

Ecosistemas Vegetales del Complejo de Humedales de **Caño Negro** Los Chiles, Costa Rica



Ecosistemas Vegetales del
Complejo de Humedales
de **Caño Negro**

Los Chiles, Costa Rica



Documento del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC/MINAE) con el apoyo del Proyecto “Conservación, uso sostenible de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios de los ecosistemas de humedales protegidos de importancia internacional “(Proyecto Humedales del SINAC-PNUD-GEF) Proyecto PIMS 4966 ID 00088054

Elaborado por

Lenin Corrales con el apoyo de **Nelson Zamora** (Ecología y Taxonomía Vegetal), **Emily Fung** (Sensores Remotos), **Christian Brenes** (Sensores Remotos) y **Allan Guerrero** (Asistente SIG)

Unidad de Modelado Ecosistémico/Programa Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático/CATIE

Fotografías

Drone: Allan Guerrero, Lenin Corrales

Cormorán y Pleco: Erick Mesén

Terrestres: Lenin Corrales

Citar como:

Proyecto Humedales de SINAC-PNUD-GEF (2018). Ecosistemas Vegetales del Complejo de Humedales de Caño Negro, Los Chiles, Costa Rica. SINAC, PNUD. Turrialba, Costa Rica. SINAC/PNUD. 48 pp

Derechos de propiedad intelectual ©2018: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-Costa Rica (PNUD-Costa Rica). Está autorizada la reproducción total o parcial de esta publicación con propósitos educativos sin fines de lucro, sin ningún permiso especial del titular de los derechos, con la condición de que se indique la fuente. PNUD-Costa Rica agradecerá que se remita un ejemplar de cualquier texto elaborado con base a la presente publicación. El contenido de esta publicación no refleja, necesariamente, las opiniones o políticas del PNUD-Costa Rica, o de sus organizaciones contribuyentes.



Índice

Introducción	7	Humedal arbustivo-herbáceo, dominado por vegetación mixta palustrina	21
Sistema de clasificación de los Ecosistemas vegetales y su extensión	9	Yolillal denso, dominado por <i>Raphia taedigera</i>	23
Matriz ecológica según Unidades Fitogeográficas	13	Yolillal ralo mixto, dominado por vegetación arbustiva-herbácea palustrina	25
Unidad fitogeográfica	13	Marillal o bosque denso de <i>Calophyllum brasiliense</i> (María)	27
I. Formaciones vegetales siempreverde estacional de las Llanuras de Guatuso	13	Bosque (o vegetación) ripario o ribereño de galería (humedal fluvial)	29
Subunidad fitogeográfica	14	CLASE I.1.2. Ecosistemas sobre terrenos con una topografía irregularmente ondulada-elevada, con suelos no inundados. Esta clase comprende todos los bosques o vegetación mixta natural o semi-natural (cultural) sobre terrenos drenados 30	
I.1. Bosques o vegetación siempreverde estacional de tierras mayormente anegadas o inundadas de las Llanuras de Guatuso	14	Bosque mixto con abundancia de palmas (<i>Attalea butyracea</i> - <i>Acrocomia aculeata</i>)	31
Clases edáficas y topográficas	14	Bosque mixto con relativa abundancia/presencia de Camibar (<i>Copaifera aromatica</i>)	33
CLASE I.1.1. Ecosistemas sobre terrenos con una topografía plana con suelos temporal o permanentemente inundados. Esta clase comprende todos los humedales, las asociaciones y/o “monocultivos” naturales sobre terrenos lacustrinos o palustrinos	14	Agropaisaje	35
Humedal herbáceo, dominado por vegetación herbácea hidromórfica lacustrina	19	Presiones sobre los ecosistemas del complejo de humedales de Caño Negro	36
Humedal de <i>Acoelorrhaphis wrightii</i> , (palma Cuba), asociado con vegetación herbácea hidromórfica lacustrina	21	Literatura citada	44
		Anexo I. Metodología	45
		I.1 Caracterización espacial de los ecosistemas	45
		I.2 Caracterización florística de los ecosistemas	46
		Agradecimientos	47



Introducción

Dentro del marco de las acciones promovidas por el Proyecto Humedales del SINAC-PNUD-GEF en apoyo al Programa Nacional de Humedales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación y con el objetivo de conservar y consolidar la conservación de humedales en el país se propuso la revisión de la extensión del Sitio Ramsar Caño Negro, para lo que se diseñó e implementó un análisis fisiográfico, de suelos y de la capacidad de uso de las tierras, tomando como base los límites oficiales del Humedal de Caño Negro establecidos en el Decreto Ejecutivo 15120-MAG de 1984 (Alvarado & Cubero. 2014).

El estudio de suelos y capacidad de uso de la tierra anteriormente señalado determinó que la extensión total del humedal supera sustancialmente la indicada en el decreto oficial de creación del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Caño Negro de 1984 tomando como base los resultados del análisis de suelos. Este análisis de suelos definió un complejo denominado Caño Negro con predominancia de suelos clasificados como Fluvaquentic Haplohemists, Chromic Endoaquents, Typic Endoaquents, y Aquic Udipsamments y una consociación denominada Islas con predominancia de suelos residuales clasificados como Typic Paleudults. (Alvarado y Cubero 2014).

En relación a la capacidad de uso de la tierra se encontró predominancia de tierras de clase VIII (92.5%) por limitantes de profundidad efectiva y drenaje y un pequeño porcentaje (2.4%) de tierras de clase III, por limitantes texturales y de riesgo de erosión, y el resto del área (5.1%) lo constituye un complejo de lagunas.

Con base a lo anterior se recomendó, efectuar estudios que permitieran redefinir con mayor detalle los límites de este complejo de humedales, principalmente en su sector Sur, realizar inventarios de flora en el límite propuesto, que permitan calificar y cuantificar realmente el potencial biológico de este ecosistema (Alvarado & Cubero. 2014). El presente estudio retoma la recomendación anterior y se propone como objetivos caracterizar espacialmente e identificar los distintos ecosistemas presentes actualmente.

Antes de la creación del Refugio se realizaron diversos análisis de cobertura de la vegetación. El primer estudio corresponde al periodo de 1965, realizado por Sandner y Nunh (1966) citado en Coloma et al. (2009), donde reconocen seis categorías de cobertura de uso de la tierra (bosque elevado, bosque bajo, llanos temporalmente inundados, pantanos, Yolillales, laguna, área cultivada, charral y tacotal). En 1983 el Instituto Geográfico Nacional citado en Coloma et al. (2009), establece siete categorías de cobertura; bosque alto, bosque inundado, marillal y Yolillal, cultivos estacionales, pastos, pastos inundados. Bravo (1986) citado en Coloma et al. (2009) desarrolló un mapa de la vegetación del refugio basado en las hojas cartográficas. Siguió el estudio de COSEFORMA del año 1991 (Coloma et al. 2009) donde se establecieron las coberturas; humedal-pantano, laguna, charral y tacotal,

cultivos anuales, bosque intervenido, bosque secundario, cultivos permanentes, pasto. En 2002, basada en imágenes de 1999, Solano (2002) desarrolló un estudio detallado que presenta siete categorías diferentes de usos del suelo (bosque denso, bosque disperso, tacotal, pastos altos con charral, pastos bajos, pastos permanentes, cultivos agrícolas), sin embargo, carece de números y porcentajes de ocupación de cada una de ellas.

El último esfuerzo desarrollado en la identificación de la cobertura del refugio se realizó en el 2017 (Proyecto Humedales SINAC-PNUD-GEF.2017), donde se describieron diez coberturas: áreas de nubes, charral, cobertura boscosa, laguna, pantano, pastos, red hídrica, sombra de nubes, terreno descubierto y Yolillal.

Todos los estudios anteriormente mencionados utilizaron sistemas de clasificación de cobertura de uso del suelo, sin embargo, ninguno abordó el detalle de la composición y diversidad de la vegetación dejando por fuera la información ecológica que describen Zamora y Bravo (1992), los cuales registraron 310 especies de plantas, distribuidas en 76 familias y 208 géneros. De este total de especies, 136 corresponden a especies arbóreas, 34 a especies de arbustos, 91 a herbáceas, 23 a bejucos, 10 a especies de palmas, 8 a epífitas y 5 especies de helechos; cifras que, en suma, representan aproximadamente el 3% del total de especies de plantas nativas conocidas para ese año en el país.

Para lograr avanzar en la comprensión y definición de la diversidad de ecosistemas dentro del complejo de Caño Negro, se identificó la variabilidad de éstos a partir del uso de ortofotos de 30 cm de resolución, imágenes Sentinel de sensores remotos de la Agencia Espacial europea (10m resolución), imágenes LandSat 8 (30m resolución), drones y trabajo de campo (Anexo 1).



Sistema de clasificación de los Ecosistemas vegetales y su extensión

El esquema de clasificación propuesto en este estudio, sigue el razonamiento ecosistémico conceptualizado para Unidades Fitogeográficas, como sistema para la clasificación de los ecosistemas vegetales terrestres de Costa Rica (Zamora 2008). El abordaje es de un sistema de clasificación ecológico anidado definido por el efecto de la escala de factores abióticos y bióticos, topográficos, edáficos, florísticos, etc. En el cual, el factor florístico es el factor determinante que juega un papel decisivo en la definición final de un determinado ecosistema, por involucrar las especies, uno de los elementos principales en que se basa la conservación.

El cuadro 1 provee una breve sinopsis descriptiva de los 10 ecosistemas reconocidos en campo en el RNVSM Caño Negro, región donde el grado de humedad y temporalidad en el suelo es el factor determinante en la definición de los tipos de ecosistemas (Ver cuadro 1 y Figura 1). Esta propuesta viene a proveer una visión de clasificación y reconocimiento de tipos de ecosistemas o comunidades vegetales en el Refugio, con una visión más evolucionada y detallada que aquellos cuatro tipos de comunidades (1-vegetación de las lagunas, 2-vegetación ribereña, 3-vegetación palustrina y 4-vegetación sobre terrenos elevados) descritos anteriormente por Zamora & Bravo (1992). Por primera vez, se mapean con fines divulgativos, como herramienta para el manejo y su conservación.

