudios recientes en los bosques amazónicos están empezando a demostrar mucha más variación ambiental que lo conocido anteriormente, y que la distribución de las plantas parece corresponder a esta variación, al igual que en otras partes del mundo. Por esta razón, el conocimiento de los patrones y procesos ambientales en la Amazonía es importante para el entendimiento de la diversidad biológica en la región.

Recientes estudios, por ejemplo aquellos realizados en la zona de Iquitos (Ruokolainen & Tuomisto 1998), reportan que la composición florística varía según los factores geográficos y ambientales. También otros investigadores han obtenido resultados parecidos sobre el control ambiental de la composición de especies de plantas (Gentry & Ortiz 1993, Gentry 1981, 1988, Poulsen & Tuomisto 1996), aunque si existen diferentes opiniones de la fuerza de este control (Duivenvoorden 1995) y además algunos autores no consideran que el control ambiental sea muy relevante en la Amazonía (Condit 1996, Pitman *et al.* 1999, 2001). El control ambiental sobre la diversidad de los árboles amazónicos parece ser menor que sobre la composición de especies (Clinebell *et al.* 1995). Adicionalmente, es necesario mencionar que los factores físicos, junto con la vegetación, determinan por lo menos parcialmente las especies de animales presentes. Whitney & Álvarez (1998) reportan una especie nueva de aves que se distribuye sólo en suelos pobres, especialmente en arenas blancas.

Teniendo en consideración lo señalado en los párrafos anteriores, parece evidente que las condiciones ambientales contribuyen a los patrones de la diversidad biológica tanto en general como particularmente en la Amazonía. Siendo así, es indispensable en los estudios sobre los ecosistemas amazónicos siempre considerar profundamente las influencias de los factores ambientales, tanto presentes como históricos. Además, es importante recalcar que las teorías generales de ecología, por ejemplo aquellas que pretenden entender migraciones de las especies, su dinámica metapoblacional, o influencias de fragmentación, deben ser consideradas, según su aplicabilidad, en cualquier investigación sobre los ecosistemas amazónicos.

2. CLASIFICACIÓN DEL AMBIENTE NATURAL

El ambiente natural se caracteriza por patrones y gradaciones ambientales que ocurren en diferentes combinaciones y pueden presentar diversos aspectos geográficos. Históricamente, los mismos aspectos pueden haber presentado otras características y patrones, y así cada localidad muestra su propia combinación de eventos históricos y condiciones ambientales actuales. A raíz de que los ecosistemas naturales y su distribución reflejan esta realidad, a los científicos siempre les interesa conocer los factores y procesos ambientales tanto presentes como históricos en sus estudios sobre alguna área y tema de interés para entender mejor la realidad existente.

Clasificación y bordes

Característicamente, los límites entre los diferentes tipos de ambiente y vegetación presentan propiedades diferentes. Algunos bordes son fáciles para distinguir tanto en el campo como en las imágenes de percepción remota, mientras algunos otros no pueden determinarse claramente. El caso de un cuerpo de agua y un bosque en su orilla es un ejemplo de un límite escarpado entre dos tipos de ambiente. En ecosistemas terrestres, los límites entre los diferentes tipos de ambiente o vegetación típicamente no son tan claros, y por lo tanto no pueden ser definidos objetivamente.

Para clasificar ecosistemas en estas condiciones, existen diversos criterios que uno puede aplicar. Por lo tanto, es importante entender que las diferentes clasificaciones pueden producir resultados muy distintos. Por ejemplo, si consideramos dos tipos de bosques, uno caracterizado por la especie A y otro por la especie B, probablemente también existen bosques intermedios con presencia de ambas especies. En estas condiciones es posible aplicar varios criterios para clasificar y cartografiar los bosques en alguna región con base en estas especies, por ejemplo, definiendo dos (bosques dominados por A o B) o tres (bosques A, B e intermedio) tipos del bosque. Aplicando diferentes metodologías para producir mapas forestales de la misma región, el resultado puede ser muy diferente.

Consecuencia de estas circunstancias, muchas veces los diferentes sistemas de clasificación vegetal y ambiental reflejan las costumbres locales, regionales o nacionales. Por eso, un ecosistema con iguales características ambientales y biológicas puede tener nombres diferentes en países vecinos. También los criterios considerados en la clasificación pueden variar considerablemente de un país a otro, así contribuyendo a la complejidad de diferentes nomenclaturas aplicadas para clasificar la naturaleza. Un ejemplo concreto de este tipo de temática es la frontera internacional amazónica donde los mapas temáticos producidos por los diferentes países cada uno reflejando las tradiciones nacionales de clasificación muchas veces no coinciden en la frontera.

Ningún sistema de clasificación ambiental o de ecosistemas es completamente "natural", sin embargo aquellos que utilizan una cierta lógica y orientación científica son los que mejor sirven a la necesidad de definir nombres y clases para las diferentes entidades de la naturaleza. Los criterios por considerar en cada clasificación deben ser concertados y aplicados de una manera racional. En muchas partes del mundo se ha visto conveniente establecer un sistema jerárquico para manejar información de las diferentes clases de ambientes y ecosistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de la nomenclatura y jerarquía de algunos sistemas de clasificación de ecosistemas.

Australia	Gran Bretaña	Canadá	Rusia	Estados Unidos
Land system	Land zone	Ecoregion	Zone	Domain
Land unit	Land region	Ecodistrict	Province	Division
Land type	Land district	Ecosection	Landscape	Province
Site	Land system	Ecosite	Urochishcha	Section
	Land type	Ecoelement	Facia	District
	Land phase			Landtype association
				Landtype
				Landtype phase
				Site

Modificado de : *Bailey 1996.*

Clasificación del ambiente amazónico

Los primeros esfuerzos de clasificación y cartografía ambiental en la Amazonía hicieron los misionarios y naturalistas. Esos mapas presentaban solamente algunas características muy generales del paisaje y su mayor interés se concentró en áreas cerca de los ríos. Los mapas amazónicos quedaron muy superficiales en su naturaleza hasta la introducción de las nuevas tecnologías de percepción remota, particularmente las fotos aéreas y las imágenes de radar y satelitales durante el siglo 20. Particularmente en estas imágenes, se observan características de la vegetación y del relieve. La disponibilidad de estas imágenes hizo posible el mapeo de los bosques tropicales según ambas características, y así en muchas partes de la Amazonía se adoptaron como base para la clasificación forestal tanto la cobertura vegetal como temas sobre la geomorfología, por ejemplo el tipo de colinas (Malleux 1971). Actualmente, la mayoría de los mapas temáticos disponibles sobre la Amazonía ha sido producida por agencias de investigación y planificación nacionales que han aplicado distintos criterios de clasificación, por ejemplo de biología, geomorfología y clima (por ejemplo RADAMBRASIL 1980, CUMAT 1985, ONERN 1986, INRENA 1994, 1995a, 1995b, 1996a).

La Tabla 2 presenta algunas propuestas generales de clasificar el ambiente amazónico en el Perú, utilizando diversos criterios, dentro de las cuales se proponen unidades biológicas o físicas para la región. Estas clasificaciones, a menudo consideran influencias del clima, elevación, tipo del relieve, geología, hidrología y tipo de la cobertura vegetal. Por lo tanto, todas estas son derivadas de un rango de diferente información original siendo así productos sintéticos en su naturaleza.

Puesto que el conocimiento actual de la vegetación amazónica todavía queda muy limitado, el rango de diferentes tipos del ambiente y vegetación en la región se desconoce. Por lo tanto, es difícil definir los criterios de clasificación de los mismos. Como ejemplo de una clasificación más detallada a escala local, Encarnación (1993) reporta formaciones vegetales en Loreto, correlacionándolas con los nombres comunes de las mismas, por ejemplo "supaichacra", "chamizal", "varillal", "yarinal", "bosques de restinga", "pungal" y "aguajal", entre otros. Prácticamente todas estas formaciones aparecen muy distintas en el campo y están claramente relacionadas con las características de los suelos, inundación y drenaje. Más reciente, Tuomisto *et al.* (1995) reportan la presencia de numerosos otros tipos de vegetación en el llano amazónico según las imágenes de satélite, y Shepard *et al.* documentaron 69 hábitat definidos por características vegetales y 29 por características ambientales, que son reconocidos por los Matsigenka en el Parque Nacional Manu.

Siendo que el avance científico sobre los temas ambientales en la Amazonía, ha presentado un gran progreso durante los últimos años, consideramos que un sistema de clasificación que pueda reflejar estos logros está en demanda. Actualmente no se encuentra ningún sistema de clasificación que pueda cumplir este requisito sin mayores necesidades para modificarlo. Por lo tanto, las unidades ambientales en la Amazonía Peruana deben ser consideradas bajo un esquema de clasificación particular que puede sustentarse por las fuentes de información más actualizadas disponibles.

Consideramos que el uso de especies indicadoras como una metodología que hace posible realizar inventarios relativamente rápidos de una parte de flora y fauna. Al hacer un muestreo de solamente ciertos componentes de la diversidad biológica en vez de la flora y fauna completa, pueden realizarse los estudios de campo en diversas partes de la Amazonía y así obtenerse una imagen de patrones de similitud y diferencia florística y/o faunística de los bosques en diferentes partes de la región. Los puntos de estudio de campo pueden relacionarse con las imágenes satelitales y estudios geológicos, geomorfológicos y pedológicos del lugar. Según los datos obtenidos hasta la fecha, se puede decir que por lo menos helechos, la familia Melastomataceae (mayormente arbustos y arbolitos) y palmeras pueden servir como indicadores de los patrones de semejanzas y diferencias florísticas generales del bosque amazónico (Ruokolainen *et al.* 1997, Ruokolainen & Tuomisto 1998, Vormisto *et al.* 2000, BIODAMAZ 2004b). Como actividad del proyecto BIODAMAZ (1999-2002), se probó el uso de las especies indicadoras en algunos grupos de animales (aves, anfibios anuros y hormigas). Según los resultados de estos estudios, los grupos de animales estudiados no parecen reflejar claramente el tipo del ambiente y bosque estudiado (Rodríguez *et al.* 2002).

Por dificultades de tener una imagen clara de los ecosistemas amazónicos, ningún mapa que está actualmente disponible sobre estos temas puede ser preciso. En estas circunstancias las imágenes de percepción remota son bastante útiles porque presentan información definitiva de cada lugar en la región. Por esta razón el proyecto BIODAMAZ ha desarrollado un mosaico de imágenes de satélite (Bendayán *et al.* 2002, BIODAMAZ 2004d), que está disponible en el Internet (www.iiap.org.pe/servidor_mapas, www.siamazonia.org.pe), y que sirve como fuente de información sobre la variabilidad ambiental y vegetal de la región; también se ha hecho un esfuerzo previo para su interpretación con 24 comunidades vegetales identificadas en la Amazonía Peruana con énfasis en la selva baja (BIODAMAZ 2004a; www.iiap.org.pe/servidor_mapas, www.siamazonia.org.pe). Además de estos esfuerzos el proyecto BIODAMAZ produjo una primera aproximación de la caracterización de macrounidades ambientales de la Amazonía peruana con 20 unidades distintas determinadas (BIODAMAZ 2004c).

Otra consecuencia del bajo nivel de conocimiento asegurado en la Amazonía, es que en la cartografía ambiental se necesita utilizar representaciones visuales máximamente transparentes para indicar claramente que el estudio realizado hasta la fecha no necesariamente es completo ni presenta resultados definitivos (Kalliola *et al.* 1998, Mäki & Kalliola 2000).

3. CIENCIA Y DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

La identificación, delineación y documentación de las unidades ambientales deben sustentarse en una base científica estable que refleja los conocimientos de la fecha. En este capítulo tratamos de especificar algunos aspectos de la ciencia *per se*, temas que consideramos son importantes para considerar para el caso particular de la Amazonía del Perú.

Conceptos básicos de la ciencia

La ciencia es un campo indispensable de la cultura humana con una historia de miles de años. La idea principal es la recolección de información sobre la realidad en la que vivimos y la construcción del nuevo conocimiento encima de lo acumulado hasta la fecha. Las teorías científicas intentan simplificar la realidad, bajo reglas matemáticas o conceptuales, y aquellas teorías que mejor reflejan las observaciones reales se consideran como las teorías actuales de la ciencia. Las teorías cuya aplicabilidad persiste con el tiempo se consideran fuertes, mientras aquellas que parecen no explicar bien la realidad y las nuevas observaciones sobre ella, ceden paso a otras teorías mejores. Cada día, el pensamiento científico exhibe cambios así la ciencia es bastante dinámica en su naturaleza.

La realización de los estudios científicos a menudo implica la aplicación de dos conceptos centrales, **tesis** y su **antítesis**, siendo su antagonismo una herramienta que mantiene, efectivamente, diálogo entre interpretaciones de lo observado. Muchas veces los estudios científicos contienen un diseño particular para destacar la validez de la tesis o su argumento contrario, la antítesis. En estos estudios, la tesis se presenta como una **hipótesis** cuya utilidad se prueba con investigación, levantando datos que específicamente sirven para aprobar o desaprobar la misma. Otro aspecto de la ciencia, el concepto de **paradigma**, refiere al tipo de pensamiento, estudios y teorías que dominan algún campo científico en una cierta época. Por ejemplo, en el caso particular de estudios sobre el llano amazónico y sus ecosistemas, un paradigma emergente a partir de los años 1980 ha llamado la atención la gran variedad de ambientes y ecosistemas en diferentes partes de la región y su dinámica particular en cada sitio.

Las diferentes disciplinas científicas han sido desarrolladas para cubrir los diferentes campos de conocimiento. Es importante reconocer que existe considerable semejanza entre las diferentes disciplinas aunque su tipo de orientación y propósito varían significativamente (Figura 8). Según una visión reduccionista, todos procesos en la naturaleza pueden, por final, verse como procesos físicos y químicos que ocurren bajo condiciones que pueden averiguarse y relacionarse matemáticamente. Sin embargo, la realidad ambiental y biológica es tan compleja que esta visión queda como una idea teórica, y existen diversas disciplinas que atienden estos asuntos más específicamente. Cada una de las disciplinas interesadas sobre la tierra presenta sus diferentes tradiciones, paradigmas e historia de desarrollo. Asimismo, hay diversos temas que son cubiertos en el mismo tiempo por dos o tres distintos campos científicos, cada uno desde su propio punto de vista. Particularmente las ciencias aplicadas tienen un vínculo directo a las necesidades de la cultura humana, los valores y deseos de la sociedad. Son típicamente sintéticas en su naturaleza pero cada vez orientadas para soportar específicamente algunas condiciones particulares de desarrollo cultural.

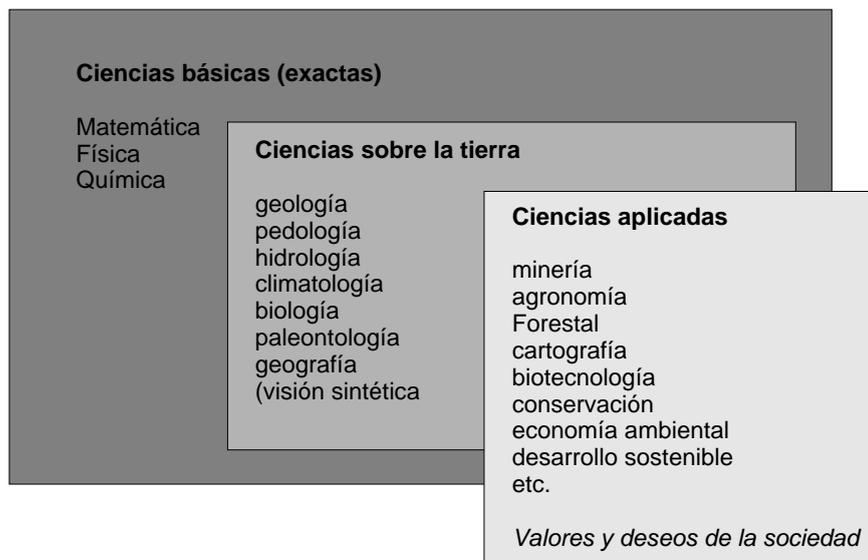


Figura 8. Ejemplos de los diferentes campos científicos ordenados según su tipo de interés y el carácter de su propósito.

Datos originales y su interpretación

Según una visión positivista de la ciencia, todo el conocimiento científico debe basarse en una base definida de observaciones o mediciones de la realidad. Por lo tanto, es indispensable publicar los datos originales cuando apropiado, y siempre mantenerlos en tal forma que posteriormente es posible volver a estudiarlos según las necesidades. En los estudios ambientales también es indispensable distinguir la importancia de las diferentes fases del trabajo: desde la colecta directa de información del campo hasta su análisis, lo que se puede asimilar de los estudios científicos anteriormente conducidos sobre el tema, las teorías científicas relevantes y la interpretación de los resultados.

Para cartografiar algún aspecto ambiental, no es posible estudiar toda la superficie en el campo, es demasiado costoso. Por lo tanto, las características del tema de interés pueden estudiarse solamente en ciertos lugares dejando los demás sitios sin investigar. Por esta limitación, es importante definir una estrategia y plan de estudios de campo, preferiblemente en tal manera que los resultados sirven para investigar un tema particular de estudio, la hipótesis. Los resultados de campo que son los más rigurosos, han sido levantados utilizando metodologías de la fecha, siendo también debidamente documentados y sustentados con muestras (por ejemplo de flora, fauna, suelo, agua, entre otros) almacenadas y registradas en una base de datos. Además los resultados deben ser procesados adecuadamente utilizando, cuando apropiado, un análisis estadístico que evalúa rigurosamente la certidumbre de los resultados.

En caso que los lugares estudiados no logran representar la realidad correctamente, la utilidad del mapa queda limitada, por presentar limitaciones cuyo carácter se desconoce. Cada mapa temático presenta un aspecto de incertidumbre, y por lo tanto, es importante que los usuarios de esta información puedan volver a evaluar los datos originales y las teorías aplicadas en su elaboración. En caso que no se han mantenido adecuadamente los datos y muestras, y se presentan dudas sobre la calidad del mapa, se pierde la opción para consultar algún detalle de su fuente original. Siendo tal el caso, toda la información que se ha generado utilizando los mismos datos tendrá un carácter dudoso. Consecuentemente, un criterio inherente de la calidad de cualquier esfuerzo de cartografía ambiental, es asegurar la disponibilidad de todos los datos originales con descripción metodológica de su generación y de su uso en el producto final. Considerando los datos de campo, las coordenadas de cada lugar de estudio deben ser precisas.

