

La Cuenca del Canal:

deforestación,
urbanización y
contaminación.



Smithsonian Tropical
Research Institute



anam

1999

**LA CUENCA DEL
CANAL:**
DEFORESTACIÓN,
CONTAMINACIÓN Y
URBANIZACIÓN

LA CUENCA DEL CANAL: DEFORESTACIÓN, CONTAMINACIÓN Y URBANIZACIÓN

**PROYECTO DE MONITOREO DE LA CUENCA DEL CANAL DE
PANAMA (PMCC).
SUMARIO EJECUTIVO DEL INFORME FINAL.**

Editores:

Stanley Heckadon-Moreno, Roberto Ibáñez D. y Richard Condit



333.7

H355 Heckadon Moreno, Stanley

La Cuenca del Canal : deforestación, urbanización y contaminación

Stanley Heckadon Moreno, Roberto Ibáñez;

Compiladores: Amelia Sanjur, Salomón Aguilar, Tomás García

Ilustradores Ricardo Barranco y otros.

Panamá: Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 1999.

120p. : il. ; 25cm.

ISBN 9962-614-00-7

1. RECURSOS NATURALES — PANAMA

2. ECOLOGIA TROPICAL

3. CUENCA DEL CANAL DE PANAMA

1. Título.

Edición: María Eugenia Mann

Diseño gráfico: Ricardo Ledezma Bradley

Foto del águila en la portada, cortesía del Patronato de Amigos del Aguila Harpía

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales

Apartado 2072

Balboa, Ancón, República de Panamá

Central de teléfono: 227-6022 / 212-8000

Fax central: 212-8146

Impreso por Imprelibros S.A.

Impreso en Colombia – Printed in Colombia

CONTENIDO

Prólogo	9
Introducción	17
I. La Cobertura Boscosa	
1. Metodología	31
2. Superficie en bosques	32
3. Edad de los bosques	38
4. Número y distribución de especies	38
5. Producción de biomasa	42
6. Reforestación	44
II. Las Poblaciones de Animales Vertebrados	
1. Metodología	47
2. Diversidad de vertebrados y alteración humana	48
3. Aves del sotobosque	50
4. Mamíferos y aves de caza	51
5. Los anfibios	52
III. La Hidrología y Los Suelos	
1. Metodología	57
2. Cuenca experimental de Agua Salud: El agua y el suelo en cuencas con y sin bosques	62
3. Afluentes mayores y menores	66
4. Erosión y sedimentación en los ríos principales	70
5. La creciente contaminación de las aguas	72
6. El modelo hidrológico TOPMODEL	82
IV. Las Poblaciones Humanas	
1. Metodología	85
2. Crecimiento de la población 1950-1990	88
3. La población en los Parques Nacionales	92
4. Chilibre y Chilibrillo: subcuencas con mayor población e industrias	94
5. Santa Rosa: un corregimiento que expulsa población	100
Conclusiones	103
Agradecimientos	107
Glosario	112
Bibliografía	114

MIEMBROS DEL PMCC

Formulación del Proyecto

Dr. Richard Condit, STRI
Dr. Stanley Heckadon-Moreno, STRI

Dirección del Proyecto

Dr. Roberto Ibáñez D., Director (1997-1999)
Dr. Alexis Baules, Director (1996-1997)

Comité Ejecutivo

Dr. Stanley Heckadon-Moreno, STRI
Lic. Aristides Lorlesse, ANAM
Ing. Jesús Saíz / Dra. Devin Reese, USAID

I. Cobertura Boscosa

Lic. Salomón Aguilar, Coordinador, Botánico
Dr. Richard Condit, Asesor e Investigador principal, STRI
Lic. Andrés Hernández, Biólogo
Ing. Jolanta Villarreal, Técnica forestal
Lic. Darío Luque, Botánico
Sr. Agustín Somoza, Técnico botánico
Sr. Israel Tejada, Técnico botánico y zoólogo
Srta. Nefertaris Daguerre, Técnica botánica y zoóloga

Sistema de Información Geográfica

Lic. Raúl Martínez, Coordinador, Geógrafo
Lic. Arizmendis Montoya, Técnico geógrafo
Sr. José Miguel Guevara, Técnico geógrafo
Lic. Irina Madrid, Técnica geógrafa
Ing. Luis C. Berrocal, Técnico en sistemas e Ingeniero civil
Lic. Celmira Peña, Técnica topógrafa

II. Poblaciones de Vertebrados

Dr. Roberto Ibáñez D., Coordinador, Zoólogo
Dr. George Angehr, Asesor, STRI
Dr. Joseph Wright, Asesor, STRI
Lic. Marta Moreno, Técnica zoóloga
Lic. Marina Gallardo, Técnica zoóloga
Lic. Iván Domínguez, Técnico zoólogo
Lic. Edgar Araúz, Técnico zoólogo
Lic. Horacio Zeballos, Técnico zoólogo
Sr. Eric Núñez, Técnico zoólogo

III. Hidrología y Suelos

Ing. Tomás García, Coordinador, Hidrólogo
Dr. Robert Stallard, Asesor e Investigador principal, STRI
Lic. Martín Mitre, Botánico y zoólogo
Lic. Orlando Segundo, Técnico geógrafo
Lic. Hipatia Smith, Técnica en ciencias ambientales

Personal de Laboratorio

Srta. Lineth Arcia, Técnica en ciencias ambientales
Lic. Fernando Valencia, Jefe de laboratorio, ANAM
Sr. Daniel Guerra, Técnico químico
Lic. Jorge Batista, Técnico químico

IV. Poblaciones Humanas

Lic. Amelia Sanjur, Coordinadora, Socióloga
Dr. Stanley Heckadon-Moreno, Asesor e Investigador principal, STRI
Lic. Carmen Prieto, Técnica geógrafa
Lic. Freddy González, Técnico geógrafo
Lic. María Guadalupe Ortega, Técnica oceanógrafa
Srta. Bexy González, Estudiante de sociología
Sr. Elías Monteza, Estudiante de sociología
Sr. Christopher K. Leishear, Estudiante de antropología

Personal Administrativo

Lic. Zeida Batista, Administradora
Srta. Maribel McCoulley, Secretaria
Sr. Ricardo Barranco, Soporte técnico general



PRÓLOGO

La génesis de este proyecto sobre el estado ambiental de la cuenca hidrográfica más importante de Panamá amerita algunos señalamientos. En 1991 y para proteger esta vital región, los gobiernos de Panamá y Estados Unidos firman un convenio de donación para un proyecto de manejo de recursos naturales denominado MARENA. Uno de sus objetivos era establecer un sistema de monitoreo que, además de precisar el estado de sus recursos naturales, consolidase la capacidad del entonces Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) -hoy ANAM- para monitorearlos permanentemente. Este sistema serviría como medio para facilitar la toma de las mejores decisiones tendientes al manejo sostenible de la región.

A mediados de 1995, el director de la USAID en Panamá, David Muchtler, solicitó al STRI formulase un proyecto de monitoreo ambiental para la cuenca canalera y fortalecimiento técnico y científico de INRENARE. Con decidido apoyo del Dr. Ira Rubinoff, director del STRI, y del director de INRENARE, Ing. Rolando Guillén, varios científicos del STRI elaboraron el esquema de este estudio al cual se llamó Proyecto de Monitoreo de los Recursos Naturales de la Cuenca del Canal de Panamá, mejor conocido por sus siglas de PMCC.

Originalmente el énfasis fue sobre tres aspectos ambientales: el estado de la cobertura boscosa, las aguas y suelos, y los animales vertebrados.

Posteriormente se incorpora el tema de la población humana, estudiándose las áreas de mayor urbanización e industrialización, algunos sectores de expulsión demográfica y casos de comunidades, campesinas e indígenas, aledañas o dentro de los parques nacionales.

