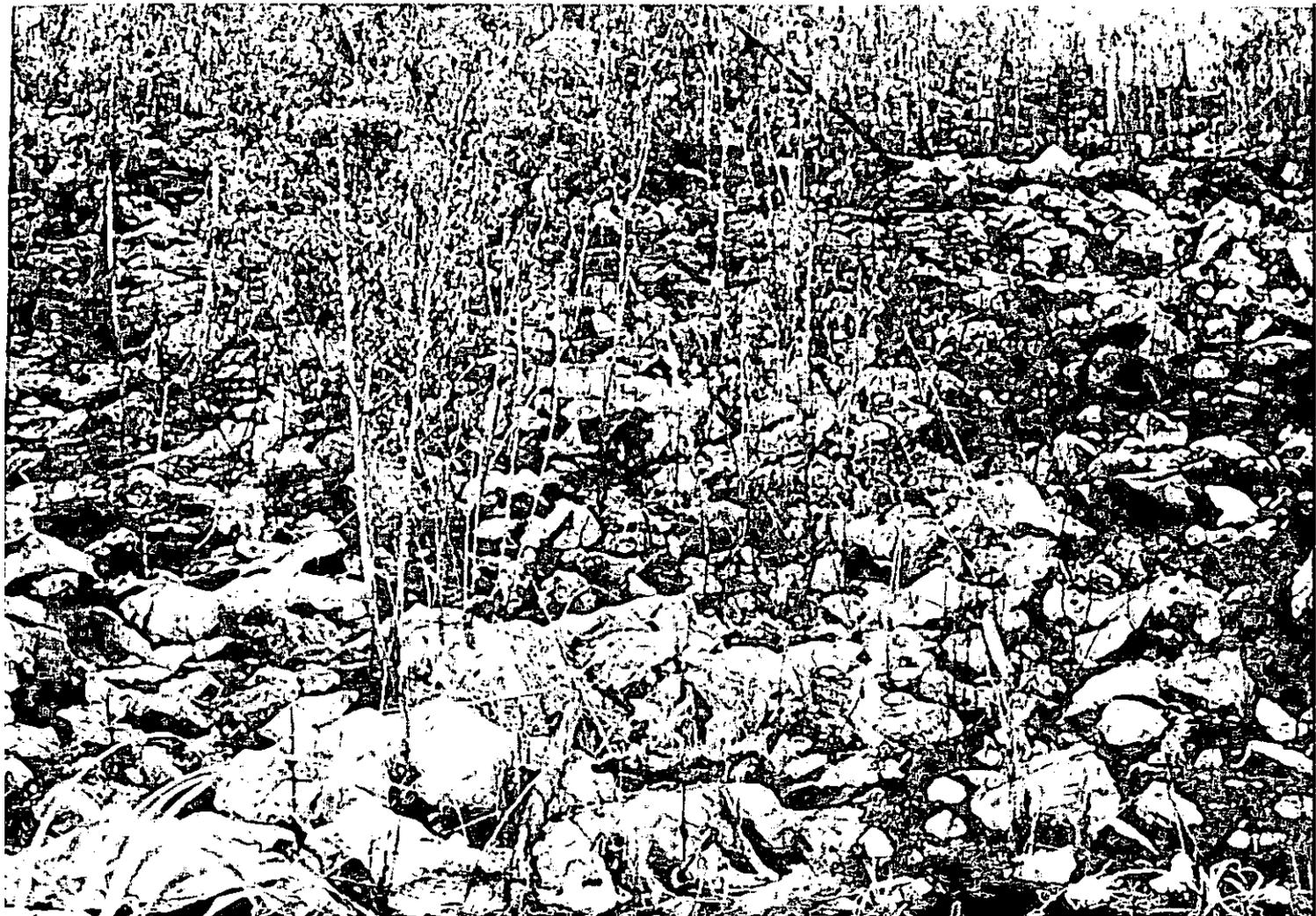


PARTE II

LOS EFECTOS SOBRE EL SUELO Y EL AGUA



La erosión y el manejo de suelos en las tierras altas de Chiriquí (*)

Remy Oster

Introducción

Las tierras altas de Chiriquí, estaban totalmente cubiertas de bosques hace menos de un siglo; hoy quedan solamente reliquias del bosque primario en las partes más altas de las cuencas que drenan los ríos Caldera y Chiriquí Viejo. A pesar de existir el Parque Nacional Volcán Barú la tala no se ha controlado totalmente. El ruido de las motosierras es frecuente y el "buldozer" cada día se encuentra más arriba en la montaña.

Las consecuencias de la tala drástica de los bosques son graves; entre ellas: inundaciones siempre más catastróficas, aguas muy bajas en el verano, extinción de ciertas especies faunísticas, posibles cambios en el clima y erosión alarmante. Los que ahora cultivan estos suelos han venido de áreas con clima, suelos y cultivos diferentes y a menudo no pertenecían al sector agrícola. El agricultor de las tierras altas explota una tierra muy especial, expuesta a aguaceros torrenciales. No es de extrañarse que sus tierras sufran tanto daño si no se aplican prácticas de conservación de suelos.

Después de tres años de labores, este Informe presenta un diagnóstico de la erosión y recomendaciones para la conservación de suelos más indicadas en el área y cuya eficiencia se pudo comprobar en el campo. Una extrapolación a otras áreas requiere de cautela.

Estado actual de la erosión en tierras altas

A continuación se presentan resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos durante los años 1979, 1980, y parte de 1981 en 5 predios de 40 m² (9.3m en sentido de la pendiente y 4.3 de ancho) con pendiente de 35%, situados en Jaramillo Centro, Boquete a 1,150m sobre nivel del mar. Después de cada lluvia la cantidad de agua y sedimento se midió en colectores especialmente diseñados.

El suelo de todo el área es volcánico y se caracteriza por un horizonte superficial negro, rico en materia orgánica de unos 45 cm de profundida; le sigue un horizonte de transición (aproximadamente 15 cm) pardo grisáceo oscuro, todavía con un

(*) Este Artículo refleja parte del Informe "La Conservación de Suelos en las Tierras Altas de Chiriquí" presentado por el Ing. R. Oster a la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables en septiembre 1981.

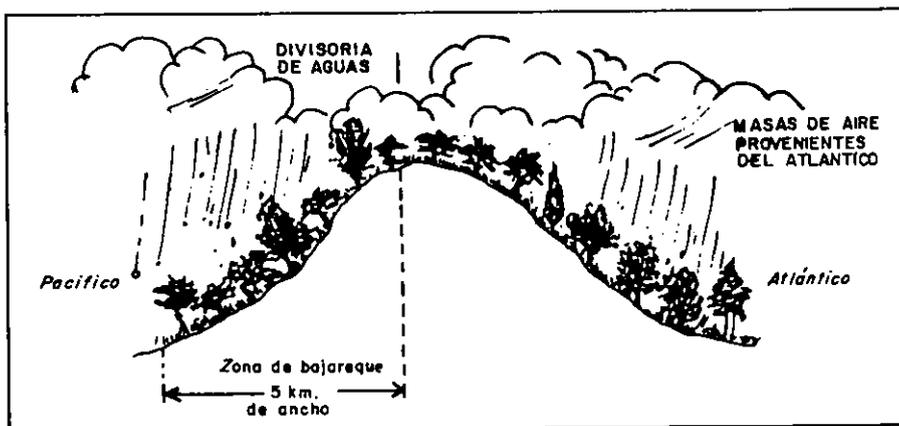
alto contenido de materia orgánica (más de 10%): A más de 60 cm. de profundidad, se encuentra la roca madre volcánica alterada, con algunas raíces. Esta es de un tono pardo amarillento y contiene mucha piedra pómez muy alterada, y algunas poco alteradas.

La textura es franco arenosa (70 a 75% de arena, 20 a 25% de limo y 5 a 10% de arcilla) y la densidad aparente muy baja (0.4 a 0.7). Son suelos muy permeables como lo mostraron las mediciones con un infiltrómetro Muntz.

Todos los suelos de las tierras altas presentan una alta infiltración (permeabilidad) que confirman los datos de la parcela de pasto donde se observó una infiltración del 99.95% durante 1980 (1 mm de escorrentía para 3,000 mm de lluvia). Esta infiltración caracteriza los suelos cubiertos de vegetación. El arado desmejora su estructura y deja el suelo expuesto al impacto de las gotas de lluvia: La infiltración disminuye y la escorrentía aumenta.

El factor causal de la erosión: la lluvia

Las lluvias en las tierras altas son intensas y abundantes. Los totales anuales promedio varían de 2,000 mm (Cerro Punta) a más de 5,000 mm (Cuesta de Piedra). Las lluvias aumentan de la costa hacia la cordillera. Estas alcanzan valores máximos entre 500 y 1,000 m.s.n.m. Arriba de 1,000 metros disminuyen, en especial en lugares abrigados, donde las lluvias de invierno procedentes del Sur no llegan con tanta fuerza (Cerro Punta por ejemplo). Las mayores cantidades de agua (90% del total anual) caen de mayo a noviembre: en Bajo Boquete o Planta Caldera. En los meses de verano (diciembre a abril) caen solamente 10% del total anual. Este régimen de lluvia es el mismo en toda la región con excepción de la faja aldeaña a la divisoria de aguas entre el Atlántico y el Pacífico. Esta faja de unos 5 kilómetros de ancho reci-



de *lluvias del norte* ("bajareque") durante los meses de verano, diciembre y enero en especial.

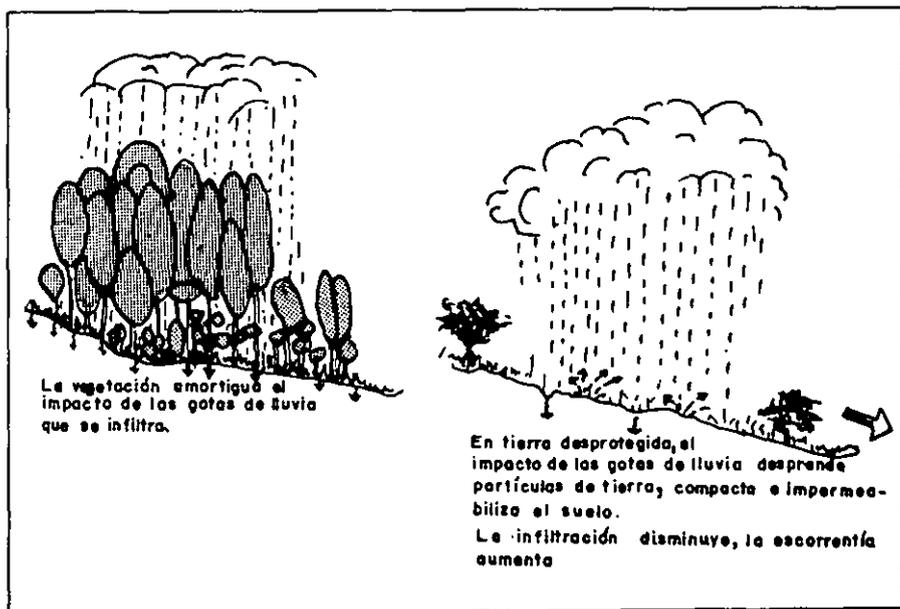
La intensidad de las lluvias que caen en las tierras altas son de hasta 60 mm en 30 minutos, 100 mm en una hora y 350 mm en un día; sin embargo éstas varían mucho de un lugar a otro.

Las regiones que registran las lluvias más intensas son toda la vertiente Sur del Volcán Barú (Potrerillos, Cuesta de Piedra), las partes bajas de Boquete (El Bajo, Jaramillo, El Salto, Volcancito), El Hato de Volcán y Bambito, que reciben directamente, las lluvias del "Sur".

Los tipos de erosión

Para entender el poder destructor del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo se puede considerar que las lluvias más fuertes (80-100mm en una hora) del área tienen una energía mayor de 30 veces donde caen. La masa de las partículas removidas (salpicaduras) por una lluvia de este tipo alcanza entonces 300 toneladas/hectárea.

Cuando el suelo está cubierto de vegetación la energía de las gotas de lluvia es absorbida por la vegetación y el suelo queda protegido. Al contrario en un terreno desnudo (tierra recién preparada) ésta erosión pluvial compacta el suelo y las partículas salpicadas provocan un sellamiento superficial, como se ilustra a continuación:



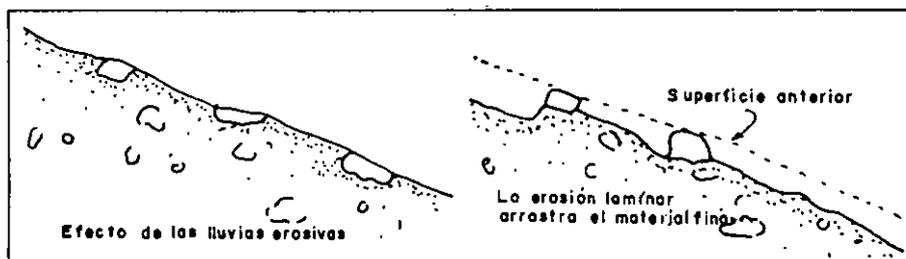
Esa impermeabilización superficial explica el por qué la escorrentía es tan alta en terrenos poco protegidos por vegetación como lo demuestran los siguientes datos experimentales:

Cuadro No. 1: Escorrentía en parcelas de investigación. Lluvia del 3 de octubre: 80mm.

Cobertura	Pasto	Tierra desnuda	Zanahoria
Escorrentía (mm)	0.02	35	5
Coefficiente de Escorrentía (%)	0.03	44	6

La erosión laminar

Las aguas de escorrentía, que corren en forma de hilitos, transportan las partículas de suelo más finas que encuentran sueltas en la superficie ya que no tiene capacidad de arrastrar las partículas de tamaño mayor. Las piedrecitas (piedra pómez en el caso de las tierras altas) se concentran en la superficie. Este tipo de erosión provoca una pérdida de suelo uniforme en la superficie en forma de lámina, como se ilustra a continuación:





En las tierras altas de Chiriquí el suelo se pierde a razón de 200 toneladas por hectárea y año como resultado de las prácticas agrícolas inadecuadas. A este ritmo la totalidad de las capas fértiles se pueden perder en 20 años. Arriba se observa una cárcaba a causa de la pérdida de tierra durante un solo aguacero. Foto: Remy Oster.

Esta erosión es paulatina y no se traduce en fenómenos muy visibles en el campo como la erosión en surcos; sin embargo, ella puede arrastrar varios milímetros de suelo por año.

Erosión en surcos y en cárcavas

Cuando las aguas de escorrentía se concentran (lluvia muy intensa o parcelas grandes) adquieren mucha energía y rompen la superficie del suelo. Van excavando surcos que son entalladuras de hasta un pie de profundidad; generalmente llegan hasta el área de compactación que crean las herramientas de trabajo.