La Figura 9 presenta una síntesis de estos temas, utilizando como ejemplo la elaboración de un mapa de suelos en un área hipotética. El mapa A presenta localidades donde se han estudiado suelos, mostrando estos como puntos en cada sitio de observación, coloreados según el carácter de los suelos encontrados allí. El ejemplo B es un mapa temático que se ha desarrollado por interpolación simple con base en los puntos conocidos en el campo. Se ha asumido que cerca de cada punto de estudio prevalece un cierto tipo de suelo, y cuando los puntos de estudio presentan características distintas se ha asumido que el cambio debe ocurrir en más o menos igual distancia de ambos de ellos. En el ejemplo C, el mapa interpretado también incluye los puntos conocidos del campo. El mapa D es un mapa geológico de la región, ejemplo de una fuente adicional de información, que presenta patrón de un gradiente geológico en la región y además una falla geológica. Allí, se ha sobrepuesto los puntos de suelo estudiados en el campo. Finalmente, en el ejemplo E se ha utilizado la información geológica para realizar otra interpretación de los patrones de suelo en la región.

Es claro que la utilidad de los diferentes mapas es muy diferente. En referencia a los mapas que incluyen información de los puntos estudiados en el campo, los lectores del mapa pueden evaluar la representatividad del mapa temático y los esfuerzos realizados en el campo. En tal forma podemos concluir que los mapas C y E, ambos, son más valiosos que el mapa B. Por otro lado, los mapas B/C y E son muy diferentes con relación de la metodología utilizada en su elaboración. Interpolación simple (B/C) es una manera bastante mecánica para realizar un mapeo de cualquier tema. Interpretación científica es una metodología más avanzada, siendo que se integra las teorías científicas en el proceso. El mapa E es un ejemplo de tal producto y supuestamente refleja mejor los patrones naturales en los suelos en el área de interés. Allí el uso de información adicional, en este caso del campo de la geología, ha enriquecido el proceso interpretativo. Sin embargo, las teorías geológicas pueden cambiar en el futuro y en la misma vez causar que este mapa posteriormente se ve errático. En tal caso, hay que volver a interpretar nuevamente los puntos estudiados, probablemente se necesitará también realizar estudios adicionales en el campo.

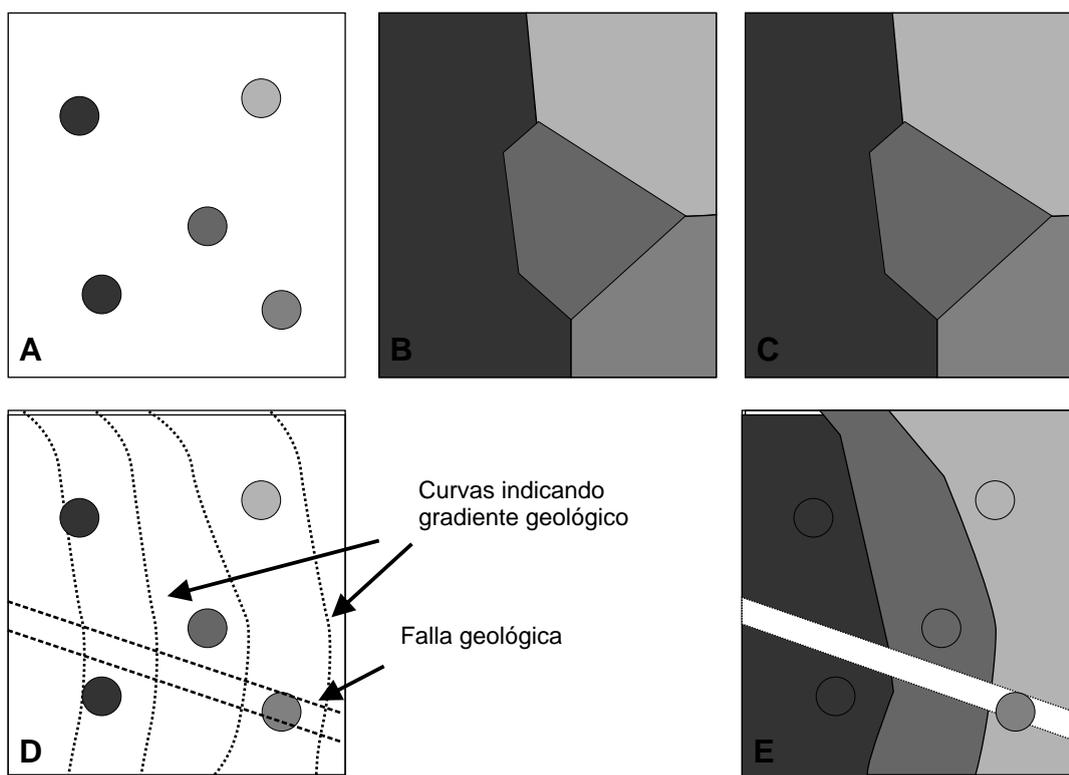


Figura 9. Ejemplos de diferentes tipos y cualidades de cartografía ambiental, en este caso mapa de suelos. **A.** Mapa de observaciones de campo. **B.** Mapa interpretado por interpolación simple. **C.** Como B pero con información que indica los puntos estudiados en el campo. **D.** Mapa geológico de la región, presentando un gradiente (ver Figura 10) y una falla geológica. **E.** Mapa interpretado con base en la información geológica.

En la Amazonía, donde los factores ambientales presentan diversos gradientes climatológicos, geológicos, hidrológicos y otros, es importante que la interpretación de los resultados de campo considere una serie de teorías y pensamientos científicos sobre los mismos. La Figura 10 es un ejemplo esquemático de tal situación, en este caso se presenta un gradiente geológico en la zona de Iquitos, cuyas implicaciones para la realidad ambiental, ecológica y social en la región son numerosas y extensas (ver artículos en Kalliola & Flores Paitán 1998). Siendo que los estudios de campo en dicha región son insuficientes, en el mapeo ambiental sobre la región (Mapa geocológico de la zona de Iquitos, Perú 1998) se ha aplicado herramientas cartográficas que expresan tanto los sitios estudiados en el campo como la incertidumbre de la interpretación (Kalliola *et al.* 1998, Mäki & Kalliola 2000).

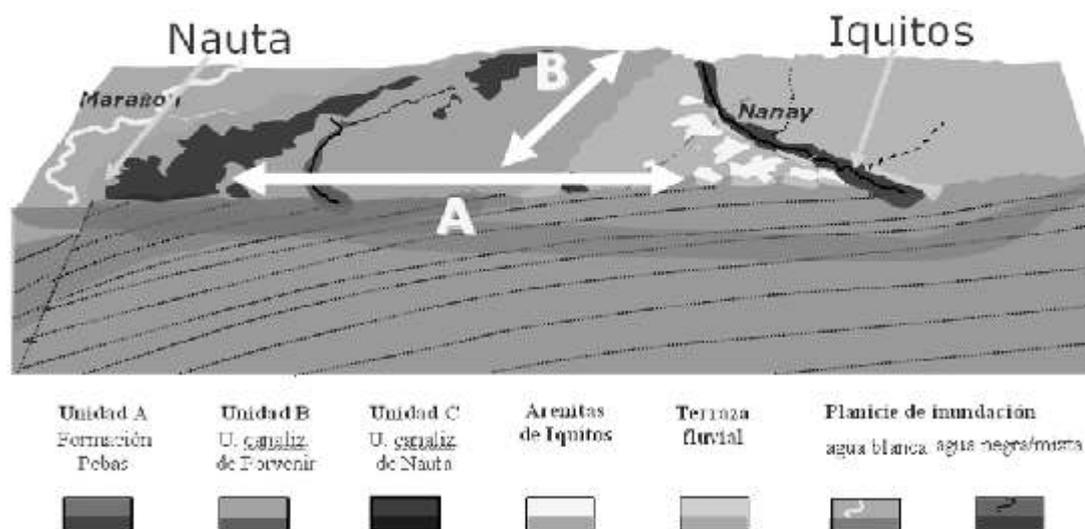


Figura 10. Ejemplo de un gradiente geológico en la Amazonía Peruana (según Räsänen *et al.* 1998). En las áreas entre Iquitos y Nauta, donde corre la nueva carretera entre estas ciudades, las diferentes capas sedimentarias presentan inclinación por la tectónica, particularmente hundimiento de la subcuenca Pastaza-Marañón (ver también las Figuras 11 y 13). En consecuencia, los suelos superficiales en la región presentan un gradiente geológico distinto. Flecha **A** presenta la dirección que corre efectivamente contra el gradiente, mientras la dirección **B** sigue una sola faja del gradiente. En los estudios geológicos, pedológicos, biológicos, forestales, agronómicos y otros de la región, asimismo como en el ordenamiento ambiental, es indispensable considerar esta realidad y sus implicaciones al tema de interés. U. canaliz. = Unidad canalizada.

Otro aspecto en los mapas temáticos es que algunos mapas presentan información de un solo tema (ejemplo: mineralogía de suelo en profundidad de 10 cm) mientras otros exponen información combinada (mineralogía en diferentes capas del suelo) o información sintetizada (tipo de suelo según alguna clasificación). En los mapas temáticos presentados en artículos científicos, muchas veces se incluye un solo tema para mostrar; por ejemplo Kauffman *et al.* (1998) presentan una serie de mapas sobre análisis químico de suelos en diferentes localidades en la zona de Iquitos. Con base en esta información ellos pudieron definir algunos aspectos del rango de diferentes tipos de suelo en la región, sin embargo, la escasez de puntos estudiados en el campo, y la falta de información detallada sobre el relieve no les permitían a ellos presentar un mapa interpretado de suelos de la región.

La elaboración de un mapa climatológico es un buen ejemplo de un proceso claramente sintético en su naturaleza: se combinan diversos tipos de datos e información para definir las diferentes clases del clima y para mapearlas. El producto final es muy útil para muchos usos, sin embargo, por sintetizar los datos también se ha extraviado el contacto con las fuentes originales de información. Es típico para cartografía y estudios ambientales: ganar en una cualidad (por ejemplo claridad temática o visual) implica pérdida en algunos otros aspectos (por ejemplo sensibilidad temática o precisión geográfica); es arte de precisión, compromisos, diseño y buen documentación metodológica. Es un reto para la cartografía amazónica, desarrollar metodologías con que se puede lograr un buen entendimiento sobre la región y expresarlo precisa y claramente para aquellos que necesitan esta información.



El ambiente
amazónico
peruano

1. ÁMBITO GEOGRÁFICO

El ambiente de la Amazonía Peruana es muy particular tanto en el contexto amazónico como a nivel mundial. A continuación, se presenta un resumen de los factores ambientales más significativos en la región, incluso su historia de desarrollo. Utilizamos como base para esta descripción las diversas publicaciones existentes sobre ella, las que presentan el conocimiento actual sobre la región y las teorías y paradigmas (líneas de pensamiento científico) actuales que facilitan su interpretación. Una razón definitiva de lo que se sabe sobre la Amazonía formará la línea base para determinar las unidades ambientales naturales en la región.

Después de la introducción de las tecnologías de percepción remota, particularmente las imágenes satelitales, se ha aprendido conocer la Amazonía Peruana como un mosaico de ecosistemas asociados a la dinámica de la cordillera de los Andes, en la cual nacen los ríos que sustentan el río Amazonas (Figura 11). Estos ecosistemas presentan una gama de variaciones biofísicas y ambientales relacionadas entre sí que, bajo un clima húmedo tropical, son responsables del desarrollo de una alta diversidad biológica en la región. Para una descripción general sobre la Amazonía peruana referimos por ejemplo a los trabajos de Gran Geografía del Perú (1986), ONERN (1986), Dourojeanni (1990), Kalliola *et al.* (1993a) y INRENA-DGANPFS (1997).

La selva peruana representa el 61 % del territorio nacional (IIAP 1998). La mayor parte de esta superficie pertenece a la selva baja, hasta los 500 metros sobre nivel del mar, que se prolonga desde los Andes hacia el este por el llano amazónico, continuándose en los países vecinos hasta el Océano Atlántico. Los departamentos que presentan los ecosistemas de selva baja en el Perú son Loreto, Ucayali, San Martín y Madre de Dios. Las principales ciudades en la selva baja son Iquitos, Yurimaguas, Pucallpa y Puerto Maldonado. La mayor parte de los ecosistemas en esta región todavía se encuentran en su estado natural.

MAPA DE LA AMAZONIA PERUANA CON CRITERIO ECOLOGICO Y CRITERIO HIDROGRÁFICO

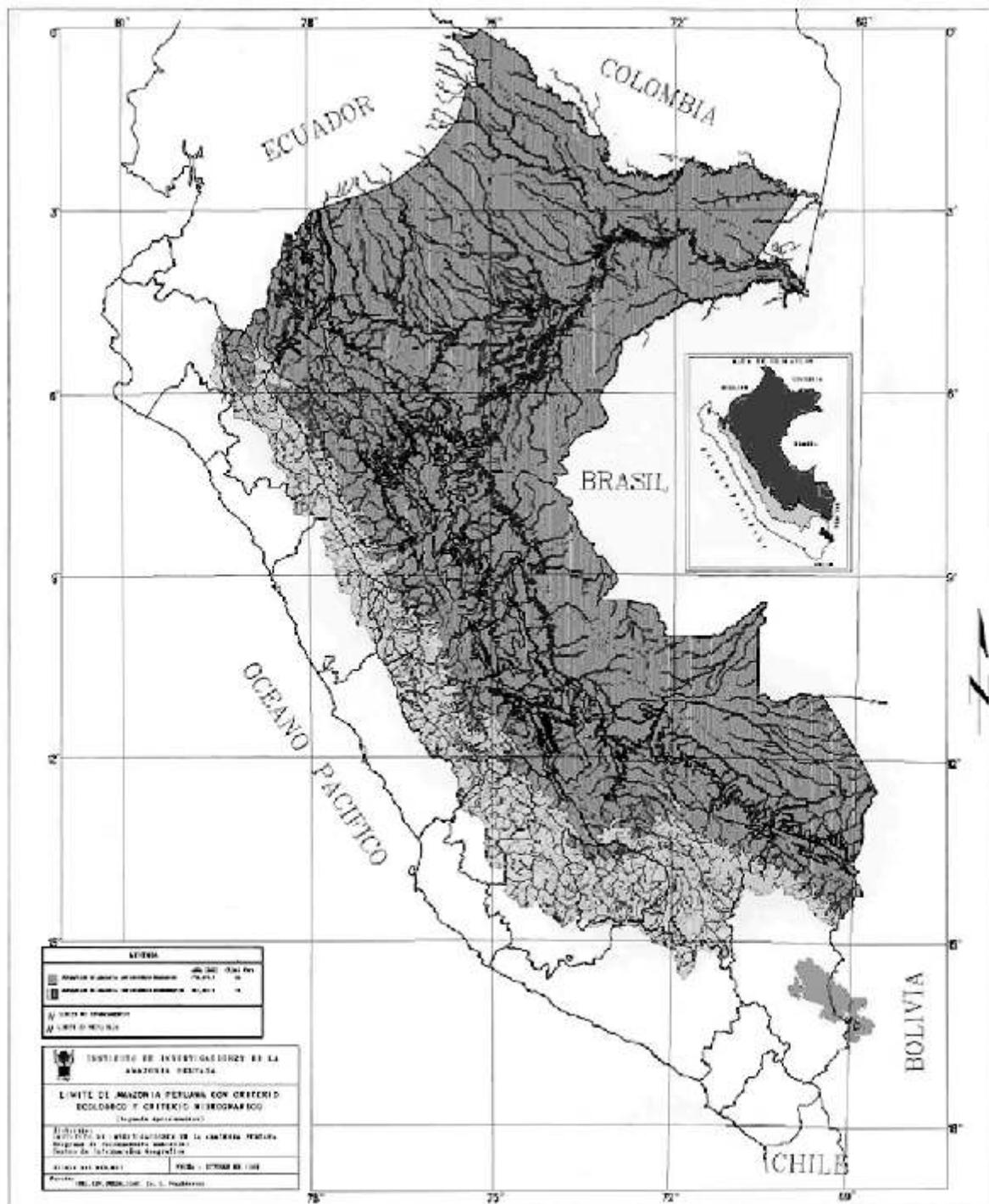


Figura 11. Mapa general de la Amazonía Peruana. Fuente: IIAP.

2. DESARROLLO BIOGEOGRÁFICO DE LA REGIÓN

El desarrollo ambiental de la región amazónica del Perú está íntimamente vinculado a los diferentes procesos geológicos, climatológicos y biológicos que han ocurrido en la Tierra en general y en América del Sur en particular. Conocer el carácter de los diferentes períodos del pasado es importante para facilitar el entendimiento de las particularidades y patrones en la diversidad biológica actual en esta región.

Hace más de cien millones de años, las placas continentales Sudamericana y de África formaban un supercontinente llamado Gondwana. Su separación ocurrió gradualmente por la fisura del mar Atlántico durante el Cretáceo superior (entre 80 y 100 millones de años; ver Tabla 3.) con la llamada migración de los continentes (ver por ejemplo IGN 1989:37). Como evidencia de su historia común, estos dos continentes comparten diversos grupos de plantas y animales en los niveles taxonómicos de género, familia y orden. En biogeografía, este patrón de distribución se conoce con la denominación "tipo Gondwana", que caracteriza a la mayoría de grupos de plantas que ahora existen en la Amazonía (ver por ejemplo Cabrera & Willink 1980).

Tabla 3. Escala de tiempos geológicos. **Fuente:** Microsoft Encarta Reference Library

Era	Período	Época	Comienzo (hace millones de años)
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,01
		Pleistoceno	1,8
	Terciario	Plioceno	5,3
		Mioceno	23,8
		Oligoceno	33,7
		Eoceno	54,8
		Paleoceno	65
Mesozoico	Cretácico		144
	Jurásico		206
	Triásico		248
Paleozoico	Pérmico		290
	Carbonífero		354
	Devónico		417
	Silúrico		443
	Ordovícico		490
	Cámbrico		543
	Precámbrico		3800

Durante su migración hacia el oeste, la placa Sudamericana constituyó una gran isla hasta hace unos cuatro millones de años, cuando se formó un istmo entre América del Norte y América del Sur. Consecuentemente, se produjo una invasión de plantas y animales de un continente al otro, y la fauna amazónica sufrió grandes cambios por la influencia de diversos grupos de mamíferos y otros animales provenientes del norte (ver por ejemplo Cox & Moore 1985).

El desarrollo geológico de la región de la Amazonía en el Perú se caracteriza por un dinamismo particular, inducido por los procesos tectónicos que caracterizan esta zona. En la costa del Perú, la placa Nazca sufre subducción debajo de la placa Sudamericana. Esta colisión no solamente ha provocado la formación de las montañas andinas sino a la vez la estructura geológica en el llano amazónico (IGN 1989:123). En la Amazonía occidental, en una faja con ancho de unos cientos de kilómetros de los Andes, se ha formado una cuenca sedimentaria, la cuenca de antearco de la Amazonía (Räsänen 1993).