En la formulación de las metodologías de investigación tuvieron un papel clave los doctores Richard Condit (bosques), Robert Stallard (hidrología y suelos), George Angehr (aves), Joseph Wright (mamíferos), Roberto Ibáñez (anfibios) y Stanley Heckadon-Moreno (poblaciones humanas). Se aspiraba a que estas metodologías, tanto de las ciencias naturales como las sociales, permitiesen forjar una visión integrada sobre el impacto ambiental del desarrollo en esta cuenca y a la vez ofreciese recomendaciones claras para el mejor uso de sus recursos naturales.

Para la pronta puesta en marcha de estos estudios fue sumamente útil la experiencia del STRI en métodos de investigación sobre la flora y fauna tropical. Este centro avanzado de investigación data su presencia en el Istmo de la época de la construcción del Canal y el establecimiento del laboratorio biológico de la isla Barro Colorado (BCI) en 1923. Existe un cierto paralelismo histórico en el hecho que el estudio biológico más importante sobre la Cuenca del Canal de principios del siglo XX ***El Reconocimiento Biológico del Canal de Panamá*** fue liderado por el Instituto Smithsonian entre 1910 y 1912. Concluye la centuria con otro gran esfuerzo científico por parte de esta institución, dedicada a expandir el conocimiento humano sobre esta estratégica región istmeña.

Se inicia formalmente el PMCC con la firma del acuerdo de donación entre la USAID y STRI en marzo de 1996. STRI fungiría de coordinador científico del estudio y trabajaría conjuntamente con INRENARE. En mayo se establece el acuerdo tripartita USAID-INRENARE-STRI, normando las relaciones entre estas instituciones.

Debido a que las tres organizaciones poseen distintos objetivos, sistemas administrativos, culturas institucionales y necesidades de información, se consideró prudente establecer una instancia de coordinación: el comité



ejecutivo. Este ente tripartita sirvió de instancia de consulta, de toma de decisiones por consenso y de facilitador entre el proyecto y las instituciones participantes, conformándose con un representante de cada institución además del director científico del proyecto. Fungió como coordinador del comité ejecutivo el Dr. Stanley Heckadon-Moreno.

El comité ejecutivo preparó los términos de referencia y seleccionó el personal científico y administrativo del proyecto. A inicios de 1996 se escogió al primer director científico, el Dr. Alexis Baules, panameño doctorado en teledetección en Alemania. Luego, a los responsables de los tres componentes, el Dr. Roberto Ibáñez (vertebrados), Salomón Aguilar (cobertura boscosa) y Tomás García (hidrología y suelos). A la partida del Dr. Baules, en 1997, se encarga de la dirección científica el Dr. Ibáñez. Posteriormente, se integran Amelia Sanjur (poblaciones humanas) y Raúl Martínez (sistema de información geográfica).

Tanto el personal como los equipos se ubicaron en la Dirección de Cuencas Hidrográficas de INRENARE, en Paraíso, a orillas del Canal. Se hizo una fuerte inversión en equipos e instrumentos de laboratorio y campo. Una de las mayores inversiones fue el sistema de información geográfica (SIG), unidad altamente especializada con sofisticados equipos computacionales, destinada a aplicar a los sistemas de información las últimas tecnologías de sensores remotos, basadas en imágenes de satélites. Asimismo, se invirtió en capacitar científica y técnicamente al personal del PMCC y de INRENARE, entrenamiento que incluyó el uso de equipos y metodologías novedosas de monitoreo ambiental, impartidas en Panamá, Estados Unidos, México y Puerto Rico.

Previo a los estudios de campo se hizo una intensa revisión de la literatura científica sobre la región, labor que se refleja en la extensa bibliografía que aparece en los volúmenes del informe final.

Un objetivo esencial era producir un mapa preciso de la cobertura boscosa, empleando sensores remotos y satélites. No obstante, tal fue la nubosidad sobre el Istmo durante 1996 y 1997, que esta imposibilitó la obtención de

imágenes claras. Ciertamente, estudiar los trópicos húmedos, aún con las tecnologías y metodologías más avanzadas, no asegura resultados inmediatos.

Este proyecto se realizó durante un período de grandes oscilaciones climatológicas: 1997 fue un año de sequía severa a causa de una de las Corrientes del Niño más fuertes registradas en este siglo, mientras que 1998 fue de torrenciales aguaceros e inundaciones ocasionados por el fenómeno de La Niña.

Originalmente el PMCC debía durar 2.5 años, siendo su fecha de clausura junio de 1998. No obstante, el valor de la información recabada motivó a las instituciones participantes a extenderlo hasta diciembre de 1999. Asimismo, a dar los primeros pasos para asegurar su continuación más allá del año 2000, para servir como instrumento a la mejor administración de los recursos naturales de este ecosistema.

Consta el informe final de siete volúmenes que suman cerca de 1,800 páginas; dos tomos contienen los resultados de los cuatro componentes y tres tomos son apéndices, uno de ellos con mapas y otro un instructivo para las bases de datos digitales. Estos documentos pueden consultarse en la biblioteca Earl S. Tupper del STRI, en la ANAM, la Comisión del Canal de Panamá y las oficinas de la USAID. Para hacer más accesible la información, se ha publicado este sumario ejecutivo, que resume los principales hallazgos. Posteriormente, se imprimirá en forma de libro el grueso de los resultados de los estudios realizados por los cuatro componentes del proyecto.



En nombre de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), me es sumamente placentero presentar este sumario del informe final del Proyecto de Monitoreo de la Cuenca del Canal de Panamá (PMCC), el monitoreo ecológico más amplio realizado para una cuenca en el país y posiblemente, para América Latina.

En ocasiones debemos preguntarnos, así como responder a las interrogantes de otros, si la importancia de este programa justifica su alto costo. En ambos casos, llegamos a la misma conclusión: la Cuenca del Canal es vital para Panamá, tanto por el agua que suple a sus áreas más pobladas como para el tránsito de las naves por el Canal.

Así como cuidamos nuestra salud personal con exámenes médicos periódicos, Panamá debe salvaguardar la salud de su cuenca más importante. El monitoreo ambiental del calibre obtenido por el PMCC servirá para comprender mejor el estado de los recursos naturales de la Cuenca, de los procesos que la alteran y aportará información vital para guiar las decisiones que se tomen para administrarla. Esperamos que este sumario sea leído ampliamente por la comunidad panameña.

Estamos muy orgullosos del equipo que ha producido este impresionante logro, y lo elogiamos como un núcleo de profesionales panameños altamente capacitados. Es nuestro anhelo que esta obra sienta las bases sobre las cuales pueda edificarse el sistema de monitoreo a largo plazo de la Cuenca del Canal, cuya importancia es de nivel internacional.

Lars Klassen
 Director
 USAID Panamá



Nos es grato presentar a la comunidad panameña y a la comunidad internacional el informe técnico sobre los avances y logros del Proyecto de Monitoreo de la Cuenca del Canal.

La Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá comprende el territorio que capta, almacena y supe el agua que hace posible el funcionamiento de la vía interoceánica y el abastecimiento de la principales ciudades y centros poblados, en los que se concentra la mitad de los habitantes del país. Garantizar la cantidad y calidad del agua de esta Cuenca a través de un Programa de Monitoreo es esencial para el bienestar económico, social y ambiental de los panameños.

El informe que presentamos en esta ocasión, producto de la conjunción de esfuerzos de sectores públicos, privados y de la sociedad civil, constituye el punto de partida para la acción de ordenamiento y conservación que el futuro de la Cuenca y de los panameños demanda.

Ricardo Anguizola
Administrador General
Autoridad Nacional del Ambiente



Smithsonian Tropical
Research Institute

Desde sus inicios en 1923 como un pequeño laboratorio en la isla Barro Colorado, en el lago Gatún, Canal de Panamá, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales ha tenido como propósito la investigación de la biología tropical; cómo surgió y evolucionó la vida sobre el planeta, sobre todo en los trópicos.

