



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

Junio, 2001. Vol 21(1): 36-41.

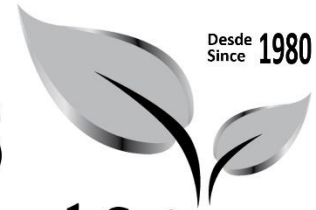
DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.21-1.6>

URL: [www.revistas.una.ac.cr/ambientales](http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales)

EMAIL: [revista.ambientales@una.cr](mailto:revista.ambientales@una.cr)

Luis G. Brenes Denis Salas

# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Degradación del sistema lagunar Caño Negro (norte costarricense) por sedimentación

Degradation of the Caño Negro lagoon system (northern Costa Rica) by sedimentation

*Luis G. Brenes, Francisco Solano, Denis Salas*



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

*Once the conceptual and methodological framework of the research realized on sedimentation in the wetland system of Caño Negro (Caño Negro National Wildlife Refuge, in northern Costa Rica) is specified, it is briefly described. Physical mechanisms of sedimentation in this particular case are exposed, along with its volumes, distribution, associated spatial modifications and ecological consequences.*

Una vez precisadas las coordenadas conceptuales y metodológicas de la investigación realizada en torno a la sedimentación en el sistema lagunar de Caño Negro (en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, en el norte costarricense) se describe someramente éste. Se expone los mecanismos concretos de la sedimentación en el lugar, los volúmenes y distribución de ésta, los cambios espaciales asociados y las consecuencias ecológicas.

## Degradación del sistema lagunar Caño Negro (norte costarricense) por sedimentación

Por Luis G. Brenes, Francisco Solano y Denis Salas

**L**a degradación de humedales -los ecosistemas tropicales de mayor biodiversidad y potencial natural- es un problema crítico y de actualidad ambiental que en Costa Rica se presenta de manera acentuada en muchas áreas.

En la cumbre mundial de la Convención Ramsar sobre humedales, realizada en San José en 1996, se reconoció que la mayoría de los humedales están expuestos a la destrucción por el cambio en el uso de la tierra y la contaminación de sistemas hidrológicos, consecuentando esto la alteración paulatina de sus relaciones ecosistémicas y su degradación irreversible. Costa Rica cuenta con una gran riqueza en humedales: siete de ellos son reconocidos como de importancia mundial, el 5% de las áreas protegidas son humedales y se estima que un millón de especies de flora y fauna silvestres están contenidas por esos ecosistemas, pero la degradación de los mismos continúa aceleradamente. En nuestro país, la variedad de humedales amenazados incluye todos aquellos que se definen

en el artículo 40 de la Ley Orgánica del Ambiente, donde se reconocen como tales "los ecosistemas con dependencia de regímenes acuáticos naturales y artificiales, permanentes o temporales, lenticos o lóticos, dulces, salobres o salados...", incluyendo los diferentes escenarios, sean de origen terrígeno o marino, donde se logren identificar.

El presente documento expone algunos resultados de una reciente investigación sobre el humedal natural Caño Negro, el cual a la fecha evidencia los efectos directos e indirectos de acciones contra su estabilidad, y además plantea la necesidad de alternativas de recuperación y manejo integrales. El estudio se focalizó en el fenómeno de la sedimentación, vista como una perturbación de causa efecto negativo. La importancia del objeto de estudio puede ser respaldada por los siguientes hechos: (1) Caño Negro constituye uno de los ecosistemas naturales nacionales de mayor importan-

Los autores, geógrafos, son investigadores de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica.



cia ecológica, pues alberga una multitud de especies de fauna y flora, y socioeconómica, dado que contiene una serie de recursos naturales utilizados por las comunidades humanas existentes en su periferia. (2) Este tipo de ecosistema funciona como refugio natural y fuente de alimentación para cientos de aves migratorias procedentes de América del Norte y del interior del país, como el galán sin ventura, el cigüeñón y las garzas -entre muchas otras en vías de extinción. (3) La biodiversidad de la región norte de Costa Rica incluye especies endémicas de flora y fauna cuya mayoría se encuentra en los humedales de la sección baja del río Frío, a la cual pertenece Caño Negro. (4) Desde el punto de vista hidrológico los humedales de Caño Negro actúan como controladores naturales de los procesos de inundación en la parte baja de la cuenca, y al estar degradándose trastornan todas las relaciones hidrodinámicas entre canales naturales y depresiones topográficas.