Durante el período del Mioceno medio (hace aproximadamente 15-20 millones de años) esta cuenca se caracterizó por un ambiente fluvio-lacustre con esporádicas incursiones marinas, que probablemente provenían de la costa del Caribe (Hoorn *et al.* 1995, Räsänen *et al.* 1995, Marshall & Lundberg 1996). En esa época, una gran parte de las áreas amazónicas del Perú presentaban condiciones ecológicas muy particulares, por ejemplo ecosistemas costeros (Räsänen *et al.* 1998). Los sedimentos arcillosos que se depositaron en estas condiciones en la Amazonía se conocen con el nombre de Formación Pebas (Hoorn 1993).

En épocas geológicas más recientes, no han ocurrido nuevos lagos de mayor tamaño y duración en la Amazonía occidental (Tuomisto *et al.* 1992). La cuenca subandina está dividida en diferentes subcuencas que han sido sujetos a una continua sedimentación de material transportado por los ríos (Räsänen 1993). El paisaje no inundable del llano amazónico se caracteriza por los procesos de lixiviación y meteorización superficial de las tierras, que han creado un paisaje con relieve colinoso con suelos pobres (ONERN 1982, Rodríguez *et al.* 1991, Linna 1993, Kauffman *et al.* 1998).

En lo que se refiere a cambios climáticos en el pasado, poco se conoce sobre el asunto. Es obvio que las áreas amazónicas han enfrentado grandes fluctuaciones en los niveles de precipitación y temperatura pero aparentemente el clima del Terciario y Cuaternario (los últimos 60 millones de años) siempre ha mantenido su carácter tropical o subtropical. Durante la época del Pleistoceno (desde hace 2 millones de años hasta 10 000 años), la temperatura promedio y la precipitación global eran bajas y es obvio que los bosques amazónicos sufrieron cambios respectivos cuyos detalles, sin embargo, se desconocen (Colinvaux 1987, Salo 1987). Los glaciares andinos tenían una mayor distribución en esta época seguido de un periodo con ríos supuestamente extraordinariamente caudalosos durante la época de disminución de los glaciares.

Esta breve presentación del desarrollo biogeográfico demuestra que la Amazonía Peruana se caracteriza por una historia muy particular de eventos geológicos, hidrológicos y climatológicos, que indudablemente han tenido un papel muy importante en la estructuración de los patrones biogeográficos de la flora y fauna, y en su evolución. Sin embargo, el conocimiento actual de estos procesos queda muy superficial y, por lo tanto, es importante reconocer la necesidad de realizar más estudios sobre estos campos. El conocimiento así generado puede contribuir al entendimiento de los diferentes componentes y patrones de la diversidad biológica amazónica y a la vez apoyar las políticas de conservación y aprovechamiento sobre ella.

3. FACTORES AMBIENTALES ACTUALES

La selva baja peruana consta de una gran variedad de condiciones ambientales. Los dos temas dominantes en esta realidad son: (1) su localización en el húmedo trópico, y (2) sus condiciones físicas particularmente dinámicas por situar en la zona de transición entre los Andes, que son geológicamente activos, y el gran llano amazónico que continúa hasta el mar Atlántico. En estas condiciones existen diversos procesos y gradaciones ambientales que promueven un aparente mosaico de ecosistemas e influyen en la distribución de las especies vegetales y animales. Muchos factores no sólo presentan patrones pasivos, más bien son procesos de carácter muy dinámico, así generando una riqueza de diferentes tipos de espacios, ecosistemas y variabilidades en la región.

Es importante insistir que la distribución de la vegetación en la Amazonía refleja las características ambientales de la región. Caracterizada por el alto grado de diversidad y dinamismo ambiental, la selva baja peruana es muy rica en diversos tipos del bosque, y es así un área particular dentro del llano amazónico. Es un complejo ambiental y biológico cuyas características solo se conoce superficialmente. Por lo tal, es casi imposible hacer generalizaciones fijas sobre la misma.

Clima

El clima de la Amazonía presenta variabilidad espacial y temporal (Figura 12). En la selva baja, las precipitaciones varían entre aproximadamente 1500 mm por año en el sur hasta 3000 mm en el norte. Asimismo, el clima en Madre de Dios es estacional con marcadas épocas de mucha o poca lluvia, mientras que en el norte en Loreto no existe una época seca, aunque durante los meses desde junio a septiembre las lluvias son menos frecuentes. La humedad relativa es superior a 75%, y la evapotranspiración del bosque juega un papel sustancial en el régimen regional de precipitaciones y en el balance hidrológico. Las temperaturas son altas en toda la región, con temperaturas promedio de 24-26°C, cuyos valores mínimos pueden disminuir hasta 18-20°C y los valores máximos llegan a 33-36°C. Las oscilaciones diarias de la temperatura (5-8°C) son mucho mayores que la variación anual (1-2°C). Un fenómeno particular en la región es el llamado "friagen" (Marengo 1984, 1998), durante el cual la temperatura baja notablemente hasta 10°C, particularmente en el sur, influenciando la vida silvestre amazónica.



Figura 12. Precipitación promedio anual en la Amazonía Peruana. **Fuente:** Kalliola *et al.* 1993a.

Geografía sísmica y geología estructural

La geología general de América del Sur se presenta en la Figura 13. Allí, se puede apreciar que la parte occidental de la Amazonía se sitúa cerca de los Andes, y por lo tanto la selva peruana presenta características diferentes que las selvas de Brasil, por ejemplo.

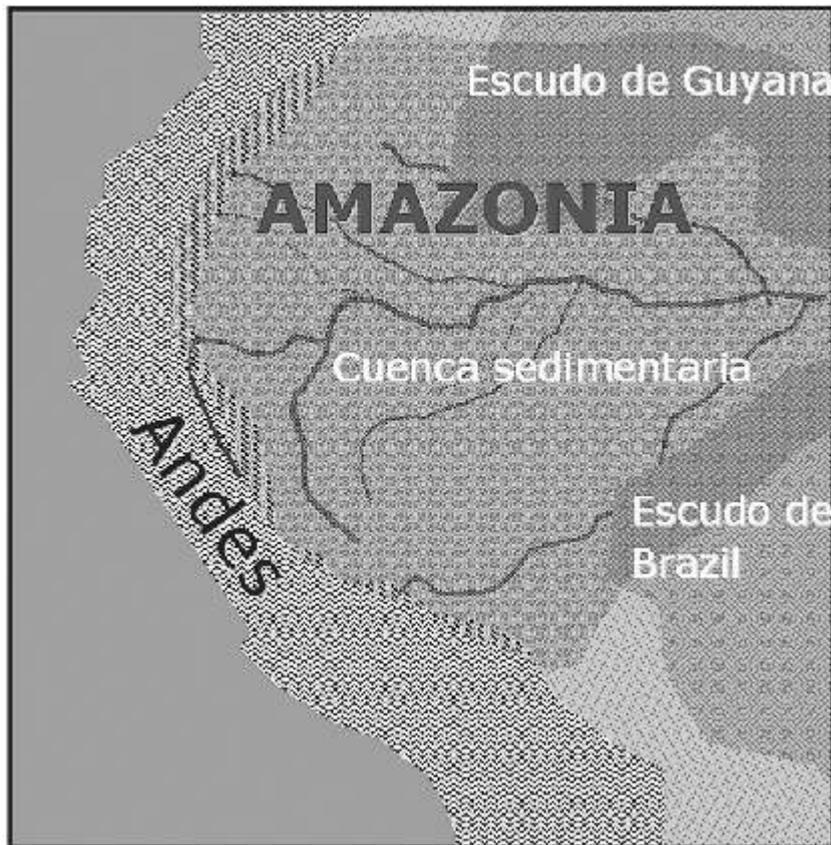


Figura 13. Mapa muy generalizado de las mayores estructuras geológicas en América del Sur.

Casi toda la superficie de la selva baja del Perú pertenece a la gran cuenca de antearco de la Amazonía (Räsänen 1993). Los sedimentos depositados en esta depresión durante millones de años cubren en gran parte su complejidad estructural, y por lo tanto, la importancia de las estructuras geológicas en esta región sólo se ha reconocido relativamente recientemente (Dumont & Garcia 1991, Räsänen *et al.* 1990, 1992). Actualmente se conocen áreas con características estructurales particulares que presentan procesos geológicos y geomorfológicos distintos, que a la misma vez contribuyen al desarrollo de los ecosistemas de la selva baja.

La distribución de algunas estructuras geológicas de mayor importancia en la Amazonía del Perú se presenta en la Figura 14. Esta figura también presenta la zona de subducción de la placa oceánica de Nazca y su parte elevada, la cresta de Nazca. Las subcuencas Pastaza-Marañón, y Ucayali sufren un activo proceso de hundimiento (Dumont & Garcia 1991), mientras la subcuenca Madre de Dios-Bení parece actualmente más estable. Además, están presentes los altos (arcos) estructurales: Serra do Moa, Fitzcarrald e Iquitos. El primero está caracterizado por una cadena de montañas bajas con actividad sísmica pronunciada, indicando su levantamiento tectónico, mientras la dinámica de los demás altos menos se conoce.

La actividad tectónica en la cordillera andina y en la selva baja cerca de los Andes está bien conocida y documentada. En la selva alta, las estructuras geológicas son muy complejas y además los eventos sísmicos son frecuentes e intensivos. En la selva baja la actividad sísmica se concentra particularmente en las áreas cercanas de Pucallpa y Contamana, siendo sus epicentros típicamente superficiales o intermedios (menos de 700 km de profundidad, ver IGN 1989: 115-116). A la luz de una alta actividad sísmica a lo largo de algunas fallas inversas y aquellas de levantamiento, la selva baja peruana claramente no está aislada de la tectónica moderna de los Andes (Cisternas *et al.* 1988). Por tal dinamismo sísmico, la evolución de las estructuras geológicas en la Amazonía del Perú sigue siendo activa y debe ser considerada en los estudios ambientales de la región.

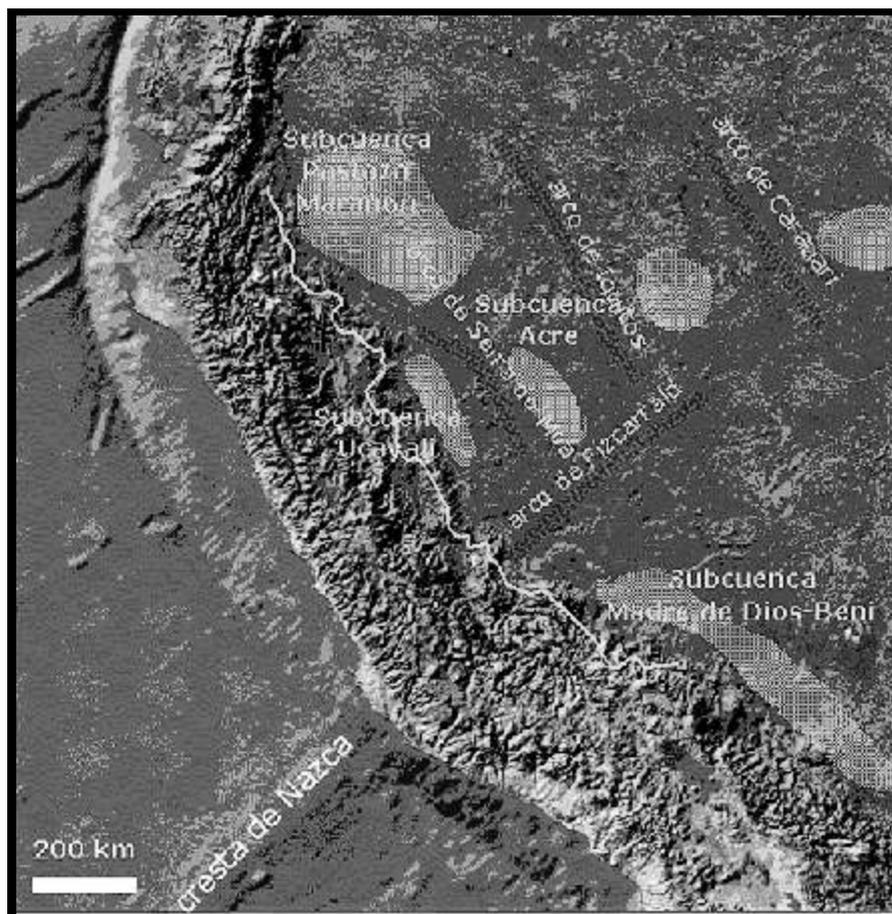


Figura 14. Las mayores estructuras geológicas en la Amazonía Peruana mostradas con una imagen presentando el relieve terrestre y submarino de América del Sur. La depresión en el mar Pacífico cerca de la costa peruana es la zona de subducción. Las subcuencas y arcos se han dibujado según Räsänen 1993

Formaciones sedimentarias y suelos

Las formaciones sedimentarias en la parte superior de las tierras presentan patrones variables con un amplio rango de depósitos con su origen y edad diferente (IGN 1989: 113, PAUT 1993). Los sedimentos más recientes se encuentran en las planicies de inundación (Figura 15). El Abanico de Pastaza es una formación del Holoceno (menos que 10 000 años), también están presentes diversas terrazas Pleistocénicas, y entre las formaciones más antiguas se puede mencionar la Formación Pebas del Mioceno medio (15-20 millones de años). Todas las formaciones geológicas presentan particularidades físicas y químicas, y muchas veces existe un gradiente unidireccional en las capas sedimentarias superficiales, particularmente si la tectónica ha provocado una inclinación de las mismas (Figura 16).

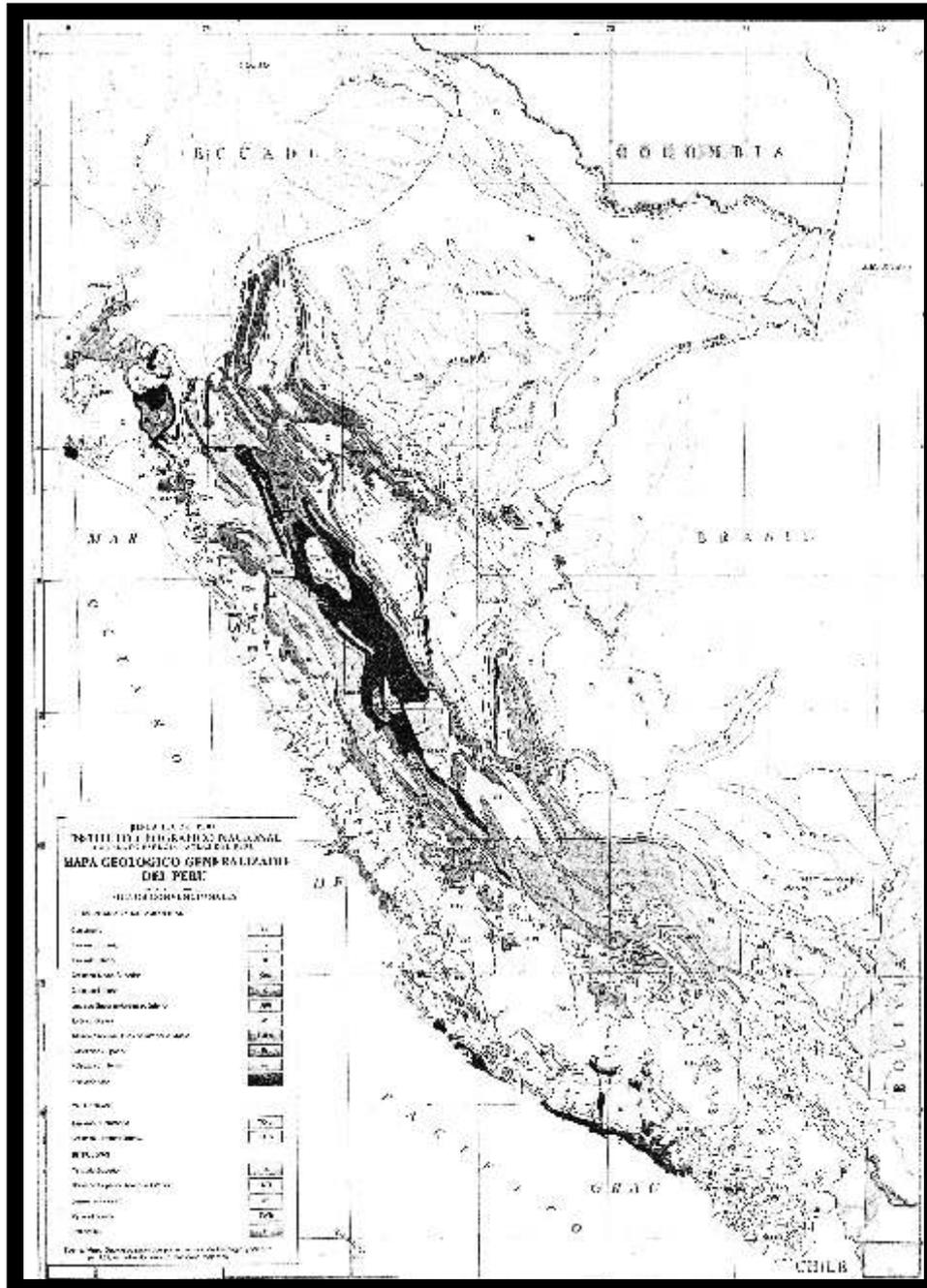


Figura 15. Mapa geológico generalizado de la Amazonía Peruana. Fuente: IGN 1989: 113.

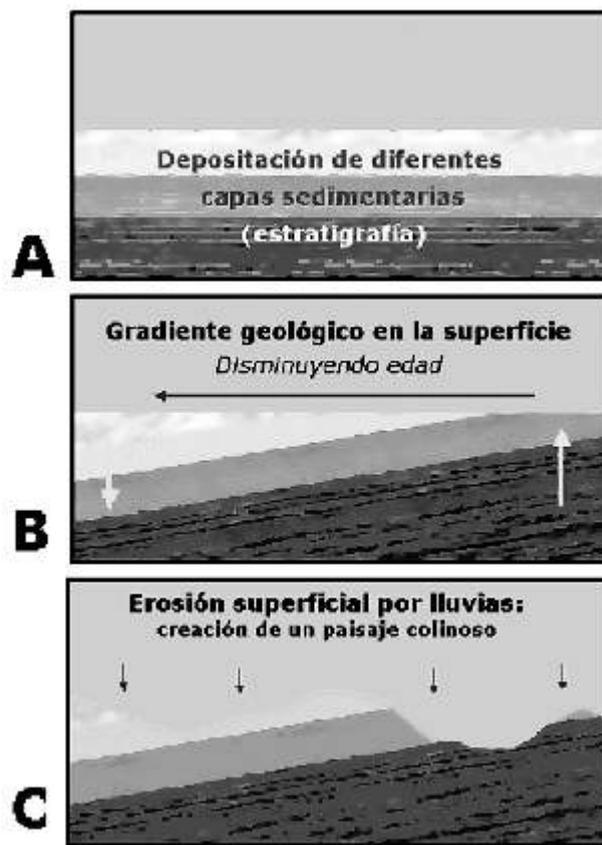


Figura 16. Estratigrafía geológica y el desarrollo de suelos amazónicos. **A.** La deposición de diferentes tipos de sedimentos en la fase marina y lacustre de la Amazonía y los ríos que provienen de los Andes, han creado diferentes capas sedimentarias en el llano amazónico. **B.** Por razones de tectónica, las capas antiguas pueden inclinarse. **C.** Cuando esta estructura geológica se transforma en un paisaje colinoso por erosión superficial, estarán presentes secciones diferentes de las capas sedimentarias en la superficie.