Esta erosión en surcos es un fenómeno muy común en las tierras altas donde causa graves pérdidas de suelo. En casos extremos, cuando se concentra mucha agua van apareciendo *cárcavas* que son zanjones que pueden tener varios metros de profundidad y de ancho.

Cuantificación de la erosión

Lluvias fuertes, suelo arenoso, baja estabilidad de agregados, cultivo en laderas muy inclinadas y a favor de la pendiente, pulverización de la tierra por el tractor, etc. . . , todos estos factores explican por qué la erosión es grave en las tierras altas. Resultados cuantitativos se obtuvieron en 5 predios trabajados a mano: dos en hortalizas, uno en café, uno en pasto y uno en tierra desnuda.

Las pérdidas medidas son de consideración más que todo en tierra desnuda que representa la erosión máxima: al ritmo de 30 mm/año, los 50 cm superficiales del suelo se perderán en 17 años. Al contrario, con una buena cobertura vegetal la erosión es bajísima: 0.01 ton/ha en pasto bien establecido (1980).

Cuadro No. 2 Pérdidas totales de suelo, año 1979 y (1980)

Cobertura	Hortalizas en contorno	Hortalizas a favor de la pendiente	Pasto sembrado el 27/4/79	Café sembrado el 27/4/79	Tierra desnuda
Erosión (ton/ha)	55 (80)	80 (122)	35 (0.01)	77 (0.3)	183 (233)
Espesor de la lámina (*) erosionada (mm)	18 (12)	12 (18)	5 (0.001)	11 (0.06)	27 (34)

(*) El espesor de la lámina de tierra perdida se calcula con la densidad de suelo de 0.6 kg/l. Una ton/ha equivale a una pérdida de un espesor de 0.15 mm (183 ton/ha=183X0.15=27 mm).

El análisis pormenorizado de estos datos demuestra claramente la gran importancia de la cobertura y el efecto de las prácticas culturales.

La protección que ofrece el *pasto* en este tipo de suelo es sumamente efectiva; después del buen desarrollo del pasto, la erosión fue solamente de 0.1 ton/ha en 1979 o sea el 0.07% de la erosión en tierra desnuda (relación de 1 a 1,400). En 1980 la erosión fue casi nula con una relación de 1 a 22,000.

Este hecho se explica por lo que el pasto amarra la tierra, pero más que todo porque bajo pasto la infiltración es casi integral; del 2 de junio al 31 de diciembre 1979, la escorrentía fue de 2.7 mm para una lluvia total de 2,800 mm o sea un coeficiente de infiltración de 99.9% , valor sumamente alto. En 1980 la escorrentía fue de apenas 1 mm para una lluvia de 3,000mm. Este ejemplo ilustra también que el mayor peligro de erosión es al principio cuando el suelo está desprotegido; la erosión fue de 35.4 ton/ha en los primeros 17 días después de la remoción del suelo en pasto.

Además del pasto, los cultivos que mejor protegen el suelo, son cultivos como *café*, *cítricos*, *maracuyá*, *frutales de altura* (naranja, zarzamora, manzana, durazno, etc.). La investigación se realizó en café y los resultados prueban que con un buen manejo la erosión puede ser bajísima. La erosión en cafetal nuevo es altísima cuando se siembra en terreno removido y cuando se limpia la parcela con azadón, dejando el suelo desprotegido: en estas condiciones, las pérdidas de tierra son casi tan importantes como en suelo desnudo (70 a 80% de estas últimas). Al contrario, cuando la maleza se limpia con machete y ésta se deja sobre la superficie (o se riega cobertura muerta), la erosión en café no alcanza el 5% de la erosión máxima (tierra desnuda) desde el primer año. El segundo año la protección del suelo es todavía más efectiva. la erosión fue 2,000 veces menor en café que en tierra desnuda.

Estos resultados ilustran perfectamente la relevancia de la limpieza con machete y de la siembra sin remoción total del suelo; los terrenos donde se va a sembrar café se deben limpiar con machete y solamente se trabaja con azadón el espacio necesario para sembrar los plantones. Después de la siembra el control de la maleza se debe seguir haciendo con machete. Con herbicida se puede observar en el campo que la protección del suelo es menos efectiva, y su uso repetido desmejora la estructura del suelo, por lo que se debe descartar.

En *hortalizas*, las pérdidas de suelo llegan a ser muy importantes y las mismas están por encima de los valores máximos permisibles (aproximadamente 10 ton/año para este tipo de suelo). Las mayores pérdidas de tierra se producen cuando el terreno está preparado para la siembra y en las primeras semanas después de siembra. Es importante la forma en la cual se trabaja el suelo, como se expone posteriormente.

Influencias de las prácticas culturales

Como ya se explicó, el suelo tiene buena capacidad de infiltración siempre que no

se produzca la impermeabilización superficial por la erosión pluvial. La tierra recién removida resiste a la erosión porque la remoción del suelo aerea la tierra y le restituye temporalmente una buena capacidad de infiltración; pero la caída de una o dos lluvias fuertes vuelven a crear la costra de impermeabilización.

La época en la cual se siembra es muy importante, ya que si caen lluvias fuertes cuando la tierra está desprotegida el peligro de erosión es muy elevado. *Las siembras de mediados de año* (septiembre, octubre) *son muy peligrosas*, puesto que la preparación del suelo y siembra de hortalizas en pequeñas parcelas de tierra desprotegida puede arrastrar más de 40 ton/ha.

En parcelas grandes, los daños pueden ser más graves por la concentración de altos volúmenes de agua. Se ha estimado pérdidas de más de 100 ton/ha e incluso 200 ton/ha después de una sola lluvia en parcelas de varias hectáreas con una pendiente de 10%.

Las siembras tempranas son menos peligrosas en cuanto a erosión porque el suelo está bastante seco. Los datos demostraron también lo peligroso que es dejar la tierra desnuda mucho tiempo entre preparación del suelo y siembra de hortaliza.

Sembrar en contorno es sembrar siguiendo las curvas de nivel o eventualmente en parcelas grandes siguiendo curvas con poca caída (para favorecer el escurrimiento del agua).

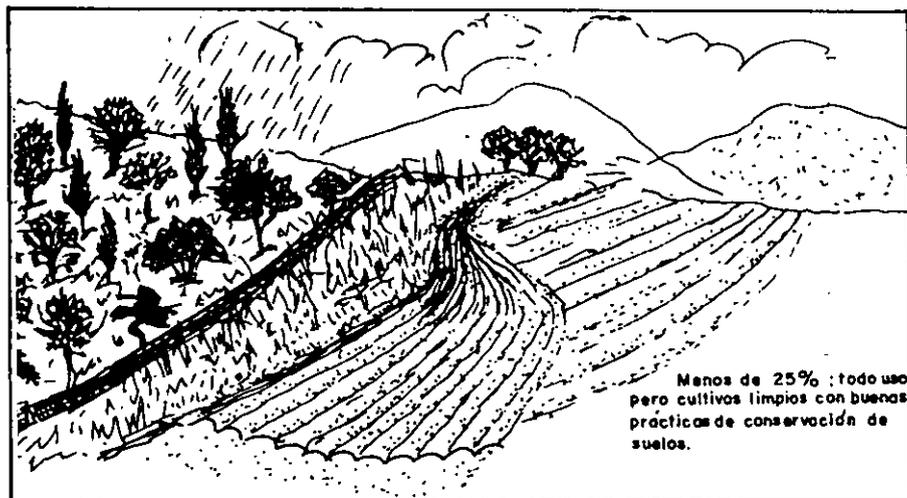
Todos los resultados de la investigación en Boquete demuestran que es una práctica muy positiva, en especial para los cultivos aporcados. Por ejemplo, en la siembra de papa, la erosión fue *5.5 veces mayor* en la parcela sembrada a favor de la pendiente que en la parcela sembrada en contorno. En la siembra en contorno la escorrentía es menor porque cada surco es un obstáculo al avance del agua. Así el agua queda más tiempo en la parcela y tiene más tiempo para infiltrarse.

Los comentarios anteriores se refieren más que todo a los predios de investigación con características bien definidas: pendientes de 35%, trabajo a mano, área relativamente lluviosa. En realidad los factores que condicionan la erosión son más adversos, salvo la lluvia que puede ser menor en ciertas áreas (Cerro Punta en especial) y la pendiente. Los factores que aumentan la erosión a escala real son: la pendiente, el tamaño de las parcelas y la preparación mecanizada del suelo.

En *pendientes fuertes* la tierra solamente se puede trabajar a mano o hasta cierto límite, con bueyes. En estas condiciones la estructura del suelo no se desmejora mucho y la erosión por las aguas de escorrentía se puede controlar parcialmente en parcelas pequeñas. Sin embargo aparecen otros problemas que son:

- El arrastre de tierra por el azadón: la persona que prepara el suelo con azadón hala la tierra hacia abajo. Produce una erosión alta si se considera que desplaza un espesor de 10 ó 15 cm de tierra un metro o más hacia abajo.
- En el verano la tierra seca, pierde su estructura y por la sola fuerza de la gravedad

las partículas de tierra caen hacia el pie de la vertiente (en laderas con pendiente mayor de 50%).



En las tierras altas se pueden observar muchas parcelas muy inclinadas donde la parte alta es de color amarillento: la casi totalidad de los horizontes superficiales del suelo ha sido arrastrada y son las capas inferiores del suelo que afloran (menos fértiles).

En parcelas pequeñas los volúmenes de agua de escorrentía son bajos. Sin embargo, en un predio de solamente 40 m² se han observado volúmenes de agua de 1,500 litros en menos de 30 minutos (escorrentía de más de 30 milímetros) que han producido pérdidas de suelo de más de 30 ton/ha. La misma lluvia en una parcela de una hectárea produce una escorrentía de más de 300,000 litros y en una parcela de 10 hectáreas (las hay en las tierras altas) la escorrentía sube a 3.000,000 de litros. Es fácil imaginar los daños tremendos que puede causar semejante cantidad de agua que se escurre en 30 ó 60 minutos. Desafortunadamente ésto sucede a menudo en las tierras altas.

Para una *Preparación del suelo* en las tierras altas se usa el "rotavator" (o "rotatiller"). Esta herramienta permite un trabajo fácil y estético aunque lento. Estético porque la tierra queda bien pulverizada y la superficie pareja. Sin embargo se puede decir que el "rotavator" es el *enemigo No. 1* de los suelos de las tierras altas, en especial en parcelas grandes. El "rotavator" tiene dos acciones muy nefastas: la primera es que deja el suelo muy pulverizado, más que todo con la tapa trasera en posición baja. Las cuchillas pulverizan la tierra y proyectan los terrenos contra la tapa donde éstos se desbaratan aún más. Con la tapa levantada quedan terrones un

poco más grandes. La segunda consecuencia nefasta es que el "rotatiller" compacta el suelo a la profundidad hasta la cual llegan las cuchillas, produciendo una suela de laboreo o una "plancha" impermeable que disminuye mucho la infiltración, aumenta la escorrentía y el arrastre de la tierra pulverizada con suma facilidad. Los mayores daños siempre se observan en parcelas grandes trabajadas con "tiler".

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados de la investigación permiten concluir lo siguiente:

1. Las lluvias del área son muy intensas.
2. Con una buena cobertura vegetal los suelos de las tierras altas sufren muy poca erosión.
3. En cultivos anuales (hortícolas, papas) las pérdidas de suelo son altas porque el impacto de las gotas de lluvia sobre la tierra desnuda provoca una impermeabilización parcial de la superficie y el consiguiente aumento de la escorrentía.
4. Las aguas de escorrentía arrastran fácilmente el suelo que poco resiste la socavación.
5. Los factores que aumentan la erosión son:
 - a) Pendientes muy inclinadas.
 - b) Parcelas muy grandes.
 - c) Uso indiscriminado del "rotavator".
 - d) Preparación del suelo en época de mayor lluvia.
 - e) Mucho tiempo transcurrido entre preparación del suelo y siembra.
 - f) Siembra a favor de la pendiente.
 - g) Desague con mucha caída.
6. En condiciones extremas las pérdidas de suelo pueden superar 200 ton/ha/año. A este ritmo la totalidad de las capas superficiales más fértiles se pueden perder en 20 años en caso de uso continuo. La triste realidad es que existen parcelas que después de apenas 30 o 40 años de uso bastante continuo, han perdido la casi totalidad de la tierra negra que constituye los horizontes superficiales.

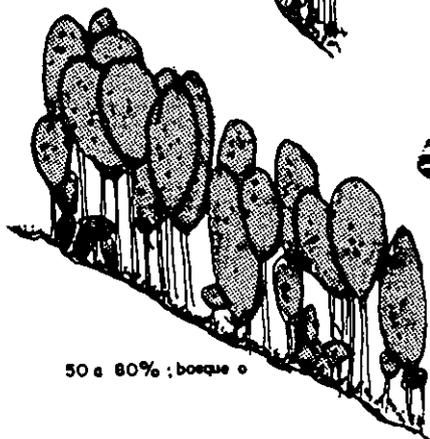
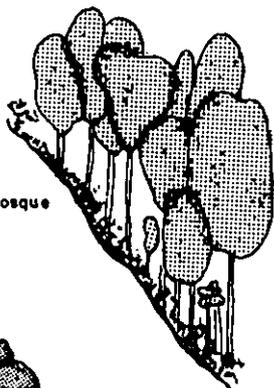
Los resultados de la investigación ponen en evidencia la necesidad de un uso racional y la conservación del suelo; por lo que a continuación se ofrecen recomendaciones.

El uso racional del suelo

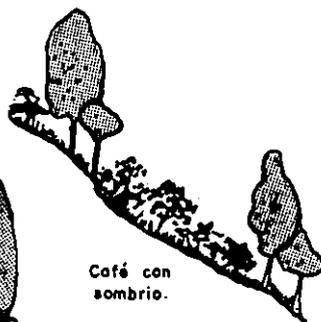
Los suelos volcánicos de las tierras altas son generalmente profundos y fértiles, cualquier sea la pendiente porque son derivados de cenizas volcánicas y se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica. Sin embargo, en pendientes fuertes y con cultivos limpios la erosión es demasiado alta y no se puede controlar con prácti-

USO RACIONAL DEL SUELO SEGUN LA PENDIENTE

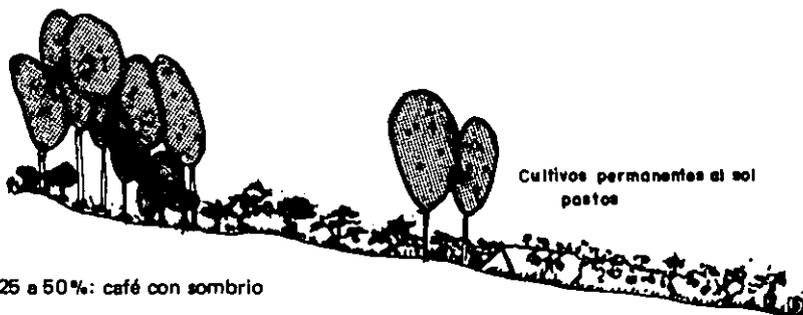
Más de 80% : bosque



50 a 80% : bosque o



Café con
sombrio.