El estudio se concentró en la descripción de ambientes y en el análisis de procesos hidrodinámicos, pudiéndose reconocer una modificación evidente del espacio natural catalogada como muy drástica en los últimos 20 años, asociada a una implantación descontrolada de obras hidráulicas (canales de drenaje) y a la tendencia de cambio de uso del suelo en las áreas aledañas al humedal, lo que ha contribuido al incremento del proceso de sedimentación, que ha alcanzado volúmenes muy altos (hay sectores en que es de entre 900 y 1.000 ton/ha en cuatro años), provocando cambios cualitativos en los espacios depresivos y la activación de perturbaciones o tensiones ecológicas.

### Marco conceptual y metodológico

El estudio del comportamiento sedimentológico del sistema lagunar en cuestión -que desde el punto de vista geográfico es natural- partió de la descripción y el análisis de procesos hidrodinámicos naturales dados en escenarios depresivos localizados en la sección baja de la cuenca del río Frío. Concretamente, la investigación se inició con el análisis de corrientes y del aporte de sedimentos y con la descripción de las relaciones hidrodinámicas que propician la decantación de sedimentos y que favorecen efectos biológicos negativos, manifiestos en la alteración de las relaciones ecosistémicas de las especies que se encuentran en los humedales. Al sufrir cada uno de éstos modificaciones en su fisonomía típica y natural, puede deducirse la pérdida de formaciones vegetales, como el bosque de yolillo y el marillal, que permiten la permanencia de aves migratorias, especies acuáticas y otras comunidades biológicas.

Una alteración en la sedimentación típica propicia una colmatación diferencial de los sedimentos, cambiando morfológica y paulatinamente el humedal, de modo que se activa un proceso de de-

gradación y pérdida del mismo. Tal colmatación diferencial de materiales fomenta la formación de depósitos variados a lo largo y ancho de las áreas depresivas, modificando los mecanismos de llenado y vaciado del sistema lagunar. Por tanto, conceptualmente la sedimentación es considerada el mecanismo de intercambio energético que construye nuevos escenarios geomorfológicos, y se describe como parte de un proceso natural que implica el acarreo de diversos materiales de origen terrígeno y orgánico a sitios que por su configuración morfológica y dinamismo energético pasivo propician las condiciones idóneas para la decantación o deposición de éstos permanente o temporalmente.

La sedimentación incluye los materiales que, siendo trabajados por la erosión de rocas y suelos, son acarreados por algún agente móvil que al ir disminuyendo su capacidad energética va depositando primero el material más grueso y, posteriormente, el más fino, en sitios que por su configuración geomorfológica reciben de forma permanente o temporal esos materiales, estableciendo estratos por lo general diferenciados.

Como proceso con dimensión espacial, la sedimentación integra un conjunto de elementos en que el agente activador de la dinámica de movimiento por lo general es el agua, la cual, amparada en fuerzas cinéticas, propicia en un primer momento el desprendimiento de las partículas (activación de diversas formas de erosión de rocas o suelo) de su posición original, transportándolas hacia sitios donde las condiciones de relieve, pendiente y estabilidad natural minimizan la acción del desgaste energético del flujo y propician el sitio "estable" donde se depositan los materiales. Trátase de un proceso enmarcado y regulado por las fuerzas e intercambio energético que movilizan, transportan y depositan una fracción sólida de partículas en un espacio y tiempo determinados.

