

Universidad de Costa Rica  
Vicerrectoría de Vida Estudiantil  
Programa de Voluntariado  
Proyectos Específicos

**“Características biológicas y físico-  
químicas de la laguna de Punta Catedral,  
Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos”**

Melania Fernández Campos

A31938 - Escuela de Biología

2009

## **Agradecimientos**

El presente trabajo no hubiera podido llevarse a cabo sin la valiosa colaboración en el trabajo de campo de las biólogas Gisella Fernández Estrada y Tayler Clarke, quienes estuvieron presentes en giras, en el tedioso proceso logístico, y en la búsqueda de equipo y material bibliográfico de referencia. Así mismo, deseo agradecer a los biólogos Irene Trejos y Luis Sandoval por su colaboración en la sección de insectos acuáticos y aves de la laguna, respectivamente. Gracias a los biólogos Christian Trejos y Andrés Vargas por su ayuda en el trabajo de campo.

Especialmente deseo agradecer al Programa de Voluntariado de la Universidad de Costa Rica y a los funcionarios del Parque Nacional Manuel Antonio, particularmente a Ligia Delgadillo y Oscar Masís, respectivamente, por su interés, esfuerzo, apoyo económico y moral, y dedicación a este proyecto. Es motivo de orgullo saber que hay personas dentro y fuera de la Universidad de Costa Rica que creen en la investigación como un proceso participativo y con potencial.

Además, deseo agradecer al Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) y el Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) por los análisis de laboratorio, y a la Escuela de Biología por permitirnos usar el equipo de su Laboratorio de Ecología.

Finalmente, agradezco la colaboración, seguimiento y apoyo del profesor Gerardo Umaña de la Escuela de Biología, y al Sr. Luis Castro por su colaboración con el préstamo y tramitología del equipo de campo.

*Melania Fernández Campos*

## Contenido

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Introducción  | <b>4</b>    |
| Metodología   | <b>5</b>    |
| <b>Capítulo 1.</b> Antecedentes del Parque Nacional Manuel Antonio. | <b>9</b>    |
| <b>Capítulo 2.</b> Caracterización de la zona de estudio            | <b>13</b>   |
| <b>Capítulo 3.</b> Características físico-químicas                  | <b>24</b>   |
| <b>Capítulo 4.</b> Observaciones adicionales                        | <b>36</b>   |
| Bibliografía  | <b>38</b>   |

# **“Caracterización biológica y físico-química básica de la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos”**

Melania Fernández Campos<sup>1</sup>

Autor de correspondencia: Melania Fernández-Campos, Jardín Botánico Lankester, Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: [melaniaf@gmail.com](mailto:melaniaf@gmail.com).

Existen tres humedales de agua dulce en el Parque Nacional Manuel Antonio, del Área de Conservación Pacífico Central. El humedal de interés posee una laguna permanente, ubicada detrás de las Playas Espadilla Sur y Playa Blanca (playas 2 y 3), es de tipo palustrino y se encuentra en proceso de colmatación (Salazar *et al.* 2005). Ha sido invadido por la vegetación, especialmente por gramíneas, arbustos escandentes espinosos y una especie de bejuco; en la periferia se encuentra rodeada por huiscoyol (*Bactris major*). Según el Plan de Manejo del Parque Nacional Manuel Antonio (Salazar *et al.* 2005), este humedal sirve de hábitat para una gran cantidad de anfibios, aves acuáticas como el pato aguja (*Aningha aninga*), el chocuaco (*Cochlearius cochlearius*), algunos reptiles como los cherepos (*Basiliscus basiliscus*), cocodrilos (*Crocodylus acutus*) y mamíferos como las nutrias (*Lontra longicaudis*).

Esta laguna pertenece al sector continental del Parque Nacional, y forma parte de la Zona de Uso Restringido, por presentar un elevado grado de naturalidad, alguna intervención humana, y estar en proceso de regeneración. Allí se permite la investigación y turismo especializado regulado; sin embargo, no se ha encontrado trabajos científicos realizados acerca de esta laguna. Según el Plan de Manejo para el Parque Nacional Manuel Antonio (Salazar *et al.* 2005), los problemas principales detectados por el Plan se enfocan en la invasión de plantas introducidas y la sedimentación continua.

Aunque se ha realizado numerosos estudios sobre lagunas de Costa Rica (Umaña y Paaby 1991; Haberyan *et al.* 2001) éstos se enfocan en lagunas volcánicas y de calderas, y no se ha encontrado alguno referente a lagunas costeras del Pacífico Central o a esta laguna en particular. El presente documento brinda la descripción de algunos parámetros físico-químicos de la laguna, basados en el “Marco integrado para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales” de la Convención RAMSAR sobre humedales (2005), y apoyados con observaciones de campo. Se brinda además una caracterización de los componentes florísticos principales de la laguna, y

observaciones generales sobre aves e insectos acuáticos asociados. Este trabajo pretende generar información que sirva de base para investigaciones futuras más detalladas sobre el estado de conservación y cambios físicos, químicos y biológicos que permitan el mejor entendimiento de este ambiente lacustrino.

## Metodología

El trabajo se llevó a cabo en el Parque Nacional Manuel Antonio, en una laguna permanente ubicada en el tómbolo del Parque entre las playas 2 y 3 (9° 22,9' N 84° 8,7' W). Se realizaron muestreos mensuales a partir del mes de febrero hasta julio del 2008.

Con el fin de conocer las características físico químicas de esta laguna, se recopiló mensualmente datos sobre la temperatura promedio y la precipitación promedio, con la ayuda de las estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional del cantón de Aguirre. Por otro lado, la laguna se dividió de manera sistemática en 6 zonas durante su máximo espejo de agua (figura 1.1). En cada zona se realizaron pruebas de acidez, alcalinidad, y oxígeno disuelto *in situ*, para las cuales se siguió el protocolo del kit de limnología LaMOTTE. Además, en cada sitio se midió la salinidad utilizando un refractómetro, la penetración de luz con un disco de secchi, la profundidad y la temperatura. Todos los análisis anteriores se llevaron a cabo en las zonas en donde hubo un espejo de agua presente.

Se recolectó muestras de agua para un análisis posterior de DBO<sub>5</sub>. Se tomó por zona una muestra de 1 litro de agua en botellas oscuras, a una profundidad de 25 cm. Las muestras refrigeradas se llevaron a los laboratorios del Centro de Investigaciones del Mar y Limnología (febrero-abril) y del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (junio-julio), en donde se trataron en conformidad con los estándares protocolizados de cada entidad.

Con el fin de describir algunos componentes florísticos de la laguna, se colectó las cuatro plantas que ocupaban –visulamente- la mayor parte del área del cuerpo de agua de la laguna y los alrededores. Estas plantas se identificaron hasta especie (cuando fue posible) con ayuda de botánicos de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica.

Se escogió las aves y los insectos acuáticos para llevar a cabo una descripción general de la relación de animales con la laguna. El objetivo es ilustrar el sistema de

vida de la laguna, que está también conformada por organismos muy dinámicos que viven y dependen periódica o permanentemente de ella.

En este trabajo se brinda además algunas observaciones sobre características particulares de la laguna, producto de las giras de campo. Estas observaciones son acompañadas por recomendaciones y limitaciones de la investigación.



Figura 1.1. Ilustración de los seis sitios de muestreo en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

### **Insectos Acuáticos**

Se realizó tres visitas de muestreo durante el año 2008, comprendidas en las siguientes fechas: 24 de Abril; 13 y 14 de junio; y 25 y 26 de Agosto. Los sitios de muestreo de la laguna se definieron considerando los micro-hábitats presentes de acuerdo con la estación de muestreo. Así, en el mes de Abril se muestrearon los sitios A1, B1 y C1; para Junio se muestrearon los sitios A2, B2, C2, D2, E2, F2; y en Agosto se muestrearon los sitios A3, B3, C3, D3, E3, F3 (Figura 1.2). El tipo de hábitat de los sitios muestreados se resume en el Cuadro A. El tiempo de muestreo para cada sitio fue de 20 min.

Para el muestreo de áreas de poca profundidad se utilizó un colador de cocina plástico de 21 cm de circunferencia y malla de 2 mm de espacio. Para el muestreo en áreas profundas se fabricó una red con aro de hierro de 21 cm de circunferencia, soldada a una vara de madera; la red consistió de una franja de tela de algodón grueso en cuyo fondo se cosió una malla de espacios de 1 mm.

Además, se leyó la temperatura y la profundidad del agua para cada sitio. Las muestras se preservaron en alcohol al 70% y fueron identificadas posteriormente en el laboratorio hasta el nivel taxonómico más fino posible según lo permitiese el estadio larval.



**Fig. 1.2.** Puntos de muestreo de macroinvertebrados acuáticos durante Abril, Junio y Agosto del 2008 en la laguna del Parque Nacional Manuel Antonio, Aguirre, Puntarenas, Costa Rica

**Cuadro A.** Descripción del tipo de hábitat, temperatura y profundidad de los sitios de muestreo de macroinvertebrados acuáticos durante Abril, Junio y Agosto del 2008 en la laguna del Parque Nacional Manuel Antonio, Aguirre, Puntarenas, Costa Rica.