Cultivos permanentes al sol
pastos

25 a 50% : café con sombrio

cas de conservación económica (la única práctica eficiente serían las terrazas de escalón que son muy costosas y necesitan un cuidado constante).

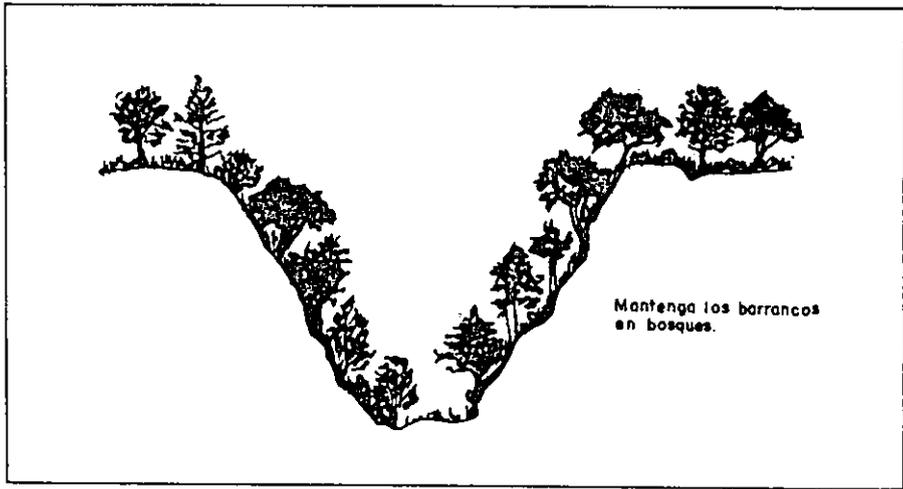
En definitivo para las tierras altas el principal *factor limitante* al uso agrícola de las tierras es la *pendiente*. No todas las inclinaciones son aptas para todos los cultivos y se hace necesario seguir criterios técnicos. El uso racional de estas tierras se puede resumir en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 3: Uso Racional del Suelo en Tierras Altas de Chiriquí

Pendiente	Bosque	Pasto	Cultivos Semi-permanentes		Cultivos Limpios (Hortícolas)	
			Con Sombra (café)	Al Sol (café, cítricos)	Siembra de invierno	Siembra de verano
	exclusivamente	no	no	no	no	no
50-80%	sí	no	sí	no	no	no
25-50%	sí	sí	sí	sí	no	sí
hasta 25%	preferiblemente	sí	sí	sí	sí	hasta 35% con prácticas sencillas.
				con estrictas medidas de conservación de suelos		sí Con prácticas sencillas

El *bosque* es la cobertura vegetal del área que permite la mejor conservación de los suelos; en bosque poco intervenido se observa un horizonte humífero de hasta 50cm de espesor que tiene un papel de "esponja": en época lluviosa, absorbe el agua permitiendo una infiltración casi total.

Con pendiente mayor a 80% no se puede pensar más que en bosque para asegurar una buena protección en laderas muy fuertes (barrancos de los callejones y cuenca alta).



Los *pastos* no son muy extensos en las tierras altas. Más bien cubren tierras relativamente poco inclinadas con problemas *edafológicos* (erosión o infección bacteriana). No se pueden recomendar pastos en pendientes mayor de 50% porque el suelo no resiste el pisoteo del ganado.

El *café con sombra* se puede sembrar hasta 80% de pendientes. Las condiciones de protección del suelo se asemejan a las que ofrece el bosque puro (mucho hojarasca). *Sin sombra* los cultivos semipermanentes no se deberían sembrar en pendientes con más de 50% de inclinación porque el suelo queda más desprotegido (hay menos hojarasca).

El café es el cultivo permanente más extendido en el área. Después siguen los cítricos que cubren varios miles de hectáreas y también ofrecen una buena protección al suelo.

Conservación de suelos

La erosión es baja en cultivos *semipermanentes* cuando el suelo está protegido por cobertura viva muerta ("mulch"). El manejo de los cultivos semipermanentes debe entonces buscar mantener o aumentar estas coberturas.

El buen manejo de los cultivos semipermanentes es:

- a) Para *la siembra*, chapear el terreno (con machete o chapeadora) y usar pala o azadón solamente para abrir el hoyo necesario para sembrar los plantones. Es una forma de labranza mínima porque es necesario descartar la limpieza total del terreno sabiendo que mientras las plantas no cubren el suelo la erosión es conside-

rable, con el consecuente empobrecimiento del suelo. Como medida adicional se puede realizar la siembra en contorno y establecer barreras vivas en lotes grandes.

b) *Después de la siembra* es necesario dejar crecer la maleza (o sembrar una planta de cobertura) y hacer cortes periódicos con machete, en ningún caso con azadón. Cabe mencionar que el uso *repetido* de herbicidas no es aconsejable.

La maleza cortada se deja en la superficie para que actúe como cobertura muerta. Cuando se acumula en las calles, siempre debe ir contra la pendiente y nunca en las calles a favor de la pendiente.

Para la conservación de suelos en cultivos limpios (hortícolas) las recomendaciones son numerosas y sencillas: Las *prácticas agronómicas* buscan dejar el suelo desnudo el mínimo tiempo posible, las *prácticas culturales* tratan de favorecer la infiltración y las *prácticas mecánicas* se emplean para disminuir el efecto de la pendiente y encauzar las aguas de escorrentía.

Las prácticas biológicas y agronómicas

Estas consisten en mantener y utilizar los cultivos de tal forma que la vegetación, asegure una protección eficiente contra la erosión. Se busca obtener una ocupación del suelo lo más extensa posible en el espacio y el tiempo. Así mismo se mejoran o mantienen las reservas orgánicas del suelo para aumentar su resistencia a la erosión. Ejemplos son la variación de la época de siembra y la asociación de cultivos.

En las tierras altas existen varias posibilidades de asociación:

- tomate y repollo
- lechuga y repollo
- tomate y lechuga
- maíz y frijol, etc.
- tomate, repollo y lechuga

Las siembras nuevas de café también se pueden aprovechar para asociar hortalizas. Para conservar los suelos es mejor dejar cobertura viva, pero imperativos económicos obligan a menudo al agricultor a asociar hortalizas con siembras nuevas de café. Es factible durante los dos primeros años mientras el café no da mucha sombra.

Las prácticas culturales

Según su naturaleza y su modo de ejecución, las prácticas culturales pueden por sus efectos mecánicos, físicos o indirectamente biológicos contribuir a *deteriorar* la estructura del suelo como también la pueden mejorar.

Buenas prácticas culturales no afectan la estructura del suelo y mantienen una buena infiltración. Realizadas en contorno ayudan a frenar e infiltrar las aguas de escorrentía.



He aquí las principales recomendaciones:

1. Hacer todas las prácticas en contorno
2. Emplear la mínima labranza posible.

Conociendo las altas lluvias que caen en el área es necesario pensar en una remoción mínima del suelo y es todo lo contrario que está sucediendo: Se hacen muchísimos pases de discos más que todo de "rotatiller" sin pensar en costos y menos en conservación de suelos.

Para conservar el suelo, después de cortar la maleza con chapeadora (o machete) si ésta es muy alta, el *primer pase* se puede hacer con cultivador rotatorio para destruir e incorporar la maleza. Buena parte de ésta queda en la superficie formando un "mulch" que protege el suelo, permitiendo realizar esta preparación unas semanas antes de la siembra el inicio de la descomposición de la maleza. maleza.

Después es necesario razonar en término de *mínima labranza* (*) para disminuir los costos de preparación y mantener una buena estructura del suelo.

El *segundo pase* podría ser con arado de discos. Si la tierra es bastante limpia (es generalmente el caso cuando hubo un cultivo anterior) se puede pasar directamente el cultivador o la rastra. Si la tierra queda mal preparada se puede realizar un *tercer pase* con cultivador de ganchos o rastra.

(*) En la *cero labranza*, la siembra se hace sin arado, controlando la maleza con herbicida si la tierra está muy sucia. Después de 2 a 3 semanas, si se usó herbicida, se siembra en surcos (o chuzo) preferiblemente con una sembradora diseñada especialmente, que abre el surco, abona, siembra y cierra el surco.

En ningún caso se puede tolerar que se hagan 4 a 6 pases de “rotatiller”. No sobra recalcar que es también necesario *sembrar lo más pronto posible* después de la preparación del suelo para evitar la erosión y que la tierra se compacte por las lluvias posteriores.

En cultivos limpios donde las prácticas biológicas no pueden ser intensas es necesario aplicar *prácticas mecánicas* sencillas para reducir el efecto de la pendiente. Lo más importante es: *dividir* las parcelas para cultivar lotes pequeños.

La formación de barreras, asequias, canales y terrazas reduce la erosión.

La sedimentación del lago Alhajuela

Luis A. Alvarado K.

Introducción

En 1524, Carlos V de España ordenó los primeros estudios para un canal a través del Istmo de Panamá. Más de tres siglos pasaron antes de que se iniciaran los primeros intentos de construcción. Los franceses laboraron por veinte años, comenzando en 1880, pero las enfermedades y los problemas financieros los derrotaron.

En 1903, Panamá obtuvo su independencia de Colombia, y en 1904, los Estados Unidos adquirieron los derechos y propiedades de la Compañía Francesa del Canal por \$40 millones y se inició la construcción. El proyecto se completó en 10 años a un costo aproximadamente de \$387 millones.

El Canal tiene aproximadamente 50 millas de largo y está orientado en una dirección de noroeste a sureste. Un barco entrando al Canal desde el Atlántico navega al nivel del mar desde el puerto de Cristóbal hasta las esclusas de Gatún, una distancia de 7 millas. Allí es levantado 85 pies por tres esclusajes al lago Gatún. Desde Gatún navega, a 85 pies sobre el nivel del mar, a Pedro Miguel, una distancia de 31 millas. Un esclusaje en Pedro Miguel baja al barco 31 pies al lago Miraflores. Una milla hacia al sur el barco entra a las esclusas de Miraflores, y en dos esclusajes es bajado 54 pies al nivel del océano Pacífico. Desde ese punto hasta el puerto de Balboa el barco navega 4 millas.

Los 2000 millones de galones de agua que se utilizan a diario para transitar los barcos son la "fuerza motivadora" del Canal. Ya que esta agua es requerida tanto para navegar como para hacer funcionar las esclusas. Sin embargo las acciones del hombre ponen en peligro la existencia de esta fuerza. En esta investigación analizaremos uno de los problemas más críticos: la sedimentación de la cuenca del Canal.

La Cuenca del Canal

La importancia de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá se basa en que es allí, donde se recoge y almacena el recurso natural más importante del Canal: El Agua. La colonización y explotación forestal de esta cuenca ha causado un impacto en las características de la misma que amenaza las operaciones futuras del Canal.

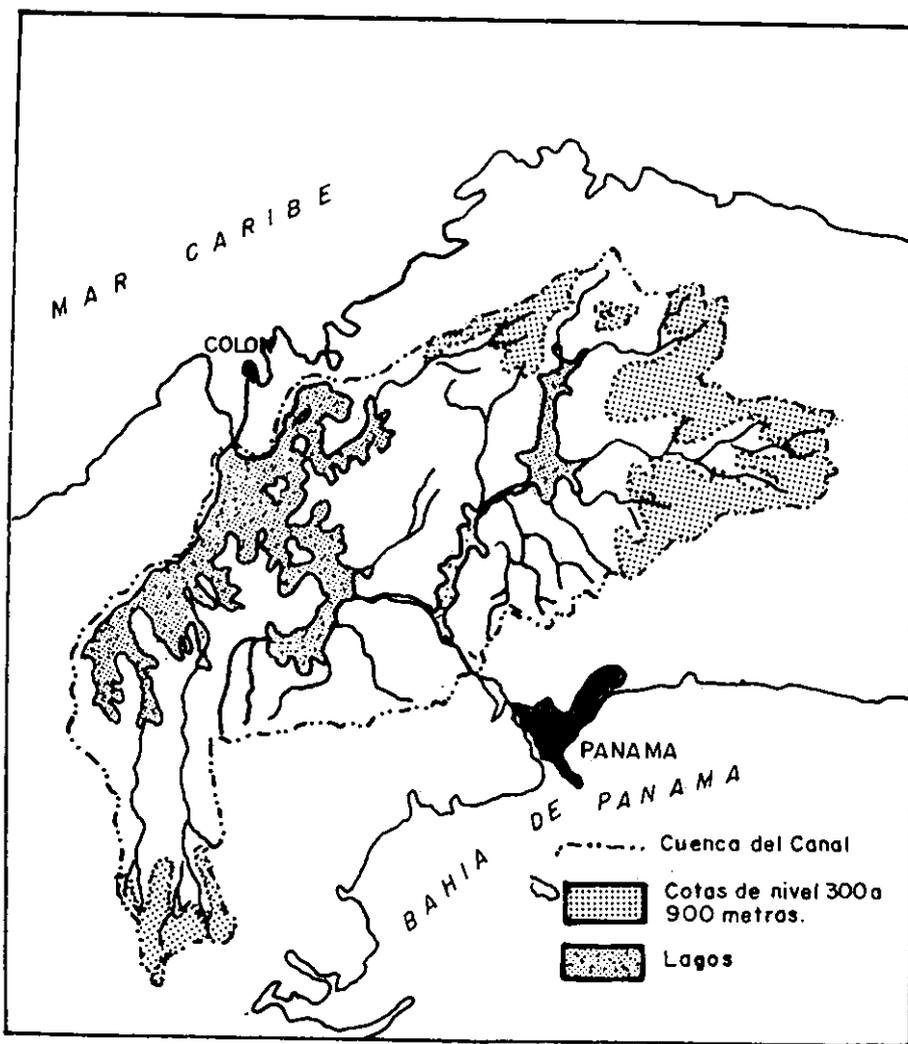


Fig. 1: Delimitación de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

La actual cuenca del Canal se divide en dos partes debido a sus características físicas: La cuenca superior (Alhajuela) y la cuenca inferior (Gatún). La orientación de ambas cuencas (nor-este a sur-oeste), la trayectoria y el desarrollo de las tormentas, las características topográficas y la ubicación de las mismas hacen que la cuenca del Lago Alhajuela sea la que aporte un 40% del agua del Canal aunque en superficie represente un 28% del total.

