

7. El Ambiente Biológico

7.1. Introducción

Costa Rica es un país privilegiado por la gran diversidad biológica que posee. De acuerdo con las estimaciones de los especialistas, entre 13 y 14 millones de especies viven en este planeta, y de estos en Costa Rica se encuentra el 4%, aproximadamente medio millón de especies. La riqueza de especies del país lo cual ubica entre los 20 países más diversos del mundo, pero no toda esta biodiversidad ha sido documentada, ni adecuadamente estudiada. Hasta ahora se han logrado identificar unas 87.323 especies, siendo esta cifra apenas un 17% del total esperable de especies para Costa Rica (Obando 2002).

Es notable que un país con una extensión terrestre pequeña (51.100 km²), y un territorio marino o Zona Económica Exclusiva (ZEE) relativamente extensa (589.000 km²), posea tal riqueza biológica. La biota costarricense sin embargo, sea esta terrestre, dulceacuícola o marina, no se encuentra homogéneamente distribuida en el territorio del país, sino que, como es esperable, mantiene una distribución de acuerdo con sus requerimientos o hábitos ecológicos y en función de la disponibilidad de hábitats. La diversidad de zonas de vida que existe en Costa Rica, en su parte terrestre, los ambientes costero-marinos, así como aquellos hábitats y ecosistemas oceánicos, explican parte de esta diversa biota.

A lo largo del tiempo, el desarrollo de las actividades económicas de este país ha causado que los ecosistemas y hábitats naturales originarios hayan sido transformados, degradados, fragmentados y en algunos casos han desaparecido. La pérdida de hábitats ha impactado seriamente nuestra biota, reduciendo sus poblaciones, y poniendo una algunas de nuestras especies en condición de amenazadas, con poblaciones reducidas o en peligro de extinción. Asimismo, la fragmentación de los hábitats, por deforestación, por la construcción de barreras físicas, y la contaminación del medio, ha afectado la distribución geográfica original de la biota. Históricamente la deforestación ha dado paso otros usos de la

tierra, como ganadería y agricultura, pero también una causa importante de la pérdida de hábitats han sido los desarrollos y expansión urbana, el desarrollo industrial, y la actividad e infraestructura turística, con los consecuentes impactos en el uso de recursos, y la contaminación implícita que conllevan estos desarrollos.

Los parques nacionales y las áreas silvestres bajo la tutela del estado o en protección por iniciativa privada, conservan alrededor del 25% del territorio nacional, pero el resto del territorio, el 75% del país, sufre las consecuencias de las actividades humanas y el desarrollo. Las medidas de gestión ambiental aplicables al desarrollo tienen el potencial de reducir significativamente estos impactos, y cuando existe un compromiso y responsabilidad ambiental en los desarrollos, es posible inclusive ayudar a restaurar hábitats o ecosistemas ya afectados, o crear alternativas de compensación. Esta característica de la gestión ambiental como parte de los Estudios de Impacto Ambiental (EslA), se constituye en una importante herramienta para planificar adecuadamente los desarrollos y evitar o revertir impactos a la biota nacional, sus hábitats y ecosistemas. Este capítulo versa sobre los principales criterios que deben tomarse en cuenta cuando se preparan evaluaciones del componente biológico de los EslA, y está dirigido a especialistas en evaluación ambiental y a los Biólogos que participan en estos estudios, como un orientador conceptual para su trabajo profesional.

7.2. Niveles y escalas de análisis de la biota

La evaluación de la biota para un proyecto comienza con una determinación de los ecosistemas y hábitats presentes en el sitio particular donde está planteado el proyecto y de los que existen en sus alrededores. La determinación de la escala geográfica de este análisis para cada proyecto es una cuestión crítica. Una inadecuada selección de la escala de análisis puede conllevar omisiones sobre componentes del ambiente biológico que pueden llegar a impactarse. Una escala demasiado pequeña puede generar este tipo de omisiones, mientras que una escala muy grande puede inducir una pérdida de resolución y condicionar el análisis a generalizaciones poco relevantes. El uso de los mapas del Instituto Geográfico Nacional, es un buen punto de partida, para seleccionar la escala, el

cual se puede complementar con el uso de fotografía aérea, imágenes satelitales, topografía proporcionada por el desarrollador y, dependiendo de la ubicación del desarrollo, cartas náuticas o el uso de la herramienta Google Earth.

Una adecuada comprensión de las características del proyecto es indispensable para la selección de la escala o escalas de análisis para ecosistemas, hábitats y su biota. Es importante que el profesional en Biología se asegure que el desarrollador o el coordinador del EsIA le proporcione una adecuada descripción del proyecto, tanto en su fase de construcción, como en sus fases de operación y cierre, antes de ir al campo a realizar su trabajo. Esto permitirá al Biólogo una primera aproximación al tipo de impactos ambientales potenciales que pueden generarse a lo largo del ciclo de vida del desarrollo o proyecto propuesto. Esta información es la que se utiliza para la definición de los polígonos correspondientes al Área de Proyecto (AP), el Área de Influencia Directa (AID) y su Área de Influencia Indirecta (AII).

Es común encontrarse definiciones de AID que indican que esta es, por ejemplo, un área de 500 metros alrededor del AP, y criterios semejantes para la definición del AII. Si bien este tipo de definiciones de áreas de influencia son usadas como convenciones, estas no son adecuadas para el análisis de los componentes del medio biológico, especialmente cuando se estudian sus interacciones con los componentes del proyecto. Por este motivo, el profesional en Biología debe integrar la información sobre el proyecto, y los impactos este podría generar, con la información de ecosistemas, hábitats y la biota, para poder lograr una definición más adecuada del AID y el AII. Debido a que los sistemas biológicos son complejos en los trópicos, es asimismo crítico lograr una adecuada determinación de componentes del ambiente y el proyecto que permita, con un nivel de detalle suficiente, capturar las principales interacciones. Esto le facilitará al Biólogo identificar las medidas ambientales pertinentes para prevenir, mitigar o compensar impactos ambientales, que consignará como recomendaciones en los Planes de Gestión Ambiental en los EsIAs.

7.3. Enfoque ecosistémico del análisis de biota

Una vez que se ha seleccionado la escala o escalas de análisis, se procede a identificar los ecosistemas y hábitats, empezando por la determinación de la o las Zonas de Vida que corresponden al AP, el AID y el AII, y a realizar una determinación y descripción de los hábitats que existen, el estado de conservación o deterioro en que se encuentran así como una descripción de su biota asociada.

7.4. Zonas de Vida en Costa Rica

El propósito de iniciar el análisis biológico a partir de una descripción de zonas de vida es lograr que las medidas de ambientales que se propongan, como reparación de los daños ambientales generados por el proyecto, consideren la composición de la biota que caracteriza cada de zona de vida. Esto puede ayudar a evitar que los desarrollos, a través de sus medidas ambientales, induzcan una mayor alteración de los ecosistemas, introduciendo especies que pertenecen a otros tipos de zonas de vida, que pueden resultar en cambios sustanciales de hábitats para la biota. Por ejemplo, la restauración de coberturas boscosas con especies forestales introducidas como *Gmelina* sp. o con eucaliptos.

Holdridge (1947) desarrolló una clasificación bioclimática basada en tres variables cuantitativas: precipitación, temperatura, y la relación entre evapotranspiración potencial y precipitación –provincias de humedad-. El sistema cuenta con un diagrama de tres dimensiones según cada variable (Fig. 1), para crear una serie de 30 hexágonos a los cuales llamó “zonas de vida” (Holdridge 1982).

Las cinco principales zonas de vida en términos de su extensión en Costa Rica son: 1) Bosque Muy Húmedo Tropical que abarca 539.391 ha (10.5%), 2) Bosque Muy Húmedo Premontano con 372.742 ha (7.2%), 3) Bosque Pluvial Montajo Bajo con 301.974 ha (5.9%), 4) Bosque Pluvial Premontano con 289.400 ha (5.6%) y 5) Bosque Húmedo Tropical con 283.213 ha (5.5%) (Obando 2002).

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACIÓN MUNDIAL DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE
Cortesía: CENTRO CIENTÍFICO TROPICAL, San José, Costa Rica

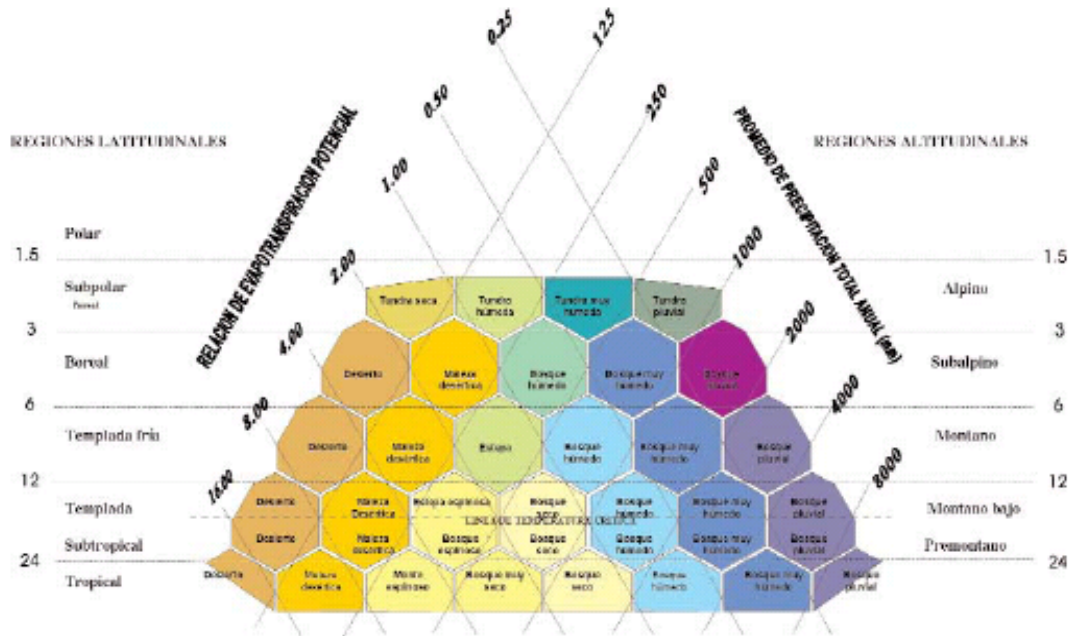


Fig. 7.1. Sistema de Clasificación de Holdridge para las Zonas de Vida del Mundo.
Fuente: Desconocida en Internet. Fuente Primaria: CCT.