El cuadro 2 muestra la extensión de cada uno de los ecosistemas dentro de los límites actuales del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Caño Negro y del área total definida como complejo de humedales de Caño Negro. Los dos ecosistemas más abundantes son el Humedal arbustivo-herbáceo, dominado por vegetación mixta palustrina seguido del Yolillal ralo mixto, dominado por vegetación arbustiva-herbácea palustrina. Por otro lado el menos abundante, pero a la vez muy importante por sus características de unicidad a nivel del país, es el Humedal de *Acoelorrhapha wrightii*, (palma Cuba), asociado con vegetación herbácea hidromórfica lacustrina.

Una vez finalizado el proceso de clasificación y verificación del Complejo de Humedales, se llega a la conclusión que en el 4,8% de su extensión total (Cuadro 2) los ecosistemas presentan una relativamente poca intervención humana (figura 2). No obstante, como se describe más adelante esto no limita el desarrollo de presiones existentes en el Refugio, las cuales fueron identificadas durante la elaboración del trabajo de campo y que se describen más adelante.

Cuadro 1.

Matriz de Clasificación de los Ecosistemas Vegetales en el RNVSM Caño Negro, Costa Rica

Unidad Fitogeográfica	Subunidad Fitogeográfica	Clase Edáfica y Topográfica	Ecosistemas naturales y seminaturales
1. Formaciones vegetales siempreverde estacional de las Llanuras de Guatuso	1.1. Bosques o vegetación siempreverde estacional de tierras mayormente anegadas de las Llanuras de Guatuso	1.1.1. Ecosistemas sobre terrenos planos con suelos temporal o permanentemente inundados (lacustrino-palustrino)	<p>1.1.1.1. Humedal herbáceo, dominado por vegetación herbácea hidromórfica lacustrina</p> <p>1.1.1.2. Humedal dominado por <i>Acoelorrhaphes wrightii</i>, (palma Cuba), asociada con vegetación herbácea hidromórfica lacustrina</p> <p>1.1.1.3. Humedal arbustivo-herbáceo, dominado por vegetación mixta palustrina</p> <p>1.1.1.4. Yolillal denso, dominado por <i>Raphia taedigera</i></p> <p>1.1.1.5. Yolillal ralo mixto, dominado por vegetación arbustiva-herbácea</p> <p>1.1.1.6. Marillal o bosque denso de <i>Calophyllum brasiliense</i> (o María)</p> <p>1.1.1.7. Bosque ripario o ribereño de galería (humedal fluvial)</p>
		1.1.2. Ecosistemas sobre terrenos irregularmente ondulado-elevados, con suelos no inundados (drenados)	<p>1.1.2.1. Bosque mixto con abundancia de palmas (<i>Attalea butyracea</i>-<i>Acrocomia aculeata</i>)</p> <p>1.1.2.2. Bosque mixto con relativa abundancia/ presencia de Camibar (<i>Copaifera aromatica</i>).</p> <p>1.1.2.3. Agropaisaje</p>

Fuente: Zamora, N. 2008. Unidades fitogeográficas para la clasificación de ecosistemas terrestres en Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente. The Nature Conservancy (TNC) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) 54: 14-20

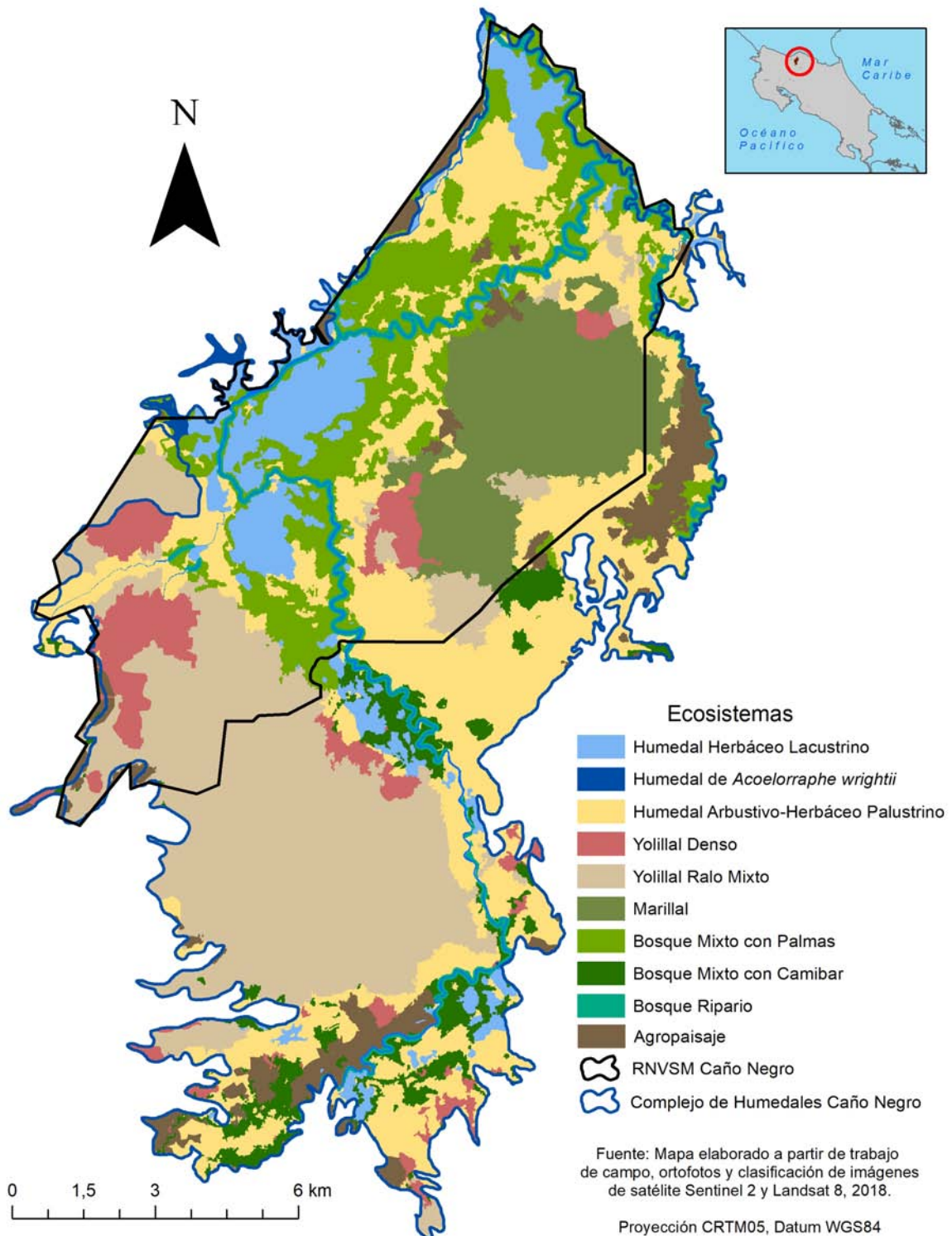


Figura 1

Distribución de Ecosistemas del Complejo de Humedales de Caño Negro

Cuadro 2

Extensión de Ecosistemas del Complejo de Humedales de Caño Negro

Ecosistema	Dentro límites RNVSMCN	%	Complejo humedales Caño Negro	%
Humedal herbáceo, dominado por vegetación herbácea hidromórfica lacustrina	1.058,4	10,2	1.366	7,4
Humedal de <i>Acoelorrhaphes wrightii</i> , (palma Cuba), asociado con vegetación herbácea hidromórfica lacustrina	18,4	0,2	57	0,3
Humedal arbustivo-herbáceo, dominado por vegetación mixta palustrina	2.114,3	20,4	4.816	26,3
Yolillal denso, dominado por <i>Raphia taedigera</i>	709,9	6,9	1.003	5,5
Yolillal ralo mixto, dominado por vegetación arbustiva-herbácea palustrina	1.684,5	16,3	4.525	24,7
Marillal o bosque denso de <i>Calophyllum brasiliense</i> (o María)	1.819,5	17,6	1.925	10,5
Bosque (o vegetación) ripario o ribereño de galería (humedal fluvial)	549,2	5,3	733	4,0
Bosque mixto con abundancia con palmas (<i>Attalea butyracea</i> - <i>Acrocomia aculeata</i>)	1.980,6	19,1	2.010	11,0
Bosque mixto con relativa abundancia/presencia de Camibar (<i>Copaifera aromatica</i>)	11,6	0,1	802	4,4
Agropaisaje	280,2	2,7	885	4,8
TOTAL	10.356,3		18.332	

Fuente: Este estudio

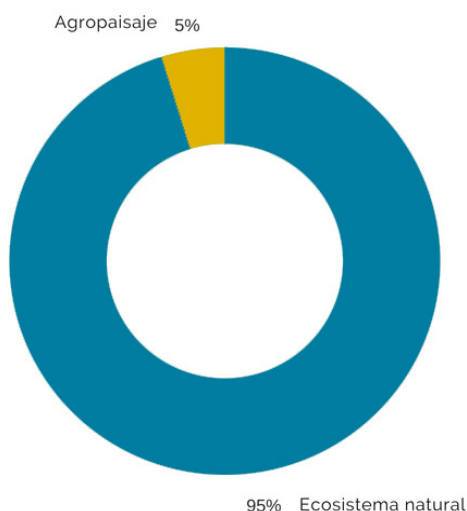


Figura 2

Relación de ecosistemas naturales y el agropaisaje en el complejo de humedales de Caño Negro

Fuente: Elaboración propia

Matriz ecológica según Unidades Fitogeográficas

UNIDAD FITOGEOGRÁFICA

1. Formaciones vegetales siempreverde estacional de las Llanuras de Guatuso.

Esta Unidad Fitogeográfica, se define y caracteriza por su posición geográfica en la región septentrional de la vertiente Caribe, que le imprime un clima marcadamente estacional, con tres o cuatro meses secos. Su topografía relativamente plana o plano-ondulada irregular con la mayoría de área por debajo de los 100 m de elevación, hace frecuente encontrar zonas de humedales o inundadas, permanentes o temporales. Su patrón florístico con una combinación de elementos de climas secos, húmedos y muy húmedos; los de climas secos y húmedos corresponden a la distribución pacífica en Costa Rica (bosque seco), más bien son del patrón yucateco-petenece del Caribe norte Centroamericano y los muy húmedos, pertenecen al patrón amazónico-suramericano. Este patrón florístico compuesto provoca la presencia de varias especies con poblaciones fitogeográficamente disyuntas. Para más detalle, ver Zamora et al. (2004) y Zamora (2008).