Durante décadas, los científicos del STRI, sus investigadores visitantes y los estudiantes en general, han utilizado las instalaciones del Instituto para aumentar nuestros conocimientos sobre las plantas y animales del Istmo, dándonos a comprender mejor su historia natural, la unión de las floras y las faunas de las Américas y la separación de sus aguas. Las generaciones de científicos de todo el mundo que han estudiado en Panamá han hecho de Barro Colorado y la Cuenca del Canal una de las áreas tropicales mejor conocidas.

Me da gran satisfacción que la inversión a largo plazo del Smithsonian en investigación básica ha sentado las bases de nuestra participación en el Proyecto de Monitoreo de la Cuenca del Canal, el estudio aplicado más complejo y ambicioso que hemos realizado en esta la última década del siglo. La sociedad moderna no existiría sin la tecnología que se basa en las ciencias.

Ira Rubinoff

Director

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales

INTRODUCCION LUCES Y SOMBRAS EN EL MANEJO AMBIENTAL DEL RIO CHAGRES

Stanley Heckadon-Moreno

A la media noche del 31 de diciembre de 1999 Panamá asumirá uno de los mayores retos de su existencia: administrar el canal interoceánico, una de las principales arterias del transporte y del comercio internacional. Medular al éxito de esta tarea será el manejo sostenible de los recursos naturales de la cuenca del Chagres, río caribeño cuyas aguas y afluentes, almacenadas en los lagos Gatún y Alhajuela, permiten el funcionamiento del Canal y abastecen a las potabilizadoras de Panamá y Colón, ciudades que concentran casi el 80% de la población urbana e industrias del país.

Estratégicamente ubicada en la parte más angosta y baja de las Américas, la cuenca del Chagres o del Canal, de unos 3,300 kilómetros cuadrados, es un extraordinario sistema de producción y almacenamiento de agua dulce. Ella está, no en las periferias subdesarrolladas del país, sino en su epicentro, en la región metropolitana Panamá-Colón, donde los procesos de urbanización e industrialización son más intensos; de allí la urgencia de conciliar este rápido crecimiento sin mermar la capacidad de este frágil ecosistema de producir agua en enormes cantidades y de excelente calidad. Y además, sin degradar la rica diversidad biológica de sus bosques, que



Cipriano Gómez,
campesino de La Represa,
Lago Gatún, con una
jaba de ñame.

en el futuro sustentarán una novedosa industria del turismo científico y naturalista.

Recoge este sumario los principales hallazgos del Proyecto de Monitoreo de los Recursos Naturales de la Cuenca del Canal de Panamá, estudio realizado por una treintena de investigadores de las ciencias naturales y sociales entre 1996 y 1999. Este esfuerzo interdisciplinario e interinstitucional fue coordinado por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), en estrecha colaboración con la Autoridad Nacional del Medio Ambiente de Panamá (ANAM) y fondos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).



Lagartija multicolor.
Especie nueva de lagartija
arborícola (género *Anolis*,
del grupo *mirus*), colectada
en cerro Bruja.

Aporta este estudio un panorama de luces y sombras sobre el estado ambiental de la Cuenca y de los cambios que en ella se han suscitado en las últimas dos décadas. Como veremos, los logros son resultado de decisiones tomadas gradualmente para proteger sus bosques. Los grandes problemas por resolver, son efectos de no haber actuado oportunamente para resguardar la calidad de sus aguas.

Esta investigación aplicada busca precisar el estado de salud ambiental de la Cuenca, para facilitar la toma de decisiones sobre los usos que se le deben dar en el futuro, así como probar y establecer metodologías de monitoreo y formar cuadros científicos y técnicos para ponerlas en práctica.

Se divide este estudio en cuatro grandes componentes: (1) la distribución, diversidad y estructura de los bosques; (2) la situación de los animales vertebrados; (3) los factores que afectan la cantidad y calidad de las aguas y los usos actuales del suelo; y (4) el crecimiento de las poblaciones humanas y su impacto ambiental.

Las oleadas migratorias

Es el Chagres el río de la comunicación interoceánica. A sus orillas se dió cita la humanidad para hacer realidad el sueño de unir los mares por Panamá. Representaban los "pueblos del río" y las "estaciones

de La Línea" del Ferrocarril un arco iris étnico y cultural de gente, venida de las islas caribeñas de habla francesa e inglesa durante la construcción del ferrocarril interoceánico, entre los años 1850-1885 y las obras del Canal Francés (1880-1890); otras procedían de la costa Atlántica colombiana, de Europa y de las lejanas China e India.

En el siglo XX, el poblamiento de la Cuenca se ha suscitado en tres oleadas. La primera, la componen familias desplazadas a principios de siglo por los pueblos que quedaron bajo las aguas del naciente lago Gatún. Son ellas quienes formaron los primeros pueblos "del lago", con su economía de tubérculos para el autoconsumo y guineo para la venta.

La segunda oleada de poblamiento toma fuerza después de la segunda guerra mundial, compuesta mayormente por inmigrantes campesinos del Interior, es decir, de las provincias de la vertiente seca del Pacífico: Coclé, Herrera y Los Santos, Veraguas y Chiriquí. Asimismo, por indígenas emberás procedentes del río Bayano, del Darién y del Chocó colombiano.

La tercera oleada, la actual, obedece ante todo al crecimiento vegetativo de la misma población de la Cuenca y al intenso desplazamiento de familias de bajos ingresos de las ciudades de Panamá y Colón, buscando tierras baratas para sus viviendas y cercanía a puestos de trabajo.



Vista aérea de la ciudad de Colón, situada en la entrada atlántica del Canal de Panamá.

La Transístmica: foco de industrialización y urbanización

Desde la apertura de la carretera Transístmica en 1950, la Cuenca se torna en un frente de colonización agropecuaria, de industrialización

y urbanización. Entre 1950 y 1990 su población aumenta cinco veces, de 21,000 a 113,000 habitantes; entre 1980 y 1990 su tasa de crecimiento anual fue de 3.8%, mientras que la tasa nacional era de 2.7%.

Mucha atención prestó el estudio al área de Chilibre, el corregimiento de mayor crecimiento demográfico y económico, donde los impactos ambientales son más visibles y deletéreos. Un ejemplo es la gravísima degradación del río Chilibre y su afluente, el Chilibrillo. A principios de la década de 1950 eran pocas las industrias en la Transístmica; hoy son muchísimas: desde empresas porcinas y avícolas hasta fábricas de papel, de plásticos y detergentes, fábricas de mosaicos y bloques, de baterías, procesadoras y fundidoras de metal. Proliferan los talleres de mecánica.

Una de las actividades mineras más intensas de Panamá se concentra en la Cuenca, sobre todo cerca de la Transístmica, incluyendo las dos únicas plantas de cemento del país. De allí proviene el grueso de la materia prima usada por la dinámica industria de la construcción de las ciudades de Panamá y Colón.

El dilema esencial de esta intensa urbanización e industrialización es que no ha sido acompañada de la instalación de sistemas de recolección y disposición de basuras, de proyectos de reciclaje de desechos ni de tratamientos de aguas servidas.



Barriada Nuevo México,
Calzada Larga.
Asentamiento espontáneo,
producto de invasiones de
tierras en 1996.

Las condiciones sociales y económicas de la gente son preocupantes, no obstante la riqueza biológica de la región y su vital importancia para la economía del país. Para 1990 no existía un centro de enseñanza secundaria pública completa. El sistema educativo tampoco prepara a los jóvenes para aprovechar las nuevas oportunidades

de empleo que podría generar, por ejemplo, el turismo basado en la riqueza biológica del área y su diversidad cultural. Muchos de quienes trabajan son jornaleros eventuales de la industria de la construcción o vendedores ambulantes de las calles capitalinas. Entre los más pobres están quienes viven dentro de las áreas protegidas.