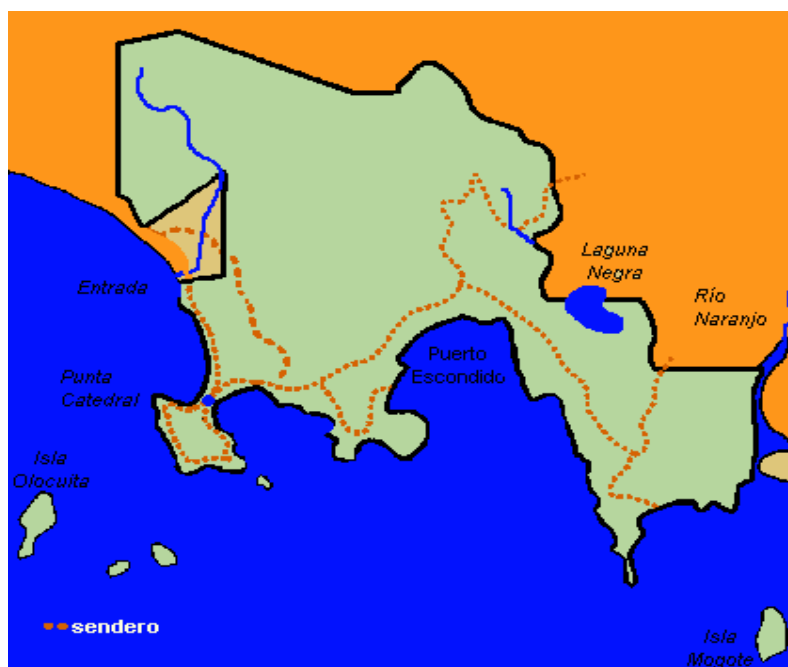
| Sitio          | Fecha      | Temperatura (°C) | Profundidad (cm) | Microhábitat                                       |
|----------------|------------|------------------|------------------|--|
| A <sub>1</sub> | 24.04.2008 | *                | 25               | Fango, hojarasca                                   |
| B <sub>1</sub> | 24.04.2008 | *                | 25               | Fango, hojarasca, raíces                           |
| C <sub>1</sub> | 24.04.2008 | *                | 7                | Fango, hojarasca                                   |
| A <sub>2</sub> | 14.06.2008 | 26               | 145              | Agua turbia oscura, aceitosa                       |
| B <sub>2</sub> | 14.06.2008 | 26.5             | 150              | Agua turbia oscura, aceitosa                       |
| C <sub>2</sub> | 14.06.2008 | 27               | 161              | Agua turbia oscura, aceitosa                       |
| D <sub>2</sub> | 13.06.2008 | 27               | 28               | Sustrato fangoso, agua turbia, hojarasca           |
| E <sub>2</sub> | 14.06.2008 | 27               | 20               | Sustrato fangoso, agua turbia, hojarasca           |
| F <sub>2</sub> | 14.06.2008 | 26.5             | 70               | Sustrato fangoso, agua turbia, hojarasca           |
| A <sub>3</sub> | 25.08.2008 | 28               | 173              | Agua turbia  |
| B <sub>3</sub> | 25.08.2008 | 28               | 172              | Agua turbia, aceitosa, con hojarasca               |
| C <sub>3</sub> | 25.08.2008 | 25               | 46               | Zacate y raíces, agua somera                       |
| D <sub>3</sub> | 25.08.2008 | 25               | 15               | Agua turbia, cerca de riachuelo que drena a laguna |
| E <sub>3</sub> | 26.08.2008 | 26               | 41               | Agua turbia y quieta, hojarasca                    |
| F <sub>3</sub> | 26.08.2008 | 24               | 74               | Agua con corriente leve, hojarasca                 |

\*Valores de temperatura estimados sobre los 30 °C.



## Capítulo 1. Antecedentes del Parque Nacional Manuel Antonio.

El Parque Nacional Manuel Antonio (en adelante PNMA) se encuentra en la provincia de Puntarenas, cantón de Aguirre, el cual cuenta con una población de 14.925 habitantes (Censo de Población 2000). Fue declarado el 15 de noviembre de 1972 bajo el nombre de "Parque Recreativo Nacional Playas de Manuel Antonio" durante el gobierno del presidente José Figueres Ferrer, y ha sido ampliado dos veces (1980 y 2000). Es uno de los parques nacionales más pequeños del país en área terrestre, con un total de 1.612 hectáreas y 42.016 hectáreas en la superficie marina, incluyendo 12 islas e islotes, y administrado por el Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE). Aún así, es el segundo parque más visitado a nivel nacional, con un promedio de 150.000 visitantes por año (figura 2).



**Figura 2.** Mapa del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. No incluye el sector Playa Rey.

En el PNMA se han realizado tres planes de manejo, a saber en 1973, 1983 y 1993. El primer Plan de Manejo lo elaboró el Servicio de Parques Nacionales de Costa Rica (SPN), con la asesoría del Cuerpo de Paz y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). El segundo fue realizado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) con el apoyo del SPN. El último fue realizado entre la Fundación de la Universidad de Costa Rica para la Investigación (FUNDEVI), el Instituto Costarricense de Turismo (ICT) y el Servicio de Parques Nacionales de Costa Rica (SPN) en el año 1993. ACOPAC inició en el año 2004 la elaboración del nuevo plan de manejo, con vigencia 2005-2015 (Artavia et al. 2005).

Junto a los planes de manejo, se ha tomado otras medidas para disminuir el impacto de la visitación sobre la vida salvaje y los recursos naturales; por ejemplo, a principios de los años noventa se tomó la decisión de cerrar el PNMA durante un día a la semana (actualmente los lunes) y se reguló el número de ingresos por día; en los años ochenta se eliminaron las zonas para acampar. La limitación de visitantes es siempre un factor importante dentro de los planes de manejo; sin embargo, su regulación no elimina el problema, ya que una gran porción del correcto manejo de una zona protegida es controlar aquellos comportamientos, actividades, equipos que se permiten, y las horas del día y los días del año en que se permite todo esto en el sitio (Honey 1999).

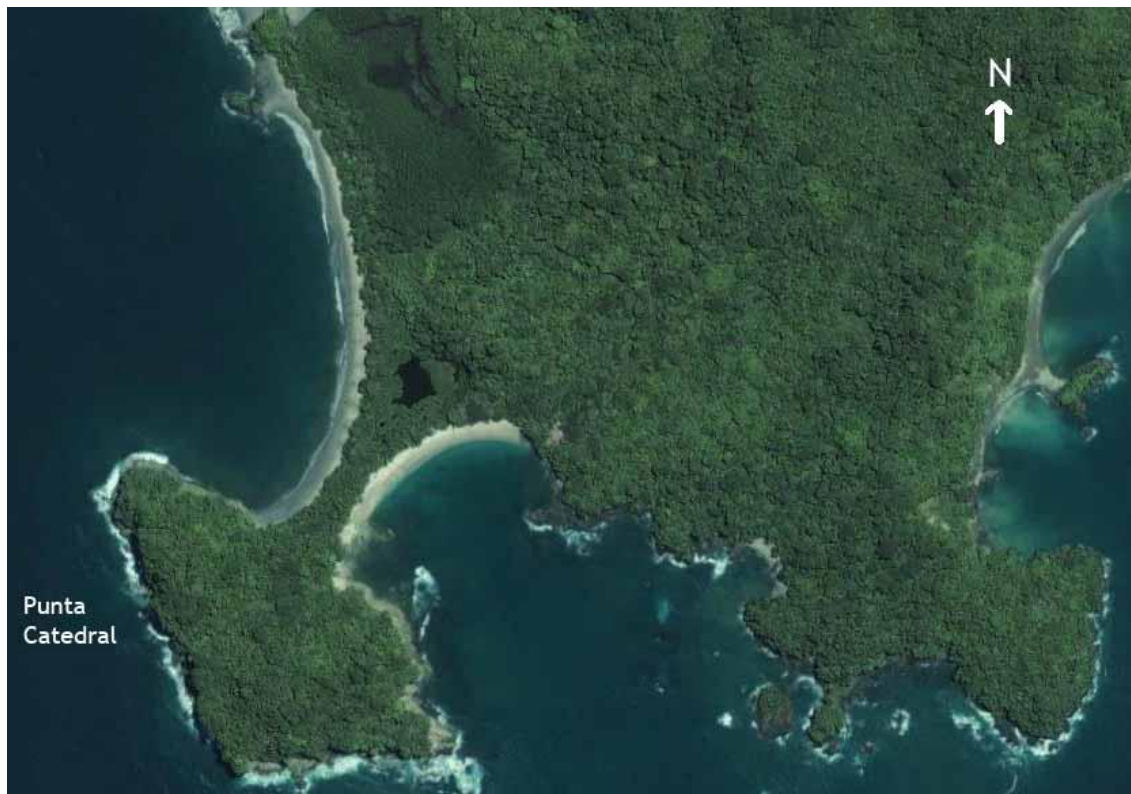
El PNMA ejemplifica el impacto que produce una industria turística descontrolada. Siendo un sitio de belleza escénica, de fácil acceso y con hermosas playas, crece la amenaza sobre la fauna y flora salvaje debido a la construcción excesiva de hoteles y acomodaciones en general, combinado con una alta visitación (Kim 2000). Según el Plan de Manejo en vigencia (2005), el grupo de amenazas más importantes sobre el parque son: 1) crecimiento urbano-turístico no planificado, 2) avance de la frontera agrícola y ganadera, 3) deforestación en el área de influencia, 4)

vertido de aguas servidas, aguas negras, aceites, desechos sólidos y agroquímicos, y 5) drenado y relleno de humedales.

A pesar de su importancia como centro de atracción y visitación turística (nacional y extranjera) se ha realizado poca investigación científica dentro del PNMA. Los escasos trabajos se concentran en temas relacionados con el comportamiento animal, el impacto ambiental de la actividad turística y la diversidad florística de orquídeas y árboles (Harmon 2004, Pupulin 1998). El PNMA incluye unas 110 especies de mamíferos y aproximadamente 185 especies de aves (Donaldson 2002), y es hospedera de varias especies en peligro de extinción. El mono tití (*Saimiri oerstedii citrinellus*) es una de las especies sobre la que más se ha escrito, debido a la alteración del hábitat y la caza ilegal como mascota silvestre; en el PNMA el mono tití ha sido observado con mayor frecuencia en los bosques secundarios jóvenes con presencia de árboles frutales abandonados, así como en zonas abiertas de acceso al público (Notman 1987, Vaughn y McCoy 1984, Wong 1990a, Wong 1990b, Wong y Carrillo 1994). En contraste, es sobre los ambientes marinos que conocemos poco aún; los trabajos más significativos incluyen el estudio sobre moluscos del PNMA, realizado por Willis y Cortés (2001), el de Vargas y Cortés (1999) sobre decápodos del Pacífico de Costa Rica, y la descripción, distribución geográfica e historia natural de los corales zooxantelados de los arrecifes coralinos de Costa Rica (Cortés y Guzmán 1998). En cuanto a las aves, los islotes del PNMA han sido reconocidos como de gran importancia para la migración y el establecimiento de sitios de anidación de aves marinas y costeras (Alvarado 2004 y Alvarado 2006).