Este sistema de clasificación se ha utilizado para producir mapas ecológicos y como base para estudios de uso de suelo, manejo de recursos y evaluaciones de impacto ambiental. La objetividad, aplicabilidad y generalidad del sistema permiten utilizarlo para describir la vegetación de Costa Rica (Fig. 2).

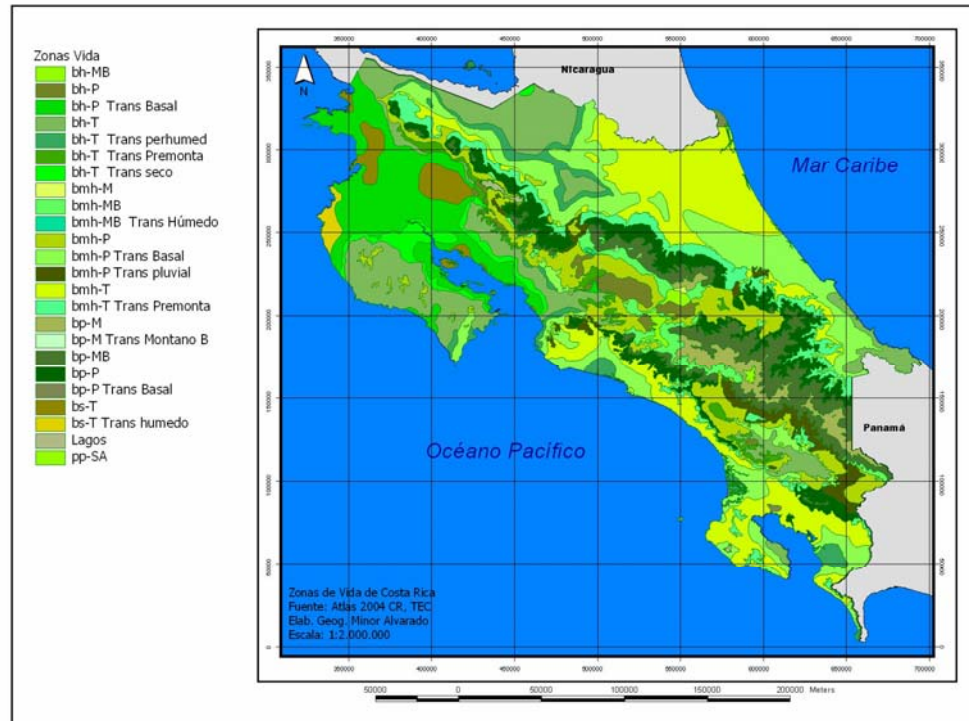


Fig. 7.2. Zonas de Vida de Holdridge para escala total de Costa Rica. Fuente: TEC 2004.

A continuación se incluye una descripción resumida de los principales tipos de Zonas de Vida que se pueden encontrar en Costa Rica, según (Jansen 1983).

1) **Bosque Tropical Seco**, que se encuentra en la zona baja del río Tempisque, y esta rodeada por una banda de bosque transicional húmedo-frío, que alrededor del Golfo de Nicoya y la costa Pacífica hasta el límite con Nicaragua es una franja estrecha.

Con una época seca de 6 meses posee un mes más que la asociación climática para esta zona de vida, con asociaciones edáficas al sur de la ciudad de Liberia y la cuenca del Tempisque, y asociaciones hídricas de manglares en el Golfo de Nicoya y bahías protegidas a lo largo de la costa.

Este tipo de bosque es semideciduo con dos estratos de árboles: los árboles de dosel, entre 20 y 30m de altura, de troncos robustos y hojas a menudo compuestas, pequeñas y deciduas durante la época seca. El componente principal son las leguminosas mimosas y cesalpinosas. El segundo estrato posee árboles entre los 10 y 20m de altura, con troncos delgados, curvos o inclinados y con una mayor cantidad de especies siempre verdes. La familia de plantas más frecuente es Rubiaceae. Las epífitas son ocasionales siendo las bromelias las más conspicuas. El estrato arbustivo alcanza entre 2 y 5m de altura y a menudo presenta espinas o púas.

2) **Bosque Tropical Húmedo**, es la zona de vida más extensa y más discontinua. Encontramos extensiones importantes en la Península de Nicoya en el valle del río Grande de Tárcoles, en el valle del General y el delta del río Grande de Térraba en el Golfo Dulce; y en las tierras bajas de la costa sur de Limón, en los valles de La Estrella y Sixaola.

Se presenta un área de transición fría en la parte del Pacífico de la cordillera de Tilarán y Guanacaste, entre Atenas y Santiago, y en el valle de Turrialba. También se localiza un área de transición fría-húmeda al noroeste de Limón, en

San Carlos y alrededor de Upala y Caño Negro. Los bosques en la vertiente pacífica de las cordilleras, son principalmente una asociación atmosférica debido a una época seca más larga causada por el efecto de “cortina de lluvia”.

Este bosque esta compuesto típicamente por múltiples estratos, con especies de gran tamaño, semidecuidas o siempre verdes. Los árboles de dosel alcanzan entre 40 y 50m de altura, de copas anchas y elevadas –sin ramificar los primeros 25 o 35m, menos de 100 cm de diámetro a la altura de pecho (dap), y con apoyos delgados, altos y lisos. La corteza suele ser coloreada.

El siguiente estrato, el subdosel, posee árboles de 30m de altura, de copas angostas. Abundan las palmas, especialmente *Sheelea rosrata*, excepto en el área de transición fría. Entre los 8 y 20m de altura encontramos los árboles del estrato bajo, con copas redondas o cónicas, las hojas con frecuencia presentan puntas o ápices alargados. El estrato arbustivo consiste de especies de hojas anchas, palmas enanas y abundas las lianas o bejucos así como las epífitas y enredaderas.

3) Bosque Tropical Húmedo Premontano, se encuentra restringido a dos cuencas intermontañosas: del valle Central a Turrialba y el valle de San Ramón. Una banda de bosque tropical húmedo premontano transición cálida se encuentra en tierras bajas al noroeste, entre el bosque tropical seco, transición fría-lluviosa, y el bosque tropical húmedo.

Es la zona de vida más alterada, sin áreas importantes de bosque primario remanente y es considerada como una asociación climática.

Se distinguen en esta zona de vida un bosque semidecuiduo, estacional y de altura media, compuesto por dos estratos: el dosel, con árboles de aproximadamente 25 m de altura y deciduos en época seca, con una copa característicamente en forma de sombrilla –amplia y aplanada- por lo general con hojas compuestas, los

troncos son relativamente robustos y cortos, a menudo con una corteza agrietada o escamosa.

El segundo estrato posee árboles entre 10 y 20m de altura, siempre verde, de copas pequeñas redondeadas o cónicas y la corteza es lisa o ligeramente áspera. El estrato arbustivo es denso, entre 2 y 3m de altura, con plantas leñosas de tallos simples o múltiples, algunas con espinas. Las epífitas son poco comunes pero abundan las enredaderas de tallo leñoso y rígido.

4) Bosque Tropical Húmedo Montano Bajo, se encuentra en tres pequeñas áreas: al norte y suroeste de Cartago y alrededor de Zarcero. Estas áreas se consideran cerca de la asociación climática.

Este tipo de bosque es abierto, siempre verde, de altura intermedia y con dos estratos arbóreos. Los árboles del dosel son generalmente *Quercus* spp. Entre 30 y 35m de altura. El segundo estrato posee árboles siempre verdes con 20m de altura. El estrato de arbustos es denso, alcanza una altura entre 2 y 5m, y posee plantas a menudo con hojas alargadas. El estrato del suelo o sotobosque, es abierto con hierbas de hojas anchas. Aunque se pueden encontrar epífitas y musgos estos son inconspicuos.

5) Bosque Tropical Muy Húmedo es la segunda zona de vida más extensa en Costa Rica, con dos parches grandes en extremos opuestos del territorio: Sarapiquí y al noreste de Tortuguero y las tierras bajas alrededor del Golfo Dulce. También se encuentra en las llanuras costeras en la boca del Golfo de Nicoya.

Encontramos una banda de bosque tropical muy húmedo, transición fría, en el Caribe al pie de las montañas entre el límite con Panamá y el volcán Orosí. En términos generales el bosque tropical muy húmedo se acerca a una asociación climática con una breve época seca en el Pacífico o sin ella en el Caribe.