SUBUNIDAD FITOGEOGRÁFICA

1.1. Bosques o vegetación siempreverde estacional de tierras mayormente anegadas o inundadas de las Llanuras de Guatuso.

Esta subunidad comprende una llanura aluvional de tierras bajas con topografía plana o plano-ondulada, de 0-100 m, inundadas la mayor parte del año. Esta condición de anegamiento tiene un efecto directo sobre la composición y estructura de la vegetación (en especial arbórea), provocando la formación de asociaciones vegetales dominadas por pocas especies que cubren extensiones de terreno significativas y provocan una reducción en la diversidad general de plantas. Entre las especies arbóreas dominantes, y otras que conforman importantes asociaciones, se encuentran: *Acoelorrhaphe wrightii*, *Astrocaryum alatum*, *Attalea butyracea*, *Camptosperma panamensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Carapa guianensis*, *Copairfera aromatica*, *Lonchocarpus sericeus*, *Prioria copaifera*, *Pterocarpus officinalis*, *Raphia taedigera*, etc. La vegetación herbácea hidromórfica cuenta con varios elementos florísticos disyuntos con aquellos presentes en otros humedales de la vertiente Pacífica. Las fluctuaciones de anegamiento de los suelos tienen un impacto directo en la estructura y composición de la vegetación, así como en la ecología general de la misma. Los terrenos que no sufren anegamiento (tierras elevadas) poseen una diversidad florística más alta y significativamente distinta.

CLASES EDÁFICAS Y TOPOGRÁFICAS

CLASE 1.1.1. Ecosistemas sobre terrenos con una topografía plana con suelos temporal o permanentemente inundados. Esta clase comprende todos los humedales, las asociaciones y/o “monocultivos” naturales sobre terrenos lacustrinos o palustrinos.







Humedal herbáceo, dominado por
vegetación herbácea hidromórfica lacustrina

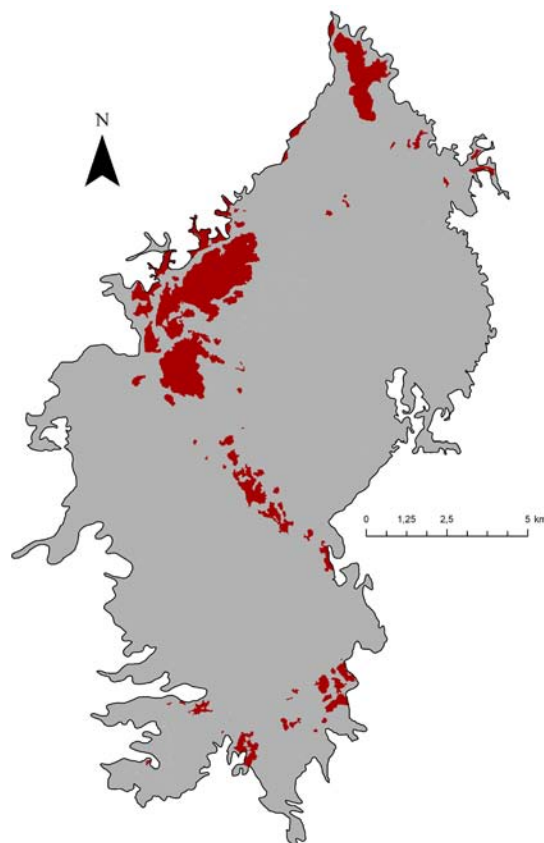
1.1.1.1. Humedal herbáceo, dominado por vegetación herbácea hidromórfica lacustrina

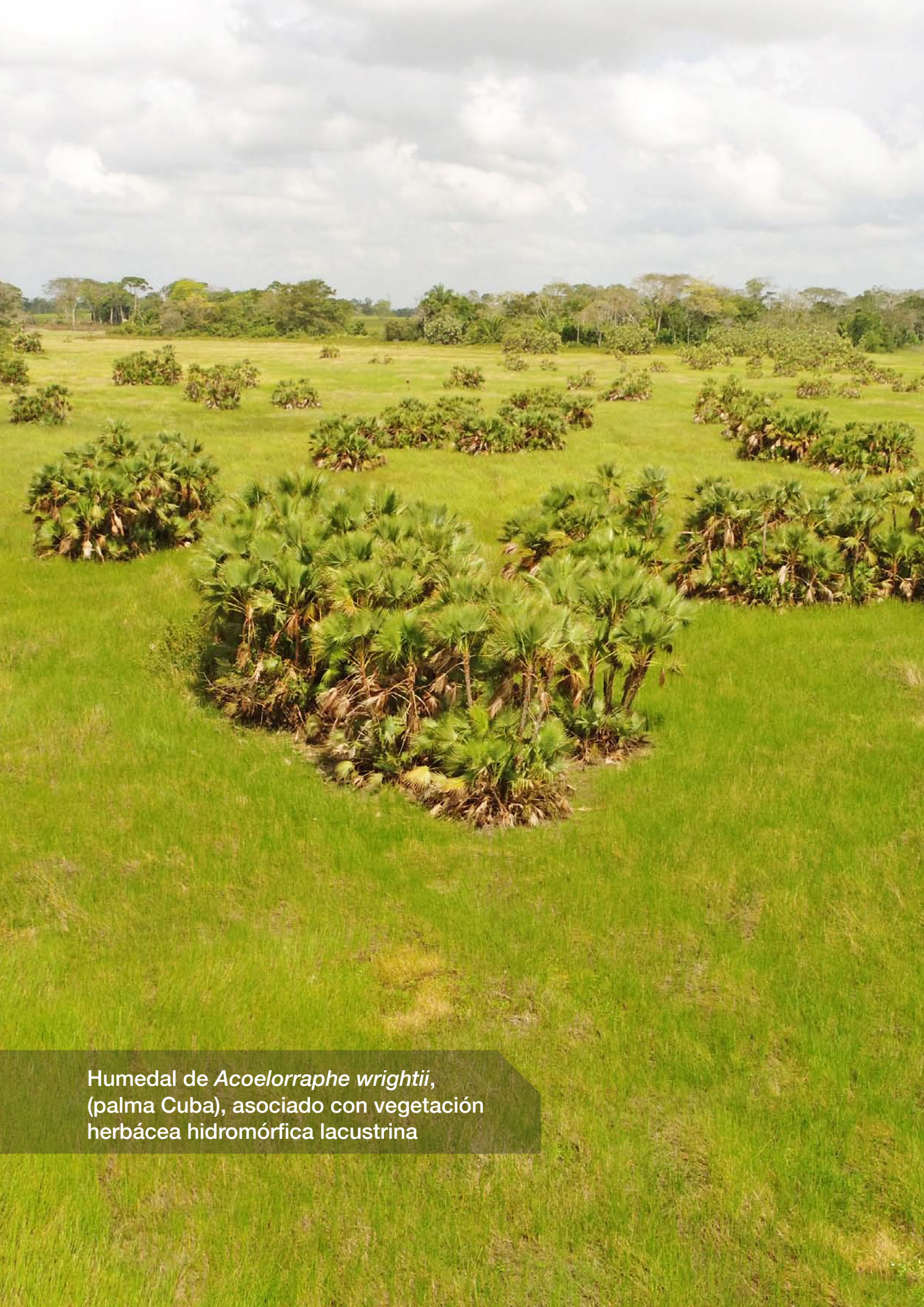
**Extensión protegida en
RNVS Caño Negro:** 1.058 ha

**Extensión Complejo humedales
Caño Negro:** 1.366 ha

Este ecosistema comprende toda una serie de lagunas estacionales de tamaño y profundidad variable, constituidas por aguas de poco o ningún movimiento acumuladas en depresiones del terreno, natural o artificial. Dominadas enteramente por plantas herbáceas, la mayoría con ciclos de vida anual, dependientes del medio acuático para cumplir sus funciones de vida. Por lo que su mayor componente lo conforman especies de plantas acuáticas; las cuales, según su biología o ecología, las hay: emergentes, anfibias, flotantes arraigadas, flotantes libremente o sumergidas. Por su dominancia (en área y abundancia), entre las especies características están: *Azolla microphylla*, *Ceratopteris pteridoides*, *Echinodorus paniculatus*, *Eichhornia crassipes*, *Eichhornia heterosperma*, *Eleocharis interstincta*, *Ludwigia sedioides*, *Neptunia natans*, *Nymphaea ampla*, *N. amazonum*, *N. glandulifera*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata*, *Tonina fluviatilis*, etc.

Este sistema (lacustrino) se encuentra a su vez bordeado por un subsistema mayormente palustrino que forma un cinturón total o parcial, donde abundan especies como: *Annona glabra*, *Ambrosia cumanensis*, *Eugenia galalonensis*, *Hydrolea spinosa*, *Palicourea crocea*, *Persicaria acuminata*, *P. hispida*, *Sphaenoclea zeylanica*, *Rhynchospora corymbosa*, etc. Algunos islotes, se encuentran enteramente dominados por gramíneas, como: *Echinochloa polystachia*, *Eragrostys hypnoides*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Paspalum repens*, etc. Durante la época seca este sistema de lagunas experimenta una fuerte estacionalidad, las cuales pueden secar por completo y en el fondo de algunas de ellas se cubren con extensas poblaciones de algunas especies anuales herbáceas, tales como: *Ambrosia cumanensis*, *Echinodorus grisebachii*, *Ceratopteris pteridoides*, *Croton trinitatis*, *Cuphea carthagenensis*, *Scoparia dulcis*, *Solanum campechiense*, *Trichospira verticillata*, etc.