El PNMA acoge a Punta Catedral, un tómbolo de cerca de 800 m de longitud que, junto a Punta Uvita, son los únicos tómbolos del país (Figura 3). Como hemos mencionado, hay poca información acerca de la formación geológica de la costa que incluye el PNMA; sin embargo, sabemos que en la cintura de esta formación se encuentra una laguna (sin nombre propio) poco conocida por los visitantes, y sobre la que se basa el presente estudio. Esta laguna se encuentra a escasos 10 metros desde

el sendero que recorre playa 2, y se puede observar –con dificultad- justo frente a la zona de banderas de playa 3. Está rodeada por una densa enramada de bejucos y arbustos, y su acceso se dificulta aún más en los sectores donde hay palmas espinosas y zacates de gran altura. Según los reportes de los guarda-recursos del PNMA, esta laguna alcanzaba a formar un continuo de agua (espejo) con el manglar de la entrada sur del Parque hace escasos 10 años; según las observaciones hechas en el campo por este estudio desde octubre de 2007 a julio de 2008, no se pudo constatar que se formara un solo espejo de agua entre ambos cuerpos, aunque no descartamos que haya formación de riachuelos que comuniquen lo que es, sin duda, un solo ambiente de humedal.



**Figura 3.** Tómbolo del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Imagen tomada de GoogleEarth (2009).

## Capítulo 2. Resultados: caracterización de la zona de estudio

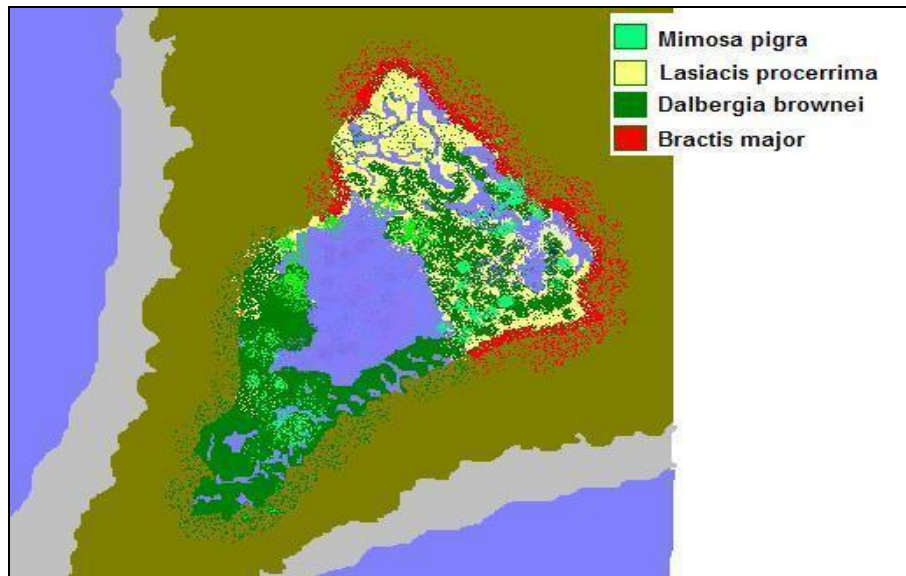
### El sitio

La laguna de Punta Catedral se encuentra en una zona de vida de bosque tropical húmedo, con un promedio de 3800 mm de precipitación anual. El periodo seco comprende desde noviembre hasta marzo, y se considera agosto y octubre como los meses más lluviosos. La temperatura promedio anual es de 28 °C, y pocas veces se reportan temperaturas menores a los 25 °C (Donaldson 2002). Las mareas son semidiurnas, con un rango de marea de aproximadamente 3.5 m (Willis y Cortes 2001).

### La Flora

Como se mencionó, la laguna de interés está rodeada de arbustos, palmas, zacate y bejuco (figura 4). El arbusto predominante es *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae), una planta espinosa nativa del Neotrópico, de rápida expansión, que puede alcanzar los 2 m de altura y que en Costa Rica habita actualmente el borde de carreteras y sitios pantanosos (Janzen 1983, figura 5). Ha sido declarada dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Global Invasive Species Database 2006), en parte porque produce gran cantidad de inflorescencias (aprox. 1 por día por cada ramificación) que se traduce en gran cantidad de semillas, y en parte porque éstas son fácilmente transportadas, principalmente por maquinaria de construcción de carreteras y por el viento (Janzen 1983). En la laguna del PNMA se observó una gran cantidad de estos arbustos esparcidos en las zonas pantanosas de los límites y en sitios de poca profundidad dentro de la laguna, menores que 0,5 m. A pesar de ser una especie de origen neotropical su rápida expansión y el fuerte dominio que ejerce sobre los ambientes donde se establece puede alterar drásticamente el ecosistema natural, por lo que ha sido declarado como planta de amenaza en muchos

países como Colombia, Estados Unidos y Australia (Global Invasive Species Database 2006; Weed Management 2003, Calderón 2003).



**Figura 4.** Ilustración sobre la distribución aproximada de *Mimosa pigra* L., *Lasiacis procerrima* (Hack.) Hitchc., *Dalbergia brownei* (Jacq.) Schinz y *Bactris major* Jacq., en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, 2008.



**Figura 5.** Fotografía de *Mimosa pigra* L. en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Fotografía: M. Fernández.

Otra de las especies que se encuentra en los alrededores de la laguna de interés es el bejuco *Dalbergia* sp. (Fabaceae), una trepadora leñosa que reside en las orillas donde el suelo permanece muy húmedo en la época seca o con una pequeña capa de agua durante la época lluviosa. Aunque no se ha determinado con claridad la especie –no se encontró flores en la época de estudio- asemeja a *D. brownei* (Jacq.) Schinz por su hábito de crecimiento y sus características vegetativas. De cualquier forma, este bejuco ha logrado colonizar gran parte de los hábitats alrededor de la laguna, especialmente la franja comprendida entre playa 2 y la laguna, por donde las plantas han alcanzado diámetros de hasta 85 cm (figura 6). El problema radica en que las trepadoras herbáceas y leñosas ascienden usando otras plantas como apoyo, con sus tallos estrechos, flexibles y capaces de crecer en grandes proporciones en longitud (Putz 2007). La abundancia de las trepadoras generalmente aumenta con la perturbación del bosque (Putz 2007), como sucede en este sector del PNMA, y una vez en el dosel, las trepadoras crecen a menudo entre las copas de los árboles. Si bien es cierto que estas conexiones entre las copas de los árboles son de gran importancia para los animales que no pueden volar o deslizarse por largas distancias (por ej.: *Saimiri oerstedii citrinellus* y *Corytophanes cristatus*), también aumenta la probabilidad de que los árboles traigan abajo a sus vecinos cuando caen (Putz 2007).



**Figura 6.** *Dalbergia* sp. ocupando grandes extensiones en la laguna de Punta Catedral del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Fotografía: M. Fernández.

Además del bejuco y los arbustos de *M. pigra*, hay una tercer planta de importancia que predomina sobre las demás: el zacate *Lasiacis procerrima* (Hack.) Hitchc. de distribución Neotropical (figura 3). Como muchos zacates, *L. procerrima* es anual o perenne, de vida corta, con raíces delgadas numerosas y de hojas pubescentes (Clayton *et al.* 2006). Su inflorescencia es una panícula, que luego bota espículas diminutas fértiles sobre el agua, el viento, o bien, impregnadas en el cuerpo de mamíferos y aves, principalmente (figura 7). Como es de fácil dispersión, este zacate se encuentra por todo el país (INBio 2009), incluyendo sin duda a Quepos. Se observó que esta planta se encuentra en grandes cantidades en las zonas aledañas al PNMA, incluyendo lotes baldíos, márgenes de ríos y riachuelos, zonas de cultivo y jardines de los pueblos de Manuel Antonio y Quepos. A pesar de que hay poca información sobre las características y composición florísticas de la laguna en años anteriores, los zacates generalmente se presentan como elementos de transición en sitios de lagunas ocasionales o de inundación periódica. Así que no descartamos que, aunque domina gran parte del paisaje y del espejo de agua, pueda ser desplazada y reemplazada en el futuro por la flora característica de los bosques que la rodean.



**Figura 7.** 1) Espécimen de herbario de *Lasiacis procerrima* (Hack.) Hitchc., Jardín Botánico de Missouri, Estados Unidos; 2) *Lasiacis procerrima* (Hack.) Hitchc. en la laguna de Punta Catedral del Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos. Fotografía: M. Fernández.



Finalmente, en el sector comprendido entre la entrada sur del PNMA y la laguna, hay una franja de bosque dominada por *Bactris major* Jacq. (huiscoyol, Arecaceae), una palma que a menudo forma espinas en grupos, terminales o ligeramente muy grandes (Figura 3). Sus tallos van de 4 a 5 m de alto, delgados, muy espinosos, con espinas de varios tamaños, y hojas de hasta 1.5 m de largo, también espinosas (Jones, 1999). Ha sido muy usada por los grupos indígenas mayas para la alimentación y la construcción de cercas y lanzas (Pérez & Rebollar 2008).

