

Factores que afectan la cuenca del río La Estrella y recomendaciones para la gestión ambiental en su zona costera (Caribe de Costa Rica)

Catalina Mora-Cordero¹ & Juan B. Chavarría²

1. Maestría en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales (GIACT), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica; catmora@costarricense.cr
2. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Universidad de Costa Rica, 2060 San José, Costa Rica; juan.chavarría@ucr.ac.cr

Recibido 01-IV-2007. Corregido 24-V-2008. Aceptado 26-VI-2008.

Abstract: Factors affecting the La Estrella river basin and recommendations for environmental management of its coastal area (Caribbean of Costa Rica). Coastal areas are heavily influenced by river basins in their vicinity. Coastal and watershed management requires an integrated approach. Several factors should be considered. Among them: water quality, silt, erosion, land use, forest cover, legislation, and human impact. The coral reef at Cahuita National Park and the surrounding communities are of great value in biological, economical and ethnical grounds. La Estrella river basin seems to play a key role affecting this coastal area. Potential factors for erosion were determined in the basin and several parameters of water quality were analyzed, placing emphasis on the silt discharge at six stations along the main river and on six of its tributaries. The stations were selected along a gradient representing different natural conditions and levels of human impact. We sampled silts from September to December 2003 and from January to May 2004, at approximately 22 day intervals. In each occasion, three water samples (a liter each) were taken per sampling site in a traverse section of the river. In the main river bed, the Vesta station (higher altitude, larger forest cover, bigger percentage of protected area and less human impact) presented the smallest silt discharges (close to 9 000g/s in a rainy day). Meanwhile, the stations of Bonifacio and Pandora (lowlands, lesser forest cover and higher intensity of land use) presented the largest discharges (around 16 000g/s in a rainy day). For the tributaries, the stations at river Hitoy Cerere (biological reserve) and river Bitey (the smallest basin) contributed the lowest silt values. The stations at the other tributaries (characterized by less forest and less protected area) presented the largest values. About 25% of the basin soils were over-used. We also found large patches of land with no forest cover, in protected areas, or in areas where some sort of forest management or natural restoration were supposed to take place. The generalized absence of riparian forests in the low basin was the norm. These results show a severe lack of environmental law enforcement. The residents of La Estrella River Valley have the perception that deforestation exists due to illegal pruning and that there is significant pollution from solid waste, pesticides, and served and soapy waters. They have little knowledge of the coral ecosystem associated with the river. Law enforcement and education are strongly needed in the area. *Rev. Biol. Trop.* 56 (Suppl. 4): 191-203. Epub 2009 June 30.

Key words: Caribbean coast, coastal management, erosion factors, sediments, river basin, water quality, La Estrella river, Costa Rica.

La gestión costera implica una administración integrada de los recursos naturales, humanos y económicos; amparada a una legislación que procure un mejor desarrollo en la calidad de vida para todos. Esto conduce a una acción conjunta de las instituciones públicas y privadas que participan en la gestión con la sociedad

civil. El esquema de la gestión costera sugiere observar la zona de estudio y las áreas adyacentes desde distintos puntos de vista, pues la zona costera es, en última instancia, la que recibe el efecto directo de las actividades que se realizan cerca de ella, así como en tierra adentro. Es ineludible la conexión existente, sobre todo a

nivel hídrico, entre los ecosistemas más altos y lejanos de las cuencas, con las partes bajas y la zona costera (Mata & Blanco 1994). En este sentido, la unidad territorial que facilita el estudio de la interacción tierra, mar y aire es la cuenca hidrográfica, que tiene la ventaja de resumir el efecto de las actividades en tierra en el curso de un río. Los ríos, principales componentes de la cuenca, transportan todo lo que el sistema les aporte. Lo que se genere en las partes altas, medias y bajas de las cuencas tiene una influencia in situ y en la zona costera. Naiman & Bilby (1998) desarrollaron el concepto de río continuo: los ríos, desde las nacientes hasta la boca presentan un gradiente continuo de condiciones físicas, donde se desarrollan las comunidades bióticas con sus procesos asociados. La cuenca hidrográfica, un sistema con entradas y salidas, debe ser gestionada de manera tal que influya positivamente sobre la zona costera. La reducción de la tasa natural de sedimentación puede poner en peligro la integridad de esos hábitats, pero también lo hace la excesiva carga de sedimento (Naiman & Bilby 1998), que afecta hábitats sensibles como arrecifes de coral, manglares, lechos de algas marinas y sustratos rocosos. El aumento de los sólidos suspendidos arrastrados por las aguas de escorrentía, y que finalmente llegan a la costa y al mar, tienen como efecto principal el incremento de la turbidez, lo que dificulta los procesos fotosintéticos, tanto del fitoplancton, las zooxantelas y las algas e incluso pueden provocar la muerte de los arrecifes de coral (Tomascik 1992). La turbidez corta la entrada de luz necesaria para el crecimiento y supervivencia de los corales (Cortés & Risk 1984). El problema de pérdida de los arrecifes de coral radica en que estos se cuentan entre los ecosistemas de mayor tasa de fijación de carbono y fijación de nitrógeno y mantiene un alto número de especies animales y vegetales (Goreau & Goreau 1979). Los sólidos suspendidos no solo afectan el arrecife de coral sino que también, por su alta concentración en ríos, altera áreas de desove, transportan nutrimentos, agroquímicos y metales pesados y además, obstruyen las agallas y

branquias de los peces (Naiman & Bilby 1998). La fuente de los sedimentos se encuentra en los procesos de erosión. Según Mora (1987), casi toda la zona rural en Costa Rica presentaba erosión acelerada debido al cambio en el uso de las tierras.