De la "conquista" a la protección de las selvas

En las últimas décadas, uno de los mayores éxitos en la protección de la Cuenca del Canal es que parece haberse detenido la agresiva expansión de los potreros a costa de los bosques. Este proceso, iniciado en la década de 1950 como parte de la política nacional de "conquista de las selvas", es decir, de expansión de la frontera agropecuaria, destruyó más del 50% de la superficie boscosa de la Cuenca. Actualmente la cobertura boscosa se mantiene, recuperándose gradualmente. Sus bosques abarcan 158,000 hectáreas, el 47% de su superficie total. El 69% de estas selvas está dentro de las áreas protegidas, establecidas por ley, en su mayoría, desde 1980.

También está descendiendo la tasa anual de deforestación, decremento que se ilustra comparando las últimas dos sequías que acompañaron al fenómeno de la Corriente del Niño. En la sequía de 1982-1983 la deforestación se estimó en casi 3,000 hectáreas, mientras que en la de 1996-1997 se destruyeron menos de 30 hectáreas de bosques primarios.

Plantaciones forestales y rastrojos

Desde 1993 están aumentando las áreas reforestadas, cuya superficie abarca más de 3,000 hectáreas. El despegue en el cultivo de árboles maderables para comercialización de la madera, sobre todo por el sector privado, es producto de la implementación de la ley de incentivos forestales. Asimismo, resalta el aporte de las concesiones forestales otorgadas por la ARI, para reforestar áreas degradadas de la antigua Zona del Canal ocupadas por pajonales de la exótica y agresiva "paja canalera".

La abrumadora mayoría de estas tierras se está plantando con árboles de Teca y poco uso de árboles nativos, a pesar de contar el país con más de mil especies potenciales para uso forestal. El cultivo del árbol es una inversión a largo plazo; ello requiere de la existencia de un sólido sistema de investigación y extensión forestal. Es irónico que Panamá, tierra de gran diversidad de árboles, no cuente aún con una escuela de ciencias forestales.

Hay un aumento perceptible en las áreas cubiertas por "rastros" o bosques secundarios, en las áreas protegidas por el Estado y las fincas particulares. Un número mayor de propietarios está dejando regenerar la vegetación a orillas de los ríos y quebradas y en las cimas de los cerros, reflejo de una gradual toma de conciencia ambiental de sus dueños. A esta recuperación también ha contribuido la política del Banco Nacional de Panamá, iniciada en 1990, de no otorgar préstamos agropecuarios en la Cuenca que impliquen la conversión de bosques a potreros, medida acompañada de una concientización de los ganaderos para salvar los bosques de sus fincas. Proteger los bosques secundarios es quizás la forma más económica de reforestar las tierras degradadas y proteger la biodiversidad de la Cuenca del Canal.

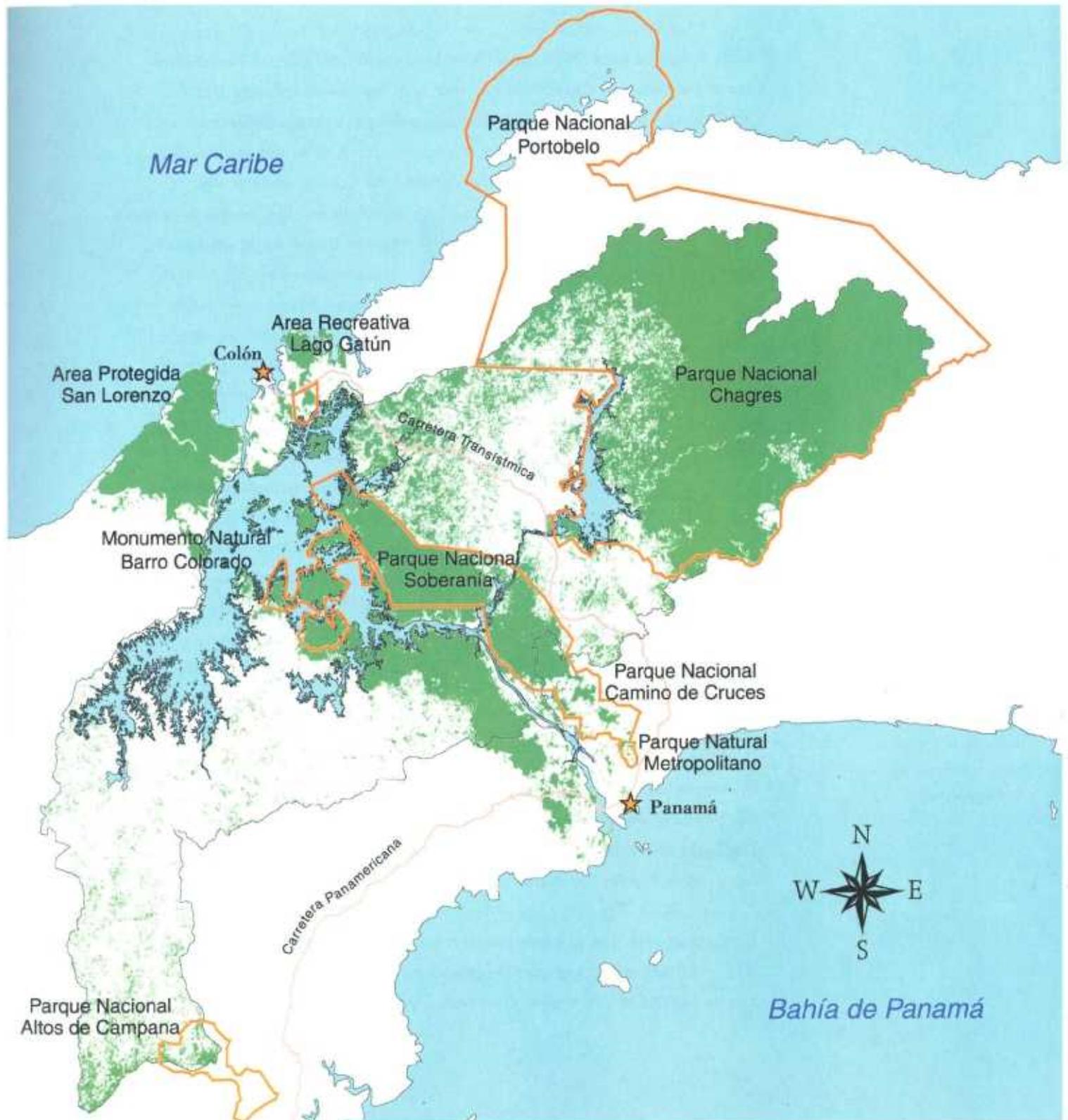
La protección de los bosques

Hoy se cosechan los frutos de decisiones tomadas hace 10 a 15 años para salvar los bosques de la Cuenca; decisiones en que tuvieron un papel clave las persistentes recomendaciones de investigadores y técnicos, panameños y norteamericanos. Entre estas medidas ameritan señalamiento la creación del Parque Nacional Soberanía en 1980, durante el período del presidente Aristides Royo, protegiendo 20,000 hectáreas en la margen este del Canal. Fundamental fue la acción del presidente Eric Arturo del Valle, en 1985, a instancias del Grupo de Trabajo de la Cuenca del Canal, de establecer el Parque Nacional Chagres, resguardando casi 130,000 hectáreas de bosques en las cabeceras de los ríos que más aguas aportan al Canal: el Chagres, el Pequení y el Boquerón. Ese día se compró el seguro de vida de la vía

Áreas protegidas relacionadas con la Cuenca del Canal

■ Áreas con Bosques

□ Áreas Protegidas



interoceánica y de las cuatro potabilizadoras de Panamá y Colón; en las cabeceras selváticas de estos ríos se encuentra el agua de mayor calidad.

A las medidas anteriores, se añaden la creación del Parque Natural Metropolitano, en Ciudad de Panamá, y el Parque Recreativo Gatún, en Colón. En 1993, durante el mandato del presidente Guillermo Endara y por recomendación de la sociedad civil, la asamblea legislativa estableció el Parque Nacional Camino de Cruces, abarcando



Contraste entre los bosques protegidos del Parque Nacional Soberanía y la zona de potreros.