En un ámbito espacial definido, como en el caso objeto de estudio, es posible establecer varios escenarios dinámicos que permitan estudiar aquellos sitios que por sus condiciones naturales y modificaciones antrópicas son considerados como de alta energía (sitios de producción de sedimentos); así como aquellos otros que por su condición de concentradores de flujos hídricos son los que favorecen el acarreo de los materiales desprendidos, y, finalmente, aquellos sitios que por su particular estabilidad son considerados como ambientes pasivos donde los sedimentos llegan a depositarse.

La diferenciación de cada uno de estos escenarios en el ámbito espacial del sistema lagunar Caño Negro fue muy oportuna para la comprensión del problema de sedimentación, dando como resultado la delimitación de las respectivas unidades críticas, penestables y estables, cada una regida por diversos criterios y regulaciones dinámicas.

En la dinámica hidrológica del río Frío destaca una fase de colmatación, o de llenado, en la cual se



presenta un aumento del caudal incentivando la erosión de borde y el aumento en la capacidad de arrastre de materiales, fomentándose una redistribución de sedimentos, el tránsito de flujo laminar a través de los canales de comunicación entre las depresiones topográficas y, por consiguiente, un incremento en la sedimentación. Ocurre una segunda fase, de vaciado, en la que se distingue una disminución paulatina del caudal del río, iniciándose la salida lenta de las aguas internas de las áreas depresivas sin acarreo de sedimentos, po-

niendo en evidencia los nuevos depósitos en la superficie del humedal. Por último, se da la llamada fase de máximo estiaje, en que por el lecho principal del río corre el caudal mínimo, provocando una situación de estrés hídrico para la biota de los humedales. En este intercambio energético se destacan las modificaciones del escenario depresivo, entre las que se puede mencionar la formación de espejos de agua reducidos, cambios en las coberturas vegetales principalmente de poáceas, asteráceas, ciperáceas y el cierre de canales naturales.

Figura 1  
Localización del área de estudio

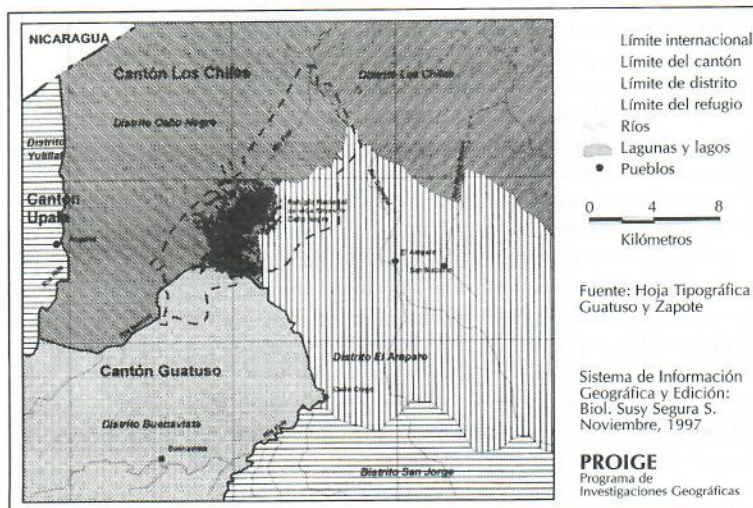
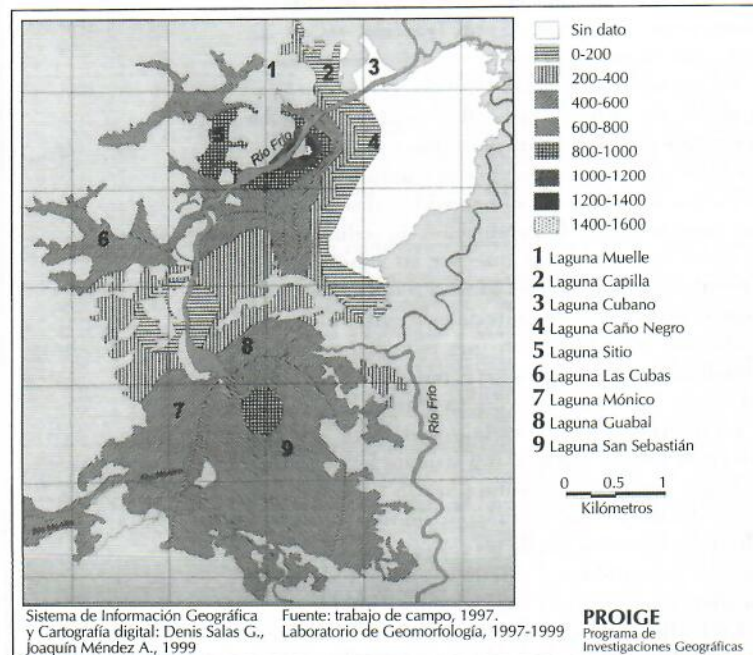