## **La Fauna**

Además de considerar la flora circundante más representativa de la laguna, se realizó observaciones sobre grupos animales como aves, reptiles, insectos acuáticos y otros. La Novena Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales realizada en Kampala (Uganda), en el 2005, estableció ocho indicadores de efectividad del monitoreo de humedales, dentro de los cuales se incluye el estudio de las tendencias en el estado de las poblaciones biogeográficas de aves acuáticas y de las tendencias en el estado de las aves dependientes de los humedales amenazadas mundialmente (RAMSAR 2005), como parte inherente de una correcta aplicación del Convenio. Es decir, las aves son agentes de evaluación importantes cuando se establecen marcos de conservación y uso racional de zonas de humedales. Las aves del Pacífico Central de Costa Rica son importantes agentes indicadores del estado de conservación de los humedales, como lo indican los resultados de Alvarado (2005): el Pacífico Central cuenta con la más alta diversidad de aves acuáticas de Costa Rica. Particularmente en la laguna en estudio se identificó un total de 22 especies asociadas, durante los dos recorridos de avistamiento en febrero y junio de 2008 (cuadro 1). Las aves de este cuerpo de agua fueron observadas buscando alimento mientras recorrían los sectores de aguas someras, mientras nadaban y se zambullían, y mientras detectaban el alimento en vuelo o desde perchas. Un ambiente como esta laguna provee además refugio contra

depredadores y sitios de anidación (figura 8). Ya que la riqueza y abundancia de aves acuáticas que habitan un humedal depende de diversos factores como el régimen hidrológico, tamaño y heterogeneidad del sitio, y estructura de la vegetación (Blanco 2000), es evidente la necesidad de evaluar estos factores sistemáticamente y por varios periodos de tiempo.

**Cuadro 1.** Lista de especies de aves observadas en la laguna de Punta Catedral del Parque Nacional Manuel Antonio, durante las giras realizadas en febrero y junio, 2008.

| Familia           | Nombre científico              | Febrero | Junio |
|-------------------|--------------------------------|---------|-------|
| Alcedinidae       | <i>Chloroceryle americana</i>  | x       | x     |
| Alcedinidae       | <i>Ceryle torquata</i>         |         | x     |
| Alcedinidae       | <i>Chloroceryle aenea</i>      |         | x     |
| Anatidae          | <i>Dendrocygna autumnalis</i>  | x       | x     |
| Ardeidae          | <i>Ardea herodias</i>          | x       | x     |
| Ardeidae          | <i>Butorides virescens</i>     | x       | x     |
| Ardeidae          | <i>Cochlearius cochlerius</i>  | x       | x     |
| Ardeidae          | <i>Nycticorax nycticorax</i>   | x       | x     |
| Ardeidae          | <i>Tigrisoma mexicanum</i>     | x       |       |
| Cuculidae         | <i>Crotophaga sulcirostris</i> | x       | x     |
| Emberizidae       | <i>Sporophila americana</i>    | x       |       |
| Hirundinidae      | <i>Thachycineta albilinea</i>  | x       |       |
| Parulidae         | <i>Protonotaria citrea</i>     | x       |       |
| Parulidae         | <i>Seiurus noveborasensis</i>  | x       |       |
| Podycipedidae     | <i>Podylimbus podiceps</i>     | x       | x     |
| Rallidae          | <i>Aramides cajanea</i>        | x       | x     |
| Rallidae          | <i>Laterallus albigularis</i>  | x       | x     |
| Threskiornithidae | <i>Eudocimus albus</i>         |         | x     |
| Troglodytidae     | <i>Thryothorus semibadius</i>  | x       |       |
| Troglodytidae     | <i>Thryothorus modestus</i>    |         | x     |
| Tyrannidae        | <i>Myizetetes similis</i>      |         | x     |
| Tyrannidae        | <i>Pitangus sulphuratus</i>    |         | x     |



**Figura 8.** Aves de la laguna de Punta Catedral del Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos. 1) *Tigrisoma mexicanum* caminando por los bordes de la laguna; 2) nido de *Butorides virescens* (Ardeidae) en el sector sur de la laguna. Febrero de 2008. Fotografías tomadas por M. Fernández y G. Fernández.

## **Insectos acuáticos**

Se encontró un total de 29 individuos pertenecientes a 10 familias. El número de individuos muestreados en la laguna varió durante los meses muestreados. En Junio se obtuvo la mayor cantidad de insectos acuáticos, para un total de 17 individuos; en donde se encontraron representantes de Hemiptera, Diptera, Coleoptera y un pez. Para el mes de Abril se capturaron únicamente dos camarones de la especie *Macrobrachium tenellum* y para el mes de Agosto se obtuvieron 10 individuos de los órdenes Hemiptera, Odonata, Decapoda y Ephemeroptera (Cuadro B).

La mayoría de los hemípteros muestreados pertenecen a la familia Gerridae, los cuales son insectos que patinan sobre la superficie del agua. Las otras familias que aparecieron en las muestras tuvieron pocos o un único representante. Cabe mencionar que durante las tres épocas de muestreo se avistaron libélulas adultas de Anisoptera y Zygoptera sobrevolando la laguna y los alrededores, a pesar que solo se lograra capturar una larva de la familia Aeshnidae durante el periodo de estudio.

En la laguna se recolectaron pocos individuos, en especial durante el mes de Abril. Durante el mes en cuestión solamente se capturaron dos camarones, lo cual es curioso dada las características particulares de la laguna en esa época, puesto que el cuerpo de agua había disminuido durante la época seca y el agua era turbia y muy caliente. La ausencia de los otros grupos taxonómicos encontrados en meses posteriores en comparación con los de Abril se debe a que las características de la laguna difieren en gran medida de aquellas durante la época lluviosa. Se ha documentado que el aumento de la temperatura tiene una relación importante con la tasa de alimentación y metabolismo de organismos; su aumento conlleva la necesidad de obtener más alimento en cantidad o calidad para mantener las tasas de crecimiento y supervivencia (Lessard y Hayes 2003). Entonces, las condiciones más exigentes durante la estación seca no permiten tanta supervivencia de larvas acuáticas como se evidencia en la estación lluviosa. Además de estar relacionada con la mortalidad, la estacionalidad también se relaciona con la reproducción de muchas larvas acuáticas

que sincronizan el apareamiento y puesta de huevos con la venida de las lluvias (Verberk *et al.* 2005).

**Cuadro B.** Morfoespecies de macroinvertebrados acuáticos encontradas en los sitios de muestreo durante Abril, Junio y Agosto del 2008 en la laguna del Parque Nacional Manuel Antonio, Aguirre, Puntarenas, Costa Rica.

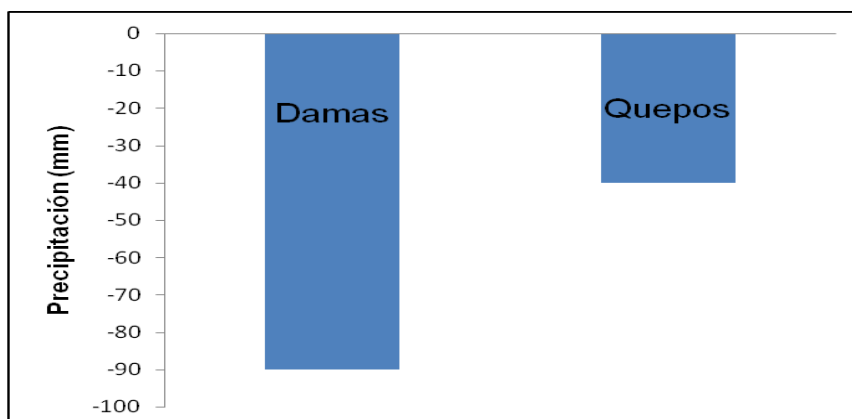
| Fecha     | Sitio | Orden         | Familia        | Género                   | n.ind. |
|-----------|-------|---------------|----------------|--------------------------|--------|
| 24-Abr-08 |       |               |                | <i>Macrobrachium</i>     |        |
|           | B     | Decapoda      | Palaemonidae   | <i>tenellum</i>          | 2      |
| 13-Jun-08 | C     | Hemiptera     | Gerridae       | <i>Rheumatobates</i> sp. | 1      |
| 13-Jun-08 | B     | Hemiptera     | Gerridae       | <i>Rheumatobates</i> sp. | 3      |
| 13-Jun-08 | A     | Hemiptera     | Gerridae       | <i>Rheumatobates</i> sp. | 4      |
| 13-Jun-08 | F     | Hemiptera     | Gerridae       | <i>Rheumatobates</i> sp. | 1      |
| 13-Jun-08 | E     |               | Poecilidae     |                          | 1      |
| 13-Jun-08 | D     | Hemiptera     | Belostomatidae | <i>Belostoma</i> sp.     | 2      |
| 13-Jun-08 | D     | Diptera       | Chironomidae   | Chironominae             | 1      |
| 13-Jun-08 | D     | Coleoptera    | Dytiscidae     |                          | 2      |
| 13-Jun-08 | D     | Coleoptera    | Noteridae      |                          | 1      |
| 13-Jun-08 | D     | Coleoptera    | Hydrophilidae  |                          | 1      |
| 25-Ago-08 | A     | Hemiptera     | Gerridae       |                          | 1      |
| 25-Ago-08 | A     | Hemiptera     | Gerridae       | <i>Rheumatobates</i> sp. | 6      |
| 25-Ago-08 |       |               |                | <i>Macrobrachium</i>     |        |
|           | F     | Decapoda      | Palaemonidae   | <i>tenellum</i>          | 1      |
| 25-Ago-08 | D     | Odonata       | Aeshnidae      |                          | 1      |
| 25-Ago-08 | D     | Ephemeroptera | Baetidae       | <i>Americabaetis</i> sp. | 1      |

## **Características de la distribución de riachuelos**

Según las observaciones hechas por los guarda-recursos del PNMA durante sus años de trabajo en el PNMA, la laguna de interés cambia el tamaño de su espejo de agua cada año, haciéndose más extensa en la época lluviosa. Años atrás, el antiguo sendero principal del PNMA se inundaba con el aumento del área ocupada por el espejo, por lo que se construyó un nuevo sendero de paso por una zona más alta. No obstante, no se contaba con información sobre la o las fuentes de agua que provocaban estos cambios. Así fue como, con el fin de conocer las posibles fuentes de agua dulce que alimentan a la laguna de interés durante todo el año, se realizó varios recorridos por sus alrededores en los meses de diciembre de 2007, y marzo y julio de 2008.