Este bosque es alto siempre verde y con multiestratos. El dosel posee pocas especies, brevemente deciduas sin que cambie el aspecto siempre verde del bosque. Los árboles alcanzan entre 45 y 55 m de altura y entre 100 y 200 cm de dap, con contrafuertes en el tronco. La corteza suele ser coloreada.

En el subdosel los árboles alcanzan entre 30 y 40m de altura, tienen un tronco delgado y generalmente sin contrafuertes. Los árboles del siguiente estrato tienen una altura entre 10 y 25m, con copas estrechas y cónicas, a menudo la corteza es suave y oscura. Las palmas suelen ser abundantes. El estrato arbustivo alcanza entre 1,5 y 2,5m de altura, con numerosas palmas enanas. En el sotobosque, de manera dispersa hay pocos helechos y Selaginella; son escasas las lianas o bejucos así como las epífitas. El bosque tropical muy húmedo es la zona de vida con mayor riqueza de especies.

7) Bosque Tropical Muy Húmedo Premontano, se ubica en tres áreas: el valle del General de manera periférica al bosque tropical húmedo; en Turrialba; en el valle Central, formando un arco amplio que se extiende como una banda angosta a lo largo de la vertiente pacífica de las cordilleras de Tilarán y Guanacaste.

Existen unas áreas de transición cálida en las llanuras de San Carlos, desde las llanuras de Santa Clara de Parismina hasta Puerto Viejo de Sapapiquí, cerca de Guápiles a través de Siquirres y al sur de Puerto Limón hasta la frontera con Panamá. Una banda angosta desde San Isidro hasta el río Cabagra en el valle del General; una banda en el área de Puerto Cortés-Palmar-Sierpe; Corcovado y al este y sur de la Península de Osa; al sur de Ciudad Nelly; y un área entre el río Turrubaritos y Quepos.

Se presenta un área de transición cálida-húmeda en San Vito de Coto Brus. La mayor parte de esta zona de vida se considera como una asociación climática, sin embargo se presentan también unas pocas áreas de asociación atmosférica.

Los árboles en esta zona de vida son siempre verdes con dos o tres estratos. El dosel esta compuesto por pocas especies, deciduas en época seca, y alcanzan entre 30 y 40m de altura, la corteza es de color café o gris moderadamente compacta, escamosa o fisurada; las hojas suelen agruparse en el extremo de las ramas. La mayoría de los árboles están cubiertos por una delgada capa de musgo.

El subdosel posee árboles entre 10 y 20m de altura de corteza oscura, con raíces de apoyo y hojas alargadas, y ocasionales helechos arborescentes. El estrato arbustivo alcanza entre 2 y 3m de altura, a menudo denso. Se pueden encontrar epífitas y con mayor frecuencia helechos y enredaderas trepadoras.

8) Bosque Tropical Muy Húmedo Montano Bajo, se restringe principalmente a la parte central del país, con el área más importante a lo largo de la vertiente suroeste de la cordillera Central; también al sur de San José, en Cartago y en Dota. Se pueden encontrar algunas áreas pequeñas en el lado pacífico de la cordillera de Tilarán y cerca del límite con Panamá. Estos bosques son considerados como una asociación climática.

Los árboles del dosel alcanzan entre 20 y 25m de altura, aunque algunos *Quercus* spp. pueden ser más altos y robustos con numerosas ramas ascendentes, produciendo una copa con forma de sombrilla. Una fina capa de musgo cubre los troncos de los árboles. El segundo estrato es abierto, con árboles entre 5 y 10m de altura, con copas extendidas. El estrato arbustivo es relativamente denso, entre 2y 3m de altura y con algunas palmas.

En el sotobosque encontramos helechos, begonias, enredaderas y una delgada capa de musgo sobre las hojas. Entre las epífitas son comunes la bromelias, pequeñas orquídeas y helechos. Son comunes las enredaderas herbáceas, especialmente de la familia Araceae.

9) Bosque Tropical Muy Húmedo Montano, en Costa Rica está restringido a las cimas y pendientes a mayor altura del volcán Irazú. La mayoría de la vegetación cerca del cráter fue destruida o dañada severamente por las erupciones ocurridas entre 1963 y 1965. Este tipo de bosque es siempre verde, de altura intermedia y con dos estratos de árboles. El dosel puede estar dominado por *Quercus* spp. y en el estrato arbustivo el bambú puede ser abundante.

10) Bosque Tropical Pluvial Premontano, lo podemos encontrar a lo largo de la vertiente caribeña de las cordilleras de Salamanca, Central y Tilarán; rodeando los volcanes de la cordillera de Guanacaste; y como bandas angostas en la vertiente pacífica de la cordillera de Salamanca y la Fila Costeña –separa el Valle del General y la costa Pacífica- hasta el noroeste del cerro Turrúbares. Se considera como una asociación climática.

Esta zona de vida corresponde a un bosque siempre verde con 2 ó 3 estratos: los árboles del dosel, tienen entre 30 y 40m de altura, los troncos con apoyos pequeños, ramas rectas y las copas en forma de sombrilla. La corteza es café, negra o gris, moderadamente compacta y frecuentemente fisurada.

11) Bosque Tropical Pluvial Montano Bajo, se encuentra en la parte de la cordillera Central donde chocan los vientos, ambas vertientes de la cordillera de Tilarán y alrededor de las cimas volcánicas en la cordillera de Guanacaste. El bosque en esta zona de vida es principalmente una asociación climática; siempre verde, con una altura entre intermedia y baja, con dos estratos de árboles. El dosel posee árboles entre 25 y 30m de altura, pero los *Quercus* pueden alcanzar 50m de altura, con ramas sinuosas y relativamente cortas, copas compactas y pequeñas. El segundo estrato es denso, con árboles entre 10 y 20m de altura. El estrato arbustivo está bien cubierto por helechos y parches de musgo. Las epífitas como las bromelias y orquídeas son comunes sobre el musgo que cubre los troncos y ramas.

12) Bosque Tropical Pluvial Montano, se encuentra en alta Salamanca y pequeñas extensiones en la cima de los volcanes Turrialba, Irazu, Barba y Poás. Esta zona de vida es considerada como una asociación climática excepto cerca del cráter de los volcanes activos.

El bosque es siempre verde, de altura baja a intermedia y con dos estratos de árboles. En el dosel encontramos árboles entre 25 y 30m de altura con copas pequeñas y redondeadas y las hojas a menudo se agrupan en el extremo de las ramas. El siguiente estrato es abierto con árboles entre 5 y 15m de altura y abundan los helechos arborescentes. El estrato arbustivo es denso, con bambúes enanos de 5m de altura.

Los troncos y las ramas de los árboles poseen una delgada capa de musgo y las epífitas están compuestas por bromelias, orquídeas y helechos.

13) Páramo Tropical Pluvial Subalpino, representa el límite norte del páramo andino. Originalmente estaba restringido a los picos más altos de Salamanca – Chirripó- pero se ha extendido más abajo hasta el cerro de la Muerte. El Páramo es un ambiente frío, húmedo e inhóspito; dominado por arbustos cuando el drenaje es adecuado, y por pantanos cuando no hay un buen drenaje.

7.5. Otras clasificaciones de ecosistemas de bosque

Existe una variedad de clasificaciones de tipos de bosque que pueden emplearse. Entre estos, el Ministerio de Ambiente y Energía ha implementado un sistema estandarizado de clasificación de ecosistemas empleando una combinación de información generada por la Evaluación Ecológica Rápida (Muchoney et al. 1993; Sayre et al. 2000; Soto y Jiménez 1992), el sistema de clasificación fisionómica (Van Gils y Van Wijgaarden 1984). Este sistema ha sido empleado en la clasificación de ecosistemas del Área de Conservación de Osa (ACOSA) (Kappelle et al. 2002). Este sistema permite realizar además una clasificación de la condición actual de los ecosistemas de bosque.

7.5.1. El análisis del hábitat y la fragilidad ambiental

El análisis del hábitat que realice el profesional en Biología reviste especial importancia en la valoración de la biota para un proyecto de desarrollo. El estado de conservación de los hábitats presentes en el AP, AID y el All de un proyecto- o visto desde otra perspectiva, el nivel de alteración de los hábitats- es un indicador de la complejidad de interacciones que puede generar un proyecto con el medio biológico.

En el razonamiento clásico de los EslAs, en un área donde ya existan alteraciones, la interacción de un proyecto con el medio generará impactos de menor importancia que si el proyecto ocurriera en un sitio con mejor calidad ambiental. En este sentido clásico, áreas con ecosistemas prístinos y hábitats en buen estado, tienen mayor fragilidad ambiental que sitios con ecosistemas y hábitats afectados.

No obstante otra forma de plantear la fragilidad ambiental es en función del nivel de resiliencia o capacidad del medio de soportar el impacto y mantener su estructura y funcionalidad para el sostenimiento de la biota. Desde esta perspectiva, un sitio con un ecosistema en mejor estado tiene mayor resiliencia, por lo que es menos frágil que un sitio que ha sido alterado y tiene mucho menor resiliencia. Bajo esta perspectiva, es deseable reestablecer la integridad del ecosistema para reducir su fragilidad, y por lo tanto un proyecto que tienda a aumentar la afectación del medio biológico, aumenta su fragilidad.