Figura 2  
Sedimentos Carga de Fondo (ton/ha)  
Sistema Lagunar de Caño Negro



### El sistema lagunar Caño Negro

La cuenca del río Frío cubre un área de 1.554 km<sup>2</sup> en la Zona Norte de Costa Rica, presentando elevaciones que van desde los 230 a los 2.050 msnm. Posee una longitud de 90 km: desde su origen en el macizo del Volcán Tenorio hasta la desembocadura en el Lago de Nicaragua. Presenta un relieve irregular en el que destacan formas recientes de origen volcánico con relieves abruptos y áreas plano-onduladas asociadas a sectores depresivos y llanuras de inundación en su sección baja. Del área total de la cuenca del río Frío el 25% se encuentra sobre los 100 msnm, y el restante 75% posee una altitud inferior a los 100 msnm, definida como sección baja, la cual está constituida por colinas dispersas y una extensa llanura con amplias depresiones inundables. Sobresalen actividades económicas como la ganadería extensiva y la agricultura arrocerá y de cítricos. En esta sección se localizan los humedales más extensos de toda la cuenca, incluido el sistema lagunar Caño Negro, los cuales están rodeados por los poblados de Mónico, Caño Negro, Playuelitas de Sabogal y, el más densamente poblado, Los Chiles.

El área de estudio forma parte del Refugio Nacional de Vida de Silvestre de Caño Negro, localizado político-administrativamente en los cantones Los Chiles (distritos Caño Negro y El Amparo) y Guatuso (distrito Buenavista) de la provincia Alajuela (figura 1). Fue creado en 1984, permitiendo la protección de un área de 9.969 ha y, con ello, una gran biodiversidad.

Específicamente, el estudio abarcó algunos escenarios del sistema lagunar (depresiones topográficas), los sectores adyacentes al humedal y los canales de entrada y drenaje, delimitando geográficamente un área en las coordenadas Lambert 312500-320000 y 447500-453000, ubicada en la hoja topográfica Zapote, a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional.

### Sedimentación en el sistema lagunar Caño Negro

La valoración geográfica que este estudio lleva a cabo se justifica por el tipo de distribución del sedimento acarreado por las aguas en el lugar, que



es heterogéneo, lo cual se deduce de las formas que asumen los diversos sectores del área estudiada al colmatarse y evacuar el agua.

Los cálculos efectuados indican que, en promedio, 15,7 ton/ha de sedimento de carga de fondo (figura 2) corresponde a las corrientes de desborde del río Frío. Mientras, un promedio de 1.682,3 ton/ha, localizadas en sectores críticos, responden a corrientes directas que propician la formación de depósitos nuevos, constituidos principalmente por arenas gruesas y medias, mezcladas con sedimentos finos, limos y arcillas.

La extrapolación realizada a partir de los botes recolectores ubicados en diversos sectores del humedal revela una alta concentración en el sector este de la laguna Caño Negro, originándose bancos arenosos de más de 700 m de longitud. También son zonas de alta concentración partes de la laguna San Sebastián en virtud de la acción directa del caño Blanco y unos canales menores de llenado y vaciado de esa laguna, que propician el ingreso de materiales de fondo; en la entrada a la misma se forma un banco arenoso estacional que favorece que en el período lluvioso las corrientes fuertes introduzcan sedimentos.