La laguna se encuentra a una altitud menor que las lomas en el sector norte y noreste, de donde descienden riachuelos de poca profundidad (máximo un metro), de tipo intermitente y que, según las evidencias en el suelo, cambian fácilmente su curso por donde el terreno mejor lo permita. Particularmente, en el mes de diciembre de 2007 se pudo identificar al menos siete riachuelos que llegan a escasos 10 m del borde de la laguna, a pesar de que este mes tuvo menos lluvia que otros años (figura 9). En estos diez metros había gran cantidad de arena, piedra y poca hojarasca, lo que indica que pocos meses atrás los riachuelos habrían acarreado agua que se depositaba en la laguna. Esto se pudo comprobar en el mes de julio de 2008, cuando encontramos que el cuerpo de agua había crecido y el borde de la laguna iniciaba a más de 15 m del sitio donde iniciaba seis meses atrás. Fue en esta visita que los riachuelos alcanzaban más de 1 metro de profundidad, los cuales desembocan en la laguna y producen la expansión del espejo de agua (figura 10). Por otro lado, en el mes de marzo de 2008 se observó que la mayoría de los riachuelos encontrados tres meses atrás ya no existían, y sólo rastros de arena quedaban en su lugar. Esto es

muestra del cambio drástico en el paisaje producto de la fluctuación del cuerpo de agua de la laguna, que afecta su flora y fauna y la de sus alrededores.



**Figura 9.** Disminución en la precipitación (mm) en las estaciones meteorológicas de Damas y Quepos, en el Pacífico Central, para diciembre de 2007. Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, marzo 2009.



**Figura 10.** Ilustración sobre la distribución y recorrido aproximado de los riachuelos que desembocan cerca y en la laguna de Punta Catedral del Parque Nacional Manuel Antonio. En azul se representa 1) diciembre de 2007 con cauces formados, y 2) junio de 2008 con zonas inundadas. La línea blanca indica la extensión de la laguna por su parte más ancha en ambas imágenes.

Las anteriores observaciones no responden al total de las fuentes que proveen con agua a la laguna. Posiblemente la lluvia es la principal fuente, reflejada en la alta pluviosidad de la zona de 3700 mm anuales (cuadro 2). Finalmente, es importante destacar que puede haber filtración a nivel freático de agua proveniente de reservas subterráneas de agua dulce. Se ha descartado que un porcentaje importante de agua provenga del océano porque, como se verá más adelante, el agua de la laguna es dulce, con niveles de salinidad iguales a cero.

**Cuadro 2.** Temperatura media mínima y máxima, precipitación total media y promedio de días con lluvia de 1984 a 2006 de la Estación Meteorológica de Damas (09°29 N; 84°12 O; 6 m.s.n.m.), Quepos.

| Mes          | Temperatura media (°C) |        | Precipitación total media (mm) | Promedio de días con lluvia |
|--------------|------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------|
|              | Mínima                 | Máxima |                                |                             |
| Ene          | 21,6                   | 31,3   | 45,7                           | 5                           |
| Feb          | 21,9                   | 32     | 26,7                           | 3                           |
| Mar          | 22,7                   | 32,4   | 43,8                           | 4                           |
| Abr          | 23,5                   | 32,2   | 153,2                          | 10                          |
| May          | 23,4                   | 31,2   | 412                            | 17                          |
| Jun          | 23,2                   | 30,8   | 410,1                          | 17                          |
| Jul          | 22,8                   | 30,5   | 434,1                          | 17                          |
| Ago          | 22,8                   | 30,4   | 480                            | 18                          |
| Set          | 22,7                   | 30,3   | 576,7                          | 19                          |
| Oct          | 22,6                   | 30     | 555,2                          | 18                          |
| Nov          | 22,6                   | 29,8   | 344,2                          | 16                          |
| Dic          | 22,3                   | 30,6   | 158,2                          | 10                          |
| <b>TOTAL</b> | -                      | -      | <b>3639,9</b>                  | <b>154</b>                  |

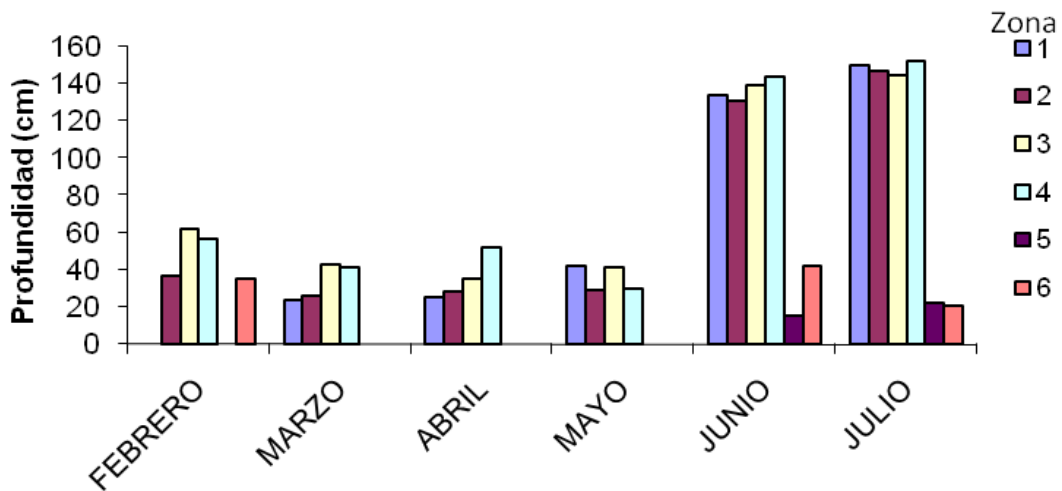
Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, marzo 2009.

## Capítulo 3. Resultados: características físico-químicas

### Profundidad

La profundidad de la laguna es afectada directamente por la precipitación (ver cuadro 2), con la mayor profundidad en los meses más lluviosos de la época de estudio (junio y julio), y las menores profundidades en los meses con menor precipitación (febrero a abril). A su vez, la laguna presenta cambios importantes en las profundidades medidas en los sitios, separadas por escasos 30 a 50 m, lo que puede indicar un suelo irregular (figura 11).

Es importante aclarar que en el mes de febrero no se realizó la medida de la profundidad en el sitio 1 debido a la presencia de cocodrilos. A pesar de las buenas intenciones, la naturaleza tiene siempre la última palabra.



**Figura 11.** Profundidad de la laguna en los seis sitios de muestreo medida de febrero a julio de 2008, Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.



## **Salinidad**

En cuanto a la salinidad de la laguna, los datos registrados indican que el agua es dulce, es decir, la salinidad fue igual a cero para todos los meses de estudio. Como se dijo anteriormente, las fuentes de agua superficiales son dulces: riachuelos y lluvia. Aunque no se conoce si hay contribuyentes de agua salobre a nivel freático, es difícil creer que la laguna reciba agua del océano en cantidades considerables que vayan a revertir los valores de salinidad obtenidos, ya que la laguna se encuentra a mayor altura, alrededor de los 10 metros sobre el nivel del mar.

## **Color del agua**

Determinar los componentes y la calidad del agua por su color será siempre una tarea difícil, ya que los valores provienen de interpretaciones que son subjetivas. Sin embargo, es posible brindar un acercamiento a la composición por medio del uso de índices ya establecidos. Según la Guía para el Manejo de Lagos (1987), las aguas que son cafés (claro a oscuro) indican altos contenidos de sustancias amarillas y detritos, y de moderado a alto contenido de sedimento orgánico suspendido y/o fitoplancton (Lake Managers Handbook 1987). Estas características corresponden a los meses de mayo, junio y julio, en la época más lluviosa del periodo de estudio, y que coincide con las características observadas en la laguna.

Las interpretaciones relacionadas con el verde pueden corresponder a aguas eutróficas, con grandes cantidades de fitoplancton pero poco de otros constituyentes. Las aguas eutróficas suelen verse turbias, de poca penetración para la luz (Lake Managers Handbook 1987); el exceso de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) que produce la eutrofización puede ser producido por materia orgánica proveniente de aguas servidas, desechos de la ganadería, entre otros. Como se discutirá más adelante, la laguna sufre de contaminación con desechos orgánicos fecales, que en época seca puede aumentar el efecto eutrófico sobre la laguna.

| Sitio/Mes | Febrero                 | Marzo           | Abril           | Mayo       | Junio       | Julio       |
|-----------|-------------------------|-----------------|-----------------|------------|-------------|-------------|
| 1         | café<br>verdoso<br>café | café<br>verdoso | café<br>verdoso | café claro | café oscuro | café oscuro |
| 2         | verdoso<br>café         | café claro      | café            | café claro | café oscuro | café oscuro |
| 3         | verdoso<br>café         | café claro      | café            | café claro | café oscuro | café oscuro |
| 4         | verdoso                 | café claro      | café            | café claro | café oscuro | café oscuro |
| 5         | NA                      | NA              | NA              | NA         | marrón      | marrón      |
| 6         | café claro              | NA              | NA              | NA         | marrón      | marrón      |

Figura 12. Representación del color del agua de la laguna de Punta Catedral según los datos recolectados por sitios y por mes. Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos, febrero a julio de 2008.