La costa caribeña de Costa Rica en general, y el Valle de La Estrella en particular, al sur del puerto de Limón, son conocidas por su aporte a la economía nacional mediante el asentamiento de grandes bananeras transnacionales que han sido generadoras de empleo. Esta actividad, al practicar una agricultura extensiva e intensiva, parece haber influido en aumentar los procesos de erosión. Sin embargo, otras actividades también parecen favorecer estos procesos. Feoli (1987), reportó la deforestación en varias partes de la cuenca del río La Estrella, por ejemplo en San Rafael, donde las políticas habían favorecido el desarrollo de la ganadería, como medio de subsistencia. El río La Estrella, que recorre el valle del mismo nombre, se perfila, desde hace mucho tiempo, como el medio por el cual los sedimentos llegan al mar y luego al arrecife del Parque Nacional Cahuita, debido a la deforestación de su cuenca (Cortés & Risk 1984) y a la cercanía de su desembocadura. El problema de deterioro (baja en tasas de crecimiento, aumento de mortalidad), que ha venido afectando al arrecife del Parque Nacional Cahuita, ha sido documentado desde 1981 (Cortés 1981). Este arrecife se cataloga como el mejor desarrollado de la costa caribeña de Costa Rica.

Esta zona costera que comprende la parte baja de la cuenca y desembocadura del río La Estrella, el Parque Nacional Cahuita y las comunidades cercanas requiere una gestión integrada para preservar sus importantes recursos. El arrecife representa una gran riqueza biológica, con playas y alrededores de abundante vegetación de mucho valor escénico. Además, las comunidades costeras cercanas poseen una importante riqueza cultural, por su diversidad étnica. Todo lo anterior hace esta zona muy apetecida por el turismo, principalmente extranjero, y representa una importante fuente de ingreso.

En este estudio se determinan factores potenciales de erosión en la cuenca del río La Estrella y se analizan varios parámetros de calidad de agua, poniendo énfasis en la descarga de sedimento en seis sitios del río La Estrella y en seis de sus tributarios. Para esta cuenca, se compara la capacidad de uso del suelo con su uso actual. Se realizan encuestas para conocer la percepción de las personas acerca de la contaminación y la deforestación. Además se analiza la legislación vigente en Costa Rica en lo referente al área de protección de los ríos. Finalmente, se proporcionaron recomendaciones para mejorar la gestión en la zona costera influenciada por el río La Estrella en el Caribe de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 12 sitios de muestreo (Cuadro 1) para el análisis de los procesos de erosión, representativos de condiciones distintas en cuanto al posible aporte de sedimentos. En general, se ubicaron los sitios en una gradiente de condiciones naturales y de intervención humana. Para esto se hizo una revisión de mapas y un recorrido previo por la zona.

Para apoyar la caracterización de los sitios de muestreo seleccionados, se eligieron seis variables consideradas relevantes en cuanto al aporte de sedimento. Los datos para estas variables fueron generados utilizando mapas temáticos de la cuenca del río La Estrella elaborados previamente: cobertura boscosa, precipitación promedio anual, pendientes, áreas protegidas y reservas indígenas. Otras variables incluidas fueron la altitud del sitio de muestreo y la longitud de los ríos, medidos utilizando un curvímeter y las hojas cartográficas. Con el planímetro y las hojas cartográficas del Instituto Geográfico Nacional escala 1:50 000 de Estrella #3545-II, Cahuita #3645, Matama #3544-II, Chirripó #3545-III, Telire #3544-I, Amubri #3644-IV se obtuvo el área de drenaje de cada sitio de muestreo y con el programa Image Tool se determinó un porcentaje de cada variable por sitio, que fue utilizado para los análisis estadísticos posteriores.

Estas diferentes condiciones de cada sitio representan factores potenciales de erosión que se relacionan luego con la descarga de sedimentos en cada sitio.

CUADRO 1
Coordenadas de los sitios de muestreo en la cuenca del río La Estrella

Sitio	Río	Lugar	Coordenadas	
			N	W
1	La Estrella	Cariei, R. Indígena Tainy	09° 43' 40"	083° 07' 18.1"
2	La Estrella	Bajo Cuen, R. Indígena Tainy	09° 43'	083° 06'
3	Cuen	Bajo Cuen. R. Indígena Tainy.	09° 43' 23.1"	083° 06' 15"
4	La Estrella	Vesta	09° 43' 29.7"	083° 03' 28.8"
5	Suruy	Casa Amarilla	09° 43' 42"	083° 02' 11.2"
6	Hitoy Cerere	Reserva Biológica Hitoy Cerere	09° 40' 13.6"	083° 01' 38.5"
7	Duruy	Finca 21	09° 42' 23.5"	082° 58' 8.5"
8	Bitey	Bocuares	09° 41' 45.5"	082° 56' 19"
9	La Estrella	Pandora	09° 44' 13.1"	082° 57' 45.7"
10	Niñey	San Rafael	09° 45' 35.5"	082° 58' 22.2"
11	La Estrella	Bonifacio	09° 47' 17.1"	082° 54' 53.6"
12	La Estrella	Desembocadura	09° 47' 16.8"	082° 54' 53.8"

El muestreo de sedimentos se llevó a cabo durante setiembre a diciembre del 2003 y de enero a mayo del 2004, incluyendo periodos de alta y baja precipitación, y fueron realizados cada 22 días aproximadamente. Las muestras de agua fueron de un litro cada una, realizando tres repeticiones por sitio de muestreo en una sección transversal de los ríos. Esto se hizo en el cauce principal y en seis tributarios. Por diversas circunstancias no fue posible muestrear simultáneamente en todos los sitios durante todas las fechas, por lo que finalmente solo se logró recolectar 123 muestras. Para cada sitio de muestreo se determinó la conductividad (medidor de conductividad), la turbidez con un espectrofotómetro (Skoog *et al.* 2001), la concentración de sólidos suspendidos mediante el método gravimétrico (Sawyer *et al.* 2001), el porcentaje de materia orgánica e inorgánica mediante el método de calcinación (Sawyer *et al.* 2001), y el caudal con la fórmula de Roldán (1992). Con los valores de concentración de sólidos y caudal se determinó la descarga de sedimento para cada sitio. La descarga de sedimentos entre los sitios se compara por medio de análisis de varianza (ANDEVA).