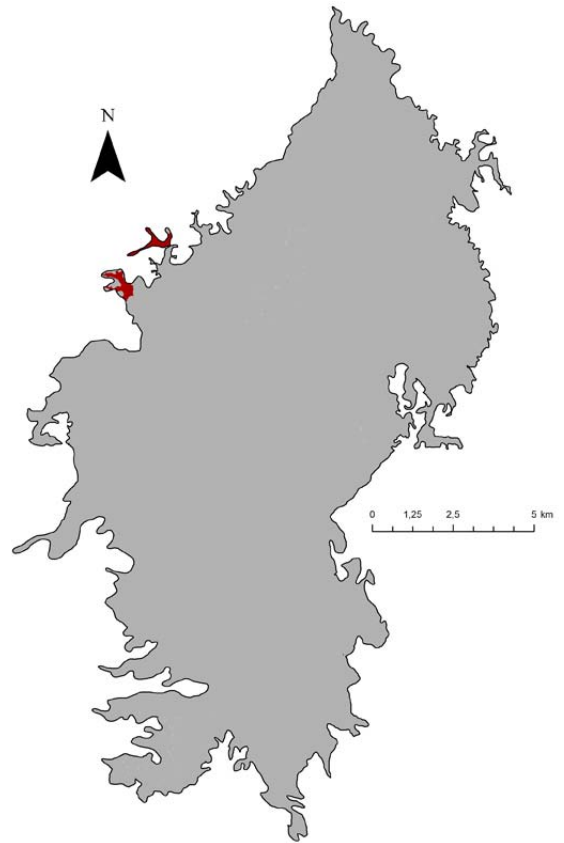


Humedal de *Acoelorrhaphe wrightii*,
(palma Cuba), asociado con vegetación
herbácea hidromórfica lacustrina

1.1.1.2. Humedal de *Acoelorrhaphe wrightii*, (palma Cuba), asociado con vegetación herbácea hidromórfica lacustrina

**Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 18 ha**

**Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 57 ha**



Este ecosistema tiene la particular importancia de ser único a nivel de país debido a la presencia de la especie *Acoelorrhaphe wrightii* o palma Cuba. Esta especie de palma presenta una amplia distribución y se extiende desde el SE de Estados Unidos (Florida) hasta el RNVSM Caño Negro, donde termina su límite de distribución continental, por lo que el ecosistema donde habita merece ser reconocido como tal y resaltar su importancia biogeográfica para la conservación. Su descubrimiento como nuevo elemento para la flora de Costa Rica es reciente (Chacón & Zamora, 1986).

La sola presencia de esta especie en el RNVSM Caño Negro ayuda entender no solo aspectos de la biogeografía de nuestra flora sino de la evolución geológica de nuestro país. Esta palma de crecimiento colonial, con tallos múltiples, hojas en forma de abanico y formando masas o poblaciones puras le impregnan un aspecto único al paisaje. La vegetación asociada corresponde a los mismos elementos florísticos del Ecosistema Humedal Herbáceo Lacustrino.



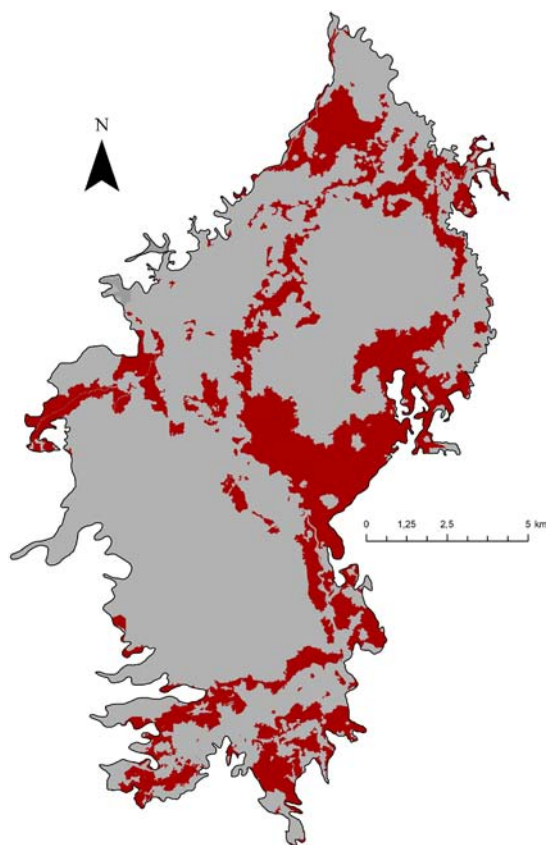


Humedal arbustivo-herbáceo, dominado por vegetación mixta palustrina

1.1.1.3. Humedal arbustivo-herbáceo, dominado por vegetación mixta palustrina

Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 2.114 ha

Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 4.816 ha



Este ecosistema lo conforman grandes masas de una vegetación densa arbustiva-herbácea mixta, sobre suelos con aguas estancadas o de poco movimiento, poca profundidad y una vegetación emergente. Al parecer es un ecosistema producto, de las acciones antrópicas de drenaje y sedimentación de ambientes lacustrinos y/o yolillales degradados.

La composición florística dominante tiene sus variantes espaciales dentro de todo el sistema, algunas áreas con un fuerte dominio casi monoespecífico del arbusto *Mimosa pigra*, pero en general, la mayor área comprende un sistema más diverso dominado extensivamente por especies arbustivas-herbáceas, principalmente de: *Aeschynomene sensitiva*, *Blechnum serrulatum*, *Byrsonima crassifolia*, *Clidemia capitellata*, *Conostegia subcrustulata*, *Conostegia xalapensis*, *Davilla kunthii*, *Hydrolea spinosa*, *Ludwigia affinis*, *Ludwigia nervosa*, *Miconia chamisois*, *Montrichardia arborescens*, *Palicourea crocea*, *Palicourea tetraphylla*, *Rhynchanthera paludícola*, *Rhynchospora corymbosa*, *Tococa guianensis*, etc.

En este sistema es frecuente también observar individuos dispersos de especies arborescentes de *Raphia taedigera* (Yolillo), *Alchornea latifolia*, *Erythrina fusca*, *Pachira aquatica*, *Tabebuia rosea*, *Ficus insípida*, *F. máxima*, *Calophyllum brasiliense*, *Symphonia globulifera*, *Camposperma panamensis* y *Vismia macrophylla*, etc.

A nivel edáfico, por estructura y composición florística, este ecosistema está muy bien definido, ya que por las características en el terreno, como se indicó, parece reflejar un estado sucesional degradado o secundario de Yolillales extintos o ecosistemas lacustrinos altamente sedimentados.





Yolillal denso, dominado por
Raphia taedigera

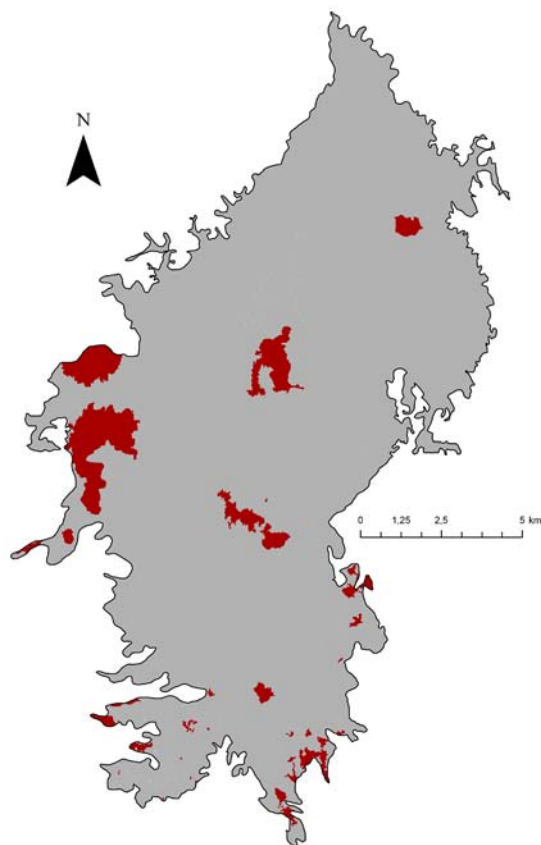
1.1.1.4. Yolillal denso, dominado por *Raphia taedigera*

Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 710 ha

Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 1.003 ha

Este ecosistema está claramente definido y dominado por una masa densa pura de la palma Yolillo (*Raphia taedigera*). Aunque espacialmente se encuentra fragmentado, el tamaño de los parches es relativamente pequeño y estos se encuentran aislados. Es frecuente encontrar entremezclado en este ecosistema algunas especies arbóreas o arborescentes como: *Astrocaryum alatum*, *Pterocarpus officinalis*, *Calophyllum brasiliense*, *Symphonia globulifera*, *Camptosperma panamensis*, *Luehea seemannii*, *Grias cauliflora*, *Pachira aquatica*, *Spondias mombin*, *Tabebuia rosea*, *Prioria copaifera*, etc. A nivel de sotobosque es frecuente observar especies herbáceas como: *Monstrichardia arborescens*, *Thalia geniculata*, *Calathea lutea*, *C. marantifolia*, *Cyclanthus bipartitus*, *Spathiphyllum friedrichsthali*, *Dieffenbachia* sp., *Heliconia* sp., etc.

Vale recalcar que desde el punto de vista fitogeográfico y de conservación estos yolillales son importantes por su posición geográfica y por encontrarse inmersos y asociados a una matriz con otros ecosistemas que los diferencia de aquellos yolillales similares (en fisonomía) pero costeros. Este ecosistema es uno de los que más ha perdido su estado natural.