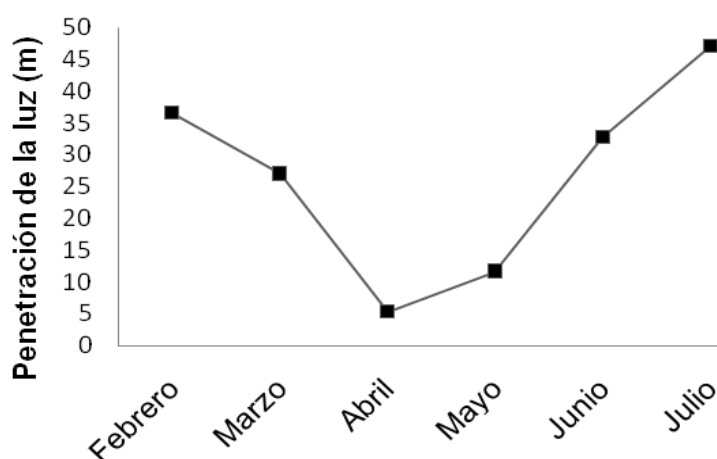
## Penetración de la luz

Otro de los parámetros que se tomaron en cuenta es la penetración de la luz. Como es de esperarse, los meses más secos presentaron menor penetración de la luz, ya que la profundidad de la laguna se reducía, reduciendo a su vez la columna de agua. Cuando la columna de agua se reduce, aumenta la remoción de sedimento del suelo, ya que la actividad de las corrientes del agua, los animales y las plantas mezclan el sedimento. En junio y julio la penetración de la luz fue mayor en vista de que la columna de agua aumentó en tamaño (figura 11) y hay menos oportunidad para el ciclaje del sedimento.

La penetración de la luz o transparencia de un cuerpo de agua mide indirectamente la productividad, en este caso, la productividad de la laguna. La transparencia medida con un disco Secchi se ve afectado por el color del agua, los sedimentos suspendidos y las algas. Las poblaciones de algas suelen ser el factor dominante, así que el disco Secchi se puede usar para medir indirectamente la producción algal (Pearshall y Harnish 1996). Pero para establecer un parámetro de comparación de la productividad, hay varios índices que nos indican indirectamente este valor en un lago o laguna, dentro de los que se encuentra el Índice Trófico de

Carlson, o TSI. Este índice es útil para comparar entre lagos de una región, o para comparar cambios en un sitio a través del tiempo, como en nuestro caso (EPA 2009). En el cuadro 4 se presenta el valor resultante del TSI que se aplicó a los datos de transparencia de la laguna, medida en metros. Según el TSI, valores mayores que 50 representan lagos asociados con eutrofización (alta productividad); la laguna evidencia valores muy altos para los meses en que la profundidad y la penetración de la luz es menor, es decir, en los meses de abril y mayo.

No obstante, los valores de TSI se ven afectados cuando se usan en lagos o lagunas con muchas plantas de raíces grandes y de muy poca profundidad, como sucede en la laguna, con la presencia de *Dalbergia sp* y *Lasiacis procerrima*. Este índice cobra mayor relevancia al analizarlo junto a otras variables como temperatura, profundidad del agua, color del agua, contenido de oxígeno y fósforo, y otros (EPA 2009), por lo que debe realizarse una evaluación exhaustiva de esos parámetros.



**Figura 13.** Promedio de la penetración de la luz en los meses de febrero a julio de 2008, en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

**Cuadro 4.** Índice trófico de Carlson (TSI) para la penetración de luz de febrero a junio de 2008 en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

| <b>Mes</b> | <b>Promedio (m)</b> | <b>TSI</b> |
|------------|---------------------|------------|
| Febrero    | 0,366               | 74,49      |
| Marzo      | 0,270               | 78,87      |
| Abril      | 0,053               | 102,23     |
| Mayo       | 0,116               | 91,01      |
| Junio      | 0,327               | 76,11      |
| Julio      | 0,470               | 70,88      |

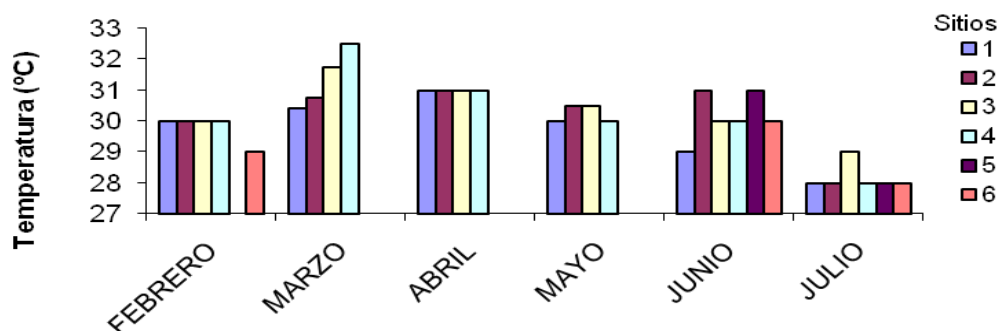
## **Temperatura**

Se intentó tomar las medidas de la temperatura a las mismas horas; sin embargo en ocasiones la toma de muestras se atrasó por la presencia de cocodrilos en la laguna, malas condiciones climáticas o problemas con el equipo. En total, el muestreo se realizó entre las 8:30am y las 12:30pm, y la medición de los cuatro primeros sitios tomó entre 1 hora y 30 minutos y 2 horas y veinte minutos.

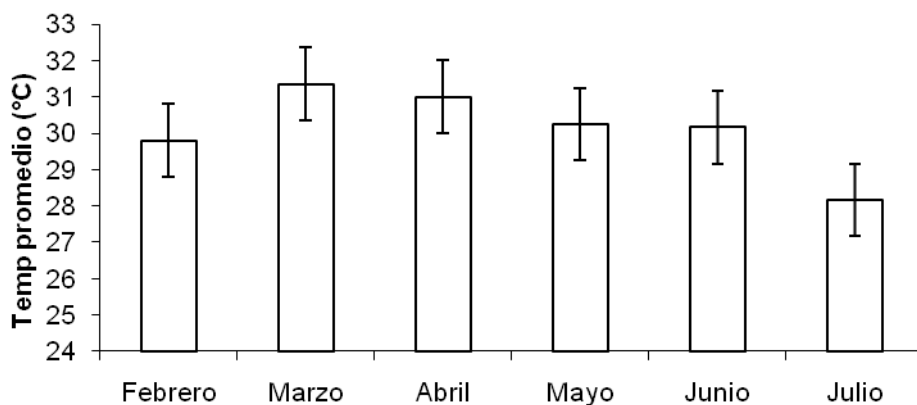
Como se puede observar en la figura 14 los datos de temperatura variaron poco entre sitios para cada mes, lo que significa que la temperatura en la laguna es constante independientemente del tamaño de la columna de agua. La excepción en este caso la representa el mes de marzo, cuando hubo cambios en la temperatura de 2,1 grados centígrados; particularmente en este día se registró mucha nubosidad alrededor de las 10:00 am, y luego se despejó por completo. Aunque no se tienen datos sobre las condiciones del tiempo para todas las fechas de muestreo, es probable que, en una zona tropical como esta, la temperatura del agua aumente drásticamente cuando es poco profunda (como en este mes) y haya a la vez cambios repentinos en las condiciones del tiempo. Por otro lado, la figura 15 muestra que el promedio en la temperatura entre meses fue variable, con temperaturas menores en los meses de mayor precipitación y mayor profundidad de la columna de agua: febrero, junio y julio.

Como es de suponer, muchos organismos que viven en el agua presentan poca tolerancia a las variaciones en la temperatura de este ambiente. La mayor influencia de la temperatura en los lagos y lagunas es la que provoca cambios en la circulación del oxígeno y los nutrientes.

En el estudio se tomó la temperatura a una misma profundidad, lo que permite entender algunos efectos térmicos a través del tiempo. Sin embargo, futuras investigaciones de las características limnológicas de la laguna deben incluir el desarrollo de un perfil térmico vertical de la columna de agua, que permita entender el efecto de las fuentes de energía sobre la laguna y los seres vivos que la habitan.



**Figura 14.** Temperatura de cada sitio de muestreo durante los meses de febrero a julio de 2008 en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.



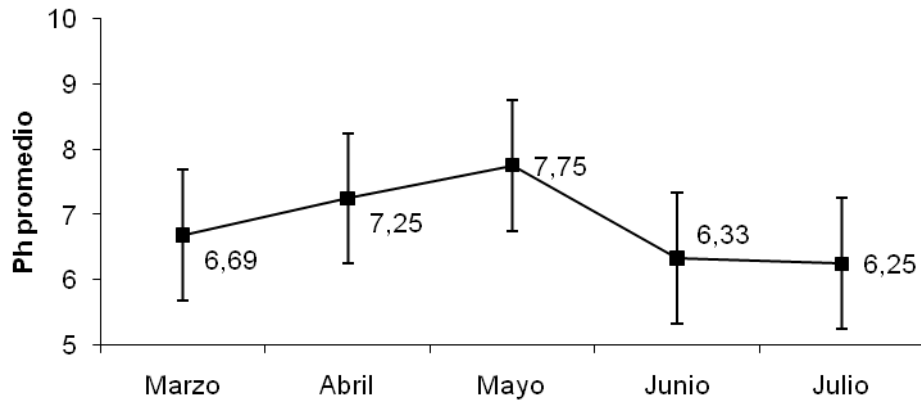
**Figura 15.** Temperatura promedio de la laguna entre febrero y julio de 2008, Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