Los procesos de formación de suelo (meteorización y lixiviación) son fuertes bajo las condiciones del trópico húmedo, provocando suelos pobres en nutrientes. Por la complejidad geológica y geomorfológica de la región, los suelos de selva son heterogéneos, sin embargo, los detalles de esta diversidad no se ha reconocido en los mapas de suelo publicados hasta la fecha (IGN 1989:141, INRENA 1996b). Generalmente los suelos en terrenos no inundables y terrazas antiguas son ácidos y de baja fertilidad, bien drenados, profundos y con alto contenido de arcilla. También están presentes suelos muy pobres arenosos cuarzosos, fuertemente lixiviados, llamados arenas blancas (Kauffman *et al.* 1998). En terrazas recientes los suelos son jóvenes y poco diferenciados, a veces presentando condiciones de mal drenaje.

Las áreas inundadas presentan suelos tanto fértiles y bien drenados como aquellos que son ácidos, mal drenados y pobres en nutrientes (Rodríguez 1990, Paredes Arce *et al.* 1998). El contenido de nutrientes en estos suelos refleja, en gran parte a la mineralogía de los sedimentos transportados por los ríos y entonces las condiciones geológicas en sus áreas de drenaje (Kalliola *et al.* 1993b).

Geomorfologías

En selva baja (90-500 m s.n.m.), los gradientes en la elevación son a menudo pequeños, sin embargo, en la zona cercana a los Andes y en algunas montañas bajas (Contamana, Cerro del Divisor), con elevaciones que alcanzan hasta cientos de metros sobre el nivel de las áreas circundantes, pueden ocurrir gradientes de elevación que son significativos para la flora y fauna. La selva alta se caracteriza por gradientes muy fuertes de altitud.

Gentry (1992) reporta que en los bosques andinos del Perú, al nivel de comunidad vegetal hay un decrecimiento de la diversidad de plantas leñosas desde 1500 m hasta el límite superior del bosque, pero no hay un decrecimiento similar en diversidad desde selva baja hasta 1500 m. Así mismo, Leo & Romo (1992), estudiaron los roedores de la subfamilia Sigmodontinae del Parque Nacional Río Abiseo, y encontraron que las especies se distribuyen de acuerdo a un patrón de bandas altitudinales que va de norte a sur. La presencia de cañones profundos como los formados por los ríos Huallaga, Marañón y Urubamba, donde estos atraviesan el extremo oriental de los Andes, en adición a otras barreras naturales, sirve para aislar en las partes más altas las poblaciones de aves y otros organismos (O'Neill 1992).

La geomorfología presenta diversos tipos de relieve y procesos en las diferentes partes de la región, por ejemplo, llanura aluvial, terrazas altas, lomas y colinas con pendientes diferentes. Estos ocurren en una manera bien compleja en la región, y así la selva baja se visualiza como un gran mosaico de relieves diferentes. Los tipos de suelo y su drenaje responden a la variabilidad del relieve, así contribuyendo a la distribución de las especies vegetales.

Hidrología

Las relaciones que presentan la hidrología y los ecosistemas son amplias y variables en la región amazónica. Los ríos en la zona andina corren en los valles formados por los mismos y cuando llegan al llano amazónico depositan su carga sedimentaria en las cuencas de sedimentación. Los ríos Amazonas y Madre de Dios son los que transportan el mayor volumen de aguas fuera de las fronteras del Perú; también están presentes las cabeceras de algunos ríos menores que drenan partes de la selva peruana antes de cruzar la frontera a Brasil.

Los ríos con agua turbia o "agua blanca" son ricos en sedimentos en suspensión. Estos ríos son a menudo provenientes de los Andes y presentan cauces muy dinámicos. La continua migración de ellos es un factor importante en la regeneración de los bosques ribereños en selva baja (Salo *et al.* 1986, Kalliola *et al.* 1992, Puhakka *et al.* 1993). Por el contrario, los ríos que tienen su área total de drenaje en la selva baja, tienden a tener cauces más estables y también presentan una menor carga de sedimentos en suspensión. Muchos de estos ríos pueden presentar aguas de color oscuro, "agua negra", indicando una alta concentración de sustancias orgánicas en las mismas (por ejemplo río Nanay, río Mazan). Periódicamente algunos de estos ríos pueden presentar aguas de tipo mixto, cambiando su color según la carga de sedimentos que transportan (Puhakka *et al.* 1992). También están presente numerosos lagos en la región, la mayoría de estos ocupando cauces abandonados de los ríos. El tipo de aguas en estos lagos puede variar estacionalmente reflejando la dirección de las migraciones de aguas entre el lago y un río cercano.

Los cauces de los ríos amazónicos son de diversos tipos (Figura 17). En la mayoría de casos los cauces son de forma meándrica. En algunos casos los ríos presentan curvas particularmente angulares (ejemplo: río Tambopata en su parte baja) o muy grandes (ejemplo: río Pacaya) en relación al caudal del río. Esta característica puede indicar particularidades en las formaciones geológicas en la región donde corre el río o alternatively puede indicar que los ríos pequeños ocupan cauces abandonados por ríos mayores (por ejemplo, río Samiría y parte baja del río Itaya). El patrón anastomoso es común en ciertas partes de ríos de mayor tamaño, por ejemplo ríos Marañón y Amazonas. El cauce trenzado, por su parte, caracteriza muchos ríos provenientes de los Andes (ríos Tambopata, Inambari, Alto Madre de Dios, Pastaza) presentándose un laberinto de islas separadas por canales interconectados. Este tipo de cauce en los ríos atribuye a una carga significativa de sedimentos que los ríos transportan, muchas veces incluyendo piedras.

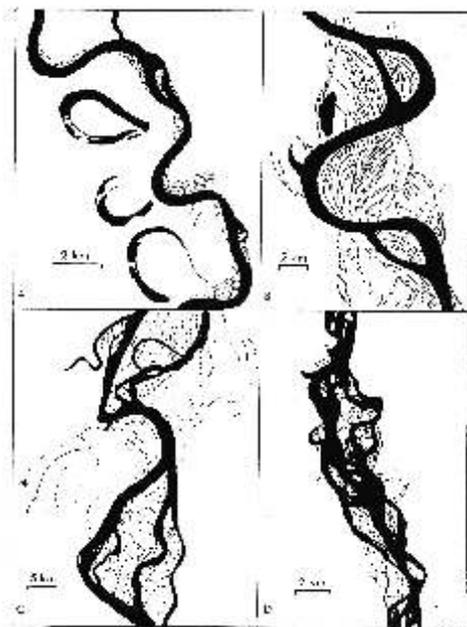


Figura 17. Distribución de diferentes clases de ríos en la Amazonía del Perú según el patrón de su cauce. **A.** Meándrico (ejemplo: río Madre de Dios). **B.** Meándrico con islas fluviales (río Ucayali). **C.** Anastomoso (río Amazonas). **D.** Trenzado (río Inambari). Las líneas indican patrones de los complejos de orillares que presentan, a menudo, vegetación joven sucesional. **Fuente:** Kalliola & Puhakka 1993.

El período de inundación (creciente; cuando el agua desborda el canal principal de los ríos y fluye hacia las zonas adyacentes) es un pulso importante que determina las condiciones ecológicas de muchos ecosistemas amazónicos debido al dinámico intercambio de nutrientes y de energía entre la fase acuática y la fase terrestre. Las áreas más influenciadas por las inundaciones se encuentran en la subcuenca Pastaza-Marañón (ONERN 1986, PAUT 1993). Las inundaciones son a menudo estacionales, aunque algunos ríos con pequeña área de drenaje pueden presentar inundaciones de corta duración después de fuertes tormentas. Los ríos que provienen del norte presentan crecientes con estacionalidad diferente que la mayoría de los otros ríos en la región.

4. TIPOS DE ECOSISTEMAS

La selva baja peruana presenta una alta diversidad de diferentes tipos de ecosistemas, por ejemplo bosques pluviales, bosques muy húmedos tropicales y bosques húmedos tropicales. La adaptación de las especies y la composición de las comunidades vegetales en los distintos tipos de bosques son resultado de una combinación de factores como el origen, la dinámica y composición de los suelos, la calidad del agua y los regímenes de lluvia. También es destacable que ciertas formaciones vegetales sólo se registran en la zona sur de la selva baja, por ejemplo las sabanas de Pampas del Heath, obviamente por factores climatológicos.

A nivel macroespacial la selva alta difiere de la selva baja, presentándose una alta densidad de diferentes tipos de vegetación en fajas definidas por el factor altitudinal. Estos ecosistemas son muy húmedos o pluviales presentándose, en consecuencia, una densidad muy alta de epifitas. Rasgos indicando deslizamiento de tierras son comunes y muchas veces el contenido de especies en los diferentes valles subandinos es algo diferente (ver por ejemplo Gran Geografía del Perú 1986).

En la selva baja, se distingue una clara demarcación de dos grandes clases de ambiente con sus ecosistemas particulares: áreas no inundadas y áreas inundadas. También se presentan ecosistemas acuáticos, sin embargo, su separación absoluta de otros ecosistemas es real en muy pocos casos, pues generalmente grandes extensiones de terrenos presentan características intermedias, como son invadidas anualmente por las inundaciones temporales que son parte del ciclo hidrológico.

Ecosistemas no inundados

Los bosques no inundados presentan el máximo grado de diversidad biológica en la Amazonía. Sin embargo, un dosel cerrado del bosque no indica que los ecosistemas son homogéneos, representando solo un tipo de vegetación. Por ejemplo, las lomas y valles en el bosque provocan micro-hábitats con sus características ambientales diferentes, y estas variaciones están reflejadas en la composición de especies en estos bosques (Ruokolainen *et al.* 1994, Tuomisto & Ruokolainen 1994). Así mismo, las características físicas y químicas de los suelos a escala regional son factores sumamente importantes que se reflejan en la distribución de las especies vegetales en la Amazonía (Ruokolainen *et al.* 1997). El caso particular son aquellas áreas dominadas por suelo de arena blanca, en las cuales se desarrolla un tipo particular de bosque definido como "varillal", y un caso extremo de la misma condición, cuando la altura de la vegetación es muy baja, conocida como "chamizal" (Encarnación 1985, Ruokolainen & Tuomisto 1993).

El microrelieve y las condiciones de humedad están estrechamente relacionados con ciertos tipos de vegetación. Por ejemplo, en las zonas plano cóncavas con gran humedad predominan los bosques de palmeras, los cuales son fácilmente observables en las imágenes de satélite. Cerca del río Momón, Ruokolainen & Tuomisto (1993) observaron que en terrenos ondulados la vegetación y la flora reflejan condiciones de humedad del suelo en una forma regular y repetida. Gentry (1986) ha encontrado que sólo 3-24 especies de un total de 168-230 especies mayores a 2,5 cm de diámetro, se repiten en bosques adyacentes en arena blanca, suelo laterítico, suelo aluvial y tahuampa (bosque inundable), en la zona de Iquitos, los cuales difieren en textura, contenido de nutrientes y condiciones de drenaje.

Los pacales son bosques que ameritan una mención particular debido a que sus características ecológicas condicionan el desarrollo de formaciones vegetales muy particulares, predominados por el bambú amazónico o paca (*Guadua* spp., Poaceae).

Ecosistemas inundados y acuáticos

Los ecosistemas acuáticos e inundados, han sido definidos por IIAP/WWF (2002), en el marco de Global 200, como la Ecorregión del Río Amazonas y Bosques Inundables (ERABI), la cual está conformada por los ríos y demás cuerpos de agua de la selva baja, así como las tierras adyacentes que se inundan, temporal o permanentemente, por el desborde cíclico natural de los primeros o directamente por agua de lluvia. Es una ecorregión que se extiende principalmente en fajas relativamente angostas, continuas pero ramificadas, cuya longitud mayor supera los mil kilómetros, y aunque también abarca grandes bolsones de características peculiares, siempre tiene a las aguas de niveles fluctuantes como el factor fundamental configurador de todos sus paisajes, ecosistemas, ciclos vitales y procesos ecológicos.

Caracterizan a las áreas inundadas, los diversos tipos de vegetación que están íntimamente relacionados a los factores ambientales que prevalecen en cada sitio, particularmente el tipo y grado de perturbancia por la migración del cauce, las inundaciones, tipo de suelos y drenaje. Estudios recientes han identificado una superficie cercana a 15 millones de hectáreas que cubren diversos ecosistemas relacionadas con las áreas inundadas en los departamentos de Loreto y

Ucayali, de las cuales, sólo el 5% están constituidas por ambientes acuáticos (ríos y lagos), mientras que el 48% están constituidos por pantanos y aguajales, y el 47% por la llanura de inundación (IIAP/WWF 2002).

Estos ecosistemas, o las zonas de tahuampa, se dividen en áreas inundadas por aguas blancas o aguas negras (IIAP/WWF 2000). Son aquellas áreas afectadas por el desborde cíclico natural de los cuerpos de agua y en ambas clases de bosques, el contenido de especies es variado.

En los ríos de agua blanca, las aguas se originan en los Andes, y su color se debe a la gran cantidad de material que transportan en suspensión; son ricos en nutrientes minerales, pero de escasa transparencia (30-50 cm), y el pH tiende a la neutralidad (6,5); debido a la turbulencia y opacidad la producción primaria fitoplanctónica es pobre. Sin embargo, cuando las aguas blancas ricas en nutrientes inorgánicos, invaden los cuerpos de agua lénticos litorales pobres en nutrientes, los fertilizan y con la sedimentación del material suspendido, se promueve el desarrollo de una rica diversidad biológica asociada a los bosques de la zona de inundación. En las orillas de los ríos de aguas blancas con fuerte migración del cauce fluvial, abundan los ecosistemas jóvenes sucesionales. Estos predominan en los complejos de orillares y son pobres en especies, incluyendo tipos de vegetación uniforme como los cañabravales dominados por la caña brava (*Gynerium sagittatum*, Poaceae) y los ceticales dominados por el cético (*Cecropia* spp., Cecropiaceae). El paisaje inundado de este tipo de ríos típicamente presenta un mosaico de diferentes unidades del bosque, distintos en su edad y estado del desarrollo sucesional (Salo *et al.* 1986, Puhakka *et al.* 1993). Los complejos de orillares son más ricos en diversidad de especies de plantas que las terrazas bajas inundables (IIAP/WWF 2000).

En la tahuampa de los ríos con agua negra o mixta, caracterizados por poca migración lateral, las especies son diferentes, incluso la vegetación sucesional en las orillas del río queda muy reducida. En los ríos de agua negra, el agua proviene de suelos arenosos y pantanos pobres en nutrientes; son aguas ácidas (pH 3,8-4,9), de color oscuro debido al elevado contenido de sustancias húmicas, consecuencia de la descomposición parcial de la materia orgánica, y la transparencia lumínica alcanza a 1,0-1,5 metros de profundidad. Su producción fitoplanctónica es pobre por la escasez de nutrientes, por lo que la cadena trófica se inicia a través del aprovechamiento de material alóctono que proviene del bosque. En general los bosques inundables por ríos de aguas blancas a menudo presentan más especies de plantas que los de aguas negras (IIAP/WWF 2000).

Algunas clases de vegetación son muy características por su estructura particular, lo que hace que estos tipos de vegetación se pueden distinguir, efectivamente, en las imágenes de percepción remota. En los aguajales dominan las palmeras denominadas aguaje (*Mauritia flexuosa*) que crecen sobre suelos muy húmedos o con agua permanente y pueden presentar acumulación de material orgánica (turba). También las rencales caracterizados por el renaco (*Ficus* spp., Moraceae) sufren inundaciones largas y presentan diversos desarrollos interesantes entre los ecosistemas acuáticos y terrestres. Los pungales, caracterizados por la punga (*Pseudobombax munguba*, Bombacaceae), a menudo no presentan un dosel cerrado y ocurren en forma mezcladas con otros tipos de vegetación, canales y cochas. También están presentes diversos tipos de pantanos con arbustos o sin vegetación arbórea, incluso gramalotales u otra vegetación flotante (Encarnación 1985, Kalliola *et al.* 1991, Puhakka & Kalliola 1993).

Los ecosistemas acuáticos en la Amazonía incluyen aquellos de los ríos y cochas de la región. Las cochas son en la mayoría de los casos cauces abandonados de los ríos, también existe algunas valles bloqueadas y depresiones con inundación permanente. La principal división de los ecosistemas acuáticos reconoce dos o tres categorías de aguas (blanca, negra y mixta) pero en realidad hay mucho más diversidad en los diferentes tipos de hábitat acuático en la región. Por ejemplo, existen pequeñas quebradas que nacen en suelos arenosos o corren a través de lechos con aguas claras y transparentes que son de origen pluvial y que juegan un papel importante en los sistemas de las aguas.

Las inundaciones en la mayoría de los ríos amazónicos son rítmicas, sin embargo los niveles mínimos y máximos, así como la duración de las épocas de creciente y vaciante, varían. Los ríos con una pequeña área de drenaje pueden presentar ritmos ocasionales, mientras los ríos grandes presentan épocas de creciente y vaciante bien establecidas. Actualmente, no existe información de monitoreo fijo sobre la distribución de las aguas de inundación en los diferentes tipos del paisaje dentro de la Amazonía peruana, de su variabilidad anual, ni de la calidad física y química de las aguas de inundación. Por la gran importancia que tienen estos factores en los ecosistemas amazónicos, se ve que existe una gran demanda para la generación de nuevos conocimientos en estos campos.