La estimación de la fracción de sedimento en suspensión (figura 3) reveló un ámbito promedio de entre 0,40 ton/ha -típico de áreas alejadas de las entradas e influenciadas por una dinámica de llenado a partir de inundación paulatina y tránsito lento de corrientes y en las cuales se forman espejos de agua de carácter permanente- y 436,5 ton/ha en sectores donde las fracciones finas asociadas a limos predominan en las corrientes internas de los diferentes sistemas y son distribuidas en las microdepressiones.

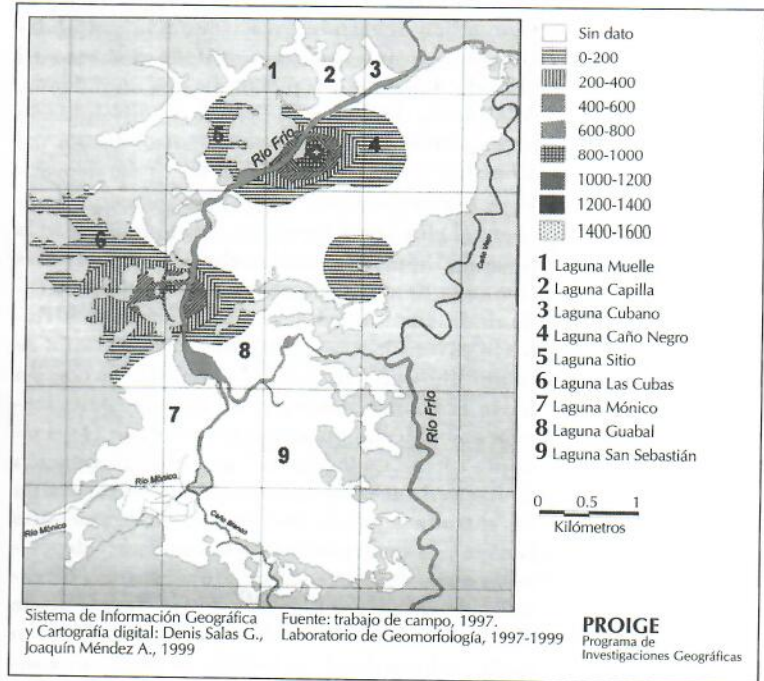
La distribución del sedimento suspendido se ajusta a un patrón asociado a las entradas principales del sistema, pero estableciendo un comportamiento particular en torno al movimiento de corrientes internas de las áreas depresivas durante aguas plenas, ya que se nota cómo se fomenta una distribución efectiva en los sectores de la laguna Sitio y en un sector dentro de la laguna Caño Negro asociado al ingreso de sedimentos finos debido a las corrientes de desborde del Caño Viejo del río Frío.

Se asume, además, que no necesariamente todo el sedimento calculado es el que verdaderamente se retiene en las áreas depresivas, por lo que hay que establecer una valoración espacial puntual en torno a la distribución del sedimento, lo que se constata con las valoraciones efectuadas en cada unidad de monitoreo, que reflejan una distribución desigual y fija para cada sitio (ver cuadro 1).

### Cambios espaciales por la sedimentación

Tomando en consideración las observaciones referentes a 1961, las condiciones hidrodinámicas eva-

Figura 3  
Sedimentos en suspensión (ton/ha)  
Sistema Lagunar de Caño Negro



luadas y el comportamiento en diferentes períodos, se puede distinguir una serie de cambios espaciales en el humedal de Caño Negro. En primera instancia, ha existido una pérdida del espejo de agua reconocido en 1961, producto de un avance de especies de gramíneas y de la entrada de depósitos finos. De esta manera, se han consolidado los pastos inundados y, con ello, se ha modificado la forma de llenado de la laguna.