Desde el punto de vista sedimentológico, la cuenca del Lago Alhajuela es más crítica para el futuro del Canal debido a la susceptibilidad de sus suelos a erosionarse. Por esta razón se le ha dedicado más investigación a esta cuenca que a la del Lago Gatún.

Las operaciones de agua del Canal de Panamá están regidas por 3 factores: disponibilidad, demanda y capacidad de almacenaje.

La disponibilidad depende de la cantidad de lluvia que produzcan la naturaleza, la demanda de agua se determina por el movimiento de tráfico marítimo, y la capacidad de almacenaje depende del espacio previsto para el excedente de agua. Es en la capacidad de almacenaje donde la actividad y comportamiento de la cuenca concierne al Canal de la siguiente manera:

- a. Una reducción en la capacidad de almacenaje debido al sedimento acumulado en el lago, significaría la posibilidad de no tener suficiente reserva en un momento dado (un verano prolongado).
- b. Significaría también tener que verter el excedente del agua por no tener donde almacenarla. El agua vertida al mar no se puede aprovechar para navegación ni generación hidroeléctrica.
- c. Una cuenca alterada y abusada, agotaría las reservas de aguas subterráneas que alimentan a los ríos durante la estación seca.

Este informe presenta una base sustentada por datos confiables sobre la cantidad de sedimentación en el Lago Alhajuela. Esta base, a su vez, será utilizada conjuntamente con los datos obtenidos del Programa de Sedimento Suspendido para que sea factible desarrollar relaciones entre los aportes fluviales y la cantidad del sedimento transportado que entra al embalse. Se utilizará también una estación de muestreo aguas abajo de la represa en Alhajuela, conjuntamente con datos de aporte, para obtener un estimado de las cantidades de sedimento que se filtran a través de las turbinas al generar energía eléctrica en la represa.

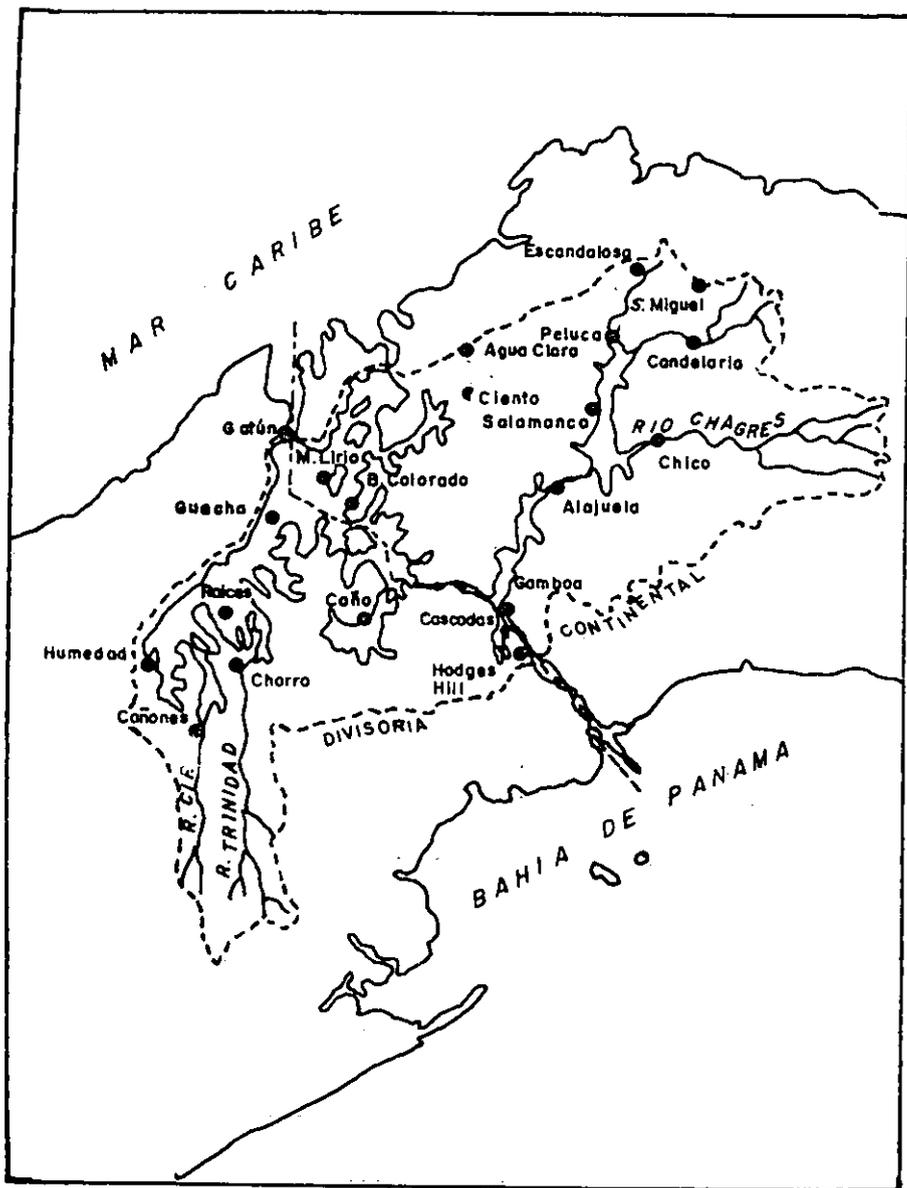


Fig. 2; Ubicación de las estaciones hidrometeorológicas que opera la comisión del Canal en la Cuenca del Canal.

Antecedentes de los estudios de erosión y sedimentación

Por mucho tiempo los hidrólogos e ingenieros del Canal de Panamá han sabido que los cambios en el uso de la tierra en una cuenca hidrográfica inducen cambios en el contenido de la sedimentación fluvial. Los nuevos Tratados del Canal de Panamá, conjuntamente con una demanda cada vez mayor de agua para uso de las comunidades y de la navegación, han justificado la compilación de nuevos datos para actualizar el cuadro futuro del embalse de Alhajuela. El interés en la erosión y sedimentación de la cuenca del Canal ha existido desde principios de este siglo. De 1929 a 1931 se obtuvieron medidas de la suspensión del sedimento del Río Chagres en la estación Alhajuela y los resultados fueron utilizados para calcular la vida útil del futuro embalse del Lago. El cuadro siguiente ilustra los resultados de dichas medidas.

Cuadro No. 1: Resultados de mediciones del sedimento del río Chagres y vida útil del embalse del lago

Elevación de Sedimento Acumulado en Metros	Almacenamiento Perdido (en %)	Volúmen de sedimento (en m ³)	Tiempo Requerido (en años)	Fecha Cronológica
46	25	1.99 X 10 ⁷	358	2289
61	27	2.18 X 10 ⁸	3920	5851
73	78	6.25 X 10 ⁸	11220	13151

FUENTE: (Kellog, 1931)

De 1937 a 1940 se tomaron medidas de los flujos de densidad. La cantidad de sedimento que las corrientes transportan y que pasan por las turbinas y por el Vertedero del embalse resultó ser ínfima. Esos resultados fueron de gran utilidad para evaluar el control que tiene el embalse para atrapar el influjo de sedimento al embalse. Las observaciones visuales de los depósitos de sedimento se registraron, pero no fue hasta 1950, cuando se iniciaron los levantamientos de los transversales de sedimentación en el Lago Alhajuela y se comenzó a vigilar la acumulación periódica de sedimento. De allí en adelante se llevaron a cabo inspecciones del sedimento en

1950, 1955, 1957, 1972, 1973, 1974, 1975, 1978, y 1982. Se establecieron cinco transversales en el lago para este fin, con dos líneas adicionales que se añadieron en 1973 y dos más en 1978. Las elevaciones de la superficie del sedimento, al igual que los transversales se midieron con sondeos a intervalos de 50 pies. Para determinar la acumulación de sedimento en esos transversales se compararon los sondeos recientes con la topografía del área levantada en 1928.

En 1980 se inició un programa de investigación de la suspensión del sedimento de los principales afluentes del Canal de Panamá. Se tomaron muestras en los ríos Chagres, Pequení y Boquerón, así como en los otros tres ríos de la cuenca del Lago Gatún, los ríos Gatún, Trinidad, y Ciri Grande. En 1983, el Departamento de Agrimensura llevó a cabo un levantamiento del fondo del lago Alhajuela utilizando las últimas técnicas e instrumentación disponibles. La hidromensura del lago Alhajuela y el programa de investigación de sedimentos suspendidos fueron solicitados y puestos en práctica por el Departamento de Meteorología e Hidrografía de la Dirección de Ingeniería y Construcción de la Comisión del Canal de Panamá, para establecer con exactitud la cantidad, la ubicación y la velocidad con que deposita el sedimento en el embalse de Alhajuela, y posteriormente, en el Lago Gatún. Dicha información proporcionará registros exactos sobre la merma en la capacidad de almacenaje de agua y se utilizará como base para pronosticar futuras pérdidas de capacidad de almacenamiento con suficiente anticipación para permitir la planificación y construcción de instalaciones de reemplazo (si es que fueran necesarias) y para garantizar el aprovechamiento óptimo del almacenamiento disponible.

En 1978 los hidrólogos del Departamento de Meteorología e Hidrografía utilizaron los datos del levantamiento de transversales para los cálculos preliminares del sedimento que se depositó en el Lago Alhajuela. Aunque se considera que estos datos no son lo suficientemente representativos para un embalse de este tamaño (31.2 km cuadrados a una elevación de 76 metros), contribuyeron a dar una idea de lo que ocurría en cuanto a la pérdida de capacidad de almacenamiento de agua del lago. Los hidrólogos obtuvieron distintos resultados utilizando los mismos datos de levantamiento de transversales, pero el cálculo acordado entre 1934 y 1978 fue de un 5% de pérdida del almacenamiento activo (de 5.7976×10^8 metros³) en esos 44 años. Esta cifra del 5% ha sido utilizada por otros investigadores (por Wadsworth en 1978, y por Larsen en 1979) en conjunto con los datos del levantamiento de transversales, para llevar a cabo proyecciones, con resultados variables. La pérdida de almacenaje proyectada para el año 2000 por el investigador Wadsworth fue de un 40% y por Larsen un 20%.

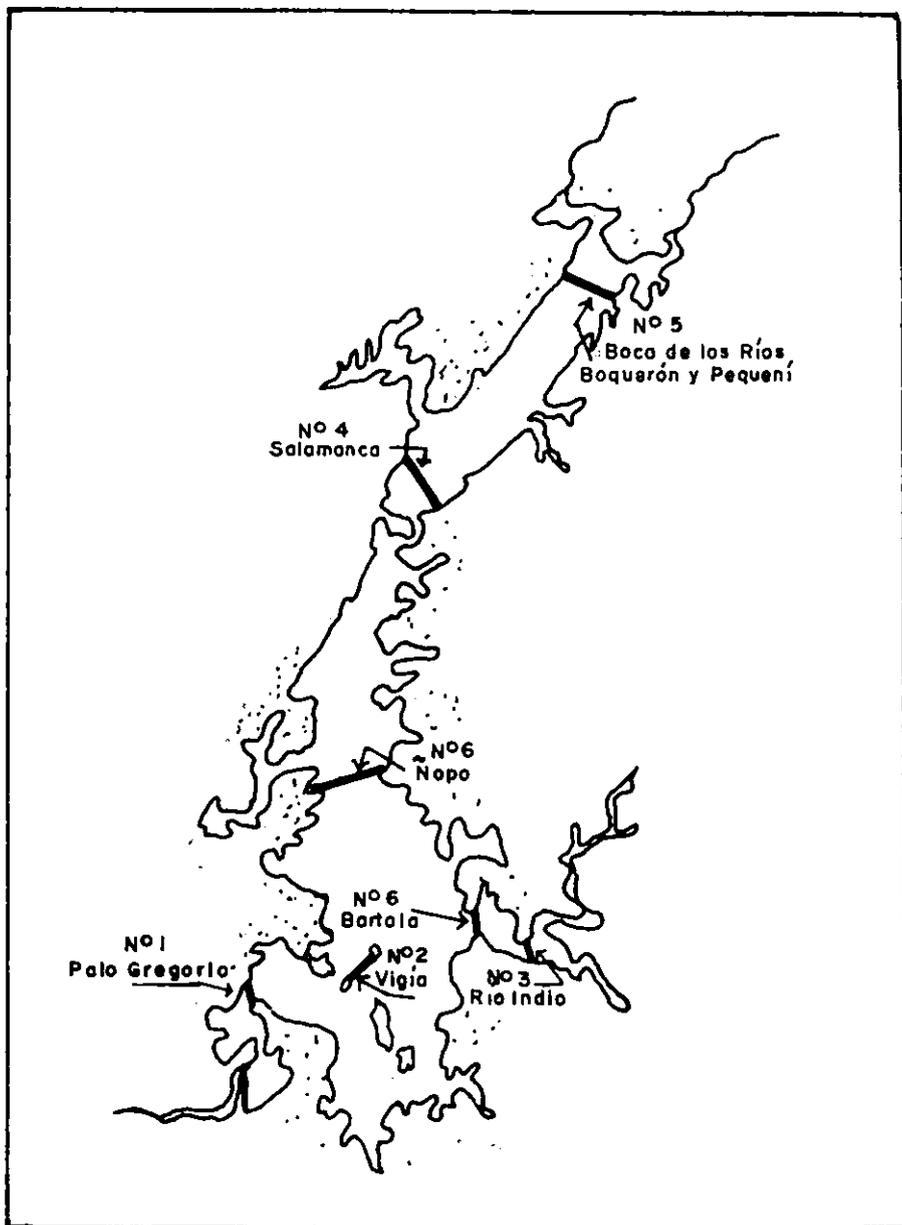


Fig. 3: Localización de las secciones transversales sondeadas por el Departamento de Agrimensura en el Lago Ahajuela.