En síntesis, los ecosistemas inundados en el Perú se pueden dividir en cinco tipos de regiones de paisaje, cada uno con su dinámica particular: (1) las llanuras inundables de los ríos de origen andino con alto contenido de material en suspensión, ricos en nutrientes, frecuente migración del cauce, y alta perturbación de la vegetación ribereña; (2) la depresión Ucamara de gran amplitud, complejidad y dinamismo del área de inundación; (3) la depresión Ucayali con características parecidas a Ucamara pero a menor dimensión; (4) las llanuras inundadas de ríos que tienen origen amazónico, con aguas negras o mixtas, bajo contenido de material suspendido, pobres en nutrientes, escasa migración horizontal y menor perturbación de la vegetación ribereña; y (5) el abanico de Pastaza, con predominio de sedimentos volcánicos y presencia de valles bloqueadas.



Marco Metodológico

1. NIVEL DE DETALLE

Para la identificación y mapeo de las unidades ambientales en la Amazonía peruana es importante considerar el nivel de detalle en el trabajo, tanto espacial como temático. Un criterio sumamente importante es considerar la escala en el que se intenta presentar los resultados del trabajo. Respetando limitaciones de representación cartográfica, las unidades que se presentan en un mapa final deberían cubrir una parte significativa del mismo, presentando ocurrencias cuyos tamaños en el mapa estarán en el rango de unos centímetros. Considerando por ejemplo la escala 1: 1 000 000, donde un centímetro representa diez kilómetros en el campo, los temas por presentar en el mapa no deberían tener extensiones menores de algunos decenas de kilómetros en el campo. Según esta lógica las colinas individuales no son significativas a esta escala, sin embargo es apropiado identificar grandes paisajes que presentan ciertos tipos de colinas.

En la Amazonía, los patrones del clima (por ejemplo precipitación anual) varían en tal forma que los cambios desde un tipo de clima a un otro tienden a ser suaves, solamente cerca de las cordilleras andinas prevalecen gradientes fuertes del clima. En estas condiciones, la información sobre el clima solo se puede presentar en una manera generalizada por lo menos hasta cuándo los estudios y modelaciones climatológicos han llegado al nivel que permite el mapeo del clima local en las diferentes partes de la región. Consecuencia de esta condición, si aún el clima debería ser considerado en la identificación de las unidades ambientales la información sobre ella quedará muy generalizada en su naturaleza. Actualmente no tenemos conocimientos suficientemente fijos para la definición de patrones del clima a escala detallada.

La misma situación prevalece en lo que es la geología e historia ambiental en las diferentes partes de la región. Particularmente en estos campos, la imagen que se tiene sobre ellos se desarrolló significativamente a fines del siglo 20 (ver el capítulo 2.3) y se espera que los futuros estudios en la región pueden profundizar significativamente nuestra visión sobre la Amazonía. No obstante, el conocimiento sobre la geología en la Amazonía, hasta la fecha, sólo ha permitido la elaboración de mapas muy generales y tentativos de la región.

La distinción de las zonas inundables y no inundables sirve como ejemplo de un tema sobre el que ya es posible desarrollar tanto mapas generales como mapas locales. En selva baja, su distinción es importante porque los paisajes inundables y no inundables poseen patrones diferentes de distribución de especies. Las imágenes de percepción remota apoyados con estudios de campo ya permiten la delimitación de las áreas sujetas por ejemplo a inundación frecuente, escasa o no hay inundación. Depende del propósito del trabajo la escala espacial o temática que es apropiada para presentar estos resultados; al nivel de toda la Amazonía los patrones pueden ser muy generalizados mientras en ciertas zonas de interés uno puede lograr mucho más precisión.

En la luz de lo expuesto, para el propósito de la identificación de las unidades ambientales en la selva amazónica, identificamos dos niveles de acercamiento espacial.

A nivel macroespacial (macrounidad ambiental) se trataría de identificar grandes rasgos físicos y biológicos en la Amazonía peruana, particularmente en la selva baja. Se puede utilizar como fuentes de información las imágenes de satélite, complementadas con algunos mapas temáticos, datos del campo e interpretación científica. En este nivel, el clima, las grandes formas de la tierra (geomorfología), asociadas con sus características geológicas y condiciones de drenaje, tipo de vegetación y origen de los ríos, serían los criterios para identificar y delimitar las unidades ambientales. Es recomendable elaborar un mapa de toda la selva una vez a esta escala, así lograr una visión holista sobre la región.

A nivel microespacial, se considera, básicamente, los mismos temas, sin embargo el nivel de detalle es superior y requiere, entonces, consultas de fuentes precisas de información, incluso un magno esfuerzo de estudios en el campo. Hasta un cierto límite los patrones discernibles en las imágenes de satélite ya pueden presentar detalles al nivel microespacial, sin embargo los estudios científicos relevantes al tema todavía son preliminares. Se espera que los mapas a esta escala en la Amazonía del Perú a menudo sean elaborados por alguna necesidad particular en ciertas zonas definidas, pues esta precisión de trabajo ya requiere un buen volumen de investigación interdisciplinario en el sitio.

La uniformidad temática en la identificación de las unidades ambientales es un aspecto adicional por considerar en la Amazonía. A nivel macro, las unidades “relativamente homogéneas” por identificar no necesariamente representan una sola lógica de interpretación en todas partes de la región. Es cierto que algunas áreas son muy particulares en su naturaleza mientras en otras partes de la región la identificación de las unidades ambientales se basa en otros criterios. Por ejemplo, el Abanico de Pastaza, por sus características sedimentarias de origen volcánico, puede ser considerado como una unidad a escala macro, siendo que posee patrones ambientales y vegetales diferentes del resto de la llanura de inundación de la Amazonía del Perú (IIAP/WWF 2000). A escala micro esta región contiene diversas unidades ambientales y vegetales al nivel del paisaje cuyas características actualmente poco se conoce.

2. LAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Considerando la identificación de las unidades ambientales en la Amazonía peruana, el trabajo debe basarse en todo el conocimiento generado sobre la región hasta la fecha, constituyéndose en los datos primarios (imágenes de percepción remota, estudios de campo), información publicada sobre la región (en diversos libros y artículos científicos) y un buen conocimiento de las teorías y paradigmas actuales de la ciencia en general. En el siguiente, se trató de precisar algunos de estos temas y al mismo tiempo evaluar la aplicabilidad de las diferentes fuentes de información en estudios sobre las unidades ambientales, particularmente a nivel macro.

Imágenes de percepción remota

Las imágenes de percepción remota, particularmente aquellas registradas de una plataforma satelital, son consideradas como las fuentes principales de información para el trabajo. En estas imágenes, los detalles que se pueden observar a menudo son resultados de la manera en la cual la superficie de la tierra está reflejando la luz solar. Por lo tanto, al examinar una imagen de satélite los patrones que se puede ver representan diferencias en la reflectancia de luz dentro del área cubierta por la imagen. La imagen que se muestra en formato raster, cada célula (píxel) representa una observación (reflectancia de luz) que se ha registrado de un lugar determinado. En estas imágenes (casi) no se aplica interpolación de la información. Prácticamente todas las otras fuentes de información en la región son incompletos en su naturaleza, representando puntos, líneas o áreas documentados en el campo.

Entre los principales sistemas de percepción remota, el instrumento TM (*Thematic Mapper*) de la serie de satélites Landsat ya ha demostrado su gran utilidad en los estudios en la Amazonía. Landsat TM registra siete rangos de longitud de onda diferentes de la radiación electromagnética, desde luz visible azul hasta luz infrarroja y radiación térmica infrarroja. Como pueden registrar luz no visible para nuestros ojos, estas imágenes presentan mucha más variación en la cobertura del bosque que se puede observar por simple vista en un sobrevuelo. En las llamadas siete bandas de Landsat TM los píxeles corresponden a una superficie de 30 a 30 metros en la tierra. Aplicando métodos de procesamiento digital de las imágenes se puede preparar diversos tipos de imágenes donde los píxeles varían su color según condiciones definidas por el analista, presentando información registrada en diferentes bandas de TM. En los estudios sobre la Amazonía el procesamiento digital de las imágenes normalmente busca la forma de representar efectivamente la variabilidad ambiental y vegetal en la región.

La hipótesis de trabajo que se está asumiendo es la siguiente: los patrones de reflectancia similar, expresados por colores similares en las imágenes de satélite en un definido espacio, reflejan las mismas condiciones ambientales y por consiguiente los mismos patrones de especies de plantas y animales. Propiamente, estudios realizados sobre este tema (por ejemplo Tuomisto *et al.* 1995, Ruokolainen & Tuomisto 1998) indican que la mayoría de las especies de plantas de los bosques de tierra firme en la zona de Iquitos reflejan los mismos factores ambientales e históricos. Además los factores edáficos más importantes como la textura de los suelos y sus contenidos de calcio, magnesio y potasio, presentan una buena correlación con la reflectancia de la luz observada en las imágenes de satélite. Así, se asumió que los detalles y patrones en el mosaico de las imágenes Landsat TM realmente reflejan las circunstancias ambientales y vegetales en la región.

Para abarcar toda la Amazonía en las imágenes de Landsat TM se necesita unas 40 escenas. Para facilitar su uso efectivo en estudios sobre la región, el proyecto BIODAMAZ ha elaborado un mosaico de ellas que cubre toda la Amazonía peruana (Bendayán *et al.* 2002, BIODAMAZ 2004d). El mosaico está disponible para cualquier interesado en el servidor de mapas del IIAP en el Internet (www.iiap.org.pe/servidor_mapas), así como en el Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana SIAMAZONIA (www.siamazonia.org.pe). Siendo georeferenciado y armonizado para toda la selva, este mosaico muestra a la Amazonía como era en las fechas respectivas de la toma de cada imagen en este mosaico. Debido a que el mosaico representa patrones del ambiente y de la vegetación en toda esta región, esto se considera como una fuente indispensable para apreciar la gran diversidad de ecosistemas y procesos ambientales de la región. Consiguientemente, se ha utilizado este mosaico como un mapa que ilustra, efectivamente, la variabilidad vegetal en la región (BIODAMAZ 2004a, producto cartográfico está disponible en el Internet a través del servidor de mapas del IIAP, www.iiap.org.pe/servidor_mapas, y del SIAMAZONIA, www.siamazonia.iiap.org.pe). Sin embargo, hay que precisar que este producto también implica algunas restricciones, por ejemplo las diferentes fechas inducen problemas en la interpretación de ciertos detalles que son muy dinámicas en su naturaleza, por ejemplo inundaciones y deforestación.

Entre las otras fuentes de información de sensores remotos que son útiles en los estudios sobre la Amazonía se menciona particularmente las imágenes de radar. En estas imágenes, se puede apreciar con claridad los patrones de relieve y así elaborar por ejemplo un mapa geomorfológico. Está disponible un juego de imágenes análogas SLAR (*Side-Looking Airborne Radar*) sobre toda la selva peruana a escala 1:250 000, sin embargo esto no han sido digitalizado. También se cuenta con un mosaico de las imágenes SAR (*Synthetic Aperture Radar*) del sistema satelital japonés JERS (*Japanese Earth Resources Satellite*). A partir del año 2002, el satélite europeo Envisat está registrando simultáneamente tanto imágenes espectrales como aquellas de radar. También imágenes Ikonos, de alta resolución espacial (2 y 4 metros) están ahora disponibles en el mercado. Estos ejemplos muestran que el avance tecnológico está proporcionando nuevas herramientas valiosas para los estudios e inventarios en la Amazonía.

Mapas temáticos

Los diversos mapas temáticos que se han publicado sobre la Amazonía peruana constituyen otra fuente de información espacial, muy valiosa en la identificación de las unidades ambientales. Sin embargo, es importante constatar las restricciones que presentan, cada uno de estos mapas, antes que se pueda utilizarlos en el trabajo. Se considera que los mapas temáticos muy antiguos y aquellos que no se sustentan con una buena documentación de las metodologías utilizadas disponen de un valor muy limitado (ver el capítulo 2.3). También los mapas muy sintetizados pueden ser difíciles de utilizar, pues el contacto con los datos originales y los principios utilizados en la elaboración del mapa pueden ser difíciles de deducir. Por otro lado, también existen mapas temáticos sustentados con una muy buena documentación metodológica, son justamente estos mapas que presentan más potencial para su uso en la identificación de las unidades ambientales.

Para evaluar los mapas temáticos y otras fuentes de información es importante considerar los datos originales y las metodologías utilizados en su elaboración. Los trabajos que se sustentan con una descripción metodológica detallada y con los datos y muestras bien guardados son aquellos que mejor permiten su aplicación como fuentes de información en otros estudios (Figura 18A). Esperamos que en todos los estudios futuros en la Amazonía los investigadores respeten este requisito, sin embargo, actualmente existen muchos trabajos ya publicados que no lo cumplen (Figura 18B). En muchos de estos trabajos se desconoce tanto las fuentes de información originales como las metodologías y teorías científicas utilizadas en la interpretación: es una caja negra cuyo contenido no se puede percibir ni evaluar. La utilidad de cada mapa temático que presenta información sobre la Amazonía puede ser evaluada en la luz de estos temas.

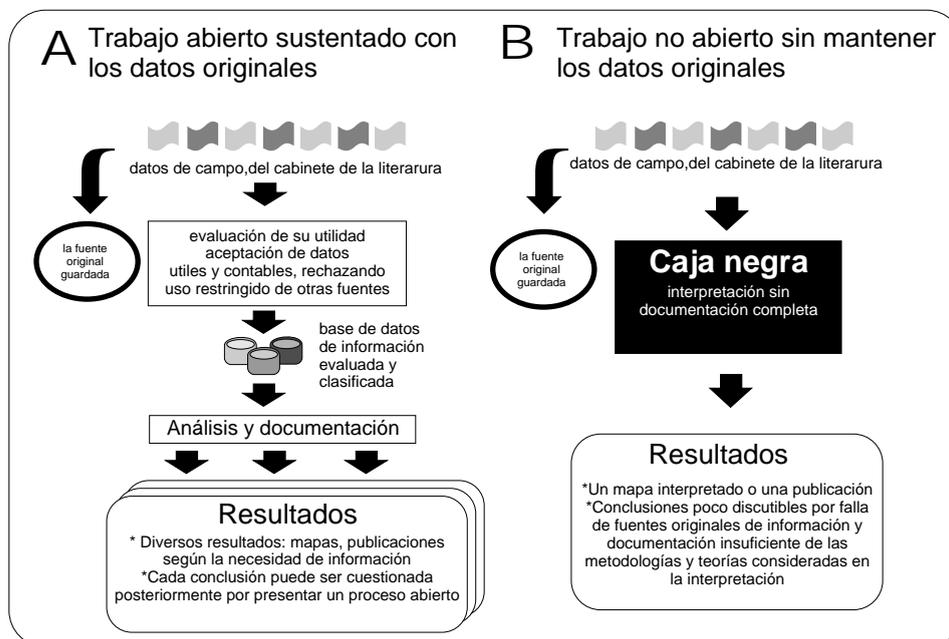


Figura 18. Dos tipos y cualidades de trabajo científico, frecuentemente encontrados en cartografía ambiental. A. Trabajo de alto rigor científico; es un proceso abierto, bien documentado y sustentado con las fuentes de información originales, guardados para facilitar su posible re-evaluación. B. Trabajo que no cumple estos requisitos, es un proceso tenebroso que no deja mucho lugar para una evaluación posterior de sus conclusiones.

La Tabla 4 es una lista anotada sobre los principales mapas temáticos que contienen información sobre toda la selva peruana. Muchos de los mapas ya son antiguos, presentan limitaciones en su documentación y además son muy sintetizados. Generalmente los mapas a nivel de toda la selva son poco confiables, pues no son sustentados con las bases de datos bien documentadas. Realmente, son pocos los mapas publicados cuya utilidad en la identificación de las unidades ambientales se considera muy provechosa. Sin embargo la mayoría de los mapas temáticos merecen ser consultados para averiguar su información con relación a las otras fuentes de información.

Tabla 4. Evaluación de los principales mapas temáticos que cubren toda la Amazonía del Perú. La descripción metodológica “regular” es típicamente una memoria explicativa, que no incluye mucha información sobre las fuentes originales de información ni de las metodologías utilizadas en la interpretación.

Nombre del mapa	Autor y año	Descripción metodológica	Temas de clasificación o mapeo	Puntos conocidos indicados	Utilidad en identificación de las MUA´s*
<i>Soil map of the world (Mapa de suelos del mundo)</i>	FAO/UNESCO 1992	Suelo	Regular	No	Consulta general
Mapa geológico del Perú	INGEMMET 1995, 2000	Geología	Regular	No	Consulta general
Atlas climático de América del Sur	UNESCO/OMM 1975	Precipitación, temperatura	Regular	Sí	Consulta general
Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras	ONERN 1981	Varios	Insuficiente	No	Casi no
Mapa de clasificación climática del Perú	SENAMHI 1988	Clima	Regular	No	Consulta general
Mapa de suelos del Perú	INRENA 1996b	Suelos	Insuficiente	No	Muy limitado
Mapa del Perfil ambiental del Perú	ONERN 1986	Ambiente en general	Regular	No	Consulta general
Mapa ecológico del Perú	ONERN 1976a, reimpresión por INRENA 1994, 1995a	Clima	Insuficiente	No	Muy limitado
Mapa forestal	INRENA 1995b, 1996a	Bosques con diversos criterios	Regular	No	Consulta general
Mapa geoecológico	PAUT 1993	Ambiente en general	Regular	Algunos	Consulta general

*MUA = macrounidad ambiental
Elaborado por el equipo del proyecto

Otro tipo de información temática a escala regional, constituye el modelación ambiental, el cual es un campo promisorio por considerar. Desde la última parte del siglo 20, algunos proyectos internacionales de carácter interdisciplinario han elaborado modelos sobre ciertos temas ambientales en el nivel global y continental, por ejemplo modelación climatológico sobre América del Sur. Se espera que estos trabajos promuevan interesantes resultados sobre el ambiente amazónico en tal forma que puedan ser considerados como fuentes de sustento en la identificación de las macrounidades ambientales.

Datos del campo

Los estudios de campo son indispensables en cualquier estudio biogeográfico o ambiental. Reflejando la realidad encontrado en los sitios estudiados, estas investigaciones alimentan la identificación de las unidades ambientales con observaciones y mediciones verificadas en el campo. Esto facilita la interpretación de los patrones ambientales en las imágenes de percepción remota. No obstante, la utilidad de los datos de campo depende tanto del tipo y cualidad de estudios realizados en el sitio como de la precisión de las coordenadas que definen las localidades estudiados en el campo (ver también capítulo 2.3).

Durante la última década del siglo 20, la introducción de la tecnología de posicionamiento automático (GPS, *Global Positioning System*, sistema de posicionamiento global) hizo posible determinar efectivamente las coordenadas que corresponden a cada sitio estudiado en el campo. Con este avance tecnológico, actualmente es muy fácil colocar los puntos estudiados en el campo precisamente utilizando un SIG (sistema de información geográfica), facilitando su relación con los mapas digitales e imágenes de satélite. Esto significa un mayor salto en la cualidad de las bases de datos creados sobre los estudios de campo en la Amazonía. Un procedimiento particularmente eficaz es vincular los estudios de campo estrictamente con el análisis de las imágenes de satélite u otra fuente geográfica, realizando los estudios de campo en localidades predefinidos con base en estos estudios.