En la elaboración del mapa de suelo sobre-utilizado, se analizó el uso del suelo, tomando como base los mapas de uso del suelo de 1992 y de cobertura boscosa de 1997 y de 2000 (ITCR 2000, 2004), así como el mapa de capacidad de uso del suelo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (1994). Mediante sobreposición de los mapas se obtuvo las áreas que se encuentran sobre-utilizadas en la cuenca del río La Estrella.

Se realizó un breve análisis de la Ley Forestal N°7575, la Ley de Aguas N°276 en cuanto a las disposiciones legales sobre el área de protección de los ríos. Del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) se analizó lo relacionado con el pago de servicios ambientales (PSA), por el interés de incentivar la protección del bosque y la reforestación en la cuenca.

Se recopiló datos sobre crecimiento de la población y asentamientos humanos, utilizando los mapas de segmentos censales N°70102A,

70102B, 70102C y 70102D del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), información del censo 2000 del INEC, mapas de infocensos del Centro Centroamericano de Población (CCP) 2004 y base de datos CCP para los años censales 1973, 1984, 2000.

Se elaboró un cuestionario con 21 preguntas acerca de aspectos socioeconómicos en la zona, deforestación y contaminación. El sondeo se realizó mediante la aplicación de 43 encuestas dirigidas a estudiantes, maestros y profesores de escuela y colegio, grupos organizados y pobladores en general durante febrero a marzo del 2004 y mayo del 2005.

RESULTADOS

Caracterización de los sitios de muestreo: Cada sitio de muestreo fue caracterizado según seis variables que, analíticamente, se consideran relevantes en cuanto al aporte de sedimento. En el Cuadro 2 se muestra el resultado de las mediciones generadas para esas variables en cada sitio.

Con las variables del Cuadro 2 se realizó un análisis de conglomerados, cuyo resultado se muestra en la Fig. 1. Este análisis sugirió cuatro grandes grupos de sitios:

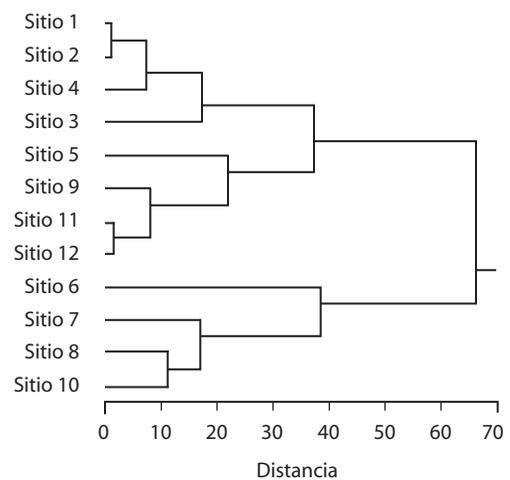


Fig. 1. Dendrograma de clasificación de sitios.

CUADRO 2

Características de cada sitio según seis variables consideradas relevantes en el aporte de sedimento

Sitio	Cauce	Río	Lugar	Longitud (km)	Pendiente (%)	Precipitación (3500 mm) (%)	Área protegida (%)	Bosque (%)	Altitud (msnm)
1	P	Estrella	Cariei	24.4	99.0	100.0	100.0	93.5	185.0
2	P	Estrella	Bajo Cuen	26.8	100.0	100.0	100.0	95.7	134.0
3	T	Cuen	Bajo Cuen	12.4	97.6	100.0	100.0	90.3	134.0
4	P	Estrella	Vesta	32.1	97.3	99.5	100.0	92.7	60.0
5	T	Suruy	Casa Amarilla	13.8	76.5	80.8	57.5	65.3	70.0
6	T	Hitoy Cerere	Casa parque	13.3	100.0	6.9	100.0	95.1	149.0
7	T	Duruy	Finca 21	12.5	86.6	0.0	38.1	59.6	30.0
8	T	Bitey	Bocuares	9.0	100.0	0.0	8.1	57.9	40.0
9	P	Estrella	Pandora	46.9	83.2	59.5	70.8	77.8	20.0
10	T	Niñey	San Rafael	13.9	87.2	0.0	0.0	82.4	40.0
11	P	Estrella	Bonifacio	57.4	79.8	49.5	62.1	76.5	10.0
12	P	Estrella	Desembocadura	61.4	78.9	49.1	61.2	75.2	0.0

Cauce: P=principal, T=tributario

Longitud (km): longitud del río desde la naciente hasta el sitio de muestreo.

Pendiente (%): porcentaje del área de drenaje escarpada o fuertemente ondulada.

Precipitación (3 500mm): porcentaje de área de drenaje con precipitación de 3 500mm o más (promedio anual).

Área protegida (%): porcentaje de área protegida.

Bosque (%): porcentaje de cobertura boscosa por área de drenaje.

Altitud (msnm): altitud en el sitio de muestreo.

Grupo I. Cariei (1), Bajo Cuen (2), Vesta (4) y Tributario Cuen (3)

Grupo II. Pandora (9), Bonifacio (11), Desembocadura (12) y el tributario Suruy (5)

Grupo III. Tributario Hitoy Cerere (6)

Grupo IV. Tributarios Duruy (7), Bitey (8) y Niñey (10)

De esta manera, se tiene un primer grupo con muy poca actividad humana y gran cantidad de bosque natural. Esos sitios fueron 1, 2, 4 (Cariei, Bajo Cuen y Vesta), correspondientes al cauce principal del río La Estrella y el sitio 3, ubicado en un tributario (Río Cuen) dentro de la Reserva Indígena Tainy. El segundo grupo coincide con mucha actividad humana, agricultura intensiva y extensiva: sitios 9, 11, 12 (Pandora, Bonifacio, Desembocadura), en el cauce principal, o cierto grado de actividad

ganadera en el sitio 5 (Casa Amarilla), en el tributario Suruy.