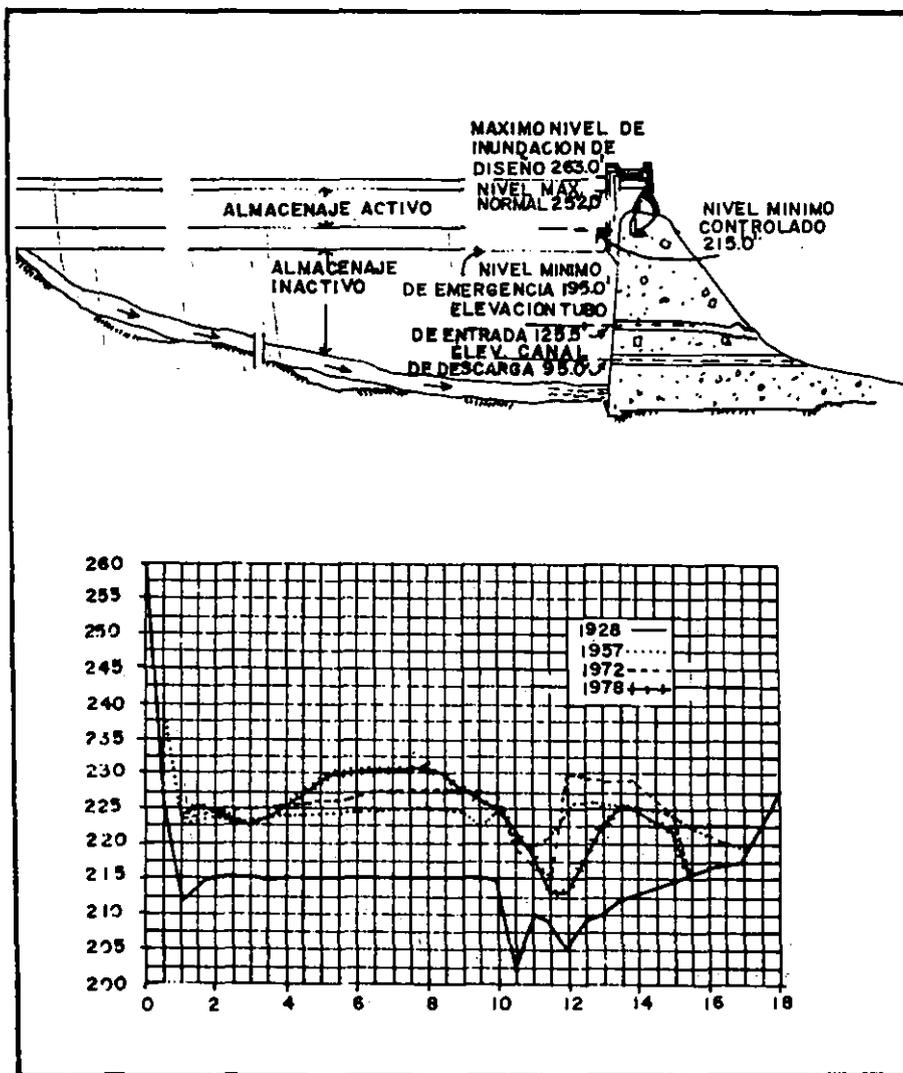


Fig. 4: Superior – Zonas de almacenaje del Lago Alhajuela y noveles de la repese Madden. Inferior – Acumulamiento de sedimentos en el fondo de la sección trasversal de los ríos Pequeni y Boqueron.

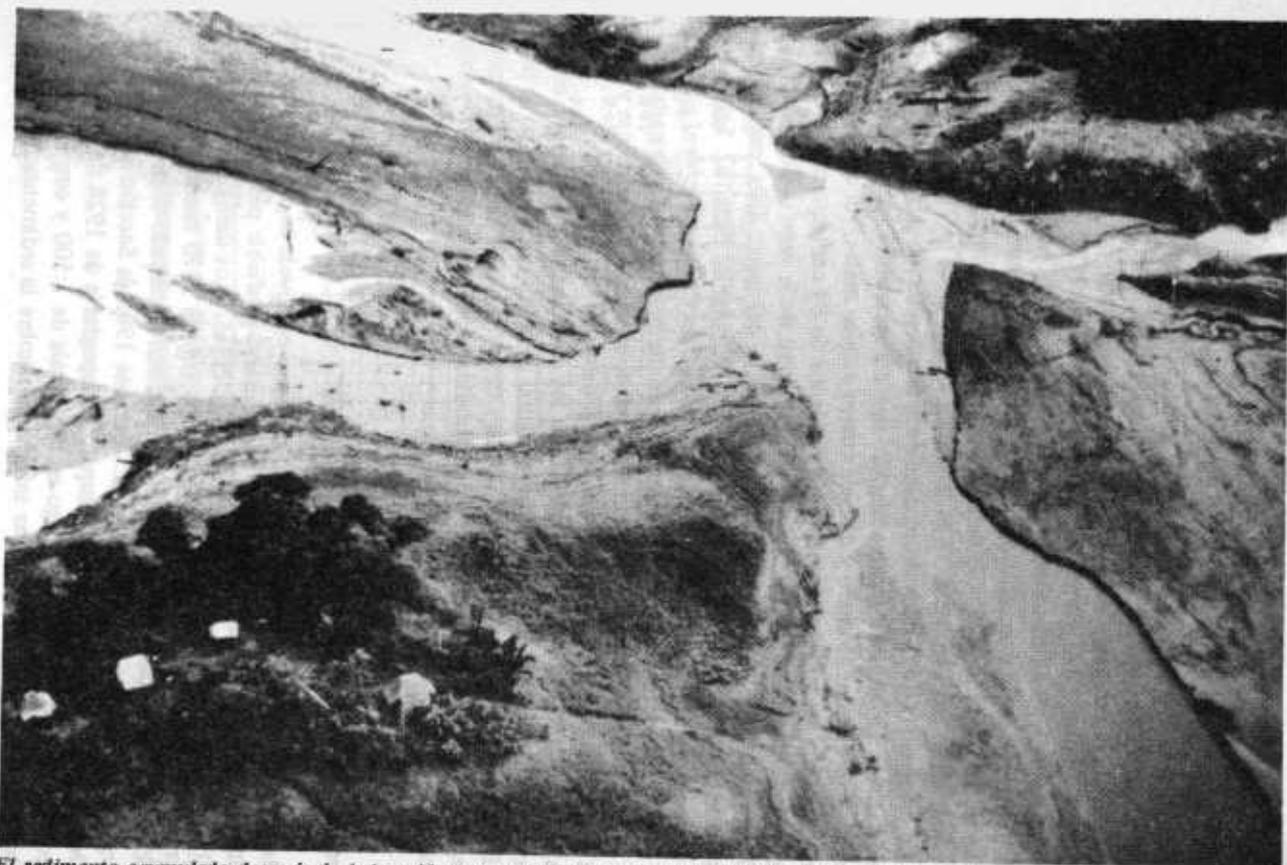
Resultados y discusión

La cuenca del Lago Alhajuela abarca 97,533 Hectáreas de territorio que contribuye a la sedimentación. De esta área, el más importante básicamente inalterado es la reserva forestal del Chagres, con sus 78,026 Hectáreas de bosques y terreno accidentado con pendientes mayores a 45 %, que impiden su utilización óptima como pastizales o para la siembra. Las partes más altas de la cuenca del Canal se encuentran en este área noreste, con alturas de 975 metros (Cerro Bruja y Cerro El Jefe). Los registros históricos de la Comisión del Canal revelan que hasta 396 centímetros de lluvia en un año, con intensidades de 19.05 centímetros por hora, se han registrado en la cuenca, aunque el promedio de precipitación es de 287.02 centímetros por año. La escorrentía de la cuenca proviene de la lluvia, alterada por infiltración y el uso vegetativo. La estación seca comienza algo abruptamente entre mediados de noviembre y principios de enero y dura de cuatro a cinco meses, aunque puede continuar hasta siete meses. Un promedio de alrededor de 84 centímetros de la precipitación se pierde cada año con la evapotranspiración de la vegetación y alrededor de 10 centímetros se consumen por la evaporación del lago. Esta cuenca supe aproximadamente el 40% del agua que consume el Canal de Panamá. Los principales afluentes del lago, en orden de aporte, son los ríos Chagres, Pequeñ y Boquerón. El tipo más representativo de tierra es la arcilla bajo una capa delgada de humus. Este tipo de tierra tiene la tendencia de erosionarse con lluvia intensa y en declives pronunciados, aún bajo cubierta vegetal (Foster, 1973).

La erosión laminada y de surcos, así como los deslizamientos de ladera, aumentan considerablemente cuando la cubierta natural de la selva se altera y no se protege. En la actualidad, la erosión de los taludes de los cauces es la fuente principal del sedimento como consecuencia de su inestabilidad en gran parte de la trayectoria de río.

Reconocimiento hidrográfico del lago

Los datos del reconocimiento hidrográfico del Lago Alhajuela en 1983 produjeron, por primera vez, información que puede considerarse confiable para calcular el depósito de sedimento con un alto grado de credibilidad. Los datos que se registraron en los reconocimientos de la década de 1950 y de 1970 consistieron en profundidades en las secciones transversales que estaban demasiado dispersas para otra cosa que no fuera captar su movimiento. Durante 1983, la Sección de Cartografía del Departamento de Agrimensura comparó la topografía de 1928 del área con el cuadro hidrográfico de 1983 del Lago en una escala de 1:500 y con intervalos de contorno de 6 metros. Para obtener información sobre la sedimentación (las áreas



El sedimento acumulado después de haber sido transportado por intensas crecidas, causa cambios en las características de flujo del río Boquerón. Foto comisión del Canal.

de sedimentación acumulada, los volúmenes de sedimentación, los volúmenes acumulados, y una representación gráfica de cada una de las secciones), se utilizó una computadora. Para diciembre de 1983, el volumen del sedimento acumulado en el Lago Alhajuela desde que fue embalsado, era de 37,822,014 metros cúbicos.

El sedimento acumulado (37.8×10^6 mts³) constituye el 4.7% de la capacidad total de almacenamiento de agua (activa más inactiva) de 7.99×10^8 mts³. El depósito de almacenamiento activo varía de una elevación de 61 a 72 metros (5.80×10^8 mts³), y el depósito del almacenamiento inactivo es desde 61 metros hasta la superficie del terreno (2.19×10^8 mts³).

Rendimientos de sedimento

Las observaciones locales hechas a través de los años (Robinson, 1984) han llevado a la conclusión general de que la incursión de agricultores y ganaderos en el área comenzó hace aproximadamente 25 años, y aumenta cada año. Utilizando una cantidad de 97,533 hectáreas en la cuenca de Alhajuela como territorio susceptible a la erosión, se obtiene un rendimiento de sedimento de 7.91 mts³/hectáreas/año durante el período de 49 años. Utilizando 93% como la eficiencia de retención de sedimento del embalse (Brune, 1953), el promedio de rendimiento de sedimentación total sería entonces de 8.47 mts³/hectárea/año. No obstante, este rendimiento no sería un total representativo por año, ya que se derivó del período total de 49 años, de los cuales sólo aproximadamente los últimos 25 estuvieron una influencia mayor en cuanto a la sedimentación producida por erosión. Por lo tanto, empleando un cálculo sopesado, encontramos que para el período de deforestación, la cifra de 12.42 mts³/hectárea/año de sedimentación es más exacta.

Los prescritos valores, calculados con los datos sobre la cuenca, concuerdan razonablemente con los obtenidos de la relación que existe entre los "efectos del tamaño de la cuenca en la producción de sedimento" (Fleming, 1969).

Tasas de sedimentación

Para determinar las tasas de sedimento (Ts) se necesita considerar una serie de factores que los afectan, los cuales cambian constantemente, y no pueden medirse. Según las condiciones actuales, la tasa de deforestación, es uno de los principales factores que induce la erosión en la cuenca. Para los fines de esta investigación, el volumen de sedimento medido en 1983 se utilizará como dato real. La hidromensura de 1983 del Lago Alhajuela estuvo de acuerdo con los levantamientos de transversales en las áreas de mayor acumulación de sedimento, que son los deltas de los ríos. Esta cantidad de acumulación, a su vez, varía dependiendo de las crecidas de los ríos según la temporada y la cantidad de precipitación pluvial.



Un panorama típico de la Cuenca del Lago Ahajuela donde se observan deslizamientos de tierra en las pendientes deforestadas para hacer potreros. Foto L. Alvarado K.

La tasa de sedimentación se obtuvo a base de los últimos 25 años (1958-1983), ya que la mayor parte de la deforestación tuvo lugar durante dicho período.

Cuadro No. 2: Tasas de sedimentación (Ts)

Tasa (en metros/año) =	Volumen de sedimentación /área del lago/ (años)
Ts (49 años) =	1.54 centímetros/año
Ts (25 años) =	3.02 centímetros/año

La primera tasa, basada en la vida del embalse (49 años) es de 1.54 cm/año, mientras que la segunda está basada en los últimos 25 años y es de 3.02 cm/año, que es un índice conservador, pero ya que el bosque que queda sin desmontar es terreno de mucha erosión, parece ser el índice que corresponde adoptar.

Utilizando una pérdida por deforestación del 20% en un período de 25 años, la tasa de deforestación (Td) de la cuenca de Alhajueta puede estimarse en aproximadamente 810 hectáreas por año.

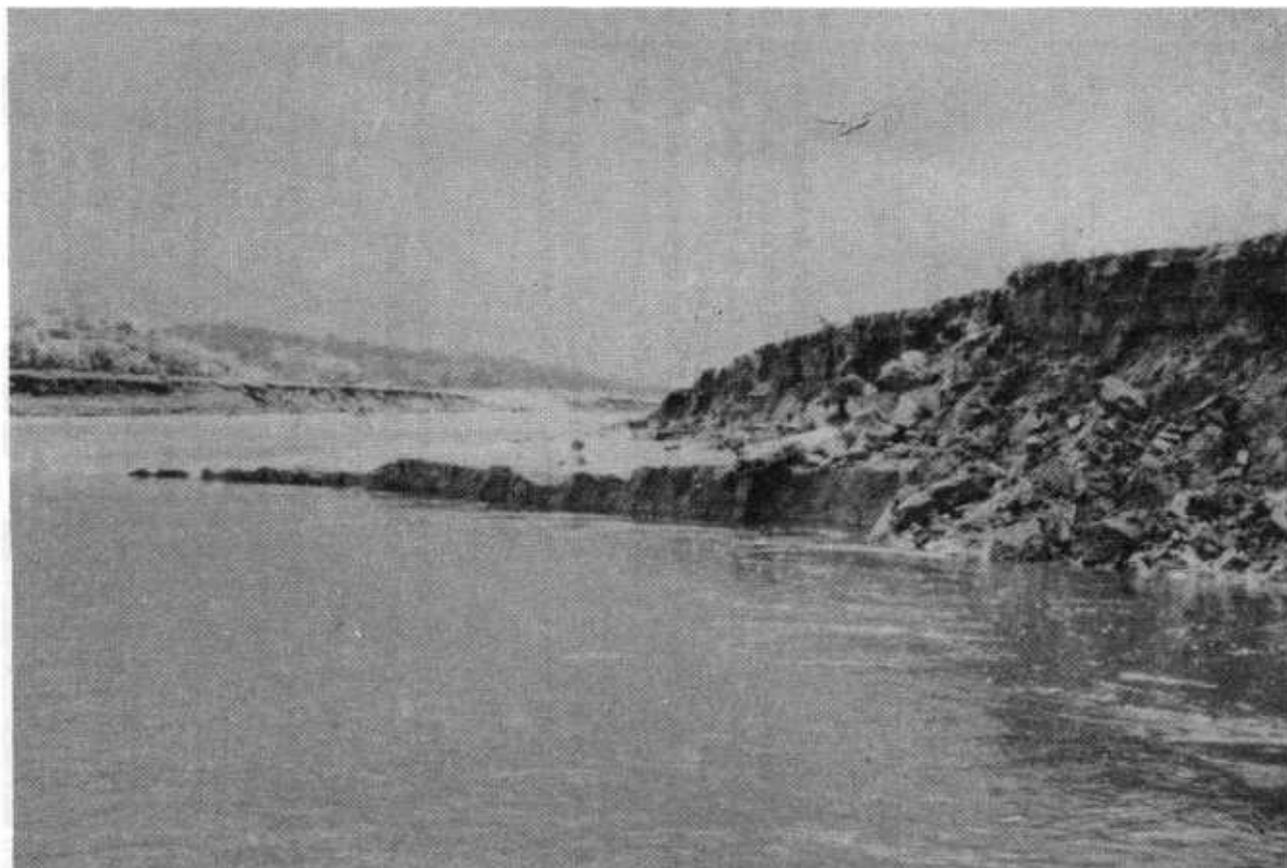
Para los fines de proyección, el inventario calculado de deforestación para 1983 se utilizó mediante índices unitarios, dobles, y triples, resultando el siguiente cuadro:

Cuadro No. 3: Acres de bosque restante en la cuenca del lago Alhajueta en base a las tasas de deforestación (TD)

	1x Td=810 Hectáreas/año	2x Td=1,620 Hectáreas/año	3x Td= 6,430 Hectáreas/año
1983	78,026	78,026	78,026
1990	72,356	66,686	61,016
2000	64,256	50,486	36,716
2010	56,156	54,286	12,416



Un panorama típico de la Cuenca del Lago Alhajuela donde se observan deslizamientos de tierra en las pendientes deforestadas para hacer potreros. Foto L. Alvarado K.