Para obtener una certeza relativamente buena del significado de los miles y miles de detalles y patrones en las imágenes de satélite, se necesitaría realizar muchísima verificación del campo. La necesidad de trabajos del campo sobrepasa por órdenes de magnitud las posibilidades de cualquier proyecto solitario. Una manera para aumentar el número de localidades estudiadas en el campo es el uso de indicadores de patrones geográficos de distribución de especies (Tuomisto & Ruokolainen 1998, BIODAMAZ 2004b). Este método tiene una expectativa significativa para hacer mucho más rápidos los inventarios necesarios para identificar áreas especiales en su composición de especies. Según los resultados actualmente disponibles sobre esta metodología, los patrones de distribución de las plantas indicadoras (helechos, melastomáceas, palmeras) son representativos de por lo menos de árboles y posiblemente de la flora total y corresponden a las propiedades de las tierras. Sin embargo los grupos de animales estudiados (hormigas, anfibios anuros, aves) no parecen reflejar la misma realidad (Rodríguez *et al.* 2002). En principio sería útil tener también indicadores de la riqueza de especies, pero actualmente no se conoce tales y hasta hay argumentos científicos que ponen en duda la plena posibilidad de encontrarlos (Prendergast *et al.* 1993).

Los datos de campo que mejor sustentan la identificación de las unidades ambientales son aquellos que se ha replicado igualmente y en intensidad uniforme en un mayor número de sitios. Sería ideal, que los puntos estudiados representaran cada tipo de ambiente en la Amazonía peruana de manera tal que el resultado sea estadísticamente significativo, así logrando reflejar el componente regional de la diversidad biológica (diversidad ?). Al estudiar también la distribución de individuos a escala local, se puede evaluar también la contribución de los hábitats locales a la diversidad biológica (diversidad ?). Para mayor información sobre estos temas, por favor véase al capítulo 2.1.

Conocimiento científico

El tema central del capítulo 2.3 era recalcar algunos conceptos primordiales de la ciencia occidental, entre ellos la idea que todo el conocimiento actual refleja los estudios realizados y teorías desarrollados hasta la fecha. Cada vez, la ciencia avanza por acumulación de nuevos datos y una evaluación continua de los resultados y pensamientos logrados hasta la fecha. Asimismo, la identificación de las unidades ambientales debería basarse en los conocimientos y paradigmas de la fecha. Por el avance continuo de la ciencia también debería ser posible volver a modificar la clasificación y mapeo de las unidades en su oportunidad.

La colecta de información de la literatura es muy laboriosa siendo las publicaciones por estudiar diversas y numerosas: sobre todo los artículos científicos, libros e informes que presentan información relevante sobre la región amazónica peruana. Asimismo, es preciso dominar bien el estado general de la ciencia en todos los campos relevantes al tema; son las teorías, paradigmas y metodologías actuales en cada disciplina. Es necesario recalcar que el entendimiento científico no es algo simple que se puede dominar fácilmente; al revés es el campo intelectual más difícil y requerido de la sociedad humana. Al identificar las unidades ambientales en la Amazonía del Perú, entonces, el trabajo debe ser intensivo y de nivel que cumple los requisitos de profesionalismo.

Realísticamente no es posible involucrar todo el conocimiento que está en demanda, hay que aceptar que el trabajo siempre tendrá limitaciones por escasos recursos humanos, financieros y de tiempo. Hasta puede ser difícil simplemente adquirir los artículos y otra información relevante al tema, ni hablar de su lectura y asimilación. Esta realidad puede ser combatida con una estrategia definida que intenta lograr el mejor resultado bajo las condiciones presentemente disponibles. Por ejemplo, los vacíos de conocimiento deberían ser expuestos abiertamente: cada interpretación que no se puede sustentar con buenos datos ni teorías fijas incluye un aspecto de inseguridad que debe ser expresado claramente. La estrategia debería también incluir un aspecto de dinamismo, es decir aceptar como condición inherente del proceso una necesidad de volver reevaluar, según necesidad, las interpretaciones y decisiones ya hechas. Alianzas entre diversas instituciones o grupos de estudio pueden contribuir significativamente al capital humano que se necesitará para el trabajo. De la misma manera, el Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana SIAMAZONIA (www.siamazonia.org.pe) está considerado como un instrumento importante que contribuye al sujeto.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

Representando la combinación de distintos temas ambientales, la identificación de las unidades ambientales no puede ser absolutamente objetiva, más bien es una síntesis de opiniones, compromisos y razonamiento de diversas personas. Sin embargo, la base de identificación de las unidades ambientales debe ser siempre el conocimiento científico actual y actualizado que presenta una base más y más sólida con incremento de información y entendimiento sobre los procesos ambientales amazónicos. Mucho de lo que se considera en la interpretación refleja las necesidades actuales de información en la sociedad, por ejemplo aquellas relacionadas al uso razonable de ciertos recursos naturales. Si ocurren cambios en estas necesidades, o cuando se cuente con información científica actualizada sobre la región, la distinción de las unidades ambientales resultará diferente (Figura 19). Por ejemplo, las necesidades futuras de la sociedad podrían enfatizar particularmente la información climatológica, hidrográfica u otra más que no se había considerado en las interpretaciones anteriores. Bajo estas condiciones de inestabilidad, consideramos que nunca será posible interpretar las unidades ambientales de manera absolutamente definida, más bien cada interpretación refleja condiciones y razonamiento de la fecha de su elaboración. Por lo tanto, es importante garantizar que la base de información y los paradigmas científicos considerados en la interpretación siempre estén bien elaborados y documentados, así facilitando una nueva interpretación de las macrounidades ambientales en el futuro.

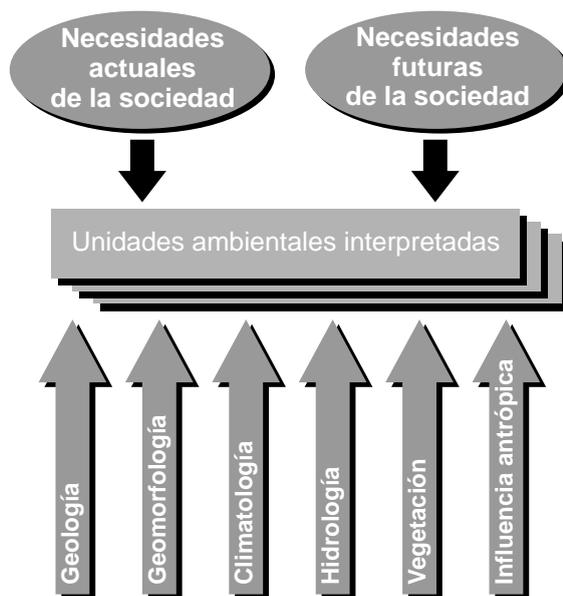


Figura 19. La interpretación de las unidades ambientales refleja tanto el conocimiento en los campos científicos considerados, como también las necesidades de la sociedad. Cualquiera de estas consideraciones puede cambiar, produciendo, cada vez, una nueva interpretación de las unidades ambientales.

Con base a lo expuesto, presentamos un esquema de las principales fases de trabajo requeridas para identificar las unidades ambientales en la Amazonía Peruana (Figura 20). Nuestra atención aquí está principalmente en la interpretación de las macrounidades ambientales; si se considera los estudios a mayor detalle (zonificación a las escalas meso y micro) será necesario atender mayor profundidad los temas del trabajo de campo y su análisis e interpretación.

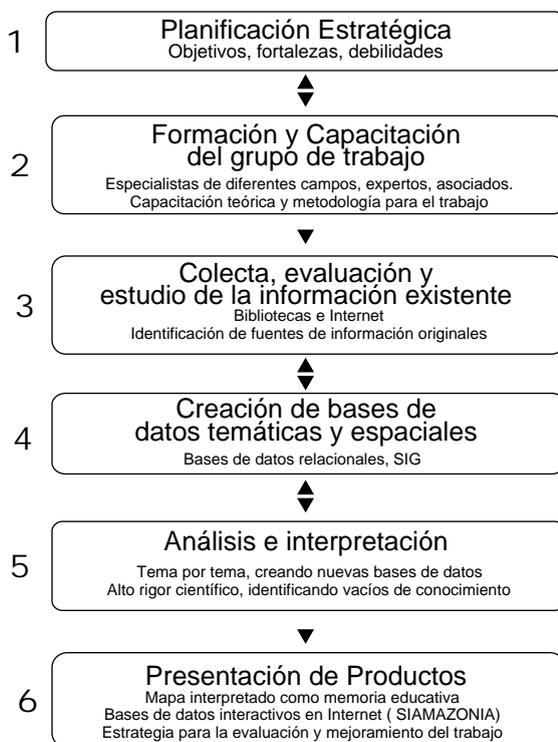


Figura 20. Las principales fases de trabajo en la identificación de las macrounidades ambientales en la Amazonía Peruana.

Fase 1: Planificación estratégica

Es importante reconocer que el trabajo que consideramos implica mayor esfuerzo interdisciplinario y de colaboración. Hay muchos temas y detalles por tratar y una gran necesidad para asegurar una alta calidad del trabajo interpretativo. Desarrollar un estudio tan ambicioso sólo es posible a través de manejarlo como un proceso que es precisamente orientado, bien planeado y claramente organizado. El plan debe también identificar necesidades para los recursos adicionales que se consideran inevitables, tanto financiamiento como capacidad intelectual.

Es importante recalcar el bajo nivel actual del conocimiento científico sobre la Amazonía que obstaculiza la elaboración de una interpretación fija en poco tiempo. Lógicamente el plan debería admitir que el trabajo nunca termina, entonces es necesario hacer posible la re-evaluación de las unidades ambientales una vez determinadas.

Fase 2: Formación y capacitación del grupo de trabajo

El trabajo interpretativo requiere la participación de diversos especialistas e investigadores representando las diferentes ciencias sobre la tierra (ver Figura 8). Por lo tanto, hay que formar un grupo de trabajo cuya capacidad se ajusta con las necesidades de este ejercicio, completado por expertos asociados según la necesidad.

Para lograr los mejores resultados se ve importante comenzar el trabajo con un período de capacitación de todo el grupo de trabajo, es particularmente importante reconocer las teorías y paradigmas actuales de la ciencia, así como las metodologías de la fecha.

Fase 3: Colecta, evaluación y estudio de la información existente

Todos los esfuerzos investigativos que ya se han realizado en la Amazonía son, potencialmente, pilares importantes de información en este trabajo. Por lo tanto hay que identificar, coleccionar, evaluar y estudiar las publicaciones relevantes y organizarlas en tal manera que puedan ser fácilmente utilizados posteriormente y por cualquier miembro del grupo de trabajo. Para asegurar una buena sistematización de las diferentes fuentes de información, las bibliotecas y sistemas de información tendrán un papel importante en este ejercicio.

Esta fase de trabajo también incluye un análisis de los mapas temáticos sobre la Amazonía con un esfuerzo particular para identificar, hasta consultando personalmente sus autores, las fuentes de información originales utilizadas en su interpretación.

Fase 4: Creación de las bases de datos temáticas y espaciales

Después de su análisis y sistematización, cada fuente de información (metadatos) y la información misma debería ser registrada en las bases de datos que soportan el trabajo, así facilitando un fácil y eficaz acceso a estas fuentes de información cuando necesario. Es obvio que se deba construir una serie de registros temáticos, desde metadatos sobre las investigaciones realizadas en la región hasta registros bibliográficos anotados y listados de especies encontradas en los diferentes sitios. La identificación de estas necesidades es un reto desde la fase de planificación. Sin embargo, es cierto que una gran parte de este trabajo se puede realizar en plena interacción con el sistema de información SIAMAZONIA, tanto utilizando información que ya se encuentra allí, como produciendo nuevos contenidos para el mismo sistema.

La mayoría de las diferentes informaciones tienen un contexto geográfico definido en la región, por lo tanto es indispensable incorporar estos datos en un SIG. Se espera que el proceso produzca decenas de coberturas temáticas que pueden ser fácilmente disponibles para todos los miembros del grupo de trabajo a través de utilizar un sistema de servidores de mapas en Internet/intranet.

Fase 5: Análisis e interpretación

Es la fase principal de trabajo; importante, laborioso y difícil. Aquí, se necesitará concentrar la mejor capacidad intelectual posible, incluso involucrar especialistas auxiliares fuera del grupo principal de trabajo. Aquellas interpretaciones que no se sustentan con una base fija de datos y metodologías no sirven, por eso hay que insistir en la calidad. Esta fase de trabajo nunca terminará, sin embargo es necesario producir una interpretación "de la fecha" a través de un proceso intensivo y multidisciplinario.

Un tema importante del trabajo es adoptar una metodología positivista (véase capítulo 2.3), es decir que se construye todos los conocimientos en una base que se puede sustentar con los datos e información averiguables. Para facilitar esto, se cuenta con los registros creados en base de la literatura y aquellas interpretaciones temáticas que serán desarrolladas adicionalmente (Tabla 5).

Es importante no confundir las observaciones con interpretación. Por ejemplo, en el caso de geomorfología se puede cartografiar los diferentes tipos de relieve en alguna región según diferentes criterios de clasificación; si aún las diferentes clasificaciones pueden resultar en unidades geográficas muy parecidas su valor interpretativo puede ser muy disímiles. Según una clasificación puramente morfológica utilizando las imágenes de satélite, por ejemplo, se puede identificar diferentes tipos de superficie desde relieve plano hasta relieve fuertemente disectado, con una serie de otras formas de relieve intermedio definidos según su apariencia en las imágenes. Un mapa producido con esta metodología presentará áreas caracterizadas por los diferentes tipos del relieve sin ninguna consideración de su origen y probable evolución. Las interpretaciones se deberán realizar posteriormente considerando diversas fuentes de información, no solamente sobre los temas que se consideraron en la delimitación de los diferentes tipos de relieve.

Otra manera de cartografiar geomorfología en la misma región sería aplicar alguna clasificación que ya implica interpretación del origen de la superficie. Por ejemplo el concepto "terrazza" ya nos expresa que se interpreta los sedimentos que forman esta superficie son depositados por algún río. Sin embargo muchas veces en la Amazonía peruana no es fácil separar las tierras cuyo origen es fluvial o lacustre/marino (véase capítulo 2.2), por lo tanto puede ser riesgoso utilizar clasificaciones que ya aplican una interpretación sobre el origen de la superficie. Mejor dejar estas consideraciones en la parte final del trabajo y no presentarlas desde el inicio, particularmente si existe alguna duda sobre la interpretación. Por razones de rigor científico, es preferible evitar clasificaciones que expresan un nivel superior de conocimiento de lo que realmente es el caso. Así se puede evitar un salto hasta las conclusiones sin que antes todos los datos básicos hayan sido completados y analizados.

La interpretación de las unidades ambientales a escala macro requiere de un método donde se combinan diversas variables temáticas, de cara a identificar las áreas que presentan características y patrones particulares en grandes superficies. Existen varios procedimientos para lograr este propósito, entre ellos los métodos de superposición, jerárquico y selectivo.

- El método **superposición** (*overlay*) consiste en la superposición de mapas correspondientes a las diversas variables en estudio, utilizando el SIG, con el propósito de producir un nuevo mapa, con unidades espaciales que poseen las mismas características biofísicas. El problema con este método radica en que cada mapa disponible en el Perú ha sido estudiado independientemente por diversos profesionales, con mapas bases diferentes, en diversas épocas y con diversos propósitos. Por lo tanto, no es razonable realizar este tipo de análisis en una manera muy mecánica, más bien la superposición de los diferentes mapas y coberturas temáticas representan una fase en la cadena de deberes en la interpretación de las unidades ambientales.
- El método **jerárquico** implica establecer un sistema de clasificación jerárquico del ambiente, sobre la base de los factores en estudio. Existen algunas aproximaciones sobre el particular, como las de la ecología del paisaje (véase capítulo 2.1). Los niveles jerárquicos se establecen de acuerdo a la importancia de cada variable ambiental. En la Amazonía, por ejemplo, se podría considerar al clima y a las grandes geoformas como los primeros factores por considerar. Realísticamente, sin embargo, poco se conoce sobre los patrones del clima en la región y por lo tanto esta característica no es un buen candidato para considerarlo en el tope de un sistema jerárquico. Los patrones geomorfológicos presentan más potencial para este propósito, por ejemplo la distinción de diferentes clases de tierras amazónicas basándose en su susceptibilidad a las inundaciones.
- El método **selectivo** consiste en utilizar una o pocas variables, las más significativas, que explican o caracterizan una unidad ambiental. La selección de estas variables es un aspecto crítico de este método; es tanto una ventaja como una fuente potencial de confusión. Por ejemplo, el Abanico de Pastaza, por sus características particulares y únicas en la selva peruana (predominancia de sedimentos volcánicos) es considerado como una macrounidad ambiental. Así mismo las zonas de pacaes, al sur de la selva baja peruana, esta vez por sus particulares características vegetales, podrían ser consideradas en la definición de una otra macrounidad ambiental. Estos ejemplos nos muestran que hay una tentación de aplicar diferentes criterios para identificar las distintas macrounidades ambientales en la selva baja. Por esta condición, el método contiene inconvenientes de opinión personal, sin embargo se considera que por ser abiertamente pragmático este método es sencillo en zonas donde existen vacíos de información, como en la Amazonía peruana.

En la interpretación de las macrounidades ambientales se considera que se debe utilizar todos estos métodos. La superposición facilita comparar la distribución de los diferentes temas espaciales entre sí, logrando de esta manera una visión global de la región y su variabilidad ambiental. Oportunamente es conveniente aplicar cierto nivel de jerarquía en la identificación y definición de las unidades ambientales. Por otro lado consideramos que un sistema estrictamente jerárquico no parece muy promisorio en la Amazonía, pues este método fácilmente resultaría muy rígido en la clasificación, lo cual no correspondería muy bien con el ambiente de la región. Razonablemente para lograr una aproximación tentativa de las macrounidades ambientales en la región, el método selectivo resultará efectivamente en un ensayo de dichas unidades en la selva baja. Sin embargo para evitar los problemas de subjetivismo, las unidades deben ser definidas con base a toda la información e entendimiento científico que esté disponible, y también hay que presentar una documentación metodológica muy detallada del proceso interpretativo.