## Acidez y alcalinidad

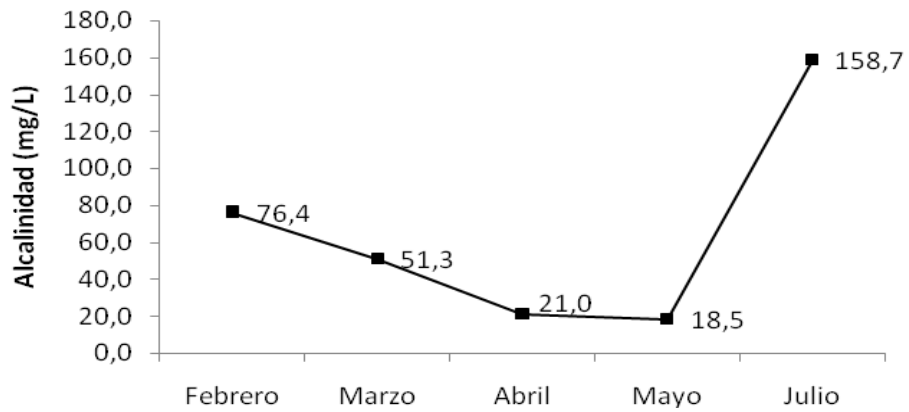
Según Albizurez (1980) los cuerpos de agua dulce tienen poca capacidad amortiguadora a los cambios de pH debido a la baja concentración de sales en comparación al agua de mar. Los organismos que viven en aguas dulces, particularmente en lagos y lagunas presentan adaptaciones que permiten su vida en rangos de acidez y alcalinidad reducidos. En la laguna en estudio es evidente que, aunque hay cambios a través de los meses, los valores de acidez se conservan entre rangos de 6,25 a 7,75 lo que indica poca variación (figura ). Los cambios observados en la acidez coinciden con la precipitación promedio, donde los valores más básicos se presentan en la época seca, y los ácidos en los meses más lluviosos (junio y julio).

En cuanto a la alcalinidad, Albizurez (1980) reporta que valores de alcalinidad menores a 20 mg/l coinciden con lagos o lagunas de alta productividad y alta composición de algas. Así que hay un efecto trófico evidente en los meses de abril y mayo, cuando la laguna contenía menos agua (figura ). Esto significa que existe algún (os) componente (s) que está (n) propiciando que en época seca la productividad aumente considerablemente.

Debe notarse que no existen datos de alcalinidad para el mes de junio, ya que no se contó con los reactivos requeridos. En el mes de junio iniciaron las lluvias en el Parque Nacional Manuel Antonio, así que el cambio que parece abrupto en los datos de julio, puede representar la transición de los valores de alcalinidad en concordancia con el aumento en las lluvias.



**Figura 16.** Acidez (pH) promedio medida durante cinco meses del 2008 en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.



**Figura 17.** Alcalinidad promedio medida durante cinco meses del 2008 en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

## **Oxígeno disuelto y demanda biológica de oxígeno**

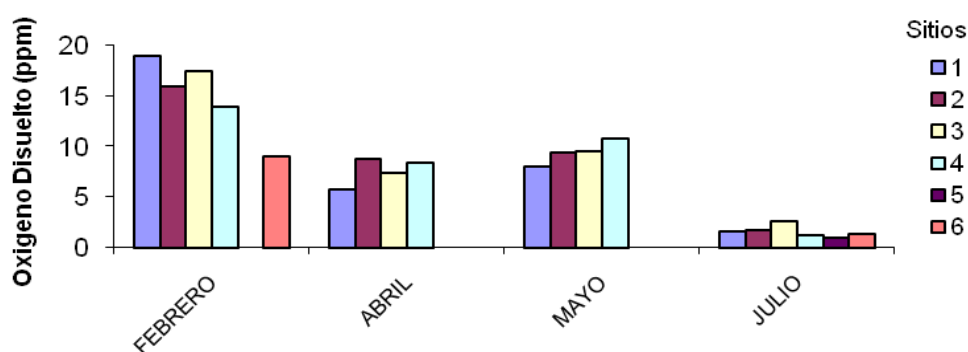
El contenido de oxígeno es un factor fundamental en la ecología de una laguna, ya que los niveles de oxígeno determinan la distribución y abundancia de muchos organismos acuáticos (Lake Managers Handbook 1987). Niveles bajos de oxígeno pueden significar la disminución o ausencia de estos organismos. Es por esto que se tomó la medida del oxígeno disuelto y la demanda biológica de oxígeno, para así cuantificar la disponibilidad y el uso de oxígeno en la laguna.

Los animales acuáticos necesitan oxígeno para vivir. Los peces, los invertebrados, las plantas y las bacterias aeróbicas requieren oxígeno para respirar. El oxígeno de la atmósfera se disuelve con facilidad en el agua hasta que ésta se satura. Una vez disuelto en el agua, el oxígeno se difunde muy lentamente y su distribución depende del movimiento del agua aireada. Las plantas acuáticas, las algas y el fitoplancton, producen también oxígeno como un subproducto del proceso de fotosíntesis. La cantidad de oxígeno requerida varía de acuerdo a las especies y a su grado de crecimiento. Los niveles de oxígeno disuelto por debajo de 3 ppm dañan a la mayor parte de los organismos acuáticos y por debajo de 2 ó 1 ppm los peces mueren. Para el desarrollo de los mismos se requieren usualmente niveles de 5 a 6 ppm.

El oxígeno disuelto en esta investigación se determinó en cuatro meses, a saber, febrero, abril, mayo y julio. Los valores obtenidos variaron considerablemente entre meses y fueron constantes entre sitios en cada mes. Se puede observar con facilidad la disminución de oxígeno disuelto en el agua con el pasar de los meses, conforme se acerca la época lluviosa (figura 18). Lo anterior se puede explicar por la disminución de la temperatura, ya que al disminuir ésta, el oxígeno disuelto suele disminuir a la vez. Como al caer la lluvia disminuye la temperatura, es de esperar que esto afecte la cantidad de oxígeno disuelto. Cuando la productividad de una laguna es muy alta, el oxígeno del agua disminuye.



Además, según los valores de referencia, la laguna presenta condiciones normales de oxígeno (superiores a cinco) entre febrero y mayo, pero no sucede lo mismo en el mes en que la laguna estaba más llena con agua. Es posible que un cambio tan drástico en los valores obtenidos haya sido producido por algún defecto en los reactivos utilizados, o bien, por una incorrecta aplicación del procedimiento. Si por el contrario, estos datos son correctos, las condiciones de oxígeno disuelto en el agua en julio estuvieron dentro de los valores límites y críticos para la sobrevivencia de muchos organismos como los insectos acuáticos, peces y otros.



**Figura 18.** Oxígeno disuelto medido en los seis sitios durante cinco meses del 2008 en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

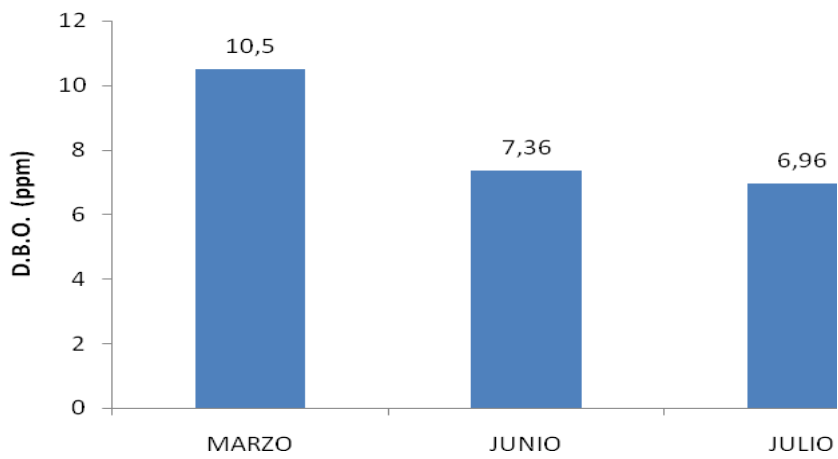
Según los datos de alcalinidad, acidez, temperatura, color del agua y penetración de la luz, hay un efecto de alta productividad en los meses en que la laguna contiene menos agua, que puede explicarse por un aumento en la densidad de fitoplancton. Sin embargo, es necesario realizar un análisis de contenido fitoplanctónico para determinar si coincide con los análisis físico-químicos realizados en este estudio. También se recomienda estudiar el oxígeno disuelto a lo largo del día, para conocer las variaciones conforme cambia la temperatura ambiental y se producen lluvias.

En cuanto a la demanda biológica de oxígeno, solo se obtuvieron los valores para tres meses, que brindan poca información si queremos investigar alguna tendencia. En sí, la Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.) es una medida del oxígeno que usan los microorganismos para descomponer esta agua. Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el suministro de agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho. En este caso, la demanda de oxígeno será alta (debido a todas las bacterias) así que el nivel de la D.B.O. será alto. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la D.B.O. empezarán a bajar.

Lo anterior es importante si se quiere entender las fluctuaciones en el oxígeno disponible de la laguna, porque pueden brindarnos una idea de su grado de contaminación. En general, se considera que una laguna está contaminada cuando tiene valores de DBO mayores de 6 (cuadro 5), y por los resultados obtenidos esto indica que el agua quizás contenga materia orgánica en exceso, y que las bacterias están descomponiendo este desecho, mientras proliferan. Sin embargo, los niveles de D.B.O. también pueden aumentar si aumenta la temperatura. Por eso se recomienda realizar un análisis más detallado de la D.B.O. y determinar los factores principales que producen resultados similares o distintos de los obtenidos en esta investigación.

**Cuadro 5.** Valores de D.B.O. en relación con la calidad del agua.

| Valor de D.B.O. (ppm) | Calidad del Agua | Descripción  |
|-----------------------|------------------|--|
| 1 a 2                 | Muy buena        | No hay mucho desecho orgánico presente en la muestra de agua.  |
| 3 a 5                 | Aceptable        | Moderadamente limpia   |
| 6 a 9                 | Contaminada      | Generalmente indica que hay materia orgánica presente y que las bacterias están descomponiendo este desecho. |
| 10 o más              | Muy contaminada  | Contiene desecho orgánico.   |



**Figura 19.** Demanda biológica de oxígeno (D.B.O.) promedio medida en tres meses del 2008 en la laguna de Punta Catedral, Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos.