"Derrumbes de los barrancos en la boca del Río Chagres en Alhajuela causadas al bajar el nivel de agua del lago. Foto: I. Alvarado."

Que la tasa de deforestación aumente, disminuya, o permanezca igual dependerá primordialmente de las políticas que imponga el gobierno nacional y de su capacidad de hacer cumplir las leyes recientemente promulgadas para conservar la cuenca del Canal. Suponiendo un régimen pluvial promedio y de una intensidad regular, se puede esperar que las tasas de erosión variarán en proporción directa al índice de deforestación.

Si se deduce un incremento de pérdida de 0.12 centímetros por año a una tasa de deforestación anual de 810 hectáreas, tenemos el siguiente cuadro:

Cuadro No. 4: Proyección de pérdida de almacenaje basado en tasa de deforestación de 1983

Período	Años	Tasa cm/año	Acumulamiento de Sedimentos (Metro ⁸ X 10 ⁷)	Almacenaje Disponible (Metro ³ X 10 ⁸)	%
					Pérdida de Almacenaje
1934-83	49*	3.02	3.7906	7.6142	4.7
1983-90	7	3.90	1.3722	7.477	6.5
1990-2000	10	5.12	2.5730	7.2197	9.7
2000-2010	10	6.34	3.1856	6.9011	13.7
2010-2020	10	7.56	3.7983	6.5223	18.4

(*) (25 Años de deforestación significativa)

Es importante recalcar que esta tabla es aplicable a las presentes circunstancias de fines de 1983 y principios de 1984, y que se necesitan revisiones periódicas para ajustar estos valores a las circunstancias imperantes al momento de las investigaciones.

Sedimento fluvial

La recolección de 4,057 muestras de sedimento de 1981 a 1983, el cómputo de las concentraciones, y la publicación de los resultados de los sedimentos fluviales son parte de un programa corriente que la Sección de Meteorología e Hidrografía lleva a cabo para evaluar las cantidades y los efectos de la sedimentación en el agua que suple al Canal de Panamá. Para recolectar, evaluar, computar y tabular los datos se emplearon (con ciertas adaptaciones para nuestras circunstancias particulares) los procedimientos que el Servicio Geológico de los Estados Unidos ha desarrollado.

Las muestras tomadas en puntos representativos por los observadores en el mismo campo (maestros y campesinos del área), que constituyen la mayor porción de las muestras, fueron comparadas con las muestras transversales tomadas por los técnicos para obtener un coeficiente de correlación aplicado a las muestras de los observadores, y elevar la precisión. Además, durante 1983 se utilizaron muestreadores automáticos que utilizan el principio del sifón, y que ayudaron a obtener muestras de puntos representativos en la etapa alta de las crecidas con un 35% de confiabilidad. En la cuenca del Lago Alhajuela 2,345 muestras se recolectaron y se analizaron, y se resumieron de la siguiente manera:

Cuadro No. 5: Toneladas de caudal sólido aportado durante 3 años

	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>TOTAL</u>
Chagres	342,427	34,414	143,707	520,548
Pequení	460,772	57,113	253,862	771,697
Boquerón	<u>367,453</u>	<u>89,228</u>	<u>242,977</u>	<u>699,658</u>
	1,170,602	180,755	640,546	1,991,903

Para obtener una descarga sólida (DS) representativa de los tres ríos afluentes, se utilizó una relación directa entre la cantidad de precipitación y el sedimento fluvial de cada uno de los tres años del estudio. De estas comparaciones puede aplicarse entonces un valor representativo de descarga sólida a los años anteriores, dependiendo del promedio de precipitación pluvial que hubo ese año, con respecto al promedio de precipitación pluvial de 53 años en la cuenca. Este valor sopesado, aplicado a los últimos 25 años durante los cuales ha ocurrido la mayor parte de la deforestación, se combinó con los primeros 24 años (de 1934 a 1958) y se tabuló utilizando un promedio de precipitación anual con valores conocidos (de 1983), para representar el sedimento fluvial por erosión natural durante ese cuarto de siglo.

Para obtener un número representativo de los tres años de muestras utilizando el promedio de precipitación de 53 años, tenemos el siguiente cuadro:



Vista aérea de la estación Peluca en el río Boquerón. Los niveles del río y la precipitación son transmitidos cada 15 minutos a través de radio a la oficina principal del Departamento de Hidrometeorología en Balboa. El cable vía se utiliza para medir el caudal y el sedimento transportado en suspensión. Foto comisión del Canal.

Cuadro No. 6: Ajuste a la descarga sólida de 3 años

Año	Ds Medidos (en toneladas)	% de Lluvia del Promedio de 53 años	Indice de Ajuste	Ds Ajustados (en toneladas)	Promedio Anual de 3 Años
1981	1,170,602	+ 27.7	.723	846,345	
1982	180,755	-22.4	1.224	221,244	559,983
1983	640,546	+ 4.4	.956	612,361	

Antes de intentar equilibrar la cantidad de sedimento que ha sido transportado por los 3 ríos con los resultados de la hidromensura del Lago Alhajueta, debe observarse que aproximadamente 15 arroyos de menor importancia también transportan sedimento y no han sido considerados como se hizo con los tres ríos principales. Estos arroyos, la mayoría de los cuales no hacen aportes significativos durante las épocas secas del año, representan un porcentaje desconocido del total del material transportado en suspensión.

Aunque el muestreo de sedimento suspendido mide sólo concentraciones hasta una profundidad de 0.3 pies del fondo del río, debe considerarse el movimiento de los acarreo del lecho para obtener la cantidad total del sedimento transportado. Se han desarrollado muchas fórmulas y relaciones para calcular los acarreo de los lechos de los ríos desde que DuBoys presentara dicho concepto en 1879. Además de las muchas fórmulas, se dispone de procedimientos para determinar los acarreo de fondo de las muestras de sedimento suspendidas y las mediciones de las corrientes. A menudo, las distintas fórmulas y procedimientos difieren drásticamente, pero los ingenieros e investigadores prefieren este enfoque a los datos no confiables que se obtienen con el equipo de muestreo disponible. Arbitrariamente añadiendo un 15% como factor de corrección para los acarreo de fondo (Stevens, 1946) al total de la descarga, se aumenta el tonelaje a 1,931,941 por tres años.

Para obtener una idea comparativa de la mensura del Lago Alhajueta (MLA) y los resultados de la investigación de Sedimento Transportado por Ríos (STR), se asignó un peso específico de 1.04 toneladas/Mts³ al sedimento y se obtuvo la siguiente comparación:



*Uno de varios vertederos utilizados por el departamento de hidrometeorología para medir caudales de ríos que aportan agua para el canal
Foto L. Alvarado K.*

Cuadro No. 7: Comparación de volúmenes sólidos depositados y transportados

UNIDADES	MLA/49 AÑOS	STR/3 AÑOS
Toneladas	4.32×10^7	1.93×10^6
Metros Cúbicos	4.15×10^7	1.86×10^6
Metros cúbicos/Año	8.47×10^5	6.18×10^5

Cálculo del sedimento a largo plazo

La importancia o necesidad de saber la cantidad de sedimento que habrá a largo plazo en esta cuenca se justifica por el gran interés que existe en adquirir mayor conocimiento sobre la vida útil del embalse. Este conocimiento exige datos sobre el efecto que tienen las variables hidrológicas en la cantidad de sedimento. La información con que se cuenta actualmente es imperfecta; muchas de las variables que afectan la cantidad de sedimento están relacionadas entre sí, y la influencia cuantitativa de una variable específica sobre una situación dada es difícil de determinar.

Los factores meteorológicos afectan la cantidad de sedimento de varias maneras. Las diferencias de precipitación de un año a otro, o aún de una tormenta a otra, a menudo causan grandes variaciones en la cantidad de sedimento que proviene de las cuencas de cubierta múltiple, tales como la cuenca de Alhajueta, más que otros factores. Al comparar la cantidad de sedimento de las tres sub-cuencas que se han medido y de las cuales se han tomado muestras continuamente durante tres años (1981-1983), el promedio de sedimento anual de la cuenca de mayor erosión (Boquerón) fue de 25.7 toneladas por hectárea al año, o sea seis veces la de la cuenca de menor erosión (Chagres, con 4.17 toneladas anuales por hectárea). Igualmente, al comparar la cantidad de sedimento anual, el promedio de las tres cuencas durante 1981 fue de 27.7 toneladas/hectárea o más de cinco veces el promedio del sedimento de 1982 (4.96 toneladas/acre). La precipitación entre las cuencas, según los registros obtenidos en 5 estaciones de medición pluvial, tuvieron sólo una variación de 11% durante el año, aunque en 1981 la precipitación había sido de 65% más que en 1982.

Las diferencias entre un año y otro en la cantidad de sedimento, ya sea en base a una tormenta o según la temporada, han sido atribuidas a la intensidad y fuerza de la lluvia, las cantidades e intensidad de la escorrentía, y el contenido de humedad de la tierra antes de las tormentas de lluvia (Guy, 1964). A estos factores hay que añadir las pequeñas aunque marcadas diferencias que existen en las cuencas en cuanto a factores ambientales tales como la cubierta vegetal, el uso que se le da a la

tierra, y los factores de eficiencia de transporte hidráulico de los ríos (longitud, talud, configuración).

Conclusiones

Después de una cuidadosa inspección de los resultados de la mensura del Lago Alhajuella y del Proyecto de Sedimento transportado por ríos, hemos podido lograr una evaluación comparativa. Del sedimento total que se deposita en el Lago Alhajuella, aproximadamente el 72% lo transportan los ríos Chagres, Pequení, y Boquerón. El porcentaje restante puede atribuirse a los demás factores en la cuenca mencionada anteriormente.

En cuanto a las proyecciones futuras de sedimento, puede esperarse que la contribución que hagan los tres afluentes principales aumentará drásticamente en proporción a los cambios de la selva natural restante, una vez que la deforestación llegue a la Reserva del Chagres.

Es preciso una vigilancia continua de los cambios que ocurren en las cuencas tales como la de Alhajuella. Lo único que garantizaría un conocimiento fiel y proyecciones de rendimiento exactas serán investigaciones periódicas de datos continuos.

BIBLIOGRAFIA

- Brune, G.M., 1953 *Trap Efficiency of Reservoirs*. American Geophysical Union, Vol. 34, No. 3, Washington D. C.
- Fleming, G., 1969 *The Stanford Sediment Model I Translations*. International association of Scientific Hydrology, Bulletin of the paper 7185 No. 43, London, Eng. pp -1-9.
- Foster, G R., 1973 *Evaluating Irregular Slopes for Soil Loss Prediction*. American Society of Agricultural Engineers. Paper 73-227 Lexington, Kentucky, USA.
- Guy, H. P., 1964 *An Analysis of some Storm Period Variables Affecting Stream Sediment Transport*. Paper 462 - E U.S. Geological Survey Washington. D.C.
- Kellog, H., 1931 *Final Report on Field Investigations of the Madden Dam and Reservoir Site at Alhajuella, Panama Canal Zone*.
- Larsen, C. L., 1970 *Erosion and Sediment Yield as Affected by Land Use and Slope in the Panama Canal Watershed*. U.S. Agency for International Development, Panama. p. 15.
- Robinson, F. H., 1984 *A Report on the Panama Canal Rain Forest*. Panama Canal Commission, Balboa, Panama, unpublished manuscript p. 70.
- Wadsworth, F., 1978 *Death to the Panama Canal*. Institute of Tropical Forestry. Forestry Service, U.S. Department of Agriculture.

Sarigua: Crisis de un ecosistema costero en Azuero

René Chang

La "Albinización" del Litoral del Golfo de Parita

Hoy en día, cuando se discute la destrucción del medio ambiente, se pone mucho énfasis en la desaparición de los bosques húmedos tropicales. Al mismo tiempo, hay ecosistemas menos llamativos que, también, están en peligro de ser destruidos por las actividades humanas. Entre estos se encuentran las zonas litorales que proporcionan un sin fin de alimentos básicos al ser humano y sirven de baluarte contra la acción del mar y del viento.

En Panamá, un área en particular demuestra como la destrucción del litoral se acelera cuando la naturaleza y el hombre entran en una siniestra alianza. Nos referimos a Sarigua donde está ocurriendo un proceso de "albinización" ó "salinización" de los ecosistemas litorales del Golfo de Parita. La acción de los elementos y el hombre contribuyen a que la albina avance anualmente tres metros, a lo largo de un frente de once kilómetros.

En este trabajo se sintetiza información, producto de diversas investigaciones llevada a cabo en Sarigua desde 1979, complementadas con otras fuentes de información proveniente de estudiosos del medio ambiente de Panamá.

Aprovechándonos de estos datos ponemos énfasis, en este ensayo, en la fragilidad de los ecosistemas costeros y la necesidad de adoptar medidas enérgicas para prohibir que los efectos deletéreos de la "albinización" sigan afectando negativamente la economía agrícola de la región.