Esto no significa que es mejor que los proyectos ocurran en sitios cuya calidad ambiental es mejor, porque estos son capaces de soportar los impactos de mejor forma que aquellos más afectados. Lo que esto implica es que el escenario de calidad del ecosistema y el nivel de afectación de los hábitats proporcionan una idea del nivel de vulnerabilidad ambiental ante el desarrollo, y las medidas ambientales que se planteen deben considerar este nivel de vulnerabilidad.

Contextualizado de esta forma, desarrollos que ocurran en sitios con condiciones prístinas, por ejemplo, estarán reduciendo su resiliencia y aumentando su vulnerabilidad en un primer plano. Adicionalmente, entre más complejo el ecosistema y mejor la calidad de sus hábitats, mayor probabilidad existe de que se estén afectando especies con requerimientos muy particulares de calidad ambiental. Esto queda evidenciado por la existencia de especies que requieren condiciones prístinas y aquellas que son más tolerantes a cambios en su medio. A medida que un sistema poco modificado se va afectando en mayor grado, las condiciones de calidad del hábitat e integridad del ecosistema van perdiéndose y especies con requerimientos especiales van perdiendo hábitat y desapareciendo. Estas son consideradas, por esas razones, especies indicadoras. Otro tipo de especies indicadoras son aquellas que pueden vivir en condiciones de mucha alteración antrópica.

McComb (2008) define el concepto de hábitat como: “ ... el conglomerado de recursos necesarios para el mantenimiento de una población en el espacio y tiempo. Por lo tanto, cada especie tiene sus propias necesidades de hábitat, y el término *hábitat de vida silvestre* tiene poco significado. Más aún, esta definición se enfoca en poblaciones y no simplemente en individuos. Las *poblaciones* son conjuntos de individuos de una especie que pueden auto-sostenerse en el espacio y en el tiempo. Las comunidades, por el contrario, son conjuntos de poblaciones (de diferentes especies) en el espacio y tiempo.”.

El hábitat puede entenderse como el sitio donde vive una población, incluyendo los recursos biológicos y físicos necesarios para mantener poblaciones auto-sostenibles (viables). Cada especie y cada población tienen sus propios requerimientos de hábitat (Krausman 1999).

La restauración ecológica y restauración de hábitats debe ser un objetivo central dentro de los planes de gestión ambiental de todo proyecto de desarrollo, ya que esto permitirá reducir la vulnerabilidad del medio por las interacciones e impactos que genere el proyecto. Por esto, una adecuada identificación e interpretación de

hábitats es fundamental y es responsabilidad del profesional en Biología. Los métodos de análisis y valoración de los hábitats se pueden encontrar en la literatura científica y técnica en Biología para los diferentes tipos de ecosistemas y hábitats, incluyendo métodos de valoración de agroecosistemas, bosques, ríos y quebradas, lagos, hábitats costero marinos, humedales, y en particular manglares, arrecifes, playas, fondos marinos, entre muchos otros. Será responsabilidad del profesional en Biología seleccionar los métodos de valoración más apropiados

La valoración de hábitats debe hacerse de forma comprehensiva y con particular atención a los *tipos de hábitats* que con protección especial en la legislación, como los distintos tipos de humedales, áreas con cobertura de bosque, incluyendo las zonas de protección de cuerpos de agua, ríos, quebradas, lagos y lagunas y arrecifes. También se deberá prestar especial atención a la protección de hábitats donde se identifiquen especies con categoría especial de protección, como especies con poblaciones amenazadas, con poblaciones reducidas, en peligro de extinción, especies endémicas o especies en veda.

Por este mismo motivo, el Biólogo debe realizar una labor cuidadosa en la construcción de listas de especies en los ESIAs. Estas, a menudo presentados como listados de especies observadas, deben complementarse con listados de especies esperables, de acuerdo a los requerimientos de hábitats, presencia y calidad de hábitats en el AP, AID, y el AII, y de acuerdo con su distribución geográfica y altitudinal. Estos listados de especies observadas pueden servir como líneas bases de biodiversidad en las condiciones antes de que ocurra el desarrollo, y los listados de especies esperables, como listas de chequeo, durante subsiguientes labores de monitoreo de especies. Este será un tópico que se desarrollará más adelante.

7.6. Estudio de la biota

Conjuntamente con la determinación de los ecosistemas y hábitats presenten en el AP, el AID y el AII, la identificación de las especies de flora y fauna permiten al

Biólogo completar una valoración de la estructura y composición del ambiente biológico del proyecto en evaluación. Esta información se utiliza para identificar los componentes del ambiente que pueden ser afectados por el proyecto y con ello construir posteriormente las matrices de interacción, entre los componentes del proyecto y los componentes del ambiente. Estas matrices se utilizan a su vez para la identificación de impactos ambientales potenciales, los cuales deben someterse a valoración con metodologías apropiadas para estimar el nivel de afectación que pueden causar.

En la determinación de las especies que componen la biota del AP y áreas de influencia del proyecto, el Biólogo debe realizar trabajo de campo y una revisión de literatura científica. A partir de las especies identificadas en el campo se construyen las listas de especies observadas, y de la literatura científica deben construirse los listados de especies esperables. Como se ha mencionado, las listas de especies esperables se construyen considerando los requerimientos de hábitat, su distribución geográfica y comportamiento.

Las listas de especies observadas deben acompañarse de datos adicionales que pueden ayudar a entender las circunstancias en que se hizo la observación, como las condiciones de precipitación, estación (por ejemplo, seca, lluviosa, o transición seca-lluviosa o transición lluviosa seca), hora del día, fecha, y si es posible las coordenadas o referencias geográficas del punto en que se hizo.

Las listas de especies observadas también constituyen la línea base del proyecto para el componente biológico, y tiene importantes aplicaciones para en la gestión ambiental a lo largo del ciclo de vida del desarrollo. La línea base permite entre otras cosas:

- 1) Monitorear los impactos y la afectación al medio biológico.
- 2) Determinar la efectividad de las medidas ambientales para evitar o reducir la afectación al medio biológico.

- 3) Determinar la recuperación del medio por programas particulares de restauración ecológica o restauración de hábitats.

Los monitoreos de biota deben incorporarse de forma regular en los planes de gestión ambiental del proyecto para poder medir el éxito de las medidas ambientales. Un valor agregado adicional de establecer monitoreos periódicos es que se logra una mejor resolución de la composición de especies, a medida que se van incluyendo especies en los listados. Usualmente, existe una relación directa entre el esfuerzo de muestreo biológico y su extensión espacial y temporal, y el número de especies que se logran determinar, hasta un punto en que el número de especies nuevas que se agregan a la lista no cambia mucho. En ese momento se puede tener una mejor certeza de la composición de especies del sitio bajo estudio.

La selección de la metodología de muestreo para determinar las especies es tan relevante como la certeza de la identificación realizada en el campo. Afortunadamente existe una excelente bibliografía sobre la biodiversidad costarricense que se puede utilizar para apoyar tanto las determinaciones en el campo o el laboratorio, como para la construcción de listados de especies esperables.

La identificación de especies en el campo con frecuencia se realiza bajo condiciones que dificultan la determinación, por lo que se debe considerar la recolecta de especímenes para realizar esta tarea en el laboratorio, con la ayuda de claves taxonómicas, cuando exista duda razonable en la determinación de la especie. El uso de material de referencia en museos y herbarios es un recurso importante. El material correctamente recolectado, con la información que se requiere, puede inclusive ayudar a mejorar colecciones y proyectos de investigación en laboratorios, museos y herbarios.

7.7. Especies con protección especial en Costa Rica

Mediante leyes y decretos ejecutivos del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) se les ha dado protección e importancia a una serie de organismos vivos que por su condición de ser especies en peligro de extinción, con poblaciones reducidas, amenazadas o endémicas, permanecen bajo estricto control del estado y por tanto el biólogo consultor ambiental deberá estar al tanto de las nuevas inclusiones de especies en las leyes, decretos, así como en la normativa internacional. Se aportan enlaces de instituciones con información actualizada del tema:

<http://darnis.inbio.ac.cr/ubis/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-error=norec.html&-Format=default2.htm&-SortField=nombre%20cientifico&-Op=eq&nueva=S&-Max=3&-Find>

www.wcmc.org.uk/species/animals/animal_redlist.htm

7.8. La relación con las Áreas de Conservación

Las Áreas de Conservación en Costa Rica son oficinas descentralizadas del Ministerio de Ambiente y Energía, bajo el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). En algunos casos se pueden proponer proyectos de desarrollo que requiere consultar la posición de la respectiva área de conservación o que se pronuncie cuando los proyectos, independientemente de su naturaleza, se proyectan construir en o en los alrededores de cualquier zona bajo alguna categoría de manejo por parte del estado costarricense.

A la vez, el biólogo consultor ambiental podrá acceder información pertinente a biodiversidad de esa zona tanto en la oficina regional como en el área protegida más cercana por lo que es importante considerar su distribución en el país (Fig. 3y 4).



Fig. 3. Distribución geográfica de las Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Fuente: TEC, 2004.