## **Capítulo 4. Observaciones adicionales**

### **Contaminación de la laguna**

Es importante destacar que, por medio de recorridos de reconocimiento, se detectó que en el sector este de la laguna hay una fuente de posible contaminación con desechos fecales. El tanque séptico que reúne las aguas negras de las principales baterías del Parque está colapsado; estas aguas viajan entonces por un tubo plástico y se depositan a cielo abierto a escasos 15 m del borde de la laguna en época seca. Durante los dos meses de observaciones y los siguientes seis meses de estudio, el depósito de aguas negras fue consistente, con fuerte olor en los meses más secos (marzo, abril, mayo). Aunque no se pudo demostrar en el presente trabajo, la contaminación con desechos fecales puede afectar significativamente la flora y fauna de la laguna por medio de la filtración a nivel freático, o bien, por la deposición directa en época lluviosa cuando la laguna por este sector extiende su espejo de agua más allá de la salida del tubo. Se recomienda con vehemencia clausurar este tanque séptico, y estudiar el posible efecto que este tipo de contaminación puede haber causado y esté causando sobre el ambiente, especialmente en los periodos del año cuando más visitantes recibe el PNMA.

### **Cambios en el paisaje y evolución de la laguna**

Como se mencionó antes, las lagunas poseen periodos de vida de muy variable duración. Esta laguna está situada en lo que denominamos como la “cintura” del tómbolo que es Punta Catedral, es decir, la sección más angosta de toda la formación geológica. La elaboración de un tómbolo conlleva el llenado pasivo del espacio que separa la isla o islote con la costa con materiales provenientes de la sedimentación y el arrastre, superficie que además será invadida por vegetación. La laguna en estudio puede ser el último remanente de agua por ser ocupado en la

formación del tómbolo, y lo que hoy observamos como una fuerte invasión de plantas es un paso más en la desaparición de la laguna y la extensión del bosque circundante.

### **Investigaciones posteriores**

La metodología aplicada para el análisis físico-químico de la laguna puso en evidencia características no conocidas ni antes evaluadas de la laguna de Punta Catedral. Sin embargo, se requiere de investigaciones más profundas, que abarquen al menos un año de análisis continuo, para un mejor entendimiento de las fluctuaciones de estos componentes y su relación con los organismos vivos. Además, debe estudiarse con más detalle las posibles fuentes de eutrofización (aguas de los baños, aguas de las duchas, agua de los ríos/riachuelos), y evaluar la constitución de algas y la conductividad de la laguna.

Debido a que gran parte del cuerpo de agua de la laguna está cubierta por vegetación, debe analizarse los mismos parámetros en estos sitios, ya que numerosos estudios mencionan que las macrófitas acuáticas influyen en el metabolismo de los cuerpos de agua, aportando materia orgánica e interviniendo en la dinámica, así como en la retención y transporte de sedimentos orgánicos e inorgánicos (Casco y Neiff sin año).

## Bibliografía

Albizurez, J. R. 1980. Estudio ecológico de la laguna Chichoj, Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos, Guatemala. 109 p.

Alvarado, G. M. 2004. 2004. Importancia de los islotes del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica como sitios de anidación y descanso para aves acuáticas. *Brenesia* 61: 105-108.

Bills Lake Association. 2008. Lake Testing Report. En internet: <http://www.billslake.net/Lake%20Testing/Lake%20Report%2008/Bills%20Lake%20Report.pdf> Accesado: Marzo 2009.

Blanco, D. 2000. Los Humedales como Hábitat de aves acuáticas. Boletín UNESCO, Uruguay. Pág. 208-217.

Calderón, E. 2003. Plantas invasoras en Colombia: una visión preliminar. Programa de Biología de la Conservación, Línea 'Especies Focales', Instituto Alexander-Von-Humboldt, Colombia. 7 pp. En internet: <http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/biologia/Doc.pdf> (Accesada: abril 2009).

Casco, S. L. & J. J. Neiff. Sin año. Alteraciones producidas por la vegetación flotante (*Eichhornia crassipes*) en la calidad del agua de lagunas del Bajo Paraná. Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL), Corrientes, Argentina. 4p.

Censo Nacional de Población. 2000. Centro Nacional de Estadística y Censos. En internet: <http://www.inec.go.cr/> (Accesado: marzo 2009).

Clayton, W.D., Harman, K.T. and Williamson, H. (2006). GrassBase - The Online World Grass Flora. En internet: <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>. (Accesada: Abril 2009)

Donaldson, S.E. 2002. Research for a case study on the effects of ecotourism in developing countries, case of Manuel Antonio. Tesis realizada para obtener grado

de Bachiller en Ciencia, Texas Christian University, Texas. 210 p.

EPA. 2009. Carlson's Trophic State Index En internet:  
<http://www.epa.gov/bioiweb1/aquatic/carlson.html>, Accesado: Marzo, 2009.

Global Invasive Species Database. 2006. En internet:  
<http://www.issg.org/database> Accesado marzo 2009.

Harmon, P. 2004. Árboles del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad, Heredia, Costa Rica. 400 p.

Honey, M. 1999. Ecotourism and Sustainable Development: Who Owns Paradise. Island Press., Washington, D.C. 565 p.

Hypki, C. 1982. Plan de interpretación y educación ambiental para el Parque Nacional Manuel Antonio: cantón de Aguirre, Quepos, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Cartago, Costa Rica. 187 p.

Instituto Nacional de Biodiversidad INBio. Lista de especímenes de *Lasiacis procerrima*. En internet: [www.inbio.ac.cr/bims/k03/p13/c046/o0159/f01382/g008661/s027337.htm](http://www.inbio.ac.cr/bims/k03/p13/c046/o0159/f01382/g008661/s027337.htm) Accesado 07-04-2009 (Accesada marzo 2009).

IWWR Interagency Workgroup on Wetland Restoration. 2003. An Introduction and User's Guide to Wetland Restoration, Creation, and Enhancement. Interagency Workgroup on Wetland Restoration: National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Protection Agency, Army Corps of Engineers, Fish and Wildlife Service, and Natural Resources Conservation Service. 102 p.

Janzen, D. H. (editor). 1983. Historia Natural de Costa Rica. University of Chicago Press. 816 p.

Jones, D. L. 1999. Palmeras del Mundo. Omega, Barcelona, España.

Kim, Y. 2000. Problemas y posibilidades del ecoturismo en Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Máster en Estudios Latinoamericanos, Universidad de Seúl, Korea. 135 p.

Lake Managers Handbook: a guide to undertaking and understanding investigations into lake ecosystems. 1987. Editado por W. N. Vant. National Water and Soil Conservation Authority, Wellington, New Zealand. 230 p.

Lessard, J. L. & D. B. Hayes. 2003. Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River Research Applications* 9: 721-732.

Notman, E. 1987. The range of *Saimiri oerstedii citrinellus* on the pacific coast of Costa Rica and patterns, home range, daily movement, and food habits in Manuel Antonio National Park. No publicado. 12 p.

Pérez, M. & S. Rebollar. 2008. Formas de aprovechamiento de algunas palmas de la Península de Yucatán. *Contactos* 69: 53–60.

Pupulin, F. 1998. Orchids of Manuel Antonio National Park, Costa Rica. MesoAmerican Press, San José, Costa Rica. 74 p.

Putz, F.E. 2007. Ecología de las Trepadoras. *Ecología* 24. En internet: <http://www.ecologia.info/trepadoras.htm> (Accesada marzo 2009)

RAMSAR. 2005. Marco integrado para el inventario, la evaluación y el monitoreo de humedales. Novena Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales RAMSAR, Kampala, Uganda. 26 p.

Salazar, J.A., G. Varela, G. Jiménez, M. A. Rodríguez, R. Gutiérrez, R. Chaves, G. Artavia, H. Acevedo M. & L. Paniagua. 2005. Plan de manejo para el Parque Nacional Manuel Antonio. INBio-ACOPAC, Heredia, Costa Rica. 122 p.



Vaughan, C. & M. McCoy. 1984. Estimación de las poblaciones de algunos mamíferos en el Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. *Breaseis* 22: 207-217.

Verbek, W. C. E. P., H. H. Van Kleef, M. Dijkman, P. Van Hoek, P. Spierenburg & H. Esselink. 2005. Seasonal changes on two different spatial scales: response of aquatic invertebrates to water body and microhabitat. *Insect Science* 12: 263-280.

Weed Management Guide: Mimosa (*Mimosa pigra*). Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. En internet: <http://www.weeds.gov.au/publications/guidelines/wons/m-pigra.html>. (Accesada: abril 2009).

Willis, S. & J. Cortés. 2001. Mollusks of Manuel Antonio National Park, Pacific Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 49. Supl. 2: 25-36.

Wong, G. & E. Carrillo. 1994. La conservación del mono titi y el desarrollo del turismo: dos actividades compatibles en Manuel Antonio, Costa Rica. Si hay Planificación. Pp 25-34. En: Taller de evaluación de viabilidad de población y hábitat de *Saimiri oerstedii citrinellus*. Editado por G. Wong, Y. Matamoros y Ulisses Seal. Zoológico Simón Bolívar, San José, Costa Rica. 34 p.

Wong, G. 1990a. Ecología del mono titi (*Saimiri oerstedii citrinellus*) en el Parque Nacional Manuel Antonio. Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia. Costa Rica. 55 p.

Wong, G. 1990b. Uso del hábitat, estimación de la composición y densidad poblacional del mono titi (*Saimiri oerstedii citrinellus*) en la zona de Manuel Antonio. Quepos, Costa Rica. Tesis de maestría en Manejo de Vida Silvestre. Programa en Manejo de Vida Silvestre. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional, Heredia. Costa Rica. 92 p.