Ubicación y Características Geográficas

Sarigua está en el Distrito de Parita, Provincia de Herrera, región que pertenece a la Península de Azuero en la Región Central, formada por las Provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas.

Los límites naturales de Sarigua son: al Norte el estuario del río Santa María, al Sur con el estuario del río Parita, al Este con la zona de baja mar del Golfo de Parita, y al Oeste con los campos de cultivo del Distrito de Parita.

La geomorfología de Sarigua corresponde a la de las tierras bajas que circundan el Golfo de Parita, caracterizada por una costa llana, dilatada, con una línea litoral suave. Hacia tierra firme, se ubican las albinas, territorios inundados

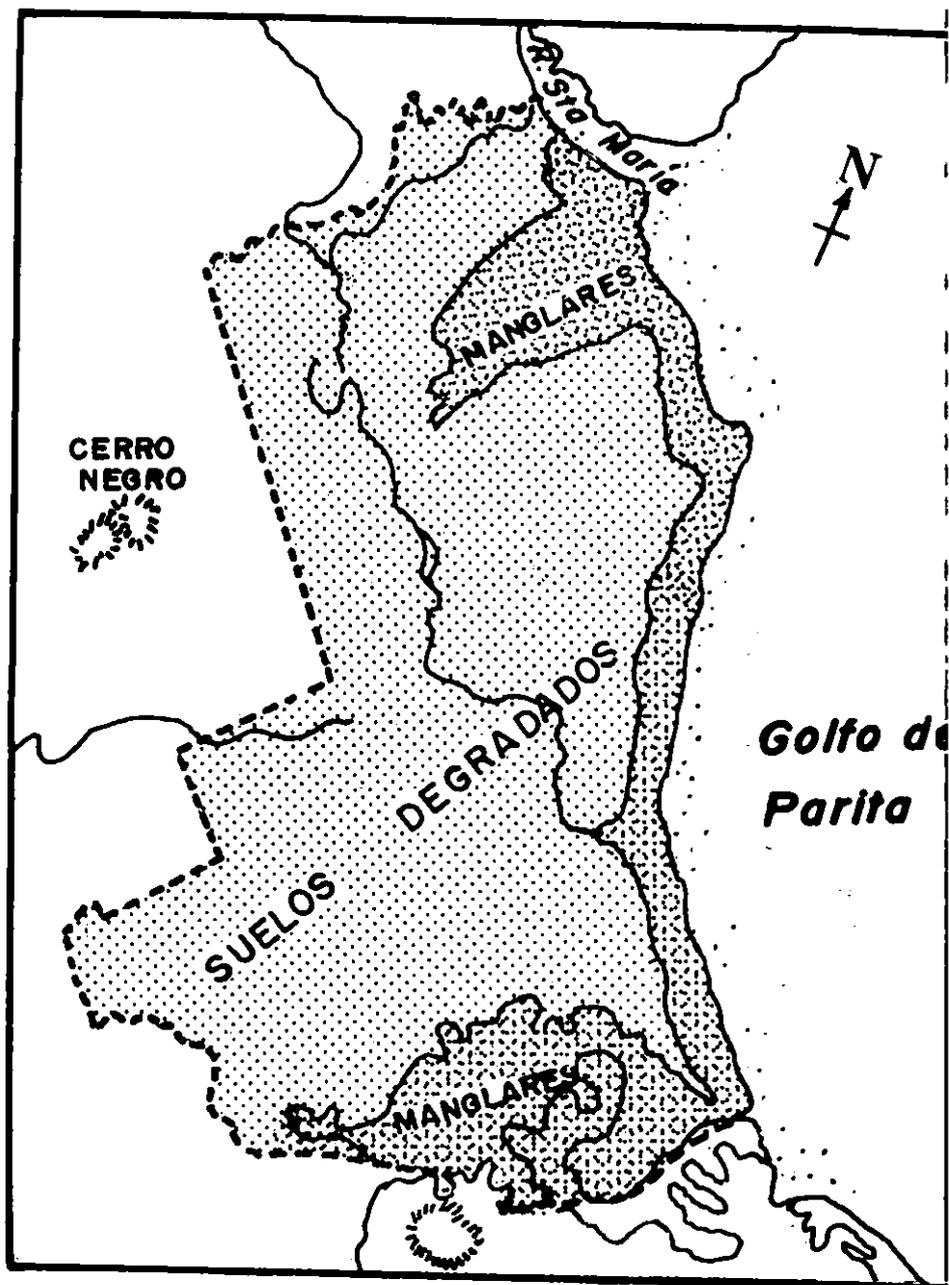


Fig. 1: Parque Nacional de Sarigua, Provincia de Herrera.

periódicamente por los agujajes del mar y casi sin vegetación; éstas limitan hacia tierra firme, con una cadena de montículos cuya elevación no es mayor de los 15 metros, y que presentan un paisaje con una configuración característica del efecto producido por la erosión hídrica y eólica. Hacia el borde exterior de las albinas están las llanuras y colinas de Parita, constituídas por suelos rojos bien drenados, utilizados actualmente en el pastoreo y cultivo de granos básicos.

Los suelos de Sarigua presentan altas concentraciones de aluminio, hierro y manganeso, una acidez que oscila entre 2.5 y 4.8 y concentraciones de sales que equivalen a 50 veces la de suelos agrícolas (Espinosa, 1985). Estos suelos son de origen volcánico extrusivo, provenientes de antiguos conos volcánicos de la cordillera Central de Panamá y del Macizo de Azuero que, por efecto del arrastre de las lluvias en las tierras altas, fueron depositados a través de millones de años, en las planicies litorales (CRA, 1969). Dadas las extremas condiciones de temperatura del área y la presencia de otros fenómenos naturales, éstos suelos experimentan cambios drásticos en su composición, y se observa un proceso de descomposición química y física, que va transformando los minerales originales en compuestos químicos insolubles sobre todo óxidos de hierro, aluminio y manganeso.

La presencia de microelementos en el suelo de Sarigua, plantea un problema adicional en la medida que un desbalance significativo de las cantidades que toleran las plantas del área, puede traer como consecuencia la desaparición de zonas forestadas o el abandono de los campos agrícolas, por la contaminación de elementos tóxicos como el zinc, fenómeno que se da como parte de una cadena de eventos que se desarrollan, paulatinamente, en la evolución de la albina (Chang, 1983).

En las áreas ya degradadas, donde la vegetación ha desaparecido, se encuentra una costra de silicio endurecida, que impide el restablecimiento de la vida vegetal.

Otro elemento de importancia en el medio lo constituyen las mareas. Esta zona litoral, es inundada periódicamente por grandes mareas. Estos agujajes se dan a través del año, en coincidencia con la luna nueva, y alcanzan su mayor altura en octubre y marzo. En la estación seca el territorio de las albinas es inundada casi en su totalidad (5,000 ha) por agujajes mayores de 16 pies y al retirarse las aguas queda una capa de sales, que en pocos días el viento se encargará de desecar. Como efecto secundario de los agujajes, se observa que los suelos vecinos a la albina se salinizan por la infiltración de sales que invaden los poros del suelo (Chang, 1983). Durante la estación seca el efecto de las mareas se percibe con mayor magnitud, sobre todo por la entrada pronunciada de las aguas saladas en los cauces de los ríos Parita y Santa María, afectando los campos de hortalizas ubicados en las terrazas de estos ríos. En la estación lluviosa este efecto se amortigua, por el agua dulce proveniente de las lluvias y los ríos.

El viento en Sarigua tiene un papel de importancia, pues es responsable de procesos que influyen en la evolución de las albinas. Esta zona del país, dada la existencia de una barrera orográfica en su frente del norte, se caracteriza por un clima seco en el que los vientos alisios (del nor-este), limitan el régimen de lluvias. Cabe destacar, que la precipitación es regida en gran parte por la geografía y los movimientos de vientos cargados de humedad que soplan desde la cuenca del Caribe. Estos sistemas meteorológicos depositan la humedad en la ladera norte del Istmo, mientras que en el lado opuesto (Barlovento), resulta una sombra de lluvia que produce un estado de desecación. Según ODUM "donde los vientos soplan a través de grandes extensiones terrestres secas, se manifiesta un marcado déficit de humedad por la alta evaporación causada por los vientos y la escasa precipitación a través del año" (ODUM, 1972).

Los vientos provenientes de las laderas de la Cordillera Central de Panamá, se desplazan con rumbo al Sur-este, impactando perpendicularmente contra la costa de Sarigua. Este fenómeno causa el levantamiento de polvos salinos durante la estación seca, a manera de tormentas tipo "simun". Estas partículas cubren la escasa vegetación que limita con las albinas y los campos de cultivo, salinizándolas. Por observaciones directas en los campos agrícolas vecinos a la albina, se ha comprobado la infertilidad de ciertos sectores, el enanismo en plantas de maíz y sorgo.

De acuerdo a los registros Sarigua, en comparación con otras regiones de la Península de Azuero y el país, aparece como una de las zonas más secas con una distribución de las lluvias restringida a escasos 70 días, durante la estación lluviosa (junio a noviembre). La precipitación oscila entre los 700 y 1,500 milímetros distribuidos irregularmente y que se presenta con fuertes aguaceros de corta duración (entre 30 y 45 minutos) (IRHE, 1984). El impacto de estos aguaceros sobre los suelos de Sarigua es intenso, y se manifiesta por la destrucción de las capas superficiales, la formación de zanjas o cárcavas profundas (de hasta 4 m), y un significativo arrastre de suelos. Con un método sencillo, consistente en hacer un dique de tablas en una de estas cárcavas colocadas a principios de la estación lluviosa, se logró coleccionar unos 300 m³ de suelo, en un pequeño sector de no más de 1,000 m², lo que arroja una tasa de erosión de unos 3 cm por año, arrastrados por efectos de las lluvias. Un valor aproximado del arrastre de suelos pudiera estar entre los 250 y 300 toneladas de suelos en un año, lo que amerita una investigación a fondo, con medios más adecuados.

Entre 1974 y 1983 ha ocurrido un descenso en la cantidad de lluvias que se manifiesta con una tendencia al déficit. Para determinar el déficit de humedad se compara la evaporación causada por el viento y el sol sobre el suelo y la escasa vegetación del área, y la proporción de agua precipitada por las lluvias. En los estudios de Inventario Forestal de Panamá (Tossi, 1971), se demostró un elevado porcentaje de evapotranspiración potencial que manifiesta un elevado porcentaje que oscila entre

los 1,390 y 1,400 mm, lo que indica que no hay excedentes en el suelo para que pueda ser aprovechado por la flora local. También en el análisis de las curvas de precipitación, se apreció un comportamiento extremo con altas y bajas anuales, que después de 10 años de registro indican un descenso de casi 100 mm menos. De continuar este comportamiento las sequías serán un fenómeno que tendrá a ser estacionario y habrá menos días de lluvia (Tossi, 1971). Un último parámetro físico es el de la temperatura. Este es uno de los factores limitantes de mayor incidencia en los ecosistemas terrestres y en el caso de Sarigua aún más, por los desajustes ambientales antes expuestos. La oscilación de la temperatura en el área depende de factores físicos como lo es el movimiento de las masas de aire (ODUM, 1972). En Sarigua, la temperatura es influida por los vientos alisios que azotan la región durante los meses de noviembre a abril y un lapso corto que va de mediados de junio a la primera semana de julio, salvo los años en que la estación seca se extiende hasta bien entrado agosto. En los días más extremos del año, por la oscilación de la temperatura, se han registrado valores máximos que alcanzan los 42°C, en horas de la tarde, y de 19°C, en las primeras horas del amanecer (Chang, 1984). Un registro similar fue realizado por J. Tossi en 1971. En ambos casos, los valores fueron aproximados y manifestaron un rango de variación del orden de los 23°, en un sólo día (Tossi, 1971).

El comportamiento de la temperatura del área es análoga con el de zonas semiáridas y marcan un contraste entre las temperaturas diurnas y nocturnas, afectan el comportamiento de la vida silvestre y sus procesos de adaptación al medio hostil que les rodea. Se ha comprobado la existencia de una conducta y procesos sucesionales típicos de estos ambientes secos, que merecen estudios más profundos.

Fauna de los Ecosistemas Secos y Litorales

La vida silvestre que encontramos en Sarigua es característica de los ecosistemas secos de Panamá. La vegetación se caracteriza por dos asociaciones del Bosque Seco Premontano: las terrestres y las del manglar. Cada una de ellas presenta habitats particulares cuya existencia está directamente relacionada con la dinámica de los procesos ambientales del área.

La vegetación terrestre del Bosque Seco Premontano se caracteriza porque, en gran medida, las especies arbustivas pertenecen a la familia de las leguminosas, plantas con hojas compuestas y que en el área de Sarigua tienen el tallo cubierto de espinas (Holdridge, 1978). Estas espinas, no son más que hojas modificadas que permanecen en la planta, indistintamente de la estación, cumpliendo funciones relacionadas con la defensa mecánica. En estas regiones secas la pérdida del follaje es ca-

racterística de las plantas y es una respuesta ante la falta de humedad, dado que si las hojas permanecieran en el tallo, la evaporación de los fluidos les causaría la muerte. Por esta razón, al iniciarse la estación seca, el Bosque Seco Premontano se muestra deshojado. Ante esta situación, es de suponer la existencia en las plantas de mecanismos de autoregulación para soportar la deficiencia de humedad y el paro de los procesos fotosintéticos. En el caso de las especies leñosas, se observa una compleja red de raíces y en las no leñosas, la existencia de tallos modificados a manera de bulbos, tubérculos y rizomas. La adaptación más interesante es la de cactáceas, que cubren su tallo de espinas y la carencia de hojas la reemplazan con una cutícula fina que hace las funciones de fotosíntesis. Estas son algunas de las múltiples modificaciones de las plantas del área, ante la deficiencia de humedad.

En Sarigua la asociación terrestre del Bosque Seco Premontano está conformada por las siguientes especies: Agallo (*Caesalpinia coriaria*), algarrobbillo (*Pithecolobium mangense*), Herrero (*Prosopis juliflora*), Moro (*Mora* sp.), Cuernito (*Casita Larnesia-na*), Aromo (*Casia* sp.), Carne de Venado (*Terminalia* sp.), Corotú (*Enterobium cyclocarpum*), Guácimo (*Guazuma almifolia*), además de dos especies de cactus, una del género *Elaitor* y otra del género *Opuntia* (Chang, 1983). Este tipo de bosque presenta además, un grupo reducido de especies rastreras suculentas y algunas gramíneas adaptadas a las condiciones de salinidad del área. La asociación del Bosque Seco Premontano, ocupa una estrecha franja que limita las albinas de los campos de cultivo y que se extiende en unos 11 Km entre el curso de los ríos Santa María y Parita.