El tercer grupo está constituido solamente por el sitio 6 (casa de guardaparques), en un tributario dentro de la Reserva Biológica Hitoy Cerere. El grupo 4 está formado por tributarios en donde la actividad agropecuaria aumentó y existe menos cantidad de bosque natural que en el tercer grupo.

Descarga de sedimentos por sitio de muestreo: Para los resultados siguientes de descarga de sedimentos solamente se usaron los datos de los sitios 4 a 11 y de las dos últimas giras. El resto de combinaciones de sitios y fechas presentaron omisiones que invalidarían las comparaciones que luego se hacen.

Al analizar las dos fechas en conjunto (marzo y mayo del 2004), se determinó tres niveles en cuanto al aporte de sedimento. El

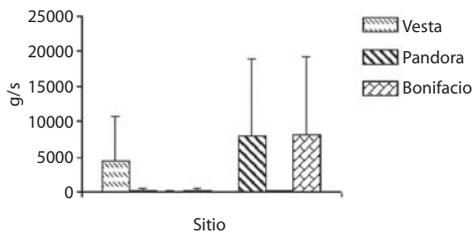


Fig. 2. Descarga de sedimento promedio (g/s) por sitio, para marzo y mayo del 2004.

primero con descargas muy bajas (<500g/s) de los tributarios (sitios 5, 6, 7, 8, 10), el segundo con una descarga intermedia de 4 444.53g/s para Vesta (sitio 4) y el último nivel con descargas más altas, de 7 942.98g/s para Pandora (sitio 9) y de 8 146.70g/s para Bonifacio (sitio 11) (Fig. 2).

Analizando el cauce principal del río La Estrella y separando los datos por gira de muestreo existió diferencia significativa (ANDEVA, $p=0.00$) entre Vesta (sitio 4) y los sitios Pandora (sitio 9) y Bonifacio (sitio 11), con valores promedio de 9.0 ± 3.6 g/s en Vesta, 216.2 ± 45.4 g/s en Pandora y 278.0 ± 21.8 g/s en Bonifacio (Fig. 3A). Lo anterior en una fecha con baja precipitación (marzo 2004). Para una fecha de alta precipitación (mayo 2004) Vesta presentó un valor de $8\ 880.04\pm 2\ 800.48$ g/s mientras que Pandora presentó un valor de

15 669.7 \pm 3 298.0g/s y Bonifacio presentó el valor más alto con 16 015.3 \pm 3 442.5g/s. (Fig. 3B). Aquí también se obtuvo una diferencia significativa entre Vesta y los otros dos sitios (ANDEVA, $p=0.00$). Independientemente del nivel de precipitación (baja en marzo y alta en mayo), Vesta es el sitio que presenta siempre la menor descarga de sedimento. Así mismo, algo que es claro, es que Pandora y Bonifacio presentaron resultados muy parecidos en las dos fechas (Fig. 3A y 3B), una prueba de F lo confirmó, $p=0.97$, es decir, que no existió diferencia significativa entre este dos sitios.

Para los tributarios, al realizar un análisis por separado de cada uno de ellos en relación con el tributario Hitoy Cerere, y considerando el promedio de ambas fechas, se obtuvo que existió diferencia significativa ($p=0.02$) entre los sitios Suruy con 219.14g/s e Hitoy Cerere con 38.89g/s. También entre Hitoy Cerere contra Duruy ($p=0.00$) y contra el tributario Niñey ($p=0.03$). Solo el tributario Bitey presentó una menor descarga de sedimento que Hitoy Cerere con 8.12g/s ($p=0.02$) (Fig. 4).

Descarga de sedimentos y factores potenciales de erosión: El Cuadro 3 resume la relación entre descarga de sedimentos y factores potenciales de erosión, para grupos de sitios representativos de distintas condiciones, tanto en el cauce principal como en los tributarios,

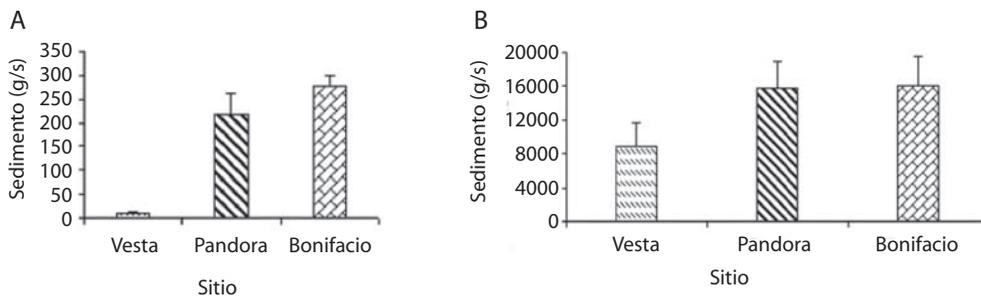


Fig. 3. Descarga de sedimento (g/s) en el río La Estrella, para los sitios de Vesta, Pandora y Bonifacio. (A) muestreo realizado en marzo del 2004 y (B) muestreo realizado en mayo del 2004.