4,400 hectáreas de bosques dentro de las antiguas bases militares de Albrook y Clayton. Así se consolidó el cinturón ecológico selvático que, paralelo al Canal, cruza el Istmo desde el Pacífico al Atlántico. Este será un eslabón clave del propuesto Corredor Biológico Mesoamericano, el cual ha sido adoptado por los gobiernos de América Central como política para salvar los bosques húmedos de la vertiente Atlántica, que se extienden desde el sur de México y

Belize hasta San Blas, en Panamá, en la frontera con Colombia.

Para concluir con este resumen de los pasos seguidos para proteger los bosques de la Cuenca, cabe recordar la creación del Parque Nacional Altos de Campana, en 1966, por el entonces ministro de agricultura Rubén Darío Carles.

Conjuntamente con la consolidación de este sistema de áreas protegidas se ha capacitado gradualmente un cuerpo de guardabosques dentro de la ANAM y la Policía Nacional. A esto hay que añadir el

personal de STRI que custodia el Monumento Nacional Barro Colorado, el área silvestre protegida más antigua de América Latina, establecida en 1923 por Jay Morrow, a la sazón gobernador de la entonces Zona del Canal, a petición de la comunidad científica internacional.

Las áreas protegidas y la participación de las municipalidades y comunidades.

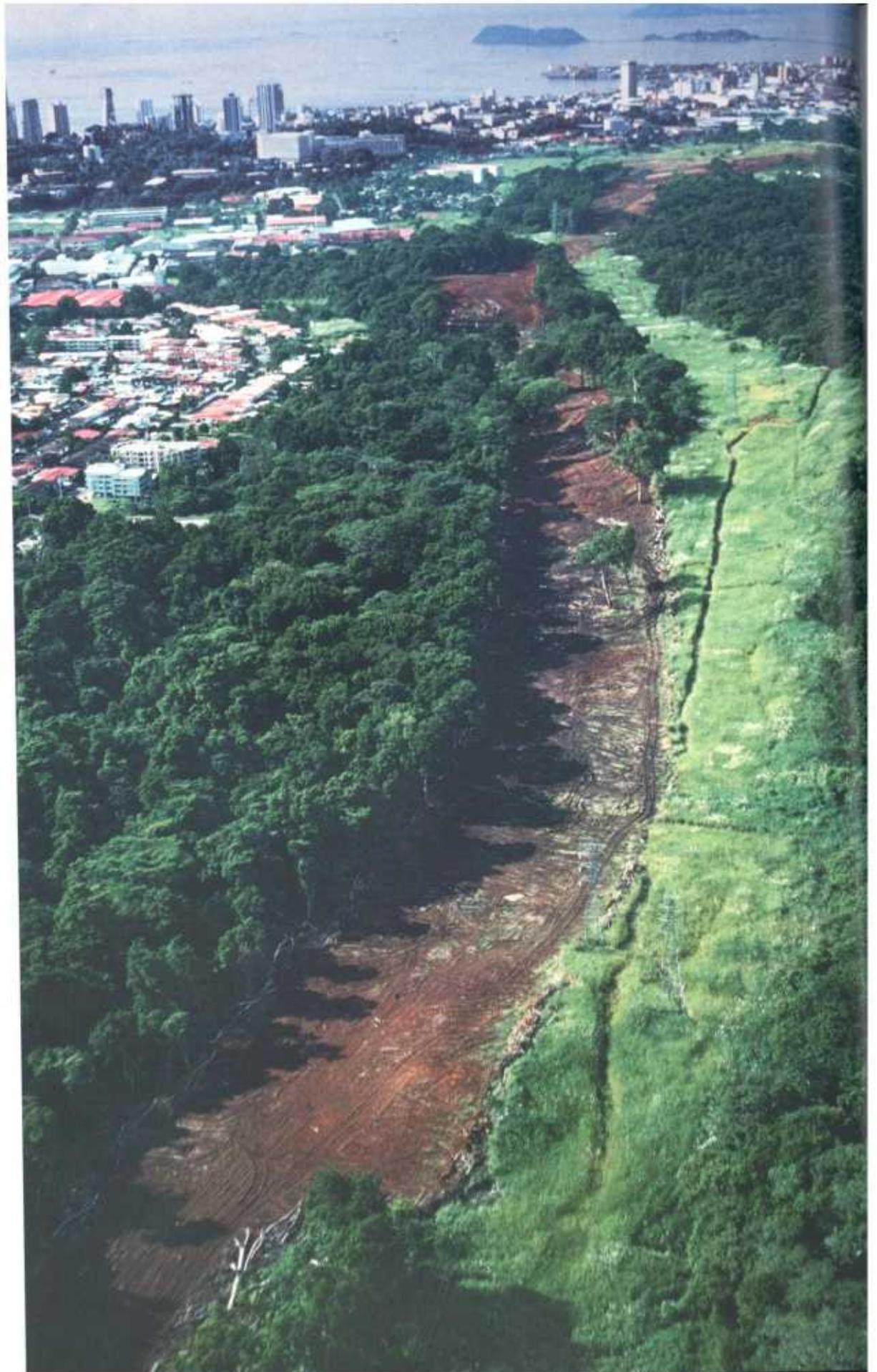
Hasta el presente, manejar las áreas protegidas ha recaído casi exclusivamente en el gobierno central, primero en INRENARE y luego en la ANAM. Sin embargo, a partir de 1994, con la elección directa de los alcaldes, se abre un nuevo capítulo de municipalización y descentralización del país. Ello abarcará el uso y protección de los recursos naturales, lo que requiere fortalecer la capacidad de gestión ambiental de las alcaldías. En la Cuenca del Canal debe incentivarse la formación de áreas protegidas municipales y privadas.

Es impostergable lograr la cooperación de los pobladores de la Cuenca, al igual que las empresas privadas y las organizaciones de la sociedad civil, por medio de formas novedosas de participación ciudadana. Un ejemplo de ello es el caso del Patronato del Parque Natural Metropolitano, formado por nueve instituciones públicas y privadas, presidido por la alcaldía de la ciudad capital. Actualmente se adelantan gestiones para establecer patronatos o fundaciones que administren las áreas selváticas protegidas de Isla Galeta y Fuerte Sherman, en la entrada Atlántica del Canal, en la provincia de Colón.

De los suelos, caminos y carreteras

Como se verá en el capítulo de hidrología, la creciente protección y recuperación de los bosques ha reducido de manera gradual y constante las tasas de erosión de los suelos y sedimentación de ríos y lagos. Aunque el transporte de sedimentos decrece en los ríos más caudalosos, como el Chagres y el Pequení, hay ríos donde las tasas de sedimentos son altas, debido a la construcción de caminos rurales

Inicios de la
construcción del
Corredor Norte,
dividiendo el
Parque Natural
Metropolitano.



mal hechos y sin mantenimiento. En los años venideros, la construcción de caminos y carreteras dentro de la Cuenca debe realizarse luego de los estudios previos de su impacto ambiental, seguidos de la aplicación de medidas de mitigación. Casos preocupantes recientes de grandes obras de infraestructura han sido la construcción del Corredor Norte y la autopista Panamá-Colón, vías de cuatro carriles que atraviezan una el Parque Natural Metropolitano y la otra el Parque Nacional Soberanía.

De la cantidad de las aguas

El constante aumento de la demanda de agua para uso del Canal y las ciudades de la región metropolitana, permite vislumbrar que a corto plazo llegará a tope la capacidad de producción de la Cuenca. Ello requerirá buscar fuentes adicionales de otros ríos caudalosos de la vertiente húmeda del Atlántico para canalizarlos hacia el lago Gatún, costosa pero necesaria tarea que recaerá sobre la Autoridad del Canal de Panamá. En vista de ello, la Asamblea Legislativa de Panamá emitió la Ley 44 del 31 de agosto de 1999, ampliando la superficie de la Cuenca del Canal en más de 2,000 kilómetros cuadrados, que abarca los valles de los ríos Indio y Coclé del Norte.