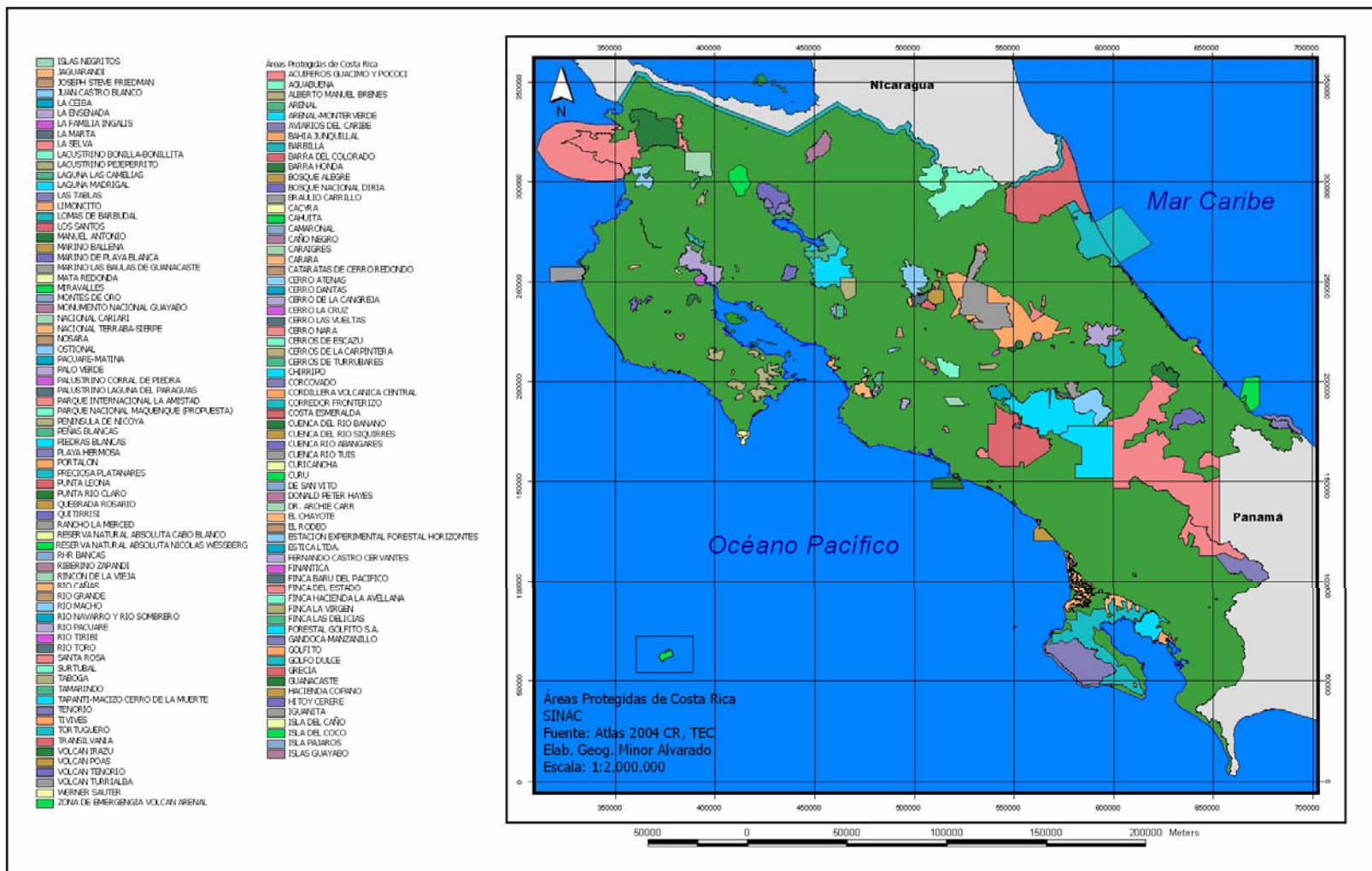


Fig. 4. Red de áreas protegidas en Costa Rica hasta el 2004. Fuente: TEC, 2004.

7.9. Cuerpos de agua superficiales

Para el estudio de los cuerpos de agua superficiales del país, en especial lo que a sistemas lóticos y lénticos se refiere, una serie de conceptos y teorías deberían ser conocimientos básicos para el profesional que analiza estos ambientes en el contexto del estudio de impacto ambiental.

Actualmente, la ecología de los ríos es una labor que integra una diversidad áreas de investigación que incluyen, pero no se limitan a: hidrología, biogeoquímica y calidad del agua, dinámica de los sedimentos, microorganismos y la dinámica de descomposición de la materia orgánica, productividad primaria, dinámica y estructura de las comunidades de macroinvertebrados, la dinámica y estructura de la comunidad de los peces, la vida silvestre ribereña, la dinámica y procesos de la cuenca, los bosques ribereños, la función de grandes desechos vegetales, los ciclos de nutrientes y las respuestas a los disturbios, la dinámica trófica o redes alimentarias, la dinámica de la zona hiporréica (microorganismos del sub-lecho del río), y el manejo integrado de los ríos.

En conjunto, todos estos campos nos ayudan a integrar una visión holística de la ecología del río (Naiman y Bilby 1998), al tiempo que nos proporcionan una serie de conceptos para entender cómo funcionan estos ecosistemas acuáticos y cómo responden a cambios e impactos de origen natural o humano.

Una serie de conceptos recientes incluyen:

1. *El concepto del Río como un Continuo* (Vannote et al. 1980). Este concepto describe que los ríos pueden interpretarse como un continuo donde existe un gradiente en las condiciones físicas, desde su nacimiento hasta su desembocadura, que condiciona el tipo y estructura de la comunidad biológica que en él se establece, así como condiciona las entradas, transporte, almacenamiento y salidas de materia orgánica. Este concepto también implica que existe una conectividad a lo largo del río, una conectividad entre los

diferentes hábitats y microambientes, así como una conectividad entre la biota que vive en el río, la cual es necesaria para que este funcione como una unidad.

2. *El concepto de la Espiral de Nutrientes* (Elwood et al. 1983). Este concepto se refiere a los ciclos de nutrientes y el procesamiento de materia orgánica que dependen del espacio en ambientes lóticos (ríos), donde existe una fuerza pendiente abajo causada por el flujo de la corriente. La espiral de nutrientes provee un marco para entender la dinámica de nutrientes en cuerpos de agua que fluyen y explica cómo inciden en la estructura y la función de retención de nutrientes de las comunidades bióticas en la productividad y estabilidad del ecosistema.

La espiral de nutrientes es un enfoque de red alimentaria en un ambiente que tiene una fuerza que desplaza materia y energía río abajo y resalta el papel de las comunidades bióticas, especialmente bentos, plantas acuáticas y peces, en la retención y reciclamiento de materia y energía. En este sentido, la materia orgánica que ingresa al río, es capturada por la biota y liberada luego al mismo cauce, donde aguas abajo, otros organismos la capturan, la procesan y la vuelven a liberar.

3. *El concepto de Discontinuidad Serial* (Ward y Stanford 1983). Este concepto trata de explicar el funcionamiento de ríos regulados o alterados, como, por ejemplo, en ríos en donde el flujo se ha interrumpido por una represa u otra obra o desarrollo. O bien, en ríos que experimentan cambios en los aportes de agua de afluentes, o de la escorrentía superficial, provocados por actividades como represamientos, cambios en el uso del suelo, o actividad de extracción de materiales en los cauces. El efecto principal de estas acciones, es la creación de segmentos alternantes de ambientes lóticos (segmentos con agua en movimiento) y lénticos (segmentos con agua estancada o muy poco movimiento), provocando una discontinuidad serial donde antes no la existía. Podría existir también, discontinuidad serial de manera natural, como lagunas y canales laterales asociados al cauce principal del río.

4. *El concepto de los Controles Jerárquicos en las Funciones del Sistema* (Frissell et al. 1986). Este concepto explica cómo las escalas espaciales y temporales afectan la importancia relativa de los factores físicos y biológicos que gobiernan los cambios del río. La perspectiva de escala jerárquica es necesaria porque los procesos del río operan en un amplio rango de escalas espaciales y temporales, desde el nivel de microhábitat hasta el nivel de cuenca. Ciertos procesos son más importantes a nivel de cuenca, como el de integridad biológica o diversidad y otros más importantes a nivel de segmento o microhábitat, como por ejemplo los eventos reproductivos de subpoblaciones.

De este modo, la magnitud y características de un impacto dependen de la característica y escala del hábitat o ambiente del río que se ve afectado. Por ejemplo, una extracción de materiales en el río, puede tener un impacto severo en la estructura de microhábitats de manera localizada, pero puede tener un efecto menos severo en la integridad biológica general del río. De la misma forma, una alteración a nivel de cuenca, como cambios o eliminaciones extensas de cobertura vegetal, puede tener un efecto devastador en la integridad biológica total.

5. *El concepto de Ecotonos* (Naiman y Bilby 1988). Este concepto plantea que el río puede entenderse, también, como una serie discreta de ambientes o hábitats especiales o críticos y es complementario al concepto del río como continuo. Este concepto ayuda a explicar el intercambio de materia y energía entre parches o ambientes distinguibles en el río. Los ecotonos, en un sistema lótico, pueden ser importantes para el establecimiento de especies con requerimientos específicos, como determinado tipo de sustrato, velocidad de corriente o alimento para su subsistencia, y la disponibilidad de ecotonos en un sistema lótico puede condicionar procesos como migraciones o distribución de la especie. Ecotonos muy específicos pueden dar origen o condicionar la presencia de especies endémicas.