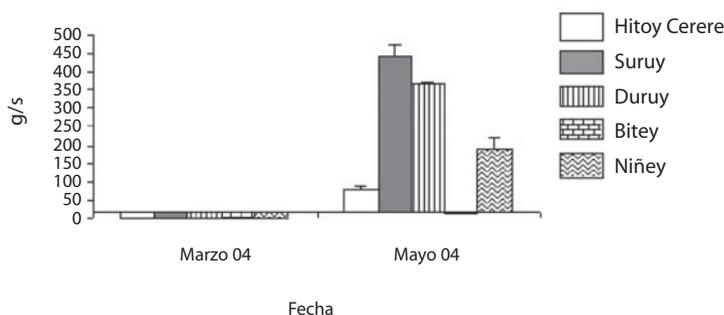


Fig. 4. Descarga de sedimento promedio en los tributarios.

y para una fecha de alta precipitación (mayo 2004). Para el cauce principal, si comparamos Vesta con Pandora y Bonifacio, se aprecia con claridad que una menor descarga de sedimentos (Vesta) está asociada con mayor porcentaje de área protegida y mayor porcentaje de cobertura boscosa. También está asociada con mayor precipitación, mayor altitud y mayor pendiente. Por otro lado, una mayor descarga de sedimentos (Pandora y Bonifacio) está asociada con una mayor longitud del río. Un patrón similar, aunque menos definido, se obtiene para los tributarios, al comparar Hitoy-Cerere (menor descarga) con el grupo de Duruy, Niñey y

Bitey (más descarga), o con el Suruy (la mayor descarga entre los tributarios). En esta última comparación, la precipitación no encaja en el patrón señalado. Tampoco la longitud del río, para la cual casi no hay diferencia entre los tributarios.

Uso del suelo, aspectos legales y población: En cuanto al uso del suelo, aproximadamente un 25% de la cuenca del río La Estrella (cauce principal y tributarios) presenta sobreuso (Fig. 5).

El 25% de los suelos (186.28km²) de la cuenca del cauce principal del río La Estrella

CUADRO 3

Descarga de sedimentos y factores potenciales de erosión según grupos de sitios. Epoca de alta precipitación (mayo 2004)

Sitios	Descarga (g/s)	Área Protegida (%)	Bosque (%)	Precipitación (promedio) (mm)	Altitud (msnm)	Longitud (km)	Pendiente (%)
Cauce principal							
Vesta	8 880	100	92+	4 254	60	32.1	97.3
Pandora y Bonifacio (a)	15 842	62 a 71	76 a 78	3606	15	52.1	81.5
Tributarios							
Hitoy Cerere	77.8	100	95	3 157	149	13.3	100
Duruy, Niñey, Bitey (a)	189.8	Menos 38	67	2 703	37	11.8	91.3
Suruy	438.2	57.5	65,3	3 805	70	13.7	76.5

(a): se usan promedios.

se encontraron sobre-utilizados, debido a la ganadería y cultivos permanentes en lugar de áreas protegidas y manejo de bosque natural o regeneración. En cuanto a los tributarios se determinó suelo sobre-utilizado prácticamente en todas las sub-cuencas, excepto en la del río Hitoy Cerere. Los cultivos permanentes invaden pequeñas áreas en la Reserva Indígena Tainy, también invaden zonas que deberían ser de manejo de bosque o regeneración natural.

Al relacionar la descarga de sedimentos con el uso el suelo, se observa que las menores descargas concuerdan con sitios donde se da un mayor uso del suelo acorde con su capacidad, en particular de Vesta (sitio 4) aguas arriba,

hacia la naciente del río. La mayor descarga de sedimentos coincide con sitios donde se incrementa el sobre-uso del suelo, como en Pandora y Bonifacio (sitios 9 y 11), donde no existe cobertura boscosa, pero debería haberla.

En el aspecto legal, la ley de aguas que rige a Costa Rica data de 1942 (IJSA 2002) y lo decretado en los artículos 145, 148 y 150 no se cumple en la actualidad en muchos ríos y quebradas de la cuenca, como fue corroborado en las visitas de campo. Si bien el artículo 165 impone la pena por no cumplir con las pautas de protección de los bosques a orillas de ríos, estas multas están obsoletas, de allí que la propuesta de la nueva ley del recurso hídrico viene

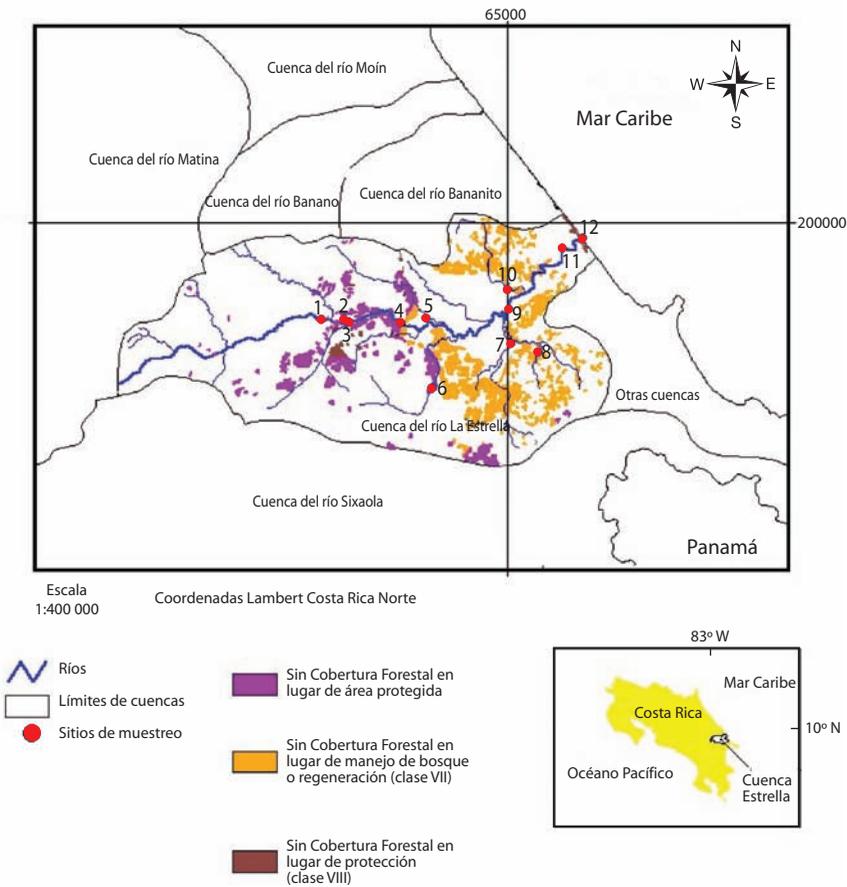


Fig 5. Suelo sobre-utilizado, cuenca del río La Estrella, Limón, Costa Rica.