La pérdida de la calidad de las aguas

Un recurso insustituible de Panamá, de incuantificable valor, ha sido la altísima calidad del agua del Chagres y sus lagos. Tanto así, que los ingenieros sanitarios le han apodado el "champán panameño", agua que, potabilizada a bajo costo, se ofrece a la ciudadanía a 13 galones por centavo de dólar. De no tomarse las medidas necesarias, las familias de la región metropolitana tendrán en el futuro inmediato que comprar agua embotellada a razón de 4 a 5 balboas el galón. El costo económico y social de la pérdida de calidad de las aguas del Chagres asume magnitudes inestimables.

Aunque la calidad de las aguas en las tomas de las potabilizadoras de las ciudades se mantiene buena, paulatinamente es mayor el número

de ríos y quebradas donde la contaminación aumenta, como se verá en el componente de hidrología de este informe; el panorama es más agudo en los cursos que atraviesan la Transístmica.

A diferencia de la deforestación, que es visualmente impactante, la contaminación de las aguas es un enemigo más oculto y por tanto insidioso. Entre sus síntomas visibles está la expansión de la vegetación acuática, producto del uso creciente de detergentes, fertilizantes y desechos humanos y animales; esta vegetación es cada vez más extensa en las desembocaduras de los ríos que desaguan a los lagos Gatún, Alhajuela y Miraflores. Hay ríos que ya no pueden usarse siquiera para fines recreativos, pues sus aguas ocasionan escozor a los bañistas.

Imperativo es tomar medidas de mitigación ambiental en el eje de la Transístmica, como a lo largo de la nueva autopista Panamá-Colón y la modernizada línea del ferrocarril interoceánico. Si a lo largo de esta nueva vía se repitiese el desarrollo ecológicamente destructivo que ha caracterizado a la Transístmica, el problema ambiental de la Cuenca del Canal podría ser casi irreversible.

La ciencia, la política y el buen manejo del agua

Una creencia generalizada de los panameños en el siglo XX ha sido que, sin tomar en cuenta el estilo de desarrollo que se suscite en la Cuenca del Canal -tierra quebrada, lluviosa y de suelos muy pobres- ella siempre estará en condiciones de producir muchísima agua y de excelente calidad. Hasta hace poco, la costumbre ha sido ejecutar obras, luego ver cuáles son sus efectos ambientales, o cuando más, estudiar los impactos mientras éstas se ejecutan. Un mensaje de esta investigación es que en algunos casos estamos sobrepasando los límites de la naturaleza,

Así como en el pasado se tomaron medidas para proteger los bosques de la Cuenca, en el futuro inmediato será cuestión de buen gobierno el establecer políticas para administrar sus aguas. Ello

requerirá de nuevas formas de cooperación entre las instituciones públicas y privadas, la instauración de normas de calidad y un programa sostenido de monitoreo ambiental. Al igual que el concepto de mantenimiento, el de monitoreo ha sido ajeno a nuestra idiosincrasia. Hoy urge que cambie esta actitud.

Proteger y monitorear la calidad de las aguas de la Cuenca del Canal es tarea insoslayable: de ello depende la salud de casi un millón de habitantes. Este es uno de los grandes desafíos del Panamá del siglo XXI y su éxito o fracaso dependerá de la capacidad nacional de generar una masa crítica de investigadores, técnicos y administradores ambientales.

Aspiramos a que los resultados de este estudio sobre las relaciones entre el hombre y la naturaleza en el entorno de este río tropical llamado Chagres, sean de utilidad para la toma de decisiones que ayudarán a resguardar este extraordinario patrimonio natural.



LA COBERTURA BOSCOSA

Salomón Aguilar
Richard Condit
Raúl Martínez

El estudio de la vegetación de la Cuenca del Canal ha tenido varios objetivos: delimitar la extensión de los bosques, conocer las especies de árboles existentes, su distribución y abundancia; determinar y precisar su estructura, diferenciando entre los bosques maduros y los secundarios; establecer la biomasa por hectárea de estos bosques y conocer más a fondo el impacto del hombre sobre estos bosques tropicales.

1. Metodología

Para estudiar estos bosques se emplearon "parcelas" y "transectos", dos metodologías complementarias que el STRI ha desarrollado en Panamá en las últimas décadas. El método de

parcelas, donde se marcan, mapean e identifican todos los árboles mayores de 10 centímetros, se conoce como censo de parcelas de bosques tropicales y actualmente se emplea en Puerto Rico, Colombia, Ecuador, Tailandia, Malasia, India y varios países de África. Como complemento se aplicó el método de transectos, o recorridos que se hacen a través del bosque para evaluaciones rápidas de la vegetación, con el fin de conocer la distribución de las especies de plantas y la calidad del bosque.

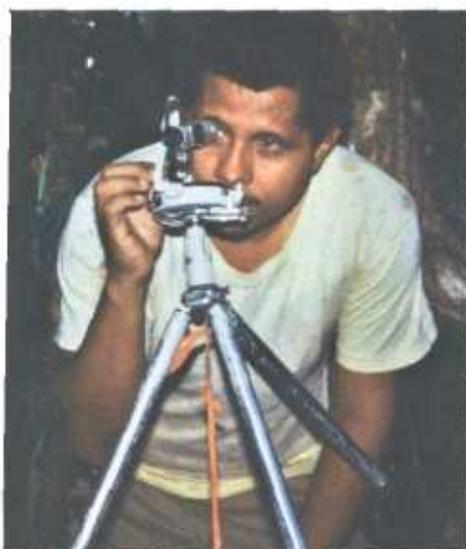
Para obtener información de campo se establecieron, en distintos puntos de la Cuenca, 39 parcelas y 8 transectos. Las parcelas de bosques son de distintos tamaños; para este estudio se utilizaron 31 de una hectárea y 8 de 1/4



Espavé (*Anacardium excelsum*), especie de mayor producción de masa vegetal en bosques secos de la Cuenca del Canal.

de hectárea; los transectos recorridos fueron de 5 kilómetros de longitud.

2. Superficie de bosques



Levantamiento topográfico de una parcela donde se midieron, mapearon e identificaron todos sus árboles.

Un objetivo medular del PMCC fue el elaborar un mapa más actualizado sobre la distribución actual de los bosques y los distintos usos del suelo. La confección de este mapa se logró mediante la interpretación y clasificación digital de imágenes de satélite Landsat TM, adquirido especialmente para el PMCC, y el uso de fotografías aéreas para clasificar algunas áreas cubiertas de nubes. La clasificación digital obtenida en el laboratorio fue validada posteriormente con la verificación en el campo, estimándose que el mapa tiene un grado de confianza aceptable del 86%.