Ejemplos de ecotonos pueden ser los diferentes tipos de flujos del cauce o corrientes, como profundo y lento, profundo y rápido, somero y lento y somero y rápido. Otros pueden ser, cauce principal, rifles, pozas, cascadas, lagunas o planicies de inundación, lagunas y canales aledaños y afluentes.

6. El Concepto del Pulso de Inundación (Junk et al. 1989). El pulso de inundación se presenta como una fuerza principal o importante que regula la dinámica del ecosistema del río, en términos de su existencia, productividad y biota en las llanuras de inundación, durante eventos de alta precipitación. Los pulsos de inundación son pequeños, poco predecibles y de corta duración en ríos pequeños y quebradas aguas arriba o en el nacimiento, o en ríos muy modificados. Pulsos de inundación grandes de gran duración y predecibles ocurren en ríos más grandes. Este concepto explica que la biota y sus procesos asociados pueden interpretarse como una respuesta del régimen de inundaciones.

Los pulsos de inundación están relacionados con eventos climáticos, de tal forma que pueden variar al tiempo que varía el patrón de lluvias en las diferentes escalas de tiempo, o bien son afectados por fenómenos climáticos alternos como El Niño/La Niña, o por otros de índole anual y recurrente como ciclos de tormentas y huracanes.

7. El Concepto de Dinámica Hiporréica (Standford y Ward 1993). Este concepto plantea que las aguas subsuperficiales o subterráneas que corren bajo el lecho del río son una parte importante de la dinámica y metabolismo del mismo. Este concepto expande y unifica los criterios anteriores de hidrólogos, que consideran desde hace mucho tiempo al río como regiones dinámicas donde se encuentran asociadas las aguas superficiales y subterráneas, en contraposición a la de ecólogos que perciben el río como un sistema delimitado, formado por el fondo del río y el agua que corre por él.

Complementario al concepto de espiral de nutrientes, que explica como la materia orgánica pasa del agua a los organismos en ciclos consecutivos y continuos en

dirección aguas abajo, el concepto de dinámica hiporréica explica la parte de la dinámica de nutrientes que es capturada en lodos finos y procesada por microorganismos, que viven en el subsuelo del lecho del río, en una zona conocida como zona húmeda. El tamaño de la zona húmeda o hiporréica varía con las variaciones del cauce, así es menor en época seca y mayor en época lluviosa. También, puede ser afectada por variaciones en el caudal, causadas por alteraciones o impactos humanos como deforestación, represamientos, o canalizaciones.

8. *El Río como Integrador de Condiciones Ambientales: la Integridad del Ecosistema y la Integridad Biológica* (Naiman 1992, citado por Naiman y Bilby 1998). Este concepto plantea que los ríos reflejan las actividades y alteraciones del ambiente provocadas por seres humanos que ocurren en la cuenca al cual pertenece. Por ejemplo, la vegetación absorbe y transpira el agua de la atmósfera, las carreteras canalizan agua hacia los arroyos o ríos, la urbanización y agricultura reduce la permeabilidad del suelo causando un aumento en el flujo o lámina erosiva, y los embalses, reencausamientos o confinamientos de agua alteran el tiempo, frecuencia e intensidad de las inundaciones pico. Todas estas alteraciones impactan el río y alteran la distribución del hábitat, la estructura trófica, los procesos biológicos y químicos y la demografía de las comunidades biológicas del río.

El concepto del río como integrador de las condiciones ambientales prevalentes en la cuenca al que pertenece, implica que las comunidades bióticas que en él se establecen y los procesos que se generan evolucionan y responden de acuerdo al set de influencias ambientales y disturbios humanos. Este concepto puede expresarse de manera simple como la *Integridad del Ecosistema*, y tiene un concepto asociado que es el de *Integridad Biológica*.

La *Integridad Biológica* es la capacidad de soportar y mantener un sistema biológico balanceado, integrado y con adaptabilidad, en donde el set completo de elementos y procesos esperados en el hábitat natural de una región responden a

las condiciones ambientales del paisaje circundante. Los elementos críticos de la integridad biológica incluyen los genes, poblaciones, especies y comunidades. Los procesos críticos incluyen mutación, demografía, interacciones bióticas, ciclos biogeoquímicos, dinámica energética y procesos de megapoblaciones. Las medidas de la integridad biológica cuantifican no solo la condición relativa del río, sino, también, las condiciones de la cuenca.

Si bien es cierto que estos conceptos requieren de un nivel de conocimiento de mucho detalle sobre los sistemas lóticos, el cual no siempre está disponible en la literatura científica de sobre una región particular, o sobre un río en particular, como criterios de análisis, estas ideas son útiles para ayudar a evaluar los efectos que tiene, por ejemplo, un desarrollo sobre el ecosistema ribereño que involucra, o deterioro de la cuenca a la cual pertenece el río, o el deterioro de los ambientes acuáticos del mismo.

7.10. Importancia de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del hábitat

Los ecosistemas de aguas continentales son los que más han sufrido impactos por la actividad humana en las últimas décadas dado que la mayoría de la población se ha desarrollado gracias a la cercanía con los cuerpos de agua, y en especial aquellos que a su vez se encuentran cerca de la costa. Cada día, grandes cantidades de desechos industriales y domésticos son depositados en los cauces de los ríos, y estos aumentan día con día conforme lo hacen las comunidades humanas.

El estudio sistemático de las características físico-químicas y biológicas de los sistemas de agua dulce es una herramienta de gran utilidad para conocer el estado de contaminación, la potabilidad para consumo, y su aptitud para ser utilizada en procesos como generación de electricidad, extracción de materiales, acuicultura, agricultura, entre otros.

Diferentes organismos han sido instrumentos valiosos en la bioindicación de la calidad del agua, uno de estos grupos son los macroinvertebrados acuáticos. Estos incluyen a los artrópodos, moluscos, gusanos anélidos, platelmintos, y celenterados. En algunos casos, la bioindicación se centra en grupos muy bien estudiados como los insectos acuáticos (Merritt & Cummins 2008) y para ellos ya existen protocolos de muestreo y además estudios científicos que evidencian la asociación de ciertos géneros con una determinada condición ambiental. En Costa Rica según decreto ejecutivo 33903-MINAE-Salud, los macroinvertebrados acuáticos son de los organismos indicadores para la clasificación y monitoreos de calidad de aguas superficiales. Sin embargo, tanto los peces (Bussing 1998) como los mamíferos acuáticos (Mora 2003) y muchas otras especies anfibias (Savage 2002, Stiles 1998), que utilizan el ambiente acuático para toda o una parte de su ciclo de vida, son elementos de juicio para valorar la condición del ambiente y su posible interacción con un proyecto de desarrollo.

La relación inherente de la cobertura ribereña con los ciclos biogeoquímicos, obliga a que cualquier estudio de los ambientes acuáticos, especialmente de los cuerpos de agua superficiales, a considerar esta cobertura para describir la integridad ecosistémica.

Por supuesto el consultor ambiental para biología estará en la obligación de tomar decisiones sobre la necesidad de recomendar ampliar las zonas de protección o establecer zonas de amortiguamiento en virtud de la fragilidad ambiental encontrada o del riesgo de interacción con el proyecto de desarrollo.

7.11. HUMEDALES

Los humedales, que son por definición ***“los ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de las fanerógamas marinas o arrecifes de coral, o en su ausencia, hasta los seis metros de la línea de marea baja”***,

actualmente son cuerpos de agua superficiales vulnerables a la afectación por la tendencia al drenaje, canalización, dragado, colmatación, construcción de diques, descarga de contaminantes o alteración en la dinámica hidrológica, y por tanto, son ambientes especiales que el biólogo consultor deberá analizar con el mayor detalle posible para evitar incrementar la presión hacia los mismos.

Estos ecosistemas incluyen los esteros, las marismas, las lagunas costeras, los pantanos, los bosques anegados, los salitrales y los manglares, incluyendo en este último no solo las especies nucleares sino también las especies asociadas. Un inventario publicado por MINAE/SINAC-IUCN/ORMA (1998) incorporó más de 350 humedales pero no consideró las extensiones marinas (Fig. 5), y encontró que cerca del 40% están fuera de las áreas protegidas del estado costarricense.

Más recientemente por medio del proyecto Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental (PREPAC), donde participaron por Costa Rica en Instituto de Pesca y Acuicultura (INCOPECA), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional, se elaboró una nueva lista que incluye más de 750 humedales

[\(\[http://documentacion.sirefor.go.cr/archivo/recursos_hidricos\]\(http://documentacion.sirefor.go.cr/archivo/recursos_hidricos\)\).](http://documentacion.sirefor.go.cr/archivo/recursos_hidricos)

En ese mismo inventario se consigna la pérdida de 13 humedales que fueron incluidos en el inventario de 1998 y otros setenta y seis que han experimentado una disminución de su espejo de agua o profundidad promedio debido a los impactos antes mencionados. Por último, de los cuerpos de agua superficiales visitados mediante ese proyecto, se reconoce que solamente cerca del 31% se encuentran con algún tipo de presencia del estado costarricense.

1.11.1. **Ecosistemas marino costeros**

Para efectos prácticos de clasificación, evaluación y análisis, los océanos del mundo han sido por ambientes, la primera gran división separa los ambientes pelágicos de los bentónicos, dentro de este último pueden ser ubicadas las costas, litorales, zonas intermareales, arrecifes y los de zonas profundas. Otra

gran separación es la que se basa en la relación de distancia y profundidad que existe con relación a la tierra, la cual separa los ambientes oceánicos de los ambientes neríticos (Lalli & Parsons 1997) (Fig.6).