a llenar un vacío en ese sentido. Entre los lineamientos de FONAFIFO (2004) está la conservación de los bosques que protegen fuentes de agua en general y en especial aquellas requeridas para consumo humano, sin embargo no se encontró ningún incentivo para la protección del bosque ribereño en la cuenca.

EL aumento de la población se notó en los resultados pues se determinó un incremento de habitantes hacia la parte media de la cuenca y la zona costera. En general la cuenca del río La Estrella sigue considerándose de carácter rural. Sólo en algunas comunidades se considera urbano, esto puede influir en el área de protección de los ríos pues según la Ley Forestal 7575 pasa de 15m de la zona rural a 10m en la zona urbana (IJSA 1999).

Percepciones sobre contaminación: Sobre la percepción de contaminación en los ríos, 86% de los encuestados opinó que éstos sí están contaminados, principalmente por desechos sólidos, seguido por los plaguicidas y las aguas servidas. El problema de los plaguicidas se debe, según los habitantes de la comunidad, tanto a la empresa bananera como a particulares. Solo 10% mencionó los sedimentos como contaminación del río y que se relaciona con las “llenas”, alta precipitación y desbordamiento del río La Estrella. Sobre la pregunta de si la contaminación de los ríos afecta o no la zona costera 30% no supo contestar u opinó que no la afecta, mientras que 70% dijo que si la afecta de manera negativa. Si solo se toma en cuenta a los estudiantes 23% tiene la apreciación de que no se ve afectada, mientras que 77% si consideró que la afecta negativamente. En los casos en que se manifestó que la contaminación de los ríos no afectaba la zona costera se mencionaron tres factores: que ningún río llega al mar (opinión de una joven colegiala), que la sal del mar elimina todo lo malo que pueda llegar a él y que el mar es limpio pues saca toda la basura que le llega. Entre los efectos negativos que causa la contaminación en la zona costera se mencionaron las enfermedades en peces y personas y las playas sucias.

Ante la pregunta ¿ha visitado los arrecifes de coral?, 47% contesta que no (Fig. 6A). También se les preguntó ¿qué es un arrecife de coral?, y se obtuvo que 42 % no respondió a la pregunta, 10 % no sabe, 19 % considera que son piedras y solo 5% (que resultaron ser profesores de colegio) dijo que son formaciones sólidas de un ser vivo llamado pólipos (Fig. 6B). Llamó la atención un alto porcentaje que no respondió a la pregunta, además de que algunos lo consideran piedras.

Para el caso de los estudiantes, 62% no conoce los arrecifes de coral, 54% no supo responder qué son los arrecifes de coral, mientras que el 15% opina que son piedras.

La deforestación se definió como la corta de árboles con o sin permiso que afecta el medio ambiente y al ser humano. El 77% opinó que sí existe deforestación, 54% consideró que se debe principalmente al “madereo”, es decir, a la propia actividad forestal. Se encontró desconocimiento sobre el pago de servicios ambientales (PSA) pues tomando solo las respuestas de los adultos, apenas 7% conoce o ha oído hablar de él.

DISCUSIÓN

El ANDEVA indicó que existe diferencia significativa en la descarga de sedimento entre Vesta y los otros dos sitios ubicados en la parte baja de la cuenca: Bonifacio y Pandora, siendo Bonifacio el que presentó las mayores descargas, independientemente de la precipitación. Al analizar las diferencias entre los tributarios, tres de ellos tienen una diferencia significativa en el aporte de sedimentos con relación al río Hitoy Cerere. El río Suruy presenta la mayor descarga de sedimento de todos ellos. Posiblemente esta diferencia se deba a menor porcentaje de área protegida y menor porcentaje de bosque, así como al sobre-uso en zonas de área protegida. La relación entre menor descarga de sedimentos y mayor precipitación, mayor altitud y mayor pendiente puede explicarse a que estos tres últimos factores se dan

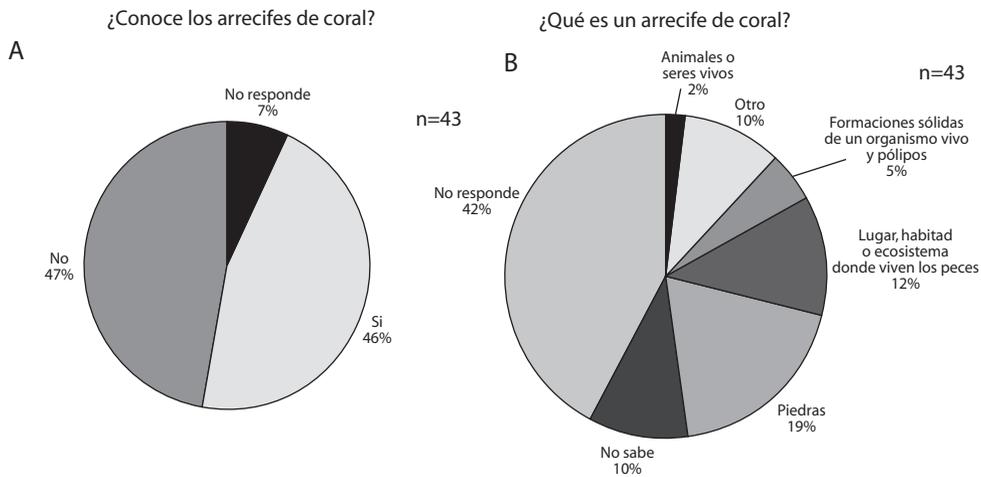


Fig. 6. Conocimiento sobre los arrecifes de coral, (A) ¿conoce los arrecifes de coral?, (B) ¿qué son los arrecifes de coral?

precisamente en las partes altas de las cuencas, coincidiendo con mayor cobertura boscosa y mayor área protegida.