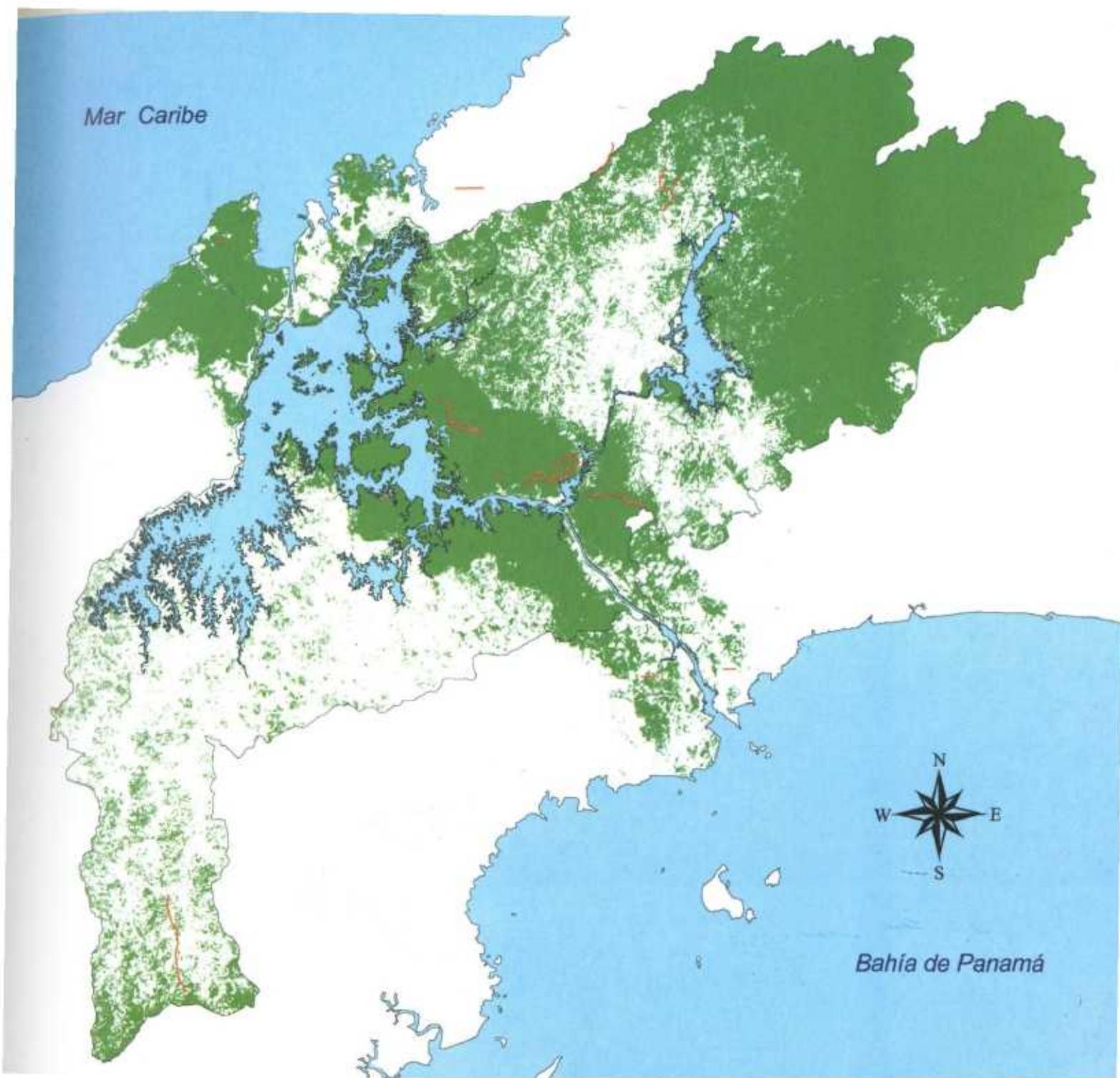
Para el año de 1998, la superficie cubierta por bosques en la Cuenca del Canal abarcaba 158,000 hectáreas, es decir, el 47% de la superficie total de la Cuenca. El 69% de éstos bosques está dentro de las áreas protegidas, principalmente en el Parque Nacional Chagres, que contiene el 55% de los bosques de la Cuenca y el 80% de los bosques bajo protección.

Transectos para el inventario de árboles

 Transectos

 Áreas con bosques

Nota: los transectos son rutas o senderos a lo largo de los cuales se realizaron observaciones



Otra meta importante fue la de confeccionar mapas históricos de la cobertura boscosa, que indicaran las tendencias de la deforestación en las últimas tres décadas. Para este análisis histórico de la deforestación, se utilizaron imágenes Landsat TM de los años 1973, 1974, 1986, 1987, 1989, 1990 y 1991. Su comparación permitió establecer que, desde 1974 hasta

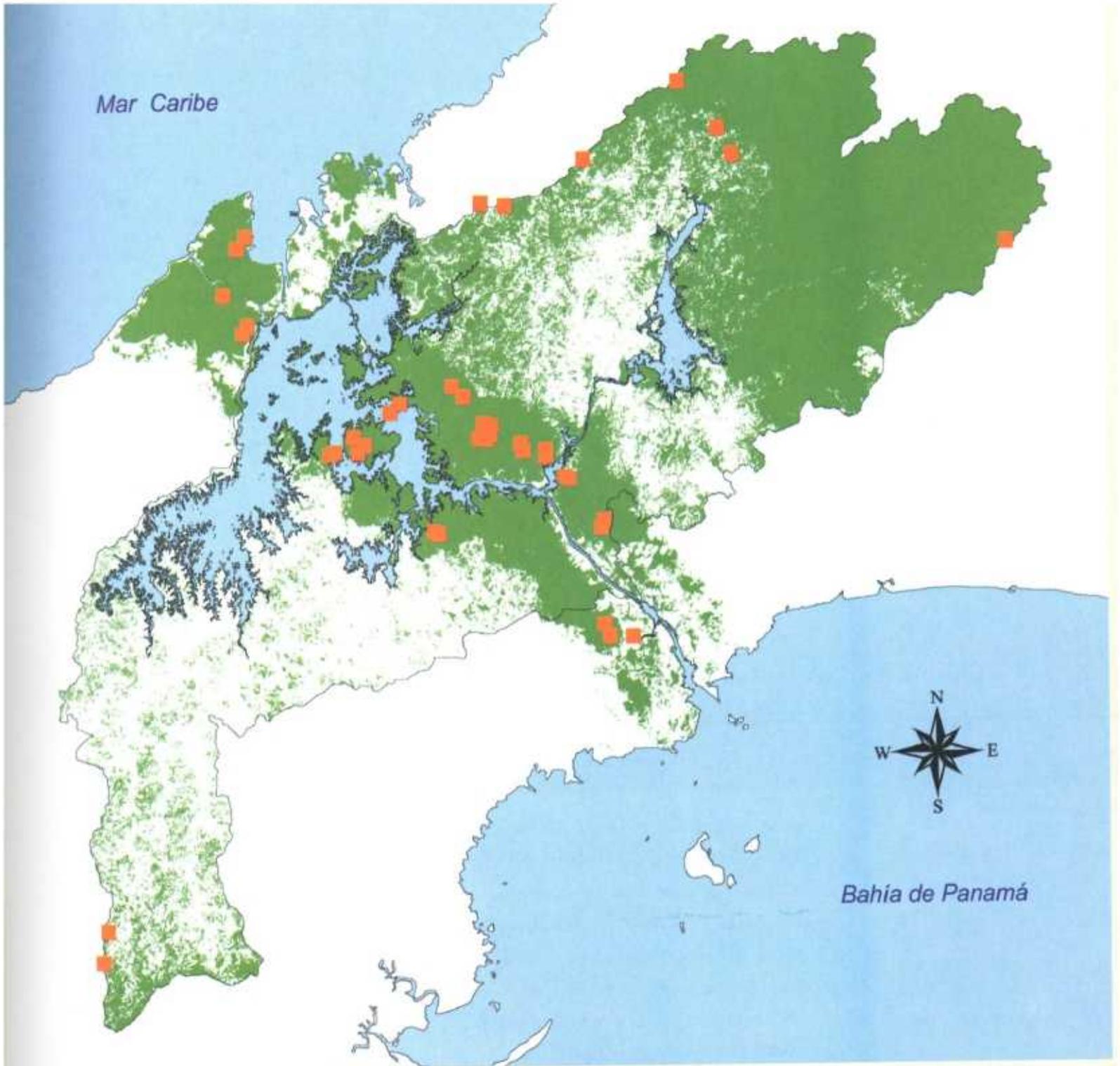
Ubicación de las parcelas para el inventario de árboles