Fase 6: Presentación de productos

El resultado inmediato del proceso de identificar las macrounidades ambientales es un mapa que presenta las unidades interpretadas en la selva baja del Perú, basándose en el conocimiento científico sobre el tema, correspondiendo a la fecha de elaboración de este trabajo interpretativo. Siendo producido por un grupo de trabajo multidisciplinario, utilizando criterios selectivos de clasificación, este mapa se publicará junto con una descripción detallada de las fases de trabajo y las metodologías utilizadas.

Otro fruto del ejercicio, el proceso interpretativo *per se* es una actualización muy importante del conocimiento sobre los temas ambientales en la selva baja. Asimismo las bases de datos temáticas y espaciales elaboradas sobre el tema resultan en registros sistematizados, muy valiosos en la actualización y reevaluación posterior de las mismas unidades ambientales. La mayor parte de estos registros pueden ser integrados en SIAMAZONIA, contribuyendo a los futuros estudios en la región y a la acumulación de conocimientos sobre este territorio. Gran parte de esta información también puede ser presentado en Internet utilizando la tecnología de servidor de mapas que es una herramienta eficaz de la distribución de la información espacial.

Otro resultado del proceso, también será la elaboración de un plan que facilitará la actualización de las macrounidades ambientales y la profundización del nivel de conocimiento general sobre los temas ambientales en la región. Estos conocimientos serán necesarios para ajustar las escalas que se considera en la zonificación, para que se pueda lograr métodos aptos para la escala regional y local (zonificación a escala meso o micro).

Tabla 5. Criterios para la identificación de macrounidades ambientales en la selva baja y fuentes de información.

Tema	Variabes	Indicadores	Fuentes de información	Observaciones
Clima	Precipitación	Media anual y precipitaciones mensuales (isolíneas). Duración de tiempo poco lluvioso (precipitación mensual <100 mm)	Mapas y registros sobre el clima. Modelaciones y estudios particulares	Solo existe información general Sería importante identificar anomalías climáticas
Geo morfología	Formas de tierra	Tipos de relieve (plano, plano con valles, ondulado, colinoso, muy colinoso) Balance sedimentario (erosivo, deposicional, desconocido) Geoformas interpretados (complejos de orillares, terrazas, abanicos)	Mosaico de imágenes satélite Estudios sobre el tema (IIAP, ONERN, INRENA, INGEMMET, INADE, UTU-ART)*	Será necesario elaborar muchas coberturas separadas de los distintos temas, y como producto final un mapa geomorfológico
	Inundaciones y drenaje	Inundaciones (regular, irregular, ausencia) Drenaje (malo, regular o bueno) Ríos y cochas	IIAP-WWF, ONERN	
Geología	Litoestructuras y suelos	Afloramiento de formaciones geológicas y gradientes en los mismos Tipo de suelo	Mapas geológicos (INGEMMET) Otros mapas temáticos (IIAP, INRENA, FAO, ISRIC, PAUT) Estudios sobre el tema (UTU-ART, IIAP)	Será necesario identificar formaciones geológicas contrastantes
	Tipo y origen de sedimentos	Textura Grado de meteorización Origen (andino en general, volcánico, amazónico)		
Hidrografía	Tipo de los ríos	Patrón del cauce (meándrico trenzante, anastomosado) Tipo de aguas (blanca, mixta, negra, clara, variable) Origen del río (andino, amazónico)	Mapa hidrográfico (MIPRE) Mosaico de imágenes de satélite Estudios limnológicos de campo Otros estudios sobre el tema	Es importante elaborar un sistema de clasificación jerárquica de los ríos y delimitar las áreas de drenaje
	Dinámica fluvial	Amplitud del lecho de inundación Migración del cauce		

Biogeografía	Formaciones vegetales	Tipo de la vegetación (por ejemplo bosque alto, bosque bajo, pacal, aguajal, renacal, pantano arbustivo, pantano herbáceo, varillal, chamizal, sabana)	Mapas temáticos (INRENA, IIAP, ONERN, INADE, PAUT) Estudios sobre el tema (IIAP, BIODAMAZ, UTU-ART)	Deberán ser verificadas con el mosaico de imágenes de satélite
	Patrones biogeográficos	Distribución de plantas y animales de mayor importancia		

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

ONERN: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales

PAUT: Proyecto Amazonía, Universidad de Turku (UTU), Finlandia

IIAP: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

UTU-ART: Grupo de Investigación Amazonía, Universidad de Turku, Finlandia

INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales

ISRIC: International Soil Reference and Information Centre

MIPRE: Ministerio de la Presidencia

INADE: Instituto Nacional de Desarrollo

1. CONCLUSIONES

Para facilitar los procesos de la zonificación ecológica y económica y el ordenamiento ambiental en la Amazonía Peruana, es indispensable identificar y cartografiar las unidades ambientales en la región.

La interpretación de las unidades ambientales debe basarse en el conocimiento científico. Por eso es necesario conocer bien el estado actual de la ciencia en general con relación a la Amazonía en particular, cubriendo todos los campos relevantes de la ciencia; por ejemplo: geología, biología, biogeografía, geomorfología, pedología, hidrología y climatología. Es importante reconocer que las teorías científicas generales a menudo son válidas también en la Amazonía.

Por su situación en el llano subandino, la Amazonía Peruana se caracteriza por procesos geológicos bastante dinámicos. Por lo tanto, la historia ambiental de esta región es muy particular, incluyendo formación de mayores lagos e intrusión del mar durante la época del Mioceno, y la presencia actual de subcuencas de hundimiento y altos de levantamiento. Los patrones del clima junto con la geología estructural son los factores ambientales que estructuran la mayor parte de la región. Una característica muy particular para la Amazonía Peruana es su carácter de mosaico en diferentes escalas de detalle.

Para cartografiar el ambiente amazónico, debido al escaso conocimiento científico de la región, es necesario utilizar métodos de estudio y herramientas cartográficas que son específicamente desarrolladas para servir en condiciones donde existen vacíos de información. Asimismo es indispensable aplicar métodos que guardan y presentan los datos originales del campo y del laboratorio, incluso los registros georeferenciados en las bases de datos geográficos. Los nuevos conocimientos científicos pueden modificar la propuesta original, en tal sentido la identificación de las unidades ambientales debe ser considerada como un proceso que se va perfeccionando con el tiempo.

En la identificación de las unidades ambientales, las principales fuentes de información por considerar incluyen las imágenes de percepción remota, el trabajo de campo y laboratorio, un análisis de los mapas temáticos y otras publicaciones, así como un buen conocimiento sobre los distintos campos de la ciencia, relevantes al proceso.

Se definen las siguientes fases para el trabajo cuyo objetivo es definir y cartografiar las macrounidades ambientales en la selva baja peruana: 1) Planificación estratégica; 2) Formación y capacitación del grupo de trabajo; 3) Colecta, evaluación y estudio de la información existente; 4) Creación de las bases de datos temáticas y espaciales; 5) Análisis e interpretación; y 6) Presentación de productos.

El resultado inmediato de este proceso es un mapa que presenta las macrounidades ambientales. También las bases de datos temáticas y espaciales creadas sobre el tema se consideran como resultados del trabajo. Muchos de estos registros pueden ser integrados en un sistema de información de libre acceso, particularmente SIAMAZONIA.

2. RECOMENDACIONES

Por la gran importancia de la identificación de las unidades ambientales para el desarrollo amazónico y la gran diversidad de temas ambientales por tratar, se considera que es importante lograr un nivel muy profesional para el trabajo. Para facilitar esto será necesario adoptar una política definitiva cuyo propósito principal sea facilitar el cumplimiento de esta meta.

Un aspecto central es la capacitación de los especialistas nacionales y regionales en los campos relevantes al tema. Con relación a la identificación de las macrounidades ambientales en particular, es indispensable capacitar al equipo de trabajo antes de ir al trabajo interpretativo.

Por la misma razón, es indispensable que el trabajo sea completamente transparente, incluso las muestras colectadas y los registros digitales deberían estar bien ordenados y ser de libre acceso, facilitando así una evaluación posterior de las interpretaciones hechas.

Para presentar los resultados de las interpretaciones, es recomendable utilizar métodos transparentes de cartografía, dándole al lector la oportunidad de examinar los datos originales que se han utilizado en la interpretación.

Se recomienda utilizar ampliamente la herramienta SIAMAZONIA (Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana, www.siamazonia.org.pe) para almacenar y diseminar las bases de datos, facilitando así los estudios posteriores sobre el tema.

Se recomienda realizar la identificación tentativa de las macrounidades ambientales como un proceso intensivo con participación de especialistas de diferentes disciplinas. Este trabajo debe incluir la preparación de un plan para evaluar, profundizar y actualizar las interpretaciones una vez hechas.

Es importante no confundir interpretación con colecta de datos; las conclusiones sobre la interpretación deben surgir de un análisis rígido de distintas fuentes de información independiente.

Es importante considerar la definición de las unidades ambientales como un proceso, y no como un esfuerzo que será realizado sólo una vez. Esto implica que será necesario la reevaluación de las interpretaciones hechas, de cara a la acumulación de nuevos datos y conocimientos.

Para ejecutar la interpretación de las unidades ambientales en mayor detalle (regional, local) es necesario hacer muchos estudios de campo y, al mismo tiempo fortalecer el esfuerzo científico con capacitación relevante al tema y lugar de estudio.



BI B L I O G R A F Í A G E N E R A L

- BAILEY G.R. 1996. *Ecosystem Geography*. Springer Verlag. Nueva York, EE.UU. 173 pp.
- BALSLEV, H., LUTEYN, J., ØLLGAARD, B. & HOLM-NIELSEN, L.B. 1987. Composition and structure of adjacent unflooded and floodplain forest in Amazonian Ecuador. *Opera Botanica* 92: 37-57.
- BENDAYÁN, L., SANJURJO, J., KALLIOLA, R. & RODRÍGUEZ, F. 2003. Experiencia de la tecnología de percepción remota para la elaboración del mosaico de imágenes de satélite Landsat TM en la selva baja de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica* 14 (1): 73-86
- BIODAMAZ. 2001a. Estrategia Regional de la Diversidad Biológica Amazónica. Documento Técnico 01. Serie BIODAMAZ-IIAP. Iquitos, Perú.
- BIODAMAZ. 2001b. Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana. Documento Técnico 02. Serie BIODAMAZ-IIAP. Iquitos, Perú.
- BIODAMAZ. 2004a. Diversidad de vegetación de la Amazonía Peruana expresada en un mosaico de imágenes de satélite. Documento Técnico N° 12. Serie BIODAMAZ-IIAP. Iquitos, Perú.
- BIODAMAZ. 2004b. Guía para estudiar patrones de distribución de especies amazónicas. Documento Técnico 06. Serie BIODAMAZ-IIAP. Iquitos, Perú.
- BIODAMAZ. 2004c. Macrounidades ambientales en la Amazonía Peruana con énfasis en la selva baja: Primera aproximación a manera de hipótesis de trabajo. Documento Técnico 13. Serie BIODAMAZ-IIAP. Iquitos, Perú
- BIODAMAZ. 2004d. Manual para la elaboración de mosaicos de imágenes de satélite Landsat TM para la selva baja peruana. Documento Técnico N° 03. Serie BIODAMAZ-IIAP. Iquitos, Perú.
- BRACK E., A. 1986. La Fauna. *En*: Mejía Baca, M.-J. (ed.). *Gran Geografía del Perú: Naturaleza y Hombre*. Volumen III. Talleres Gráficos Soler S.A., Espulgues de Llobregat, Barcelona, España. 247 pp.
- BROWN, J.H. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *The American Naturalist* 124: 255-279.
- BROWN, J.H., MEHLMAN D.W. & STEVENS G.C. 1995. Spatial variation in abundance. *Ecology* 76 (7): 2028-2043.
- CABRERA, A. & WILLINK, A. 1980. *Biogeografía de América Latina*. Organización de los Estados Americanos OEA. 122 pp.
- CAMPBELL, D.G., DALY, D.C., PRANCE, G.T. & MACIEL, U.N. 1986. Quantitative ecological inventory of terra firme and várzea tropical forest on the Río Xingu, Brazilian Amazon. *Brittonia* 38: 369-393.
- CISTERNAS, A., DORBATH, L. & DORBATH, C. 1988. A study of subandean seismicity in central Peru. *En*: VII Latin American Geological Congress, Belém. N. das Gracas de Andrade da Mata Rezende (ed.). Brazilian Society of Geology. 322 pp.
- CLINEBELL II, R.R., PHILLIPS, O.L., GENTRY, A.H., STARK, N. & ZUURING, H. 1995. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and Conservation* 4:56-90.
- COLINVAUX, P.A. 1987. Amazon diversity in light of the paleoecological record. *Quaternary Science Reviews* 6: 93-114.
- CONDIT, R. 1996. Defining and mapping vegetation types in mega-diverse tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 4-5.
- COX, B.C. & MOORE, P.D. 1985. *Biogeography*. 4th ed. Blackwell Scientific Publications.
- CUMAT. 1985. Estudio de la capacidad de uso mayor de la tierra. Altamarani - Rurrenabaque, Departamento de La Paz. Centro de Investigación de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra (CUMAT). Proyecto Capacidad de Uso Mayor de la Tierra, USAID / BOLIVIA. La Paz, Bolivia. DINERSTEIN, E., OLSON, D., WEBSTER, A., PRIMM, S., BOOKBINDER, M. & LEDEC, G. 1995. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund, WWF) & Banco Mundial (World Bank). Washington D.C., EE.UU. 145 pp.

- DOUROJEANNI, M.J. 1990. Amazonía - ¿Qué hacer? Centro de Estudios Teológicos de la Amazonía (CETA). Iquitos, Perú. 444 p.
- DUIVENVOORDEN, J.F. 1995. Tree species composition and rain forest-environment relationship in the middle Caquetá area, Columbia, NW Amazonia. *Vegetatio* 120: 91-113.
- DUIVENVOORDEN, J.F. & LIPS, J.M. 1993. Ecología del paisaje del Medio Caquetá. Memoria explicativa de los mapas. *Estudios en la Amazonía Colombiana* 3A: 1301.
- DUIVENVOORDEN, J.F. & LIPS, J.M. 1995. A land-ecological study of soils, vegetation, and plant diversity in Colombian Amazonia. *Tropenbos Series N° 12*: 1-438.
- DUMONT, J.F. & GARCIA, F. 1990. Neotectonics of the Andean foredeep basin (Marañón basin) in northeastern Peru. *En: International Symposium on Andean Geodynamics. Institut Français de Recherche Scientifique pour le développement en Cooperación ORSTOM. París, Francia.*
- DUMONT, J.F. & GARCIA, F. 1991. Active Subsidence Controlled by Basement Structures in the Marañón Basin of Northeastern Peru. *En: Proceedings of the Fourth International Symposium on Land Subsidence, May 1991. IAHS Publ. 200*: 343-350.
- DUMONT, J.F., LAMOTTE, S. & FOURNIER, M. 1988. Neotectónica del Arco de Iquitos (Jenaro Herrera, Perú). *Boletín Sociedad Geológica del Perú* 77: 7-18.
- DUMONT, J.F., LAMOTTE, S. & KAHN, F. 1990. Wetland and upland forest ecosystems in Peruvian Amazonia: plant species diversity in the light of some geological and botanical evidence. *For Ecol Manage* 33/34 (1-4): 125-139.
- ECOTONO. 1996. Fragmentación y Metapoblaciones. *Boletín del Programa de Investigación Tropical. Center for Conservation Biology. Stanford University. EE.UU.*
- ENCARNACIÓN, F. 1985. Introducción a la flora y vegetación de la Amazonía Peruana: estado actual de los estudios, medio natural y ensayo de claves de determinación de las formaciones vegetales en la llanura Amazónica. *Candollea* 40: 237-252.
- ENCARNACION, F. 1993. El Bosque y las formaciones vegetales en la llanura amazónica del Perú. *Alma Mater* 6:95-114.
- ENDB 2001. Estrategia Nacional sobre la Diversidad Biológica del Perú. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). Lima, Perú.
- ETTER, A. 1990. Introducción a la ecología del paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 88p.
- FAO/UNESCO. 1992. Soil map of the world. Mapa 1:5 000 000. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) & Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- FORMAN, R.T. & GORDON, M. Landscape ecology. J. Wiley, Nueva York, EE.UU.
- GENTRY, A.H. 1977. Endangered plant species and habitats of Ecuador and Amazonian Peru. *En: Prance, G.T. & Elias, T.S. (eds.). Extinction Is Forever. The Status of Threatened and Endangered Plants of the Americas. N. Y. Bot. Garden, N. Y., EE.UU.* pp. 136-149.
- 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. 1986. Sumario de patrones fitogeográficos neotropicales y sus implicancias para el desarrollo de la Amazonía. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* 16 (61):101-116.
- GENTRY, A.H. 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 85: 156-159.
- GENTRY, A.H. 1992. Diversity and floristic composition of Andean forests of Peru and adjacent countries: implications for their conservation. *Memorias del Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor San Marcos (UNMSM)* 21: 11-29.
- GENTRY, A.H. & ORTIZ, R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía Peruana. *En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia.* pp. 156-166.
- GILPIN, I. & HANSKI, I. 1991. Metapopulation. Biology, Ecology, Genetics and Evolution. Academic Press, California, EE.UU. 512 pp.
- GRAN GEOGRAFÍA DEL PERÚ. 1986. Volúmenes 1-8. Editor: Manfer-Juan Mejía Baca. Talleres Gráficos Soler S.A., Espulgues de Llobregat, Barcelona, España.