En general, los cambios de uso del suelo encontrados indican alteraciones tanto en la cuenca principal como en las sub-cuencas. Una excepción es la cuenca del tributario Hitoy Cerere, donde el uso es el adecuado, por lo menos hasta el sitio de muestreo. Lo más relevante en el caso de los tributarios es el del río Suruy que tiene los mayores valores de todos los parámetros medidos. El sobre-uso en esta zona puede influir en el aumento de sedimentos, ya que se está alterando una zona muy susceptible que es de protección.

Lo más relevante de las encuestas fue que un alto número de los encuestados no conoce el Parque Nacional Cahuita y entre los estudiantes el porcentaje es alto: 62%. Algunas de las comunidades de donde provienen las personas a las que se les aplicó la encuesta, se encuentran localizadas aproximadamente a tan solo 22km del Parque Nacional Cahuita. Las instituciones educativas deben aprovechar la cercanía del parque y realizar trabajos de educación ambiental en este sentido. Si bien es cierto esto representa un gasto económico, se debería coordinar con otras instituciones públicas con el fin de procurar fondos o ayuda

para eso: el comité de co-manejo del parque, integrado por personal que conoce muy bien el arrecife coralino, en coordinación con el Área de Conservación Amistad Caribe y hasta la empresa privada, la cual se beneficia del turismo atraído por el parque. Además, el Colegio Técnico Profesional del Valle de la Estrella cuenta con un profesional en biología, conocedor del ecosistema y el apoyo del personal del CIMAR sería muy valioso. Es importante que la educación en materia ambiental se de en primaria pues como lo refleja el censo 2000 (INEC) el 61.6% de los pobladores de la cuenca tienen solo primaria como nivel educativo. La educación ambiental en el caso de los adultos es muy importante y una manera de realizarla es mediante el incentivo, por ejemplo mediante programas como el Pago por Servicios Ambientales.

En el aspecto forestal, puede ocurrir que parte de lo que la población percibe como deforestación, sean permisos para programas de manejo de bosque natural. Como la cuenca es en gran medida de aptitud forestal, es lógico que existan estos permisos. En todo caso, la corta de árboles es percibida también como algo que ocurre de manera ilegal. El pago de servicios ambientales no es conocido en la zona, debido tal vez a las políticas sobre áreas

prioritarias del FONAFIFO para el PSA. Sin embargo se mostró interés por parte de los pobladores por conocer más sobre el PSA y aplicarlo si fuera el caso.

El programa Bandera Azul Ecológica, que está siendo incentivado en las escuelas a partir del año 2005, es una gran iniciativa por parte de estas instituciones la cual genera muchas posibilidades de extenderlo a las comunidades en general.

En el aspecto legal, el incumplimiento de las normas para la protección ambiental quedó en evidencia, no solo para la ley forestal, donde la ausencia del área de protección de los ríos es notable, sino también para la ley de agua potable. Las zonas ribereñas deforestadas no están siendo regeneradas, como lo indica la actual legislación. En algunos casos el desconocimiento de la ley y el poco control, generan que ésta no se cumpla. Se notó el desconocimiento de las leyes y de la importancia de mantener las zonas ribereñas inalteradas. Si bien es necesaria una actualización de la ley de aguas, las leyes se vuelven inoperantes si no existe un adecuado control de su cumplimiento, en este caso el MINAET en coordinación con el área de conservación deben asegurar mayor y mejor control del cumplimiento de la legislación. Una nueva legislación debería contemplar los aspectos naturales y las relaciones entre sí de los componentes de una cuenca hidrográfica, como ecosistema. Las decisiones sobre una nueva legislación del recurso hídrico deberían estar basadas en investigaciones de entes públicos, como son las universidades. Cualquier iniciativa que se quiera realizar debe tener como unidad base las sub-cuencas, dentro del gran ecosistema cuenca.

Se recomienda que el MINAET en conjunto con el Área de conservación corroboren las zonas de suelo sobre-utilizado y tomen las medidas necesarias para que el uso del suelo sea el adecuado. Se debe dar prioridad la sub-cuenca del río Suruy y a las zonas ubicadas en Alto y Bajo Cuen. Se debe vigilar para evitar el cambio de uso en las áreas de clase VIII (parte alta de la cuenca).

Se sugiere que FONAFIFO dé prioridad en reforestación o regeneración natural a sitios ubicados en la sub-cuenca del río Suruy. Además que dé prioridad en reforestación y protección de bosques ubicados en las zonas ribereñas. También se sugiere el incentivo del Certificado de Servicios Ambientales en las Compañías Bananeras.

El Ministerio de Educación (MEP), con ayuda del comité de co-manejo del Parque Nacional Cahuita y en colaboración con el CIMAR, deben incluir programas de educación ambiental para las escuelas, desde una perspectiva integral, donde se incluya el ecosistema terrestre y acuático (ríos y mar) como una unidad total. Esto lo puede desarrollar en conjunto con el Colegio Técnico Profesional del Valle de la Estrella.

Que las empresas bananeras y propietarios de fincas en general, se comprometan a regenerar el área de protección de los ríos que se encuentran dentro de sus propiedades, según la ley de aguas 276, que todavía está vigente.