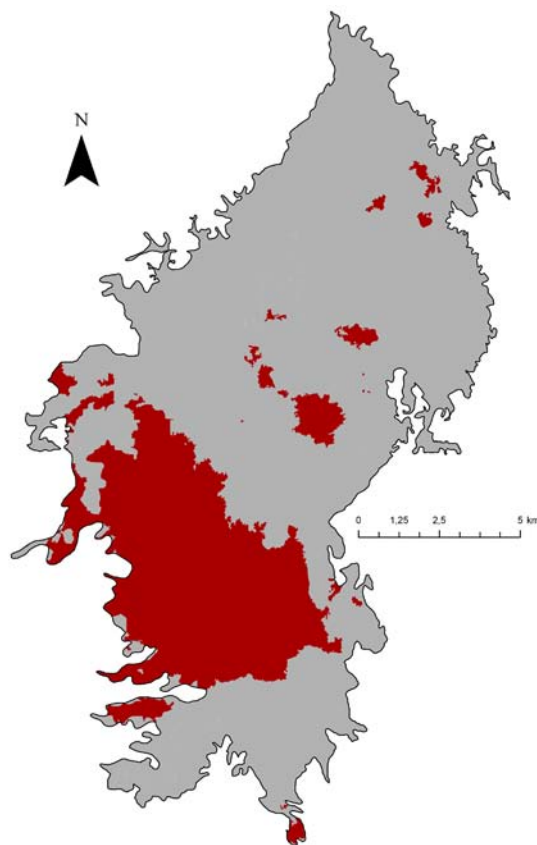
Yolillal ralo mixto, dominado por vegetación
arbustiva-herbácea palustrina

1.1.1.5. Yolillal ralo mixto, dominado por vegetación arbustiva-herbácea palustrina

Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 1.684 ha

Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 4.525 ha

Este ecosistema lo constituye una extensa área ocupada por Yolillales (de *Raphia taedigera*) muy degradados. La degradación está asociada a los altos niveles de sedimentación e impactos por drenado del terreno provocando una condición mixta (en estructura y composición), con presencia relativamente alta de Yolillo, pero con individuos distantes y dispersos asociados o entremezclados con una vegetación arbustiva-herbácea densa. La composición de la vegetación arbustiva-herbácea dominante es esencialmente la misma la que ocupa y domina en el Humedal arbustivo-herbáceo antes descrito. Pero a su vez su fisonomía, estructura y diversidad florística es muy distinta a su ecosistema afín el Yolillal denso.





Marillal o bosque denso de
Calophyllum brasiliense (María)

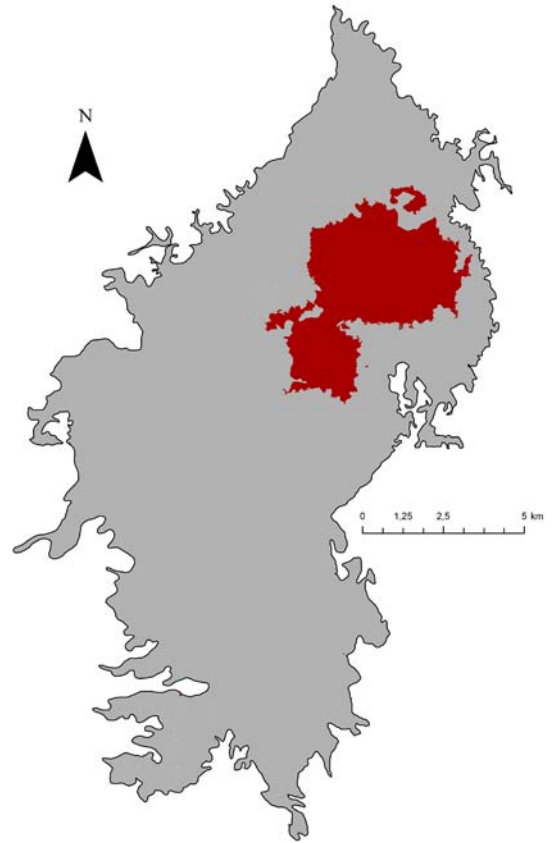
1.1.1.6. Marillal o bosque denso de *Calophyllum brasiliense* (María)

Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 1.820 ha

Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 1.925 ha

Este ecosistema es único y de gran importancia para la conservación por ser una masa de bosque cuya estructura y composición lo conforma un “monocultivo” natural de casi solo una especie, el *Calophyllum brasiliense* (María o Cedro María). Un bosque con estas características no existe en otra parte del país.

Algunas especies se entremezclan con este ecosistema, pero con abundancias muy bajas y en especial más hacia la periferia del mismo, entre las observadas están: *Raphia taedigera*, *Astrocaryum alatum*, *Dalbergia ecastophyllum*, *Symphonia globulifera*, *Coccoloba tuerckheimi*, *Camptosperma panamensis*, etc.



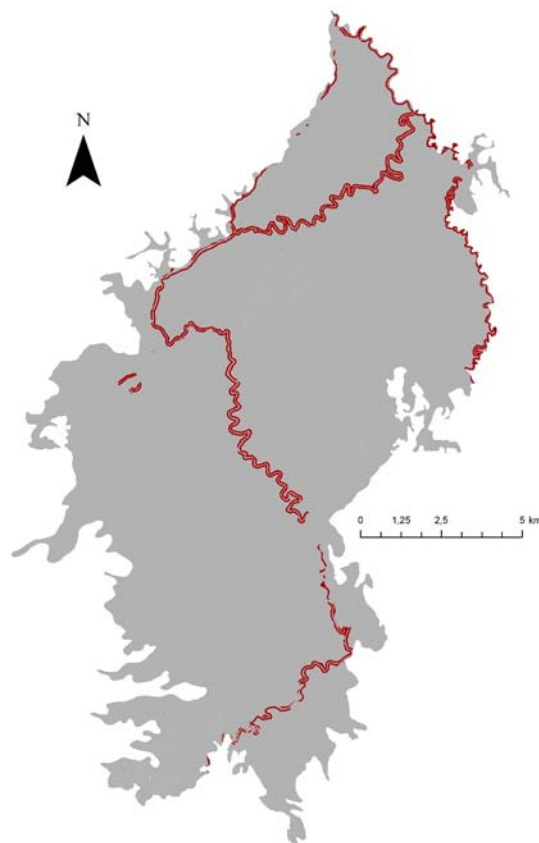


Bosque (o vegetación) ripario o ribereño de galería (humedal fluvial)

1.1.1.7. Bosque (o vegetación) ripario o ribereño de galería (humedal fluvial)

**Extensión protegida en
RNVS Caño Negro:** 549 ha

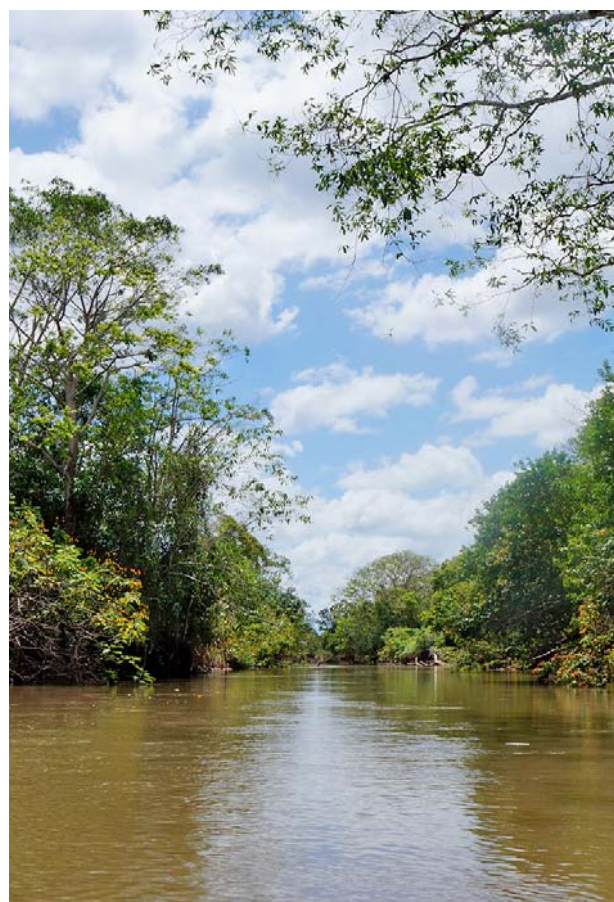
**Extensión Complejo humedales
Caño Negro:** 733 ha



Este ecosistema se distribuye a lo largo de los ríos, las mayores muestras de este bosque o tipo de vegetación se encuentra a lo largo de los ríos principales, tales como: Río Frío, Río Sabogal, Río Mónico, etc. Constituyendo un ecosistema con características de corredor biológico ripario o fluvial, el cual, lamentablemente por acción antrópica se encuentra truncado o interrumpido en varios tramos, algunos de considerable longitud.

En cuanto a su flora, varias especies son características de este ambiente ribereño, tales como: *Acrocomia aculeata*, *Alchornea costaricensis*, *Andira inermis*, *Attalea butyracea*, *Bactris major*(*), *Bixa urucurana*, *Cananga odorata*(*), *Ceiba pentandra*, *Chrysophyllum argenteum*, *Chrysophyllum cainito*, *Combretum laxum*, *Couroupita nicaraguensis*(*), *Elaeis oleifera*(*), *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina fusca*, *Ficus insípida*(*), *Ficus maxima*(*), *Ficus obtusifolia*, *Genipa americana*, *Homalium racemosum*(*), *Inga laurina*(*), *Inga vera*(*), *Licania platypus*, *Lonchocarpus cruentus*(*), *Lonchocarpus heptaphyllus*, *Lonchocarpus schiedeanus*(*), *Luehea seemannii*(*), *Mangifera indica*, *Ocotea cernua*, *Pachira aquatica*(*), *Picramnia antidesma*, *Pseudobombax sptenatum*(*), *Samanea saman*, *Senna reticulata*, *Sideroxylon persimile*(*), *Simaruba glauca*, *Sloanea picapica*(*), *Sloanea terniflora*(*), *Spondias mombin*, *Swartzia nicaraguensis*(*), *Tabebuia rosea*, *Theobroma cacao*, *Trichilia martiana*, *Uncaria tomentosa*(*), *Vachellia ruddiae*(*), *Vitex cooperi*, *Vochysia guatemalensis*, *Zanthoxylum ekmanii*, *Zygia conzattii*(*), *Zygia longifolia*(*), etc.