Por otra parte la asociación del manglar, se ubica a unos 4 Km de la barrera de bosque seco y está constituida por una secuencia regida por la salinidad y la tolerancia de los distintos componentes del bosque del manglar. Así, en áreas que sólo reciben la influencia de las mareas una vez al mes, encontramos la especie comúnmente conocida como "manglillo" (*Conocarpus erecta*), especie que está en contacto directo con la albina. Es un pequeño arbusto de unos 2 m de altura que crece disperso. Seguidamente, hacia la línea litoral, encontramos el "mangle salado" (*Laguncularia racemosa*), arbusto de unos 4 m de altura, en formaciones cerradas que recibe dos mareas al mes. Más hacia el litoral encontramos al mangle negro (*Avicennia nitida*), que alcanza hasta 10 m de altura y está sometido, por lo menos a dos mareas diarias. En contacto entre el mar y la línea de intermareas está la formación del mangle rojo (*Rizophora mangle*), que alcanza hasta los 30 m de altura y que se ubica en sectores comprendidos entre las desembocaduras de los ríos Parita y Santa María. Otras especies de la asociación del manglar litoral de Sarigua, son el mangle piñuelo (*Pellicera rizophorae*), y el "María angola". Esta barrera de manglar ocupa aproximadamente unas 1,200 hectáreas sirve para amortiguar los fuertes vientos que azotan la región, contribuye al mantenimiento de la fauna.

La fauna silvestre de Sarigua es limitada (Delgado, 1984). En los bosquecillos

aislados del límite oeste se han registrado los siguientes animales: Micho de cerro (*Uroscyon cenereoargenteus*), armadillo (*Dasyopus novemcinctus*), conejo muleto (*Silvilagus brasiliensis*), zorra común (*Didelphis marsupialis*), ardilla (*Sciurus granatensis*), gato congo, al igual que murciélago y otros mamíferos menores, cuya identificación requiere de estudios minuciosos.

Además son comunes las siguientes aves: torcaza común (*Columba cayennensis*), paloma titibú (*Leptotila verreauxi*), paloma aliblanca (*Zenaida asiática*), perdiz (*Colinus cristatus*), paisana (*Ortalis cinereiceps*), palomitas tierreras (*Columbina passerina*), y un registro nuevo de la pequeña paloma del Golfo (*Columbina Passerina minuta*).

Los réptiles de Sarigua más comúnmente vistos son: Iguana negra (*Ctenosaura similis*), iguana verde (*Iguana - iguana*), borrigueros (*Ameiva - ameiva*), lagartijas (*anolis sp.*).

Los grupos de anfibios e invertebrados del área aún no han sido estudiados por lo que no es posible precisar los géneros presentes.

En cuanto a la fauna del manglar, tenemos que a nivel de mamíferos han sido registrados hasta ahora los siguientes: gato de manglar (*Procyon cancrivorus*), nutria (*Lutra longicauda*), gato negro (*Eyra barbara*), venado colablanca (*Odocoileus virginianus*). El grupo de las aves está representado por: Loros frente amarilla (*Amazona ochrocephala*), águila pescadora (*Pandion haliaetus*), gavilán cangrejero (*Buteo antracinus*), gavilán caza murciélagos (*Falco ruficolis*), canario del manglar (*Dendroica erithacorides*), Martín pescador (*Ceryle torquata*). En las áreas abiertas hacia el mar se localizan tijeretas marinas (*Fregata magnificiens*), pelícanos (*Pelecanus occidentalis*) y grupos de gaviotas, gaviotines y playeritos.

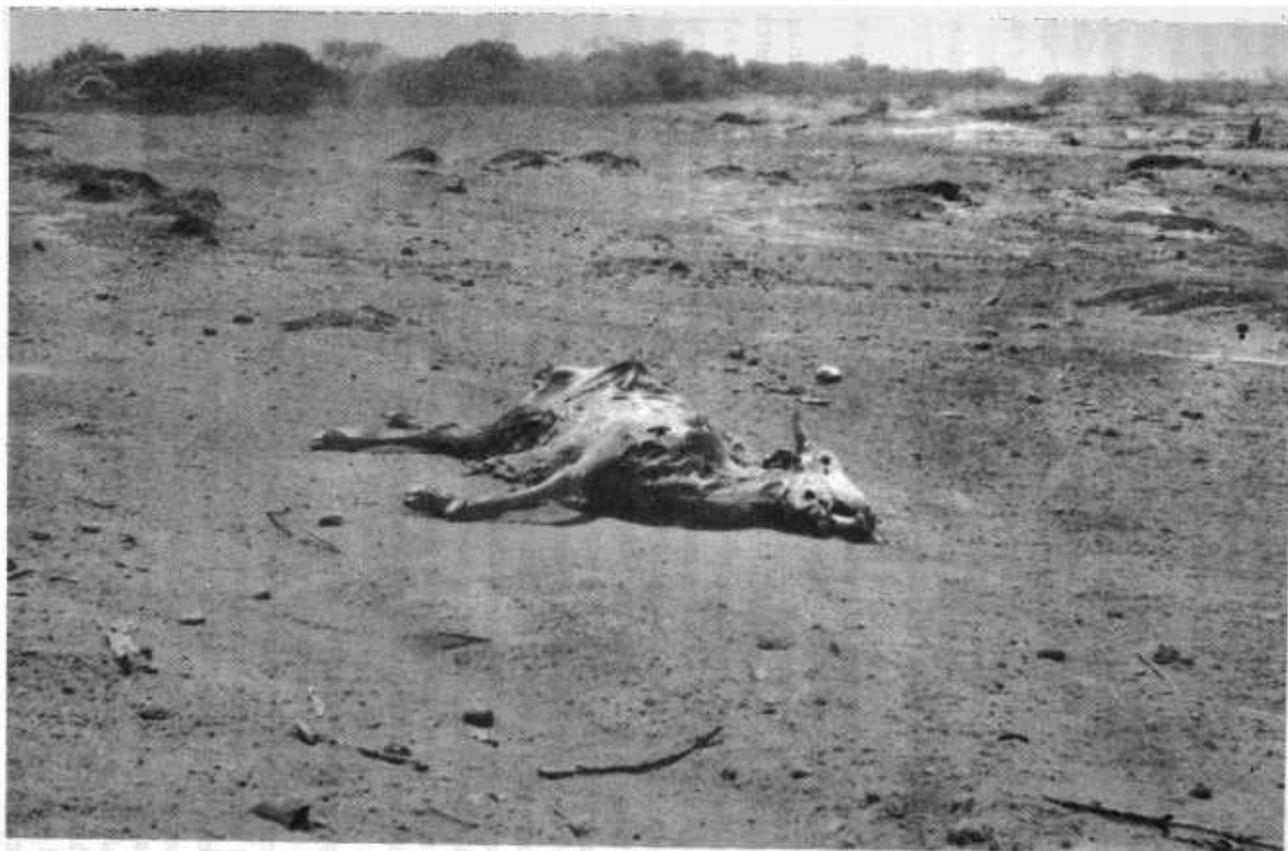
Otros componentes de la fauna son los camarones, peces y conchas del substrato lodoso del límite Este de Sarigua.

A nivel de la biota marina es preciso realizar estudios taxonómicos que permitan identificar el total de estas especies.

La Influencia del Hombre

La ocupación de Sarigua se remonta a principios del Holoceno. En un área elevada en el centro de sitio, los arqueólogos del Proyecto Santa María han localizado un pequeño taller lítico. Aquí se fabricaban artefactos bifaciales —entre ellos punta de lanza— que, representan una pequeña población de cazadores y recolectores, probablemente nómada, que habitaba en la Región Central de Panamá, antes de que la agricultura se introdujera aquí, en algún momento, entre el 5,000 y 3,000 A.C. (Piperno, 1984).

El sitio parece haber sido reocupado para principios del primer milenio A.C. siendo utilizado, en este entonces, no como campamento ocasional, sino como aldea



La entrada de las albinas en los campos agropecuarios está destruyendo las bases de la economía regional, por la pérdida de ganados y cultivos. Foto: R. Chang.

agrícola en la que, aparentemente, ya se cultivaba el maíz. (Este se preparaba con los metates de piedras volcánicas, sin patas, que abundan en los depósitos de esta época. La fecha de carbono-14 más antigua que ha sido registrada para esta ocupación, es de 870 A.C. \pm 50. Está asociada con una cerámica modelada anteriormente desconocida en Panamá (Cooke y Ranere, 1983).

A partir de aproximadamente el 300-500 D.C., es probable que Sarigua haya sido abandonado como aldea permanente. En los últimos seis siglos antes de la Conquista, sin embargo, hay evidencias de una reocupación de ciertos sectores. La presencia de grandes cantidades de vasijas sugiere que la localidad fungía como centro salinero. Lo que sí ha quedado claro es la estrecha relación de los altibajos del sitio arqueológico con la evolución de los ambientes costeros colindantes.

Es verosímil que durante el período de su apogeo como aldea —entró el 1,000 A.C. y el 300 D.C. — Sarigua haya estado más cerca del mar, en una posición excelente para explotar los habitats de intermareas, los manglares, y las colinas localizadas hacia el oeste. Los huesos dietéticos del primer milenio A.C., demuestran que los habitantes cazaban venados de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), iguanas (*Iguanidae*), y pescaban en los esteros donde conseguían, bagres, corvinas y tamboriles, además de conchas. Datos adicionales proporcionados por un estudio sedimentológico hecho por Héctor Cedeño (Universidad de Panamá), sugieren que es posible que el río Parita corriera, en algún momento, delante del sitio arqueológico. En este caso, podría agregarse la comodidad de estar cerca de la desembocadura de un río grande, a las ventajas de la localización del sitio.

Igualmente, es posible que el abandono del sitio entre el 300-500 y \pm 700 D.C., tenga algo que ver con la formación de manglares alrededor de la aldea. Al crecer la albina a partir del 700 D.C., pudo explotarse otro recurso importante, la sal.

Después de miles de años de ocupación del sitio, se produce el despoblamiento, y éste no vuelve a ser ocupado hasta los albores de la conquista. En este nuevo período de la historia reciente de Sarigua se introducen nuevas técnicas en el uso de

la tierra, sobre todo por el pastoreo extensivo y la caña azucarera. En cuanto a la ganadería algunos autores ubican esta actividad en el período del Siglo XVIII, como una floreciente industria, y el cultivo de la caña en la producción de alcohol (Jaén Suárez, 1981).

La intensidad del uso de los suelos en las actividades económicas del período colonial, estuvo influido por otras actividades en el área, sobre todo por la minería y la apertura del mercado metropolitano, mercados éstos que se abastecían fundamentalmente con productos provenientes de la jurisdicción de la Alcaldía Mayor de Natá, de la que Parita era parte (Castillero Calvo, 1971). La estructura económica del área de Parita fue controlada, sobre todo en el Siglo XVIII, por la Iglesia que paulatinamente acaparó propiedades en base al célebre "*ad pias causas*", que actuaba en carácter de recibimiento de testamentos, cuyos expropietarios lograban la sal-

vacación eterna. La Iglesia agrandó su patrimonio que manejaba a través de Cofradías (Castillero, 1984). Las tierras de la Cofradía de la Virgen del Carmen, de la Iglesia de Parita, colindaban con la albina de Sarigua (Chan, R. de, y Castillero, 1984).

En los albores de la era republicana, el territorio vecino de Sarigua ya estaba bajo explotación lo cual contribuyó a que se produjera la deforestación en el área. Posteriormente, con el paulatino reemplazo de la ganadería por la agricultura mecanizada se acentuó la deforestación de las llanuras que bordean Sarigua. Actualmente el área cultivada, que está al Oeste ocupa no menos de 6,000 hectáreas.

El efecto de estas labores agrícolas ha resultado en el crecimiento de la zona de albina, a un ritmo de unos 3 m por año hacia tierra firme, con la pérdida anual de unas 120 ha de suelos agrícolas. Por la notable importancia de estas tierras en la producción de granos básicos, y el monto de las inversiones, que se ubican en el orden de los 7 millones de Balboas (MIDA, 1984), tenemos un manifiesto motivo de preocupación ante el avance de la albina, y ante la falta de gestiones estatales para detenerla.

BIBLIOGRAFIA

- Castillero Calvo, Alfredo. 1971. *La Fundación de La Villa de Los Santos y los Orígenes Históricos de Azuero*. Dirección Nacional de Cultura, Panamá 227 p.
- Chang, René. 1983. Inventario Forestal de Sarigua. Colección para el Herbario Nacional, Universidad de Panamá.
- Chang, René. 1984. Parámetros Climáticos de Sarigua. CECA, Chitré.
- Chang, R. de y Castillero, O. 1984. *La Iglesia de Parita en el Siglo XVIII*. Tesis de Grado, Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Chitré.
- Clary J., Hansell P., Ranere A., y Buggey T. 1984. "The Holocene Geology of the Western Parita Bay Coastline of Central Panama." En: *Recent Developments in Isthmian Archaeology*. Editado por: Frederick W. Lange. BAR International Series 212. Oxford: British Archaeological Reports, págs. 55-84.
- Comisión Nacional de Reforma Agraria. 1969. Catastro Rural de Tierras y Aguas, Panamá 311 p.
- Cooke, Richard. 1983. Sarigua, Primera Aldea Agrícola de Panamá. *La Estrella de Panamá*. Suplemento "Istmo".
- Cooke, Richard y Ranere, Anthony. 1984. A multidisciplinary analysis of prehistoric adaptations to a Tropical Watershed in Panama". En: *Recent Developments in Isthmian Archaeology*. Editado por: Frederick W. Lange. BAR International Series 212. Oxford: British Archaeological Reports, págs. 3-30.
- Cooke, Richard. 1976. "Panamá: Región Central" *Vínculos* 2(1): 122-140. San José de Costa Rica.
- Delgado, Francisco. 1984. Fauna de Sarigua. Buro Internacional de Ambientes Acuáticos (IWBB) Londres.
- Espinosa, Jaime. 1985. Análisis de Suelos de Sarigua. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Inédito.
- Holdridge, Leslie. 1978. Ecología basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica.

- Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación. 1984. Registros Hidrometeorológicos, Estación de Parita, Panamá.
- Jaén Suárez, Omar. 1981. *Hombres y Ecología en Panamá*. Editorial Universitario de Panamá y Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá 227 p.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. 1984. Inversiones del Sector Agropecuario. Dirección de Planificación. Santiago, Panamá.
- ODUM, E. 1972. Ecología. Nueva Editorial Interamericana, México.
- Piperno, Dolores, 1984. "A Comparison and Differentiation of Phytoliths from Maize (*Zea mays L.*) and Wild Grasses. *American Antiquity* 49(2): 361-383.
- Tossi, Joseph. 1970. *Inventariación Forestal de Panamá*. Naciones Unidas, FAO, Roma.