Cuadro 1.  
Sedimentos en algunos sectores del sistema lagunar Caño Negro, 1996-1999 (tn/ha)

Sector de monitoreo	Sedimentos	
	Carga de fondo	Suspensión
30	57,9	13,5
41	50,3	332,1
44	15,7	11,3
14	100,1	82,1
9	85,9	30,1
46	600,1	n.d.
16	524,3	3,1
36	683,4	4,7
13	660,2	n.d.
4	634,0	6,3
11	1.682,3	436,5
55	908,8	n.d.
8	24,6	n.d.
25	15,4	22,4
47	398,9	n.d.

Fuente: Trabajo de campo, 1995-1999. (n.d.: no hay datos disponibles)



El avance de pasturas y el consecuente ingreso de ganado a áreas depresivas, principalmente en el llano de Caño Negro, la laguna Mónico y la laguna San Sebastián, se asocian a la consolidación de depósitos finos que en algún momento del período húmedo propician pastos inundados. Además, la dinámica de llenado y consolidación de depósitos ha favorecido la consolidación del albardón o línea de borde de las áreas depresivas y del lecho actual del río Frío, principalmente en: (1) las áreas de ribera del río Frío entre la finca de Lulu y el sitio de rebalse de las lagunas Guabal y San Sebastián; (2) la sección de entrada de la quebrada Barbudero, el caño don Roberto Alvarado y la laguna Mónico; (3) el sitio de salida del Caño Blanco, el canal de derivación hacia la laguna Mónico y el canal de comunicación con el lecho principal del río Frío; (4) el sitio de entrada a la laguna Las Cubas (formación de barra de arena y sedimentos finos); (5) el sitio de entrada y salida de aguas a la laguna Sitio (formación de depósitos arenosos finos y depósito de limos de gran espesor); (6) el sistema de canales de entrada a la laguna Caño Negro, desde el sector de la isla-casa de don Santiago Romero hasta la boca donde se localiza la varilla de control número 10 (entrada principal a laguna Caño Negro) (hay formación de depósitos de arenas en estratos en función de los períodos de ingreso de agua, formando lenguas de sedimentos longitudinales que cada año se introducen más hacia las microdepresiones contenidas en el perímetro de la laguna Caño Negro); (7) el sitio de entrada y canales internos que incluyen las lagunas Muelle y Capilla y el canal de comunicación entre éstas, y (8) los ambientes lagunares y depresivos influenciados por la deposición de sedimentos finos de cambio lento.

Sin embargo, también es importante reconocer que algunos sectores en el área de estudio han presentado un proceso de ganancia de espejo de agua debido a la misma dinámica de llenado y vaciado y como resultado del cambio en la cobertura vegetal natural propia de depresiones de inundación periódica, propiciándose un aumento de sectores en condición de inundación permanente durante el período lluvioso, entre los cuales destacan: (1) el sector comprendido al este de la laguna Mónico, por eliminación de cobertura original y avance de pasturas; (2) algunas microdepresiones de la laguna Sitio, Las Cubas y Cubano, producto del pisoteo del ganado durante el período seco, y (3) el sector de entrada de la laguna Muelle, por la consolidación de albardón y pisoteo de ganado en tránsito.

Desde 1985, en los períodos secos han venido consolidándose en microdepresiones una serie de espejos de agua -que conforman un área de 5,3 km<sup>2</sup>- gracias a la salida de aguas del río Frío por la incapacidad de éste de retenerlas debido al cambio

radical de su lecho. Entre esos espejos de agua se reconocen las lagunas Mónico, San Sebastián y Guabal, y los espejos de agua reducidos de las lagunas Capilla, Cubano y Sitio. Tal conjunto de espejos de agua es un parcial restablecimiento del espejo de agua -de 9,2 km<sup>2</sup>- existente en 1961, momento en que no tenía comunicación directa con el lecho del río Frío.

Finalmente, un análisis espacial valorativo referente a 1997 revela la presencia de espejo de agua en microdepresiones muy reducidas que en su totalidad hacen un área de 0,72 km<sup>2</sup>. Esto se constató a partir de la modelación y corroboración en campo de las imágenes Radasat, que revelan la densa red de canales naturales y los cambios experimentados entre el período seco y el lluvioso de 1997. El espejo de agua interpretado muestra alteraciones en su patrón de espectro reflexivo por la modificación sujeta a la cobertura de vegetación acuática y turbidez de las aguas debida al sedimento en suspensión.