Las especies indicadas con (*) son exclusivas o casi restringidas a este hábitat y son frecuentes o con niveles de abundancia significativa. Es importante enfatizar, que la especie *Couroupita nicaraguensis*, es emblemática y rara en el país, cuya, mayor población de individuos grandes es observada y restringida a este hábitat.



CLASE 1.1.2. Ecosistemas sobre terrenos con una topografía irregularmente ondulada-elevada, con suelos no inundados. Esta clase comprende todos los bosques o vegetación mixta natural o semi-natural (cultural) sobre terrenos drenados.

**Bosque mixto con abundancia de palmas
(*Attalea butyracea*-*Acrocomia aculeata*)**



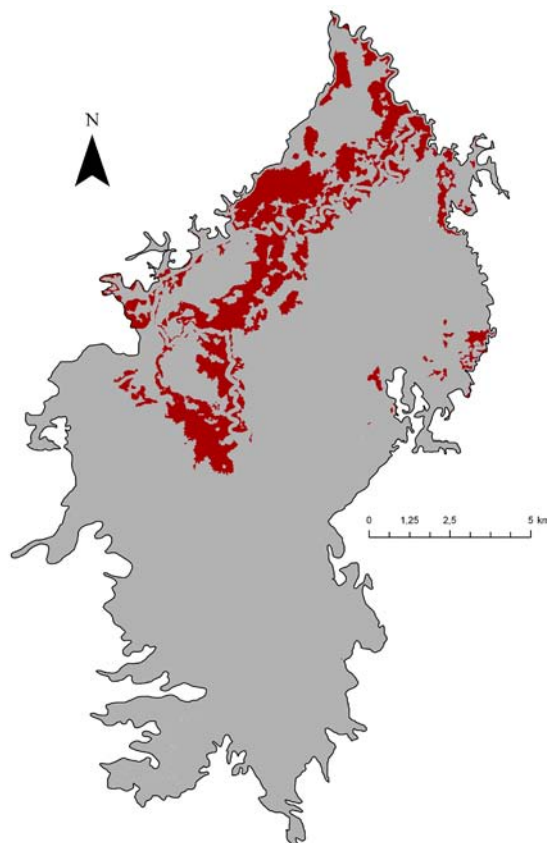
1.1.2.1. Bosque mixto con abundancia de palmas (*Attalea butyracea*-*Acrocomia aculeata*)

**Extensión protegida en
RNVS Caño Negro:** 1.981 ha

**Extensión Complejo humedales
Caño Negro:** 2.010 ha

Este ecosistema presenta una marcada asociación entre las especies de palmas *Attalea butyracea*-*Acrocomia aculeata* y un bosque mixto diverso. Estas palmas se encuentran heterogéneamente entremezcladas o asociadas con en el bosque, sin mostrar claros índices de dominancia de una u otra especie, dándole una estructura y fisonomía al paisaje muy propia del mismo. A continuación se enlistan especies observadas características de este tipo de bosque y las indicadas con(*) tienden a ser abundantes o endémicas (**): *Alibertia atlántica*(*), *Acrocomia aculeata*(*), *Attalea butyracea*(*), *Carapa guianensis*, *Chomelia recordii*, *Christiana africana*(*), *Coccoloba tuerckheimii*, *Copaifera aromatica*, *Cordia bicolor*, *Croton billbergianus*(*), *Croton smithianus*(*), *Dialium guianense*(*), *Enterolobium schomburgkii*(*), *Faramea occidentalis*(*), *Garcinia madruno*, *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus guayacan*(*), *Hirtella americana*(*), *Homalium racemosum*(*), *Hyeronima alchorneoides*, *Inga cocleensis*(*), *Inga laurina*(*), *Jacaranda copaia*, *Licania* sp., *Lonchocarpus cruentus*(*), *Lonchocarpus rugosus*(*), *Luehea seemannii*, *Malouetia guatemalensis*, *Mosquitoxylon jamaicense*(*), *Mouriri myrtilloides*(*), *Ochroma pyramidale*, *Ocotea cernua*(*), *Ormosia intermedia*(**), *Pachira aquatica*, *Sacoglottis trichogyna*, *Sideroxylon persimile*, *Spondias mombin*, *Stryphnodendron microstachyum*, *Tabebuia rosea*(*), *Terminalia amazonia*, *Tetragastris panamensis*, *Trichillia quadrijuga*(*), *Trichillia pallida*, *Vismia macrophylla*(*), *Vitex cooperi*, *Vochysia ferruginea*(*), *Vochysia guatemalensis*(*), *Zuelania guidonea*, etc.

Es importante señalar que algunas de estas especies, p. ej.: *Acrocomia aculeata*, *Attalea butyracea*, *Chomelia recordii*, *Christiana africana*, *Enterolobium schomburgkii*, *Inga laurina*, *Lonchocarpus rugosus*, *Mouriri myrtilloides*, *Sideroxylon persimile*, *Zuelania guidonea*, etc., representan poblaciones aisladas disyuntas



con aquellas más propias (por origen y/o distribución) de la vertiente Pacífica o bien son exclusivas de esta Unidad Fitogeográfica. Para más información biogeográfica, ver Zamora & Bravo (1992), Zamora et al. (2004).

Este ecosistema, con la asociación *Attalea*-*Acrocomia*-bosque mixto y su diversidad florística brevemente enlistada antes es único en su ensamblaje a nivel de país.

Además, es la única área con una categoría de conservación donde ocurre la mayor población de las palmas, *Attalea butyracea* y *Acrocomia aculeata*, en la vertiente Caribe (septentrional) de Costa Rica; especies más propias (por distribución) de la vertiente pacífica, aspecto de gran valor biogeográfico.



Bosque mixto con relativa abundancia/
presencia de Camibar (*Copaifera aromatica*)

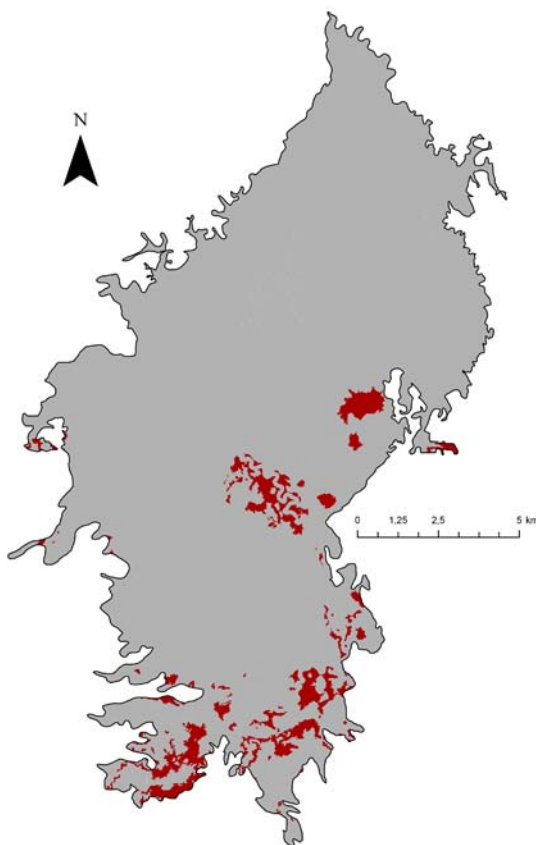
1.1.2.2. Bosque mixto con relativa abundancia/ presencia de Camibar (*Copaifera aromatica*)

**Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 12 ha**

**Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 802 ha**

Este ecosistema se caracteriza por una clara disminución en la abundancia de palmas (*Attalea-Acrocomia*). A nivel de la estructura y fisonomía general del bosque, estos elementos (las palmas) pierden importancia y aunque siguen estando presentes como parte de la diversidad total, el carácter más de asociación *Attalea-Acrocomia*-bosque mixto disminuye, y las palmas ocurren más bien como elementos dispersos e intercalados en el paisaje del ecosistema. En parches de bosque relativamente bien conservados se notó que el dosel puede alcanzar hasta 30-40 m de alto, mostrando y ocultando una menor abundancia de estas palmas a nivel del paisaje superior de copas.

Tradicionalmente, este bosque llamado “Bosque de Camibar” por poseer mayor presencia de *Copaifera aromatica* (Camibar) y dado, además, su condición de especie emergente distintiva, importancia biogeográfica y económica es por ello que es un claro elemento indicador de este bosque. Diferencias con su ecosistema afín el “bosque mixto con palmas”, radica principalmente en su estructura por la menor abundancia de palmas, un dosel que semeja más alto e irregular, con mayor número de árboles emergentes en aquellos parches mejor conservados. En cuanto a flora (excepto por abundancia de Camibar), sus diferencias requieren ser mejor evaluadas; sin embargo, la menor abundancia de palmas, en particular de *Acrocomia aculeata*, y por la presencia de algunas especies solo observadas en este bosque (*), reflejan que existen cambios en su composición. Algunas de las especies observadas son: *Amaioua corymbosa*(*), *Apeiba membranacea*, *Aspidosperma cruentum*(*), *Attalea butyracea*, *Casearia sylvestris*, *Carapa guianensis*, *Cecropia obtusifolia*, *Ceiba pentandra*, *Christiana africana*, *Coccoloba belizensis*(*), *Conostegia xalapensis*, *Copaifera aromatica*, *Crataeva tapia*(*), *Croton billbergianus*, *Croton smithianus*, *Davilla kunthii*, *Dendropanax*



arboreus, *Dialium guianense*, *Enterolobium schomburgkii*, *Elaeis oleífera*, *Handroanthus chrysanthus*, *Handroanthus guayacan*, *Inga cocleensis*, *Inga ruiziana*, *Inga thibaudiana*, *Leucaena multicapitula*(*), *Loreya mespiloides*(*), *Mabea occidentalis*(*), *Myrcia splendens*, *Ormosia subsimplex*, *Pouteria campechiana*, *Pseudobombax septenatum*, *Pterocarpus violaceus*(*), *Simaruba glauca*, *Staphylea occidentalis*, *Sterculia recordiana*, *Tetragastris panamensis*, *Trophis racemosa*, *Vismia guianensis*, *Vismia macrophylla*, *Vochysia ferruginea*, *Vochysia guatemalensis*, *Xylopia frutescens*(*), *Xylopia sericophylla*(*), *Zanthoxylum acuminatum*, *Zanthoxylum microcarpum*, etc.