AGRADECIMIENTOS

A los pobladores de la cuenca del río La Estrella y Cahuita por la ayuda y colaboración brindada incondicionalmente. A la red Alfa-GIACT por el otorgamiento de una beca parcial. Al Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología por el apoyo logístico y académico. Al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el apoyo académico. Este trabajo es parte de la tesis para optar al grado de Magister Scientiae en el programa GIACT, Universidad de Costa Rica, presentado por la primera autora.

RESUMEN

La gestión costera y el manejo de cuencas están estrechamente relacionados y requieren un enfoque integral. Entre los factores importantes a considerar están la calidad del agua, sedimentos y erosión, uso del suelo, legislación e impacto humano. El arrecife coralino del Parque Nacional de Cahuita, así como las comunidades cercanas,

son influenciadas por lo que habita en la cuenca del río La Estrella. Se analizó la descarga de sedimentos en varios sitios del cauce principal y en tributarios en la cuenca del río La Estrella en la vertiente Caribe de Costa Rica, y se recopiló información sobre factores potenciales de erosión. El muestreo de sedimentos se llevó a cabo de setiembre a diciembre del 2003 y de enero a mayo del 2004, y fueron realizados cada 22 días aproximadamente. Las muestras de agua fueron de 1 L cada una, con tres repeticiones por sitio de muestreo en una sección transversal del río. En el cauce principal, la región de Vesta (altitud media, alto porcentaje de bosque y alto porcentaje de área protegida) presentó las menores descargas de sedimento (cerca de 9 000g/s en fecha con lluvia). Mientras que Bonifacio y Pandora (tierras bajas, alta intensidad de uso del suelo), presentaron las mayores descargas (aproximadamente 16 000g/s en fecha con lluvia). Una situación similar se observó en los tributarios. Se halló que el 25% de los suelos de la cuenca se encuentran sobre-utilizados. Se determinó la ausencia de bosque ribereño generalizado en la cuenca y el incumplimiento tanto de la ley forestal como de la ley de aguas en cuanto al área de protección de los ríos. La percepción de los vecinos del valle de la Estrella, en un sondeo por encuesta, es que existe deforestación y que hay contaminación por desechos sólidos y plaguicidas, principalmente. También se percibió el desconocimiento acerca del ecosistema coralino en general. Se recomienda la intervención de las autoridades nacionales correspondientes para que vigilen el cumplimiento de las leyes sobre cambio en uso de suelo, reforestación y protección ribereña. El Ministerio de Educación debería impulsar un programa de educación ambiental para los residentes de la zona.

Palabras clave: costa Caribe, manejo costero, factores de erosión, sedimentos, base riverina, calidad de agua, río La Estrella, Costa Rica.

REFERENCIAS

- Cortés, J. & M.J. Risk. 1984. El arrecife coralino del Parque Nacional de Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32: 109-121.
- Cortés, J. 1981. The Coral Reef at Cahuita, Costa Rica: A Reef Under Stress. M.Sc. Thesis, McMaster University, Hamilton, Canadá.
- Feoli, S. 1987. Geología de la quebrada Kitadikur y alrededores del Valle de la Estrella, provincia de Limón, Costa Rica. Campaña geológica G-5216, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). 2004. Manual de procedimientos para el Pago de Servicios Ambientales. San José, Costa Rica.
- Goreau, T. & N. Goreau. 1979. Corales y arrecifes coralinos: los diminutos pólipos de los corales, que viven en simbiosis con algas fotosintéticas. *Inv. Cien.* 37: 45-60.
- ICE. 1987. Boletín de calidad físico-químico del agua N°2. Departamento de Planificación Eléctrica, Oficina de Hidrología, Instituto Costarricense de Electricidad, San José, Costa Rica.
- IJSA. 2002. Ley de aguas y ley general de agua potable. Investigaciones Jurídicas S.A. San José, Costa Rica.
- IJSA. 1999. Ley Forestal y su reglamento: Anotaciones sobre acciones de inconstitucionalidad. Investigaciones Jurídicas S.A, San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2002. IX Censo Nacional de Población: Características Sociales y Demográficas, p. 274, cuadro 27, San José, Costa Rica.
- ITCR. 2000. Atlas Costa Rica 2000. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- ITCR. 2004. Atlas Costa Rica 2004. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- MAG & MIRENEN. 1994. Mapa de capacidad de uso de las tierras: clases forestales. Fundación Neotrópica, San José, Costa Rica.
- Mata, A & O. Blanco. 1994. La Cuenca del Golfo de Nicoya: un reto al desarrollo sostenible. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Mora, I. 1987. Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación universal (EUPS): aplicación para definir acciones de manejo en la cuenca del río Pejibaye, Vertiente Atlántica, Costa Rica. Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Naiman, R. & R. Bilby. 1998. River ecology and management: lessons from the Pacific coastal ecoregion. Springer, Nueva York, EEUU.
- Organización Mundial de la Salud. 1987. Guías para la calidad del agua potable: criterios relativos a la salud y otra información base. Washington DC, EEUU.
- Palmer, P. 1994. "Wa' apin man": la historia de la costa talamanca de Costa Rica, según sus protagonistas. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Pérez, G. 2004. Evaluación de la calidad de las aguas de drenaje del sector de riego de Tamarindo para el manejo de humedales en el Parque Nacional Palo Verde. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Antioquia, Medellín, Colombia.

Sawyer, C., L. McCarty & F. Parkin. 2001. Química para ingeniería ambiental. McGraw Hill, Bogotá, Colombia.

Skoog, D., D. West, F. Holler & S. Crouch. 2001. Química analítica. McGraw-Hill, México DF, Mexico.

Tomascik, T. 1992. Environmental management guidelines for coral reef ecosystems. State Ministry for Population and Environmental, Jakarta.

REFERENCIAS DE INTERNET

Centro Centroamericano de Población. 2004. Infocensos. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. (Consultado: 19 julio 2004, www.infocensos.ccp.ucr.ac.cr)