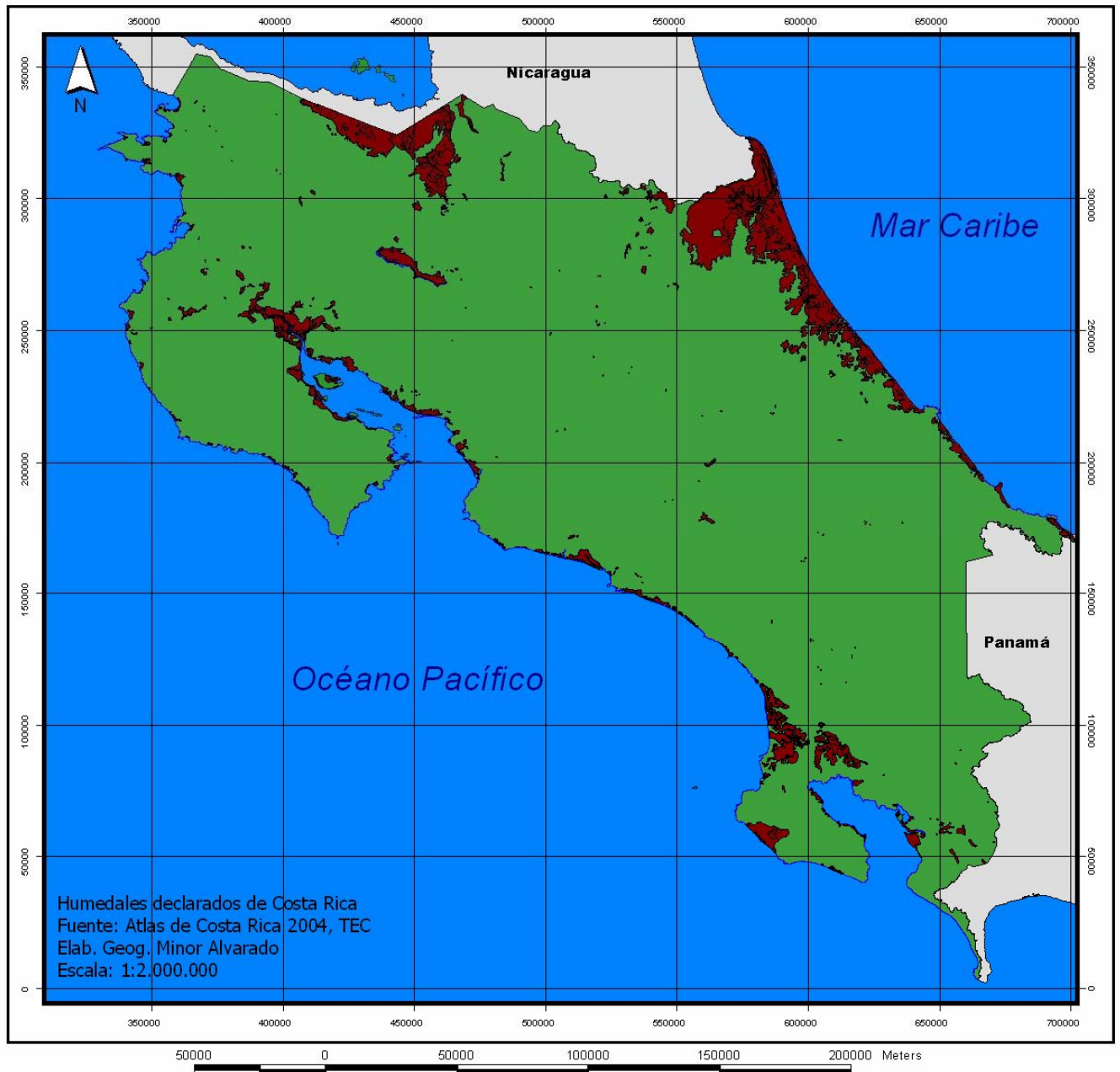


Fig. 5. Humedales declarados en Costa Rica. Fuente: TEC, 2004.

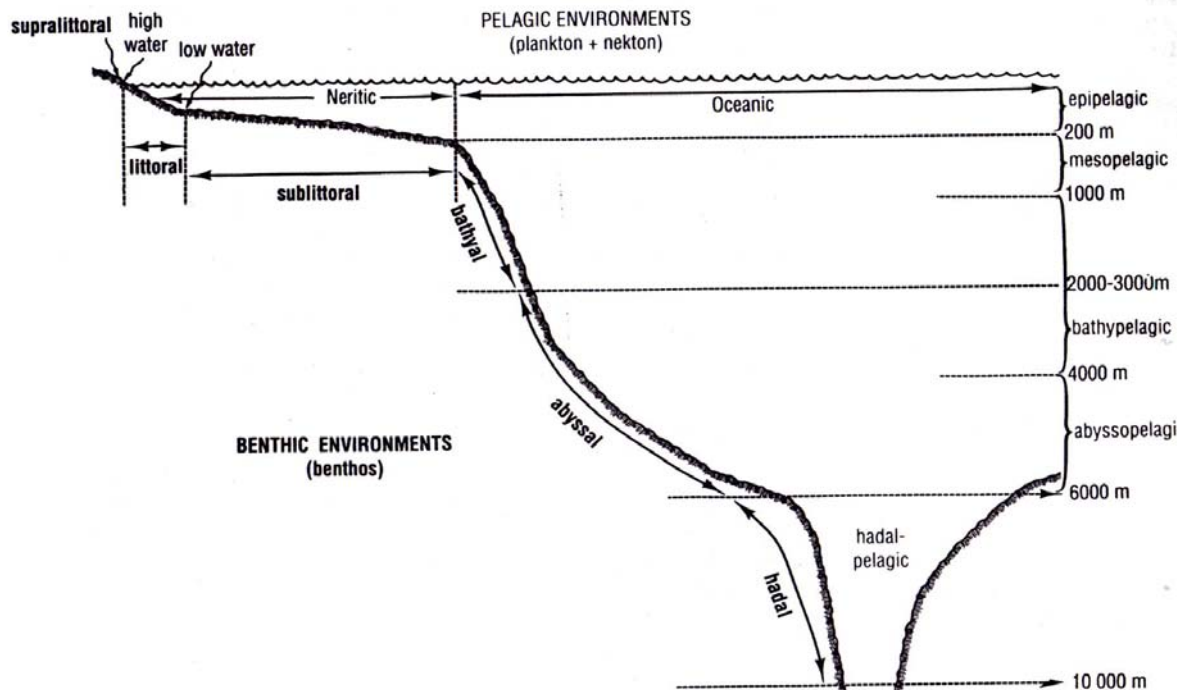


Fig. 6. Clasificación general de los ecosistemas marinos. Fuente: Lally and Parsons 1997.

Los ambientes marino costeros no son ecosistemas aislados de los descritos anteriormente, más bien conforman una unidad funcional para los organismos y mantienen una continuidad y dependencia unos de otros. Por ejemplo, los esteros aportan una importante cantidad de materia orgánica al medio marino que será a su vez incorporada en su dinámica trófica. En épocas de lluvia, la escorrentía superficial aporta al mar nutrientes por medio de los cuerpos de agua dulce y provocan un aumento en la actividad biológica "normal" por el desarrollo de comunidades que incluyen organismos fotosintéticos (fitoplancton), ciliados, protistas, virus, organismos consumidores como el zooplancton, hasta llegar a organismos de mayor tamaño, incluyendo especies comerciales y las

emblemáticas como las tortugas marinas o mamíferos marinos. Además, los aportes de sedimentos conforman una matriz que circulará en la columna de agua y será depositada, dependiendo de su granulometría, en diversas partes del contorno marino, incluyendo las playas (cualquiera de sus tipos), arrecifes (coralinos o rocosos), y en general en la zona costera.

Una serie de parámetros físicos y químicos condicionarán la presencia, permanencia o visita de organismos a zonas particulares, sin embargo, estos procesos no son únicos, pues el medio marino también se verá influenciado por procesos oceanográficos a mayor escala, como son los afloramientos estacionales, el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical, el fenómeno de El Niño y La Niña, y obviamente por la dinámica de corrientes que aportan materiales de origen marino a la costa también.

Todas estas consideraciones son completamente pertinentes puesto que Costa Rica es un país con un área marina mucho mayor que el área terrestre. La Zona Económica Exclusiva tiene una extensión de 589.000 km² y es la tercera más grande en la región latinoamericana (Fig. 7).