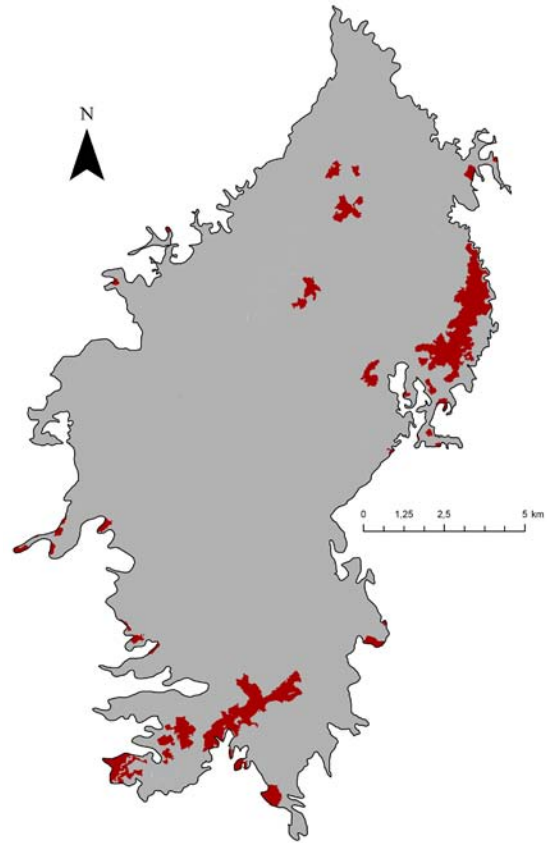
Agropaisaje

1.1.2.3. Agropaisaje

Extensión protegida en
RNVS Caño Negro: 280 ha

Extensión Complejo humedales
Caño Negro: 885 ha

Este ecosistema cultural está conformado por todos aquellos espacios dedicados a las prácticas agrícolas y ganaderas. Los terrenos dedicados a estas prácticas son tanto en suelos no anegados como anegados (muchas áreas de antiguos Yolillales); estos últimos, habilitados para dichas prácticas a través de drenajes artificiales. Los cultivos agrícolas con mayor área son, arroz (*Oryza sativa*), cítricos (*Citrus* sp), chile jalapeño (*Capsicum* sp.), piña (*Ananas comosus*), raíces y tubérculos (tiquizque *Xanthosoma* sp., ñame *Dioscorea* sp. y yuca *Manihot esculenta*), frijoles (*Phaseolus vulgaris*), y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). A nivel de pastos arbolados la composición de árboles remanentes es muy variable, algunas especies frecuentes son *Enterolobium cyclocarpum*, *E. schomburgkii*, *Samanea saman*, *Handroanthus guayacan*, *H. chrysanthus*, *Cordia alliodora*, *Terminalia amazonia*, *Erythrina fusca*, *Inga laurina*, *Cassia moschata*, *Ficus obtusifolia*, *Acrocomia aculeata*, *Attalea butyracea*, etc. A nivel de plantaciones forestales, se encuentran principalmente individuos de *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, y a menor escala de *Acacia mangium*.



Presiones sobre los ecosistemas del complejo de humedales de Caño Negro

A pesar de que dentro del área de estudio las actividades antropogénicas solo representan el 4.8% del área total es importante hacer un recuento de las principales presiones que se deben considerar a futuro por su probable expansión.

Sistemas extensivos de producción ganadera

La práctica de construcción de drenajes para ampliar las zonas de repasto constituye una de las principales presiones al sur del área de estudio.



Ganadería extensiva sin control dentro de los humedales

De forma tradicional los humedales lacustrinos han sido utilizados como lugares de pastoreo durante la finalización de la época lluviosa y comienzos de la época seca. La estacionalidad presente en las lagunas permite que el agua desagüe de manera lenta permitiendo una humedad más prolongada que los potreros vecinos, provocando que los ganaderos trasladen sus cabezas de ganado a los humedales. Aunque no existen estudios que demuestren el impacto de la actividad sobre el suelo y la biodiversidad de las lagunas se hace importante la toma de medidas de manejo de la actividad para evitar los probables impactos.

En especial, impactos sobre la diversidad de especies de plantas herbáceas con ciclos anuales (mayormente acuáticas), debido a la compactación por pisoteo del fondo de las lagunas por el ganado.



Cultivos permanentes y semipermanentes

La expansión en los últimos años del cultivo de la piña en la periferia del complejo de humedales constituye una presión muy fuerte principalmente provocada por la escorrentía de los afluentes de la zona agrícola. No obstante, se detectaron hacia el sur del área plantaciones.

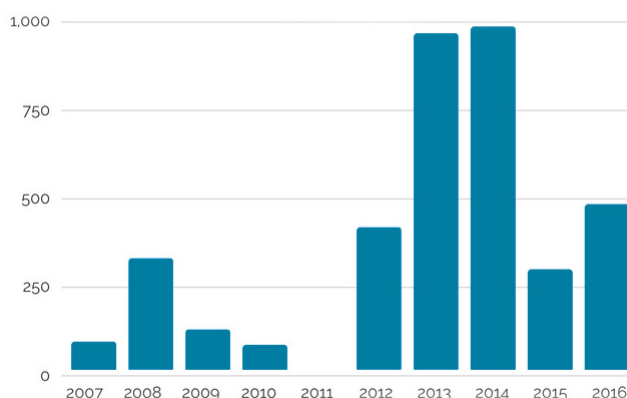
Estudios de calidad de agua realizados en la zona indicaron que tres de los diez sitios con análisis de campo (ríos Thiales, Mónico y Sabogal) mostraron niveles variables de contaminación, incluidos seis principios activos diferentes de formulaciones de plaguicidas (herbicidas ametryn, bromacil y diuron; insecticidas cipermetrina, diazinón, y ethoprophos). Las evaluaciones de riesgos indicaron residuos de plaguicidas de ametryn, bromacil y ethoprophos, diuron (plaguicida encontrado con mayor frecuencia en muestras de agua), cipermetrina, diazinón y etopofós. Lo anterior sugiere la necesidad de evaluar con mayor detenimiento la salud ecológica de los ecosistemas en la cuenca media del río Frío. Por otro lado, el río Mónico se identificó como el sitio más crítico, por poseer la mayor contaminación y por drenar directamente al humedal. Aunque se señala que la contaminación por pesticidas en esta área no es tan severa como en otras partes de Costa Rica, es imperativo que se tomen medidas, en los alrededores del río Mónico, con la finalidad de disminuir y mitigar los posibles efectos perjudiciales para la biota en el Sitio Ramsar Caño Negro (Fournier et-al. 2017).



Incendios forestales

El incremento en el número de incendios forestales así como las hectáreas quemadas constituye uno de los factores más importantes de los cuales se les debe prestar atención. Se preve que la época seca se extienda, sumado a una mayor expansión agrícola en las zonas aledañas, pricipalmente de cultivos como la caña que utilizan el fuego como práctica agrícola como es el caso del cultivo de la caña.

Incendios forestales en la Región de Caño Negro
Período 2007-2016
-hectáreas quemadas-



Fuente: Programa Nacional Manejo Integral del Fuego. 2016



Infraestructuras de caminos y accesos a fincas

La construcción de carreteras nacionales como la que comunica Los Chiles con Upala (Foto inferior) está partiendo los ecosistemas de humedales en dos provocando el rompimiento de la conectividad natural. Lo mismo sucede a nivel de ingreso a las fincas (Foto derecha) donde se rellenan franjas de los humedales para construir el camino de acceso. En ambas situaciones se requiere tomar medidas que garanticen el uso humano de los caminos, pero a la vez conserven la conexión natural de los humedales.



Falta de protección de cuerpos de agua

La destrucción de la vegetación riparia constituye uno de los problemas más relevantes en cerca del 25% de la ribera del río Frío. Esta destrucción toma especial relevancia en los lugares de reproducción del *Caiman crocodillus* ya que se ha encontrado que los aumentos en la temperatura y disminución de la precipitación en la región pueden estar influenciado la proporción de sexos de la población hacia un mayor número de machos (Escobedo et al.2012). Lo anterior sucede porque los nidos de estos reptiles son montículos construidos en la base de los árboles en zonas boscosas cercanas (primeros 6.5 metros) a los cuerpos de agua (Aranda. 2015).