#### Condiciones de estabilidad según sectores

Según la sedimentación sufrida, los sectores afectados por ésta se clasifican en condición de estabilidad crítica, penestable o estable. En condición crítica se consideran todos aquellos de sedimentación intensa que por su localización espacial concentran diversas características que atentan contra su estabilidad geomorfológica y biológica. En estas áreas, el rango de la sedimentación se estima entre 1.600 y 1.000 ton/ha, y sus sedimentos procedentes de las aguas del río Frío están constituidos por arenas gruesas y medias, en una matriz limosa, generando depósitos en áreas depresivas y canales de ingreso. Las áreas bajo esta condición son: la boca de la laguna Capilla y Muelle, la boca principal de la laguna Caño Negro, el sector de entradas entre Santiago Romero y Sandoval, la entrada laguna Sitio-sector Las Cubas, la margen izquierda de Caño Blanco-laguna Mónico, el sector laguna Mónico-finca Roberto Alvarado, el sector suroeste de la laguna San Sebastián y el sector sur de esta misma.

En condición penestable están las áreas cuyos depósitos de arenas es mínimo. Son microdepresiones que tienen un llenado lento y paulatino. La estimación indica un ámbito de acumulación entre 400 y 1.000 ton/ha de sedimentos, propiciando la formación de depósitos mixtos con rangos texturales entre franco-arcillosa, franco-limosa y franco-arcillo-limosa. Entre las áreas en esta condición se consideran la laguna Cubano, el sector central de la laguna Capilla, el sector central y norte de laguna San Sebastián, el sector más extremo de la laguna Las Cubas, el sitio de entrada y canales internos que incluyen la laguna Muelle y la laguna Capilla y el canal de comunicación entre éstas, considerando los am-



bientes lagunares y depresivos influenciados por la deposición de sedimentos finos de cambio lento.

En condición estable están los sectores que no presentan problemas de sedimentación intensa y gozan de una condición de estabilidad biológica efectiva para los ecosistemas acuáticos tanto en el período lluvioso como durante el seco, salvo la pérdida de tabla de agua. El ámbito de sedimentación de estos espacios se estima entre 0 y 400 ton/ha de sedimentos finos, en áreas protegidas de la acción directa de corrientes y con vegetación inundada durante el período lluvioso y depósitos de finos con texturas fino-arcillosa, arcillo-limosa y franco-limo-arcillosa. Se destacan grandes sectores como las lagunas Capilla y Sitio, la laguna Guabal, el sector este de la laguna Caño Negro y los sectores centrales de las lagunas Mónico y San Sebastián.

### Resumen de principales resultados

(1) La sedimentación observada se manifiesta de manera activa en las áreas depresivas y se debe a una modificación drástica de las relaciones hidrodinámicas entre el río Frío y las microdepresiones, incentivando la entrada de sedimentos y estableciéndose modalidades variadas de sedimentación que se presentan en función de distintas *facies* de sedimentos, asociadas a diferentes formas de llenado y vaciado del sistema natural.

(2) Las constantes transformaciones de las relaciones hidrodinámicas se apoyan en la apertura de canales artificiales y cambio de corrientes que afectan el régimen de sedimentación natural de los sistemas creando nuevos ambientes morfológicos.

(3) La transformación geomorfológica de diversos espacios depresivos reconocidos es activa desde hace unos 20 años, manifestándose en la modificación de lechos principales, caños y lagunas.

(4) En términos generales, la sedimentación genera una degradación irreversible del sistema natural que hace perentorio el emprendimiento de acciones, locales y regionales, tendientes a propiciar el llenado de estas áreas depresivas y microdepresiones de una forma limpia y ambientalmente manejable que permita la formación de varios espejos de agua necesarios para la estabilidad de los ecosistemas acuáticos y el equilibrio dinámico propio de los sistemas.