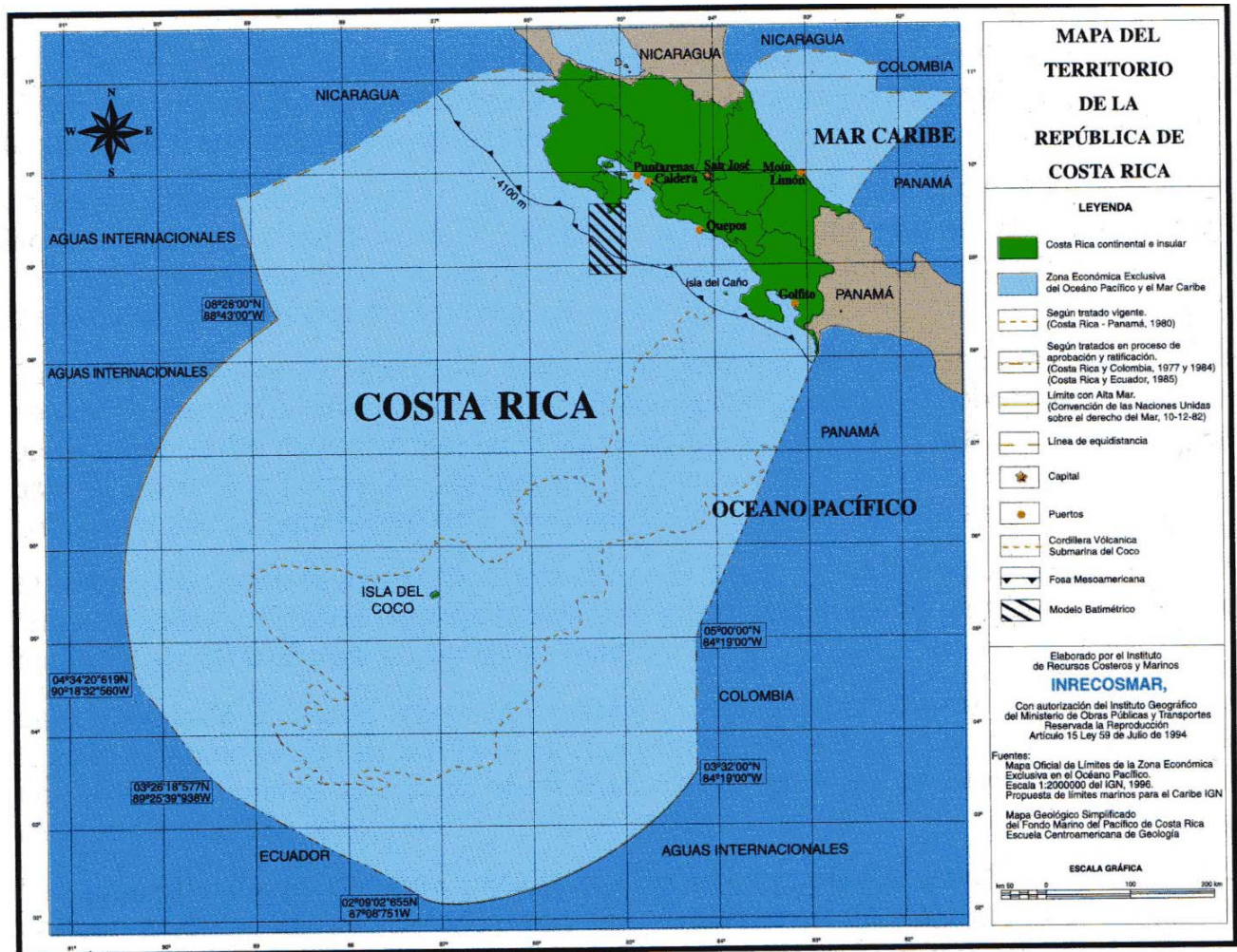


Fig. 7. Mapa del territorio con Zona Económica Exclusiva, IGN.

El biólogo consultor deberá tener en cuenta todos estos factores naturales para evaluar la condición del medio biológico, pero también deberá evaluar los posibles impactos acumulados por actividades antrópicas en el entorno, como son la extracción ilegal de especies, incrementos sustanciales de los sedimentos, contaminación por aguas residuales e hidrocarburos y plaguicidas, contaminación por desechos sólidos, remoción o afectación de la vegetación de manglar con fines de acuicultura, incremento sin planificación de la infraestructura turística o habitacional, incremento en la escorrentía superficial, entre muchos otros. Además deberá definir las metodologías para evaluar la diversidad de especies y hábitats, así como el nivel del impacto acumulado y la capacidad del sistema de soportar intervención o visitación, de las cuales se pueden recomendar:

- <http://www.healthyreefs.org>
- <http://www.epa.gov/owow/oceans/coral/biocrit/index.htm>
- <http://www.imars.usf.edu>
- <http://www.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS>
- <http://www.gsfc.nasa.gov>
- <http://www.agrra.org/method/methology.html>
- <http://www.wseaturtle.org>
- <http://www.mbrs.org.bz/dbdocs/tech/SMPMano3.pdf>
- <http://www.mpaglobal.org>
- <http://www.celb.org>
- http://www.ccdc.org.jm/methods_manual.html

Toda esta información deberá reflejar el estado del recurso y también será la base para establecer los impactos ambientales referidos al proyecto de desarrollo propuesto y su valoración cuantitativa, pero lo más importante de este proceso es que el biólogo consultor deberá estar en capacidad técnica de aportar criterios para establecer las medidas de gestión ambiental requeridas para el tipo de proyecto por desarrollar, es decir que será responsable de la situación futura de dicho ambiente y de las recomendaciones aportadas en el Estudio de Impacto Ambiental para la sección de Biología.

7.12. Referencias bibliográficas consultadas y recomendadas

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Zinder, and J.B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Bentic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water, Washington D.C. 339 p.

Bussing, W.A. 1998. Peces de las aguas continentales de Costa Rica. 2. ed. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 468 p.

Canter, L.W. 1998. Manual de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. McGraw-Hill. Madrid. 841 p.

Elwood, J.W., J.D. Newbold, R.V. O'Neill, and W. Van Winkle. 1983. Resource spiraling: an operational paradigm for analyzing lotic ecosystems. *In* T.D. Fontaine and S.M. Bartell (eds.). pp 3-27. Dynamic of lotic ecosystems. Ann Arbor Science. Michigan, USA.

Frissell, C.A., W.J. Liss, W.J. Warren, and M.D. Hurley. 1986. A hierarchical framework for stream classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10: 199-214.

Hartshorn, G. S. 2003. 3 Biografía de los bosques neotropicales. Pp 59-81. en M. R. Guariguata & G H. Catan, editores. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional (EULAC-GTZ). Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Hartshorn, G.S. 1983. 7 Plants. Pp 118-157. En Jansen, D.H. (ed.). Costa Rican Natural History. The University of Chicago Press, Chicago.

Holdridge, R.L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. 6ta edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, Costa Rica. 216 p.

Junk, W., P.B. Bayley, and R.E. Sparks. 1989. The flood-pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.

Kappelle, M., M. Castro, H. Acevedo, L. Gonzalez, y H. Monge. 2002. Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA). INBio. Heredia, Costa Rica. 500 p.

Lalli, C.M. and T. R. Parsons. 2000. Biological oceanography. An introduction. Butterworth-Heinemann. Great Britain. 314 p.

Merritt, R. W., Cummings, K.W. and M.B. Berg. 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company. 4 ed. USA. 1158 p.

Naiman, R.J. and R.E. Bilby. 1998. River Ecology and Management in the Pacific Coastal Ecoregion. *In* River Ecology and Management. Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion (Naiman R.J. and R. E. Bilby, Eds). Springer. New York. 1-42.

Naiman, R.J. 1992. Watershed management. Springer-Verlag, New York. USA.

Savage, J. M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas. The University of Chicago Press. Chicago. EUA.

Solis-Rivera, V., A.J. Jiménez-Elizondo, O. Brenes y L. Vilnitzky-Strusberg. 1999. Listas de Fauna de Importancia para la Conservación en Centroamérica y México: listas rojas, listas oficiales y especies en apéndices de CITES. Sistema de Integración Centroamericana (SICA), UICN, ORMA, WWF. San José, C.R. 230 p.

Standford, J.A., and J.V. Ward. 1993. An ecosystem perspective of alluvial rivers: Connectivity and the hyporheic corridor. *Journal of the North America Benthological Society* 12:48-60.

Stiles, F.G. y A. Skutch. 1995. Guía de Aves de Costa Rica. INBio. Santo Domingo. Heredia.

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, and C.E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.

Ward, J.V., and J.A. Standford. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. *In* T.D. Fontaine and S.M. Bartell (eds.). pp: 29-42. Ann Arbor Science. Michigan, USA.

Se incluyen además algunos enlaces de herramientas de análisis en sistemas de información geográfica para contextualizar o complementar los análisis de campo a nivel biológico, con el fin de que el biólogo consultor ambiental cuente con información oficial y actualizada.

- Atlas de Costa Rica CD digital, realizado por Instituto Tecnológico de Costa Rica, publicado en el 2005.
 - Mapa Cuencas de Costa Rica
 - Mapa Áreas Protegidas
 - Mapa Áreas de Conservación
 - Mapa Zonas de Vida

http://www.itcr.ac.cr/investigacion_extension/index.aspx?url=/investigacion_extens ion/vie/proyectos/ciencias_naturales/ambiental/atlas_digital.htm

- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)
 - Mapa de Cobertura 2005 Costa Rica

http://www.fonafifo.com/paginas_espanol/consultas_psa/e_cp_mapas.htm

- Cartografía TERRA 1998
- Mapas ING 1:50.000 digital
- Mapas ING 1:10.000 digital
- Fotografías aéreas Carta 2003, 2005 CENAT Centro Nacional de Alta Tecnología

<http://www.cenat.ac.cr/cenat/>

- Gruas II. 2007. INBio formatos digitales.

<http://www.inbio.ac.cr/es/estudios/gruas-II.htm>

- Centro Científico Tropical (Unidad de Sistemas de Información Geográfico)

http://www.cct.or.cr/servicios/unidad_sist.php