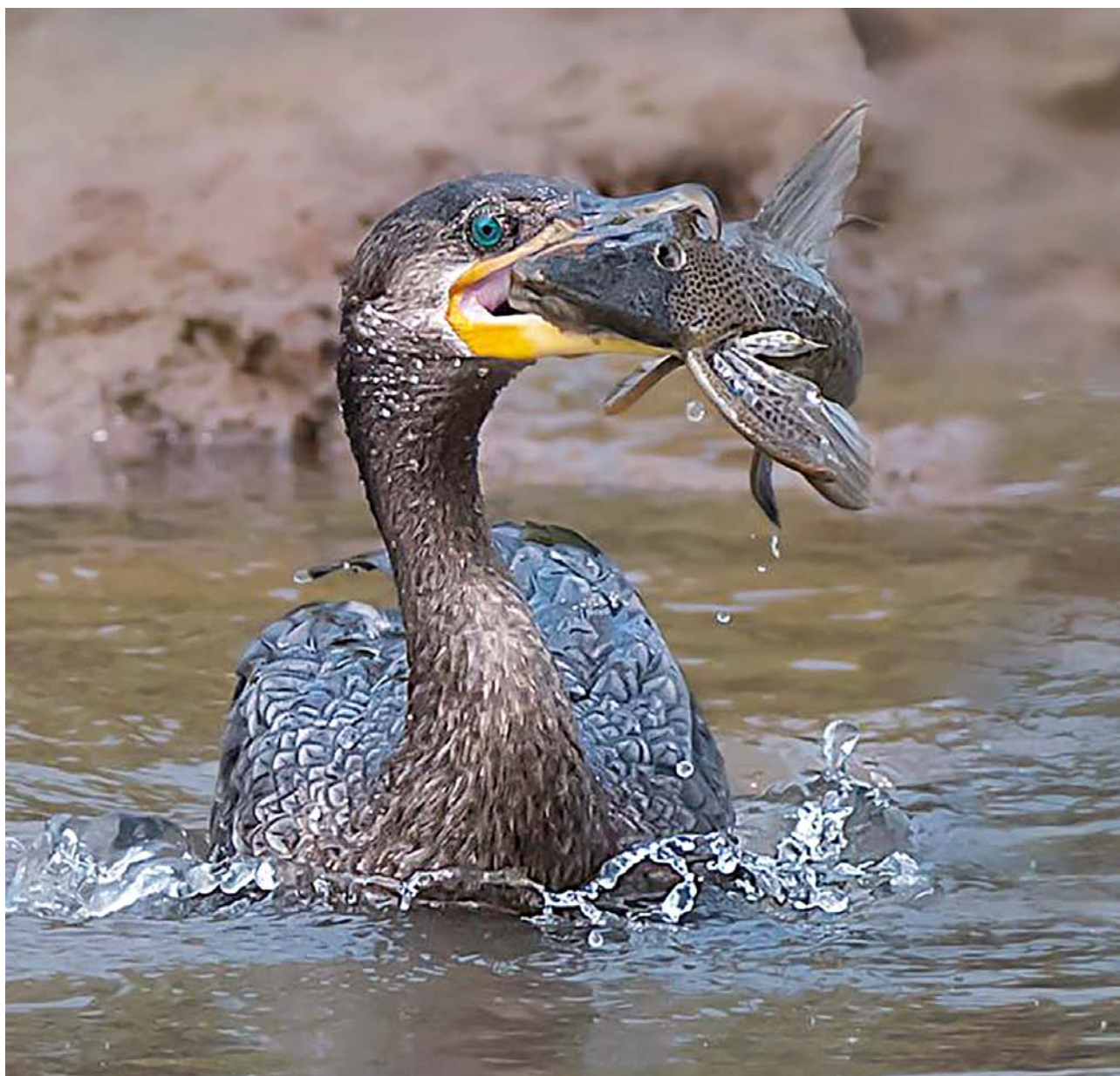
Prácticas de avenamiento dentro del humedal

A lo largo de la extensión del área de estudio pero principalmente hacia el sur es común la práctica de drenar los humedales con el objetivo de habilitar terrenos para nuevas actividades agropecuarias



Especies invasoras

La expansión de la invasión de peces plecos (*Hypostomus aspidolepis*) contribuye al deterioro y empobrecimiento del hábitat; disminución de la productividad primaria y secundaria; y el desplazamiento, disminución o desaparición de especies nativas de invertebrados, peces y hasta aves acuáticas (Hoover et al. 2014). En Caño Negro se ha documentado su presencia y como muestra la foto, aves como el cormorán son capaces de depredar esta especie, sin embargo, el gran número de individuos de peces encontrados sobrepasa la capacidad de las aves para poder controlar las poblaciones de plecos, por lo que no hay un control biológico efectivo (Chacón D. 2016).



Literatura citada

- Alvarado & Cubero. 2014. Estudio de suelos y capacidad de uso de las tierras, como base referencial para la determinación de los límites del ecosistema de humedal de Caño Negro. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)-Ministerio de Agricultura (MAG). San José-Costa Rica.
- Aranda J.. 2015. Nuevas observaciones sobre la ecología de anidación de *Caiman crocodilus* en Caño Negro, Costa Rica. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.* (2016) 27(1)
- Chacón D. 2016. Informe final sobre el estado del conocimiento de la invasión del pez pleco (*Hypostomus aspidolepis*) y recomendaciones para su control en el humedal protegido de importancia internacional Caribe Noreste. Reporte Técnico para el Proyecto Humedales, Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE).
- Chacón, I. & N. Zamora. 1986. *Acoelorrhaphe wrightii* (Arecaceae): Un nuevo registro para la Flora Costarricense. *Brenesia* 25-26: 305. 1986.
- Coloma C., Caballero L., Ricart M., Bueno S. 2009. *Diagnóstico del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro Arenal- Huetar Norte Costa Rica*. SINAC, Inbio, Araucaria XXI, Universidad Autónoma de Barcelona
- Escobedo A., J. Retana, C. Méndez y J. González. 2012. "Efecto potencial del cambio climático en la proporción de sexos del caimán en Costa Rica", *Ambientales* No. 44, diciembre 2012. Costa Rica. Págs. 49-60.
- Fournier M., Echeverría S., Mena F., Andrés M., Elba de la Cruz., Ruepert C. 2017. Risk assessment of agriculture impact on the Frío River watershed and Caño Negro Ramsar wetland, Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res.* DOI 10.1007/s11356-016-8353-y
- Hoover, J., Murphy, C., y J. Killgore. 2014. Ecological Impacts of Suckermouth Catfishes (Loricariidae) in North America: A Conceptual Model. *Aquatic Nuisance Species Research Program* Vol 14-1. 20 pp.
- Proyecto Humedales SINAC-PNUD-GEF. 2017. *Valoración de los servicios ecosistémicos que ofrecen siete humedales protegidos de importancia internacional en Costa Rica: Palo Verde, Caribe Noreste, Caño Negro, Gandoca-Manzanillo, Maquenque, Térraba-Sierpe y las Baúlas*. SINAC/CIMPE-UNA/PNUD.
- Solano Francisco. 2002. *Degradación y restauración de los humedales en la cuenca baja del Río Frío*. Los Chiles, Costa Rica, UCR.
- Zamora, N. & J. Bravo. 1992. Caracterización de la vegetación del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, Los Chiles, Prov. Alajuela. Costa Rica. *Rev. Ciencias Ambientales/Escuela de Ciencias Ambientales. Unv. Nacional de Costa Rica.* 9: 4-22.
- Zamora, N., B. Hammel & M. H. Grayum. 2004. Vegetación/Vegetation. Pp. 91-216 en, Hammel, B.E., M. H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora (eds.). 2004. *Manual de Plantas de Costa Rica*. Vol. I. Introducción. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot.* 97: 1-300.
- Zamora, N. 2008. Unidades fitogeográficas para la clasificación de ecosistemas terrestres en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente. The Nature Conservancy (TNC) y Centro Agronómico Tropical y Enseñanza (CATIE)* 54: 14-20.

Anexo I. Metodología

I.1 Caracterización espacial de los ecosistemas

1.1.1 Fase de campo

Se realizó un recorrido por el área de estudio con el fin de coleccionar información de base para la caracterización espacial de los ecosistemas. Se tomaron puntos de control con GPS en cada ecosistema identificado y se caracterizó el uso/cobertura de la tierra. Así mismo, con la ayuda de un dron, se tomaron fotografías aéreas verticales, oblicuas y del terreno con el objetivo de complementar la descripción de los sitios.

1.1.2 Fase de laboratorio

La fase de la caracterización espacial está compuesta de dos etapas distintas, la de entrenamiento y la de clasificación.

Fase de entrenamiento

A partir de la información coleccionada en terreno y haciendo uso de fotografías aéreas de alta resolución (30cm), se procedió a crear un conjunto de polígonos de cada tipo de vegetación encontrados en la fase de campo. Esta información se utilizó a manera de firmas espectrales en el siguiente paso de clasificación propiamente dicha.

Fase de clasificación

Para la clasificación del uso/cobertura del área de estudio, se utilizaron imágenes satelitales del mes de enero-marzo 2018 correspondientes a 3 escenas distintas, dos del sensor Sentinel 2b y una del sensor Landsat 8.



Las imágenes fueron descargadas del sitio <https://earthexplorer.usgs.gov/>, y los identificadores de dichas escenas corresponden a:

- L1C_T16PGS_A008774_20170225T160845
- S2B_MSIL1C_20171117T160459_N0206_R054_T16PGT_20171117T210921
- LC08_L1TP_015053_20170923_20171013_01_T1

Preprocesamiento

Antes de proceder con la clasificación, las imágenes de satélite fueron corregidas atmosféricamente con el método FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) con el objetivo de reducir el ruido y las distorsiones causadas directamente por la atmósfera.

Clasificación

El proceso de clasificación se llevó a cabo usando las imágenes corregidas en el proceso anterior y el conjunto de firmas espectrales creadas en la fase de entrenamiento.

Se utilizó el método de clasificación orientada a objetos, el cual trata de discriminar los diferentes usos y coberturas no solo a partir de los valores espectrales de los píxeles, sino también reconociendo formas y texturas en las imágenes.

Posprocesamiento

En esta fase se realizó una inspección visual de los resultados y se corrigieron manualmente los errores propios derivados del proceso de clasificación. Una vez depurados los resultados, las categorías preliminares fueron reclasificadas basadas en una leyenda con enfoque ecológico.

I.2 Caracterización florística de los ecosistemas

La definición y caracterización florística de los ecosistemas vegetales se realizó mediante la aplicación del método de levantamientos florísticos, utilizando una predefinición de sitios de muestreo o estudio en campo sobre una base preliminar de un mapa con los distintos tipos de cobertura vegetal espacial identificados.

En cada sitio (o punto de muestreo) visitado se hizo un levantamiento de la diversidad florística dominante existente, lo más detallado posible, a través de la identificación taxonómica directa en campo, dando énfasis a aquellos elementos florísticos dominantes, al menos de las 10 especies más abundantes y/o dominantes. En el caso en que los elementos no podían reconocerse en campo, se hicieron recolecciones de herbario o toma de fotografías detalladas de los mismos para su posterior identificación.

Cada punto de muestreo fue geo-referenciado, complementado, no solo con los listados y toma de fotografías de los elementos florísticos dominantes sino también con fotografías a nivel de paisaje, de las características de cada uno de los ecosistemas potenciales.

Los ecosistemas identificados y definidos son el resultado de la combinación e impacto de factores climático-estacionales, topográficos, edáficos, florísticos y culturales.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a los funcionarios del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Caño Negro y a las Brigadas de Bomberos Forestales quienes nos acompañaron y guiaron en el trabajo de campo.