### Referencias bibliográficas

- Aparicio, F. J. 1989. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa, México.
- Barbier, E. "Sustainable use of wetlands Valuing tropical wetland benefits: economic methodologies and applications", en *The Geographical Journal*, Vol. 159, N° 1, Marzo, 1993.
- Barbier, E., M. Acreman y D. Knowler. 1997. *Évaluation économique des zones humides*. Bureau de la Convention de Ramsar, Union Mondiale pour la Nature. Gland, Suiza.
- Brenes, G. Y F. Solano. 1998. *II Informe: Proyecto "Procesos Hidrodinámicos de Sedimentación en el Sistema Lagunar Caño Negro"*. Programa de Investigaciones Geográficas (PROIGE), Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica, Fondo de Desarrollo Forestal, Convenio Costa Rica - Holanda. San José.
- Brenes, G. y F. Solano. 2000. *Informe Final: Proyecto "Procesos Hidrodinámicos de Sedimentación en el Sistema Lagunar Caño Negro"*. Programa de Investigaciones Geográficas (PROIGE), Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica, Fondo de Desarrollo Forestal, Convenio Costa Rica - Holanda. San José.
- Brenes, G. et. al. 1995. *Informe de la Primera Etapa del Proyecto: Procesos Hidrodinámicos de Sedimentación en el Sistema Lagunar de Caño Negro*. Departamento de Geografía de la Universidad de Costa Rica, Fondo de Desarrollo Forestal, Convenio Costa Rica - Holanda. San José.
- Castillo, R. y E. Rodríguez. 1993. *Perfil de una estrategia de conservación y desarrollo sostenible de los Llanos de Caño Negro*. Departamento de Geografía, Universidad de Costa Rica. San José.
- Convención Ramsar. 1999. *7ª Convención de la Partes Contratantes de la Convención Ramsar celebrada en Costa Rica en 1999. Resumen Ejecutivo*. Sitio Web.
- French, R. 1988. *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw Hill. México D. F.
- Friedman, G. y J. Sanders. 1978. *Principles of Sedimentology*, John Wiley & Sons. Chichester, Nueva York.
- Grupo Técnico Ambiental, 1994. *Plan de manejo de los recursos naturales del Refugio de Vida Silvestre de Caño Negro*, San José.
- Helweg, O. 1992. *Recursos Hidráulicos: Planeación y Administración*. Editorial LIMUSA. México D.F.
- Hidalgo, C. 1992. *Monitoreo de Avifauna del Refugio Nacional de Vida Silvestre de Caño Negro*. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Electricidad, 1995. *Archivo de estaciones meteorológicas y fluviográficas*. Departamento de Estudios Básicos, Oficina de Hidrología. San José.
- Instituto Meteorológico Nacional. 1990. *Anuario de datos meteorológicos*. Estación Guatuso. Costa Rica.
- Koler y Paulus. 1988. *Hidrología para Ingenieros*. McGraw-Hill. México, D. F.
- Organización Naciones Unidas. 1967. *Organización Meteorológica Mundial: Informe N° 11, Técnicas de Laboratorio en Hidrología*. Publicación N° 14. San José.
- Rodríguez, A. y M. Jansson. 1992. *Estudios de sedimentológicos en el Embalse de Cachí, Costa Rica*. Instituto Costarricense de Electricidad y Universidad de Uppsala, Departamento de Geografía Física. San José.
- Schwab, O. et al. 1990. *Ingeniería de Conservación de Suelos y Aguas*. Ed. Limusa. México D.F.
- Tricart, J. 1965. *Principes et Méthodes de la Géomorphologie*. Masson. París.
- Tricart, J. 1965. *Géomorphologie applicable*. Masson. París.
- Whillans, T. H. et al. 1996. *Use of Historical Information for Conservation and Restoration of Great Lakes Aquatic Habitat*. Tren University. Canadá.