- HOORN, C. 1993. Geología del nororiente de la Amazonía Peruana: La formación Pebas. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 69-85.
- HOORN, C., GUERRERO, J., SARMIENTO, G. & LORENTE M. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23: 237-240.
- HUBBELL, S.P. 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, EE.UU.
- HUECK, K. 1972. *As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica*. Editora da Universidade de Brasília e Editora Polígono, São Paulo, Brasil.
- IGN. 1989. Atlas del Perú. Instituto Geográfico Nacional. Lima, Perú. 397 pp.
- IIAP. 1998. Delimitación del territorio amazónico con criterio ecológico y con criterio hidrográfico. Iquitos, Perú. 25 pp.
- IIAP/WWF. 2000. Proyecto de Ecorregión de Bosques Inundables y Ecosistemas Acuáticos de Várzea e Igapó División Perú. Informe Final. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) & Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund, WWF). Iquitos, Perú.
- IIAP/WWF. 2002. Diseño de la Ecorregión del Río Amazonas y Bosques Inundables (ERABI-Perú). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) & Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Fund, WWF). Iquitos, Perú.
- INGEMMET. 1995. Geología del Perú. INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico), Boletín Serie A: Carta Geol. Nac., 55. 177 pp.
- INGEMMET. 2000. Memoria explicativa del Mapa Geológico del Perú. Escala 1:1 000 000. 1999. INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico), Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 136. 71 pp.
- INRENA. 1994. Mapa ecológico del Perú. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú.
- INRENA. 1995a. Mapa ecológico del Perú 1994. Guía explicativa. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú. 220 pp. + 84 fotos.
- INRENA. 1995b. Mapa forestal del Perú. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú.
- INRENA. 1996a. Guía explicativa del mapa forestal 1995. INR-49-DGF. Dirección General Forestal, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 147 pp.
- INRENA. 1996b Mapa de suelos del Perú. 1: 500 000. Dirección General de Aguas y Suelos, Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima, Perú. 61 pp.
- INRENA-DGANPFS. 1997. Estudio Nacional de Diversidad Biológica. Volúmenes I-IV. Instituto Nacional de Recursos Naturales - Dirección General de Áreas Protegidas Naturales y Fauna Silvestre. Lima, Perú.
- KALLIOLA, R. & FLORES PAITÁN, S. 1998. (eds.). Geocología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. 544 pp.
- KALLIOLA, R. & PUHAKKA, M. 1993. Geografía de la selva baja peruana. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 9-21.
- KALLIOLA, R., PUHAKKA, M. & DANJOY, W. (eds.). 1993. Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. 265 pp.
- KALLIOLA, R., LINNA, A., PUHAKKA, M., SALO, J. & RÄSÄNEN, M. 1993. Mineral nutrients from fluvial sediments in the Peruvian Amazon. *Catena* 20: 333-349.
- KALLIOLA, R., PUHAKKA, M., SALO, J., TUOMISTO, H. & RUOKOLAINEN, K. 1991. The dynamics, distribution and classification of swamp vegetation in Peruvian Amazonia. *Annales Botanici Fennici* 28: 225-239.
- KALLIOLA, R., RUOKOLAINEN, K., TUOMISTO, H., LINNA, A. & MÄKI, S. 1998. Mapa geoecológico de la zona de Iquitos y variación ambiental. *En*: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.). Geocología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. pp. 443-457.

- KALLIOLA, R., SALO, J., PUHAKKA, M., RAJASILTA, M., HÄME, T., NELLER, R.J., RÄSÄNEN, M.E. & DANJOY ARIAS, W.A. 1992. Upper Amazon channel migration. Implications for vegetation perturbation and succession using bitemporal Landsat MSS images. *Naturwissenschaften* 79: 75-79.
- KAUFFMAN, S., PAREDES ARCE G. & MARQUINA POZO R. 1998. Suelos de la zona de Iquitos. *En*: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.). Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. pp. 139-229.
- LEO, M. & ROMO, M. 1992. Distribución altitudinal de roedores Sigmodontines (Cricetidae) en el Parque Nacional Río Abiseo, San Martín, Perú. *Memorias del Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor San Marcos (UNMSM)* 21: 105-118.
- LINNA, A. 1993. Factores que contribuyen a las características del sedimento superficial en la selva baja de la Amazonía Peruana. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 88-97.
- MALLEUX 1971. Estratificación forestal con uso de fotografías aéreas. Volumen I. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 82 pp.
- MALLEUX, J. 1975. Mapa Forestal del Perú. (Memoria explicativa). Departamento de Manejo Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 161 pp.
- MALLEUX, J. 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. Departamento de Manejo Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 580 pp.
- MAPA GEOECOLÓGICO DE LA ZONA DE IQUITOS, PERÚ. 1998. Anexo del libro Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds). Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. 544 pp.
- MAPA GEOECOLÓGICO DE SELVA BAJA DE LA AMAZONÍA PERUANA 1993. Anexo del libro Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. 265 pp.
- MARENGO, J. 1984. Estudio Sinóptico-Climático de los friajes (Friagem) en la Amazonía Peruana. *Revista Forestal del Perú* 12 (1/2): 55-80.
- MARENGO J. 1998. Climatología de la zona de Iquitos, Perú. *En*: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds). Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. pp. 35-57.
- MARSHALL, L.G. & LUNDBERG J.G. 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland Basin. *Science* 273: 123-124.
- MICROSOFT ENCARTA REFERENCE LIBRARY. 2004. Programa de computación de Microsoft.
- MÄKI, S. & KALLIOLA, R. 2000. Visualization and communication in mapmaking: a case of complex rainforest environment in Peruvian Amazonia. *Cartographica* 37 (2): 27-42.
- OLSON, DM & DINERSTEIN, E. 1998. The global 200: A representative approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology* 12: 502-515.
- O'NEILL, J. 1992. A general overview of the montane avifauna of Peru. *Memorias del Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor San Marcos (UNMSM)* 21: 47-55.
- ONERN 1975. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 146 pp.
- ONERN 1976a. Mapa ecológico del Perú (Guía explicativa). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 146 pp. + anexo.
- ONERN 1976b. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la Selva: zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 269 pp.
- ONERN 1981. Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. Escala 1:1 000 000, 6 láminas.
- ONERN 1982. Clasificación de las tierras del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima, Perú. 161 p.
- ONERN 1986. Perfil ambiental del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos

- ONERN 1988. Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras de la estación experimental agrícola "El Dorado", Iquitos (Detallado). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima, Perú.
- ONERN 1991. Estudio detallado de suelos y reconocimiento de cobertura y uso de la tierra (Iquitos). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 153 pp.
- ONERN/EMDEPALMA 1982. Estudio detallado de suelos y semidetallado de forestales de la zona del río Manítí (Iquitos). Volumen II. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) & Empresa para el Desarrollo y Explotación de la Palma Aceitera S.A. (EMDEPALMA). Lima, Perú. 37 pp.
- ONERN/GRL/AECI 1991. Estudio detallado de suelos y reconocimiento de cobertura y uso de la tierra (Iquitos). Informe, Anexos y Mapas. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Gobierno Regional de Loreto (GRL) & Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI). Lima, Perú. 153 pp.
- PAREDES ARCE, G., KAUFFMAN, S. & KALLIOLA, R. 1998. Suelos aluviales recientes de la zona Iquitos-Nauta. *En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds). Geocología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II 114. pp. 231-251.*
- PAUT. 1993. Mapa geocológico de la selva baja de la Amazonía Peruana. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku, Finlandia (PAUT). *En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. Anexo.*
- PITMAN, N.C.A., TERBORGH, J.W., SILMAN, M.R. & NUÑEZ, P. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *Ecology* 80 (8): 2651-2661.
- PITMAN, N.C.A., TERBORGH, J.W., SILMAN, M.R., NUÑEZ, P., NEILL, D.A., CERÓN, C.E., PALACIOS, W.A. & AULESTIA, M. 2001. Dominance and distribution of trees in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology* 82 (8): 2101-2117.
- POULSEN, A.D. & TUOMISTO, H.. 1996. Small-scale to continental distribution patterns of Neotropical pteridophytes: The role of edaphic preferences. *En: Camus, J.M, Gibby, M. & Johns, R.J. (eds.). Pteridology in perspective. Royal Botanical Gardens, Kew, Gran Bretaña. pp. 551-561.*
- PRENDERGAST, J.R., QUINN, R., M. LAWTON, J.H., EVERS HAM, B.C. & GIBBONS, D.W. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature* 365: 335-337.
- PUHAKKA, M. & KALLIOLA, R. 1993. La vegetación en áreas de inundación en la selva baja de la Amazonía Peruana. *En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 113-138.*
- PUHAKKA, M., KALLIOLA, R., RAJASILTA, M.. & SALO, J. 1992. River types, site evolution and sucesional vegetation pattern in Peruvian Amazonia. *Journal of Biogeography* 19: 651-665.
- PUHAKKA, M., KALLIOLA, R., SALO, J. & RAJASILTA, M. 1993. La sucesión forestal que sigue a la migración de ríos en la selva baja peruana. *En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 167-201.*
- PULGAR VIDAL, J. 1981. Geografía del Perú, Las Ocho Regiones Naturales del Perú. Editorial Universo S.A. Lima, Perú. 313 pp.
- RADAMBRASIL 1980. Levantamento de recursos naturales, Volume 20 Folha SC. 21 Juruena, Rio de Janeiro, Brasil: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral.
- RODRÍGUEZ, F. 1990. Los suelos de áreas inundables de la Amazonía Peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. *Folia Amazónica* 2: 7-25.
- RODRÍGUEZ A., F. 1998. La Zonificación Ecológica Económica y el Desarrollo Sostenible de la Amazonía Peruana. Comisión Nacional Permanente del Tratado de Cooperación Amazónica, Convenio TCA-BID (Tratado de Cooperación Amazónica & Banco Interamericano de Desarrollo). Iquitos, Perú.
- RODRÍGUEZ, F., BENDAYÁN, L., ROJAS, C. & CALLE, C. 1991. Los suelos de la región del Amazonas según unidades fisiográficas. *Folia Amazónica* 3: 7-21.

- RODRÍGUEZ, J.J., CÁRDENAS, G., CRUZ DE LA, A., LLERENA, N., RÍOS, S., RIVERA, C., SALAZAR, E., VARGAS, V.H., SOINI, P. & RUOKOLAINEN, K. 2002. Comparaciones florísticas y faunísticas entre diferentes lugares de bosques de tierra firme en la selva baja de la Amazonía Peruana. *Folia Amazonica* 14 (1) : 35-72
- RUOKOLAINEN, K. & TUOMISTO, H. 1993. La vegetación de terrenos no inundables (tierra firme) en la selva baja de la Amazonía Peruana. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 139-153.
- RUOKOLAINEN, K. & TUOMISTO, H. 1998. Vegetación natural de la zona de Iquitos. *En*: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. 1998. (eds.). Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. pp. 253-365.
- RUOKOLAINEN, K., LINNA, A. & TUOMISTO, H. 1997. Use of Melastomataceae and pteridophytes for revealing phytogeographic patterns in Amazonian rain forests. *Journal of Tropical Ecology* 13: 243-256.
- RUOKOLAINEN, K., TUOMISTO, H., RÍOS, R., TORRES, A. & GARCÍA, M. 1994. Comparación florística de doce parcelas en bosque de tierra firme en la Amazonía peruana. *Acta Amazonica* 24 (1/2): 3148.
- RÄSÄNEN, M. 1993. La geohistoria y geología de la Amazonía Peruana. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 43-67.
- RÄSÄNEN, M., KALLIOLA, R. & PUHAKKA, M. 1993. Mapa geocológico de la selva baja Peruana: Explicaciones. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 207-216.
- RÄSÄNEN, M., LINNA, A., SANTOS, J. & NEGRI, F. 1995. Late Miocene Tidal Deposits in the Amazonian Foreland Basin. *Science* 269: 3863-390.
- RÄSÄNEN, M., NELLER, R., SALO, J. & JUNGNER, H. 1992. Recent and ancient fluvial depositional systems in the Amazonian foreland basin, Peru. *Geological Magazine* 129 (3): 293-306.
- RÄSÄNEN, M., SALO, J., JUNGNER, H. & ROMERO PITTMAN, L. 1990. Evolution of the Western Amazon lowland relief: impact of Andean foreland dynamics. *Terra Nova* 2: 320-332.
- RÄSÄNEN, M., LINNA, A., IRION, G., REBATA HERNANI, L., VARGAS HUAMAS, R. & WESSELINGH, F. 1998. Geología y geoformas de la zona de Iquitos. *En*: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.). Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser A II* 114. pp. 591-37.
- SALO, J. 1987. Pleistocene forest refuges in the Amazon: evaluation of the biostratigraphical, lithostratigraphical and geomorphical data. *Annales Zoologici Fennici* 24: 203-211.
- SALO, J., KALLIOLA, R., HÄKKINEN, I., MÄKINEN, Y., NIEMELÄ, P., PUHAKKA, M. & COLEY, P.D. 1986. River dynamics and the diversity of the Amazon lowland forest. *Nature* 322:254-258.
- SCHROEDER, R. 1969. La distribución climática del Perú. *En*: Atlas histórico-geográfico y de paisajes peruanos. INP, Lima, Perú.
- SENAMHI. 1988. Mapa de clasificación climática del Perú. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Lima, Perú.
- SHEPARD, G.H. & YU, D.W. & NELSON, B.W. Ethnobotanical Ground-truthing and forest diversity in the Western Amazon. *Advances in Economic Botany. En prensa.*
- SIAMAZONIA Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana. www.siamazonia.org.pe.
- TCA. 1996. Propuesta Metodológica para la Zonificación Ecológica-Económica para la Amazonía. Memorias del Seminario - Taller, Santa Fe de Bogotá, Colombia, 9-12, diciembre, 1996. Tratado de Cooperación Amazónica (TCA). Lima, Perú. 366 pp.
- TRICART, J. 1977. Ecodinámica. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Brasil. 97 pp.

- TUOMISTO, H. 1993. Clasificación de vegetación en la selva baja peruana. *En*: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.). Amazonía Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku & Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 103-112.
- TUOMISTO, H. & RUOKOLAINEN, K. 1994. Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science* 5 (1): 25-34.
- TUOMISTO, H. & RUOKOLAINEN, K. 1998. Uso de especies indicadoras para determinar características del bosque y de la tierra. *En*: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. 1998. (eds.). Geoecología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. *Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II* 114. pp 481-491.
- TUOMISTO, H., RUOKOLAINEN, K. & SALO, J. 1992. Lago Amazonas: Fact or fancy? *Acta Amazonica* 22 (3): 353-361.
- TUOMISTO, H., RUOKOLAINEN, K., KALLIOLA, R., LINNA, A., DANJOY, W & RODRIQUEZ, Z. 1995. Dissecting Amazonian biodiversity. *Science* 269: 63-66.
- UNESCO/OMM. 1975. Atlas climático de América del Sur. Mapa 1:5 000 000 y 1:10 000 000. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) & Organización Meteorológica Mundial (OMM). París, Francia.
- VORMISTO, J., PHILLIPS, O., RUOKOLAINEN, K., TUOMISTO, H. & VÁSQUEZ, R. 2000. A comparison of small-scale distribution patterns of four plant groups in an Amazonian rainforest. *Ecography* 23: 349-359.
- WHITNEY, B.M. & ÁLVAREZ ALONSO, J. 1988. A New Herpsilochmus Antwren (Aves, Thamnophilidae) from Northern Amazonian Peru and Adjacent Ecuador: The Role of Edaphic Heterogeneity of Terra Firme Forest. *The Auk* 115 (3): 559-576.



*Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana*

BIODAMAZ
Perú - Finlandia

EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO

DIRECCIÓN DEL PROYECTO:

Hernán Tello Fernández
Sanna-Kaisa Juvonen
Jukka Salo

Director Nacional
Coordinadora del Proyecto
Coordinador Científico (Univ. de Turku)

COMPONENTE 1: Estrategia, Planes de Acción y Sistema de Información

Luis Campos Baca
Martín Cárdenas Vásquez
Ada Castillo Ordinola
Rosana Gonzáles Arzubialdes
Pedro Gratelly Silva
Luis Gutiérrez Morales
Antonietta Gutiérrez-Rosati
Yolanda Guzmán Guzmán
Sanna-Kaisa Juvonen
Risto Kalliola
Carlos Linares Bensimon
José Maco García
Jean Mattos Reaño
José Mena Álvarez
Víctor Miyakawa Solís
Víctor Montreuil Frías

Jukka Salo
Hernán Tello Fernández
Tuuli Toivonen
Jimmy Vargas Moreno
Lissie Wahl

COMPONENTE 2: Análisis Regional de la Diversidad Biológica

Fernando Rodríguez Achung
León Bendayán Acosta
Glenda Cárdenas Ramírez
Luis Cuadros Chávez
Alicia De la Cruz Abarca
Filomeno Encarnación Cajañaupa
Lizardo Fachín Malaverri
Darwin Gómez Ventocilla
Sanna-Kaisa Juvonen
Risto Kalliola
Nelly Llerena Martínez
José Luis Hurtado
Sandra Ríos Torres
Carlos Rivera Gonzáles
Juan Rodríguez Gamarra
Kalle Ruokolainen
Edwin Salazar Zapata
José Sanjurjo Vílchez

Pekka Soini
Salvador Tello Martín
Víctor Vargas Paredes

COMPONENTE 3: Conservación *In Situ* Ex Situ

Kember Mejía Carhuanca
Nélida Barbagelata Ramírez
Martín Cárdenas Vásquez
Ada Castillo Ordinola
Tania de la Rosa
Roosevelt García Villacorta
Alicia Julián Benites
Sanna-Kaisa Juvonen
Risto Kalliola
Markku Kanninen
Ari Linna
José Maco García
Matti Räsänen
Francisco Reátegui Reátegui
Kalle Ruokolainen
Ilari Sääksjärvi
Jukka Salo
Matti Salo

Hernán Tello Fernández
Heiter Valderrama Freyre
Nélida Valencia Coral
Rodolfo Vásquez Martínez
Julio Villacorta Ramírez
Mari Walls

APOYO A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

Edwin Arrarte Flores
Víctor Chung Bartra
Jessica Díaz Alvarado
Valentín García Ríos
Miguel Pinedo Arévalo
Carlos Suárez
Diana Tang Tuesta



SIGLAS

ANP:	Área Natural Protegida
BIODAMAZ:	Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana. Convenio Perú-Finlandia
CDB:	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CONAM:	Consejo Nacional del Ambiente
CUMAT:	Centro de Investigación de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra
ERABI:	Ecorregión del Río Amazonas y Bosques Inundables
ERDBA:	Estrategia Regional de la Diversidad Biológica Amazónica
GPS:	Sistema de Posicionamiento Mundial
IGN:	Instituto Geográfico Nacional del Perú
IIAP:	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
NIR:	Región del Infrarrojo Cercano
ONG:	Organización No Gubernamental
SIAMAZONÍA:	Sistema de Información de la Diversidad Biológica y Ambiental de la Amazonía Peruana
SIG:	Sistema de Información Geográfica
TCA:	Tratado de Cooperación Amazónica
TRFIC:	(<i>Tropical Rain Forest Information Center</i>) Centro de Información sobre Bosques Tropicales
UA:	Unidades Ambientales
UEE:	Unidades Ecológicas Económicas
UNAP:	Universidad Nacional de la Amazonía Peruana
WRS:	(<i>Worldwide Referente System</i>) Sistema de notación global para datos Landsat
ZEE:	Zonificación Ecológico-Económica

Por:

Fernando Rodríguez Achung y Risto Kalliola

En colaboración con:

Kalle Ruokolainen, Sanna-Kaisa Juvonen, Matti Räsänen, Grupo de Investigación Amazonía de la Universidad de Turku de Finlandia (UTU-ART), Programa de Ordenamiento Ambiental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP-POA), y José Álvarez Alonso

Edición:

Editora responsable: Sanna-Kaisa Juvonen
Edición: José Álvarez Alonso, Sanna-Kaisa Juvonen

Diagramación:

- Angel Pinedo Flor
- Dominus Publicidad