- Parcelas
- Areas con bosques

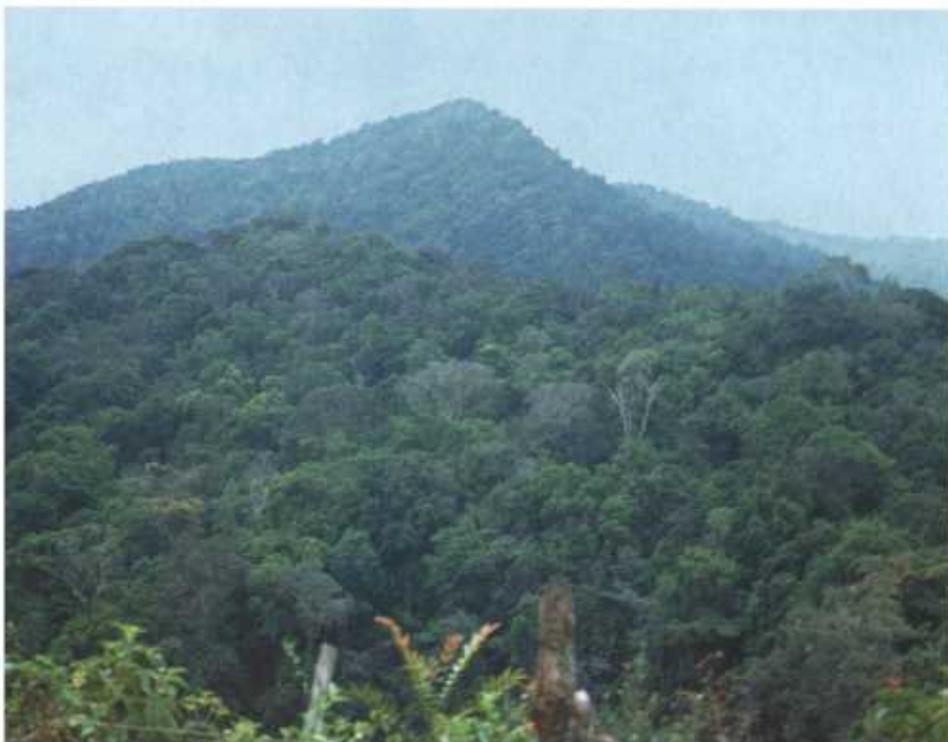


Vegetación de rastrojos en las áreas que circundan los bosques de la Cuenca.

la fecha, los bosques han disminuído en un 43% aproximadamente. No obstante, cabe resaltar que actualmente no hay evidencia de una extensa deforestación. Las talas o "rozas" para cultivos de subsistencia se dan



principalmente en áreas cubiertas por rastrojos y bajo permisos de la ANAM. El mayor número de parcelas desmontadas se encontró en la región noreste, entre el lago Alhajuela y el filo de Santa Rita; contrariamente, el menor número se detectó al suroeste, en los distritos de Chorrera y Capira. Aunque se ha notado una disminución

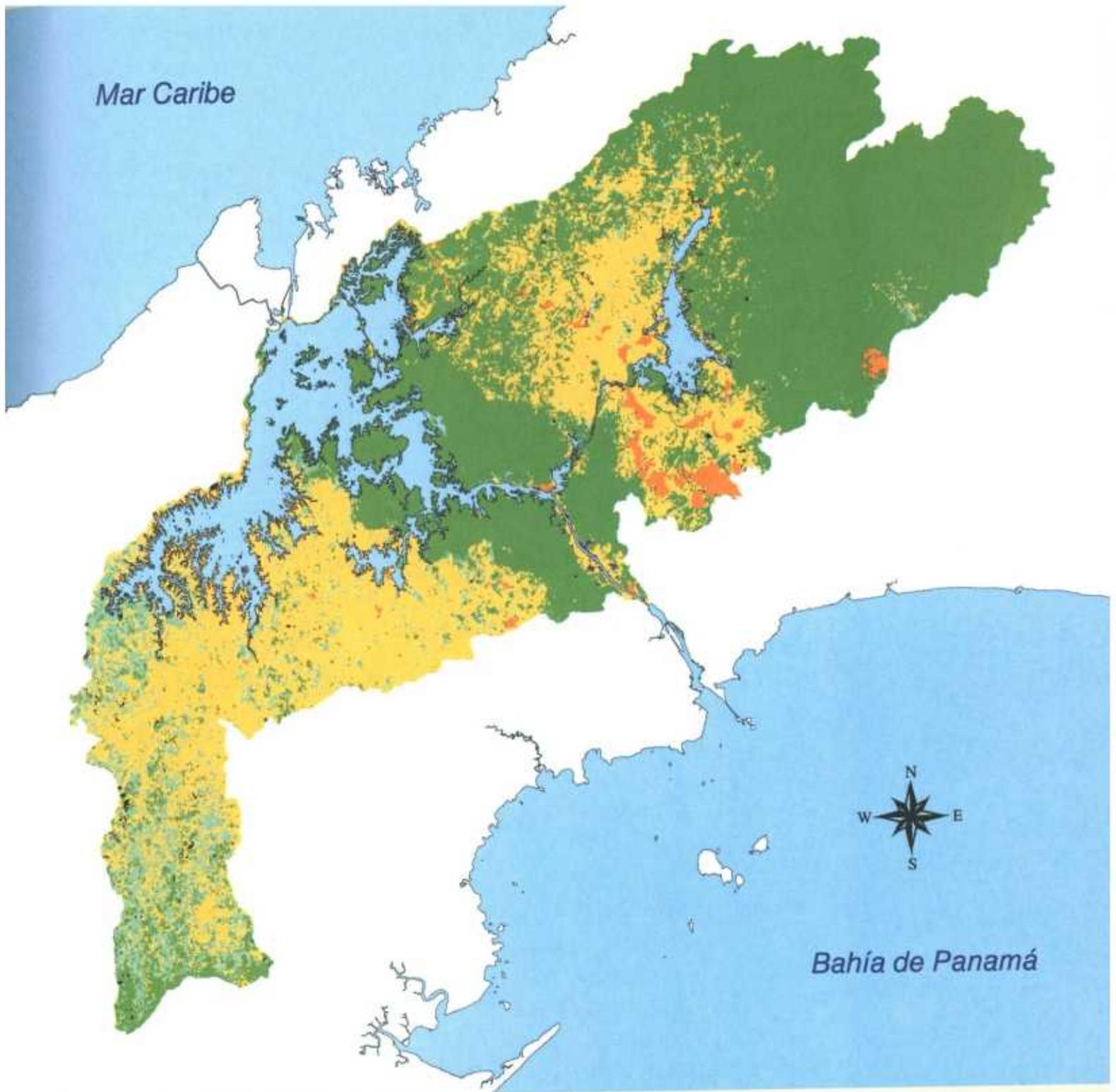


Selva densa del
Chagres

en los rastrojos de toda la Cuenca del Canal desde los años 1980 hasta 1998, al menos parece existir un aumento en la superficie de rastrojos dentro de las fincas ganaderas, siendo este cambio posiblemente atribuible a la política de conservación y reforestación del Banco Nacional de Panamá, conjun-

Uso del suelo y cobertura boscosa. 1998





tamente con el antiguo INRENARE (hoy ANAM), iniciada en 1990.

3. Edad de los bosques

Uno de los objetivos del proyecto ha sido establecer la distribución de los bosques maduros y los secundarios basándose en imágenes de satélite. Sin embargo, las diferencias entre los bosques no pudieron definirse en estas imágenes. Fue mediante el uso de parcelas y transectos que se logró determinar que la mayor parte de los bosques maduros se encuentran dentro del Parque Nacional Chagres, existiendo algunos parches adicionales de estos bosques en sectores del Parque Nacional Altos de Campana, Parque Nacional Soberanía y el Monumento Natural Barro Colorado.

El resto de los bosques de la Cuenca son secundarios y en diferentes fases de maduración. La mayoría de estos bosques secundarios está a orillas de la vía interoceánica.

4. Número y distribución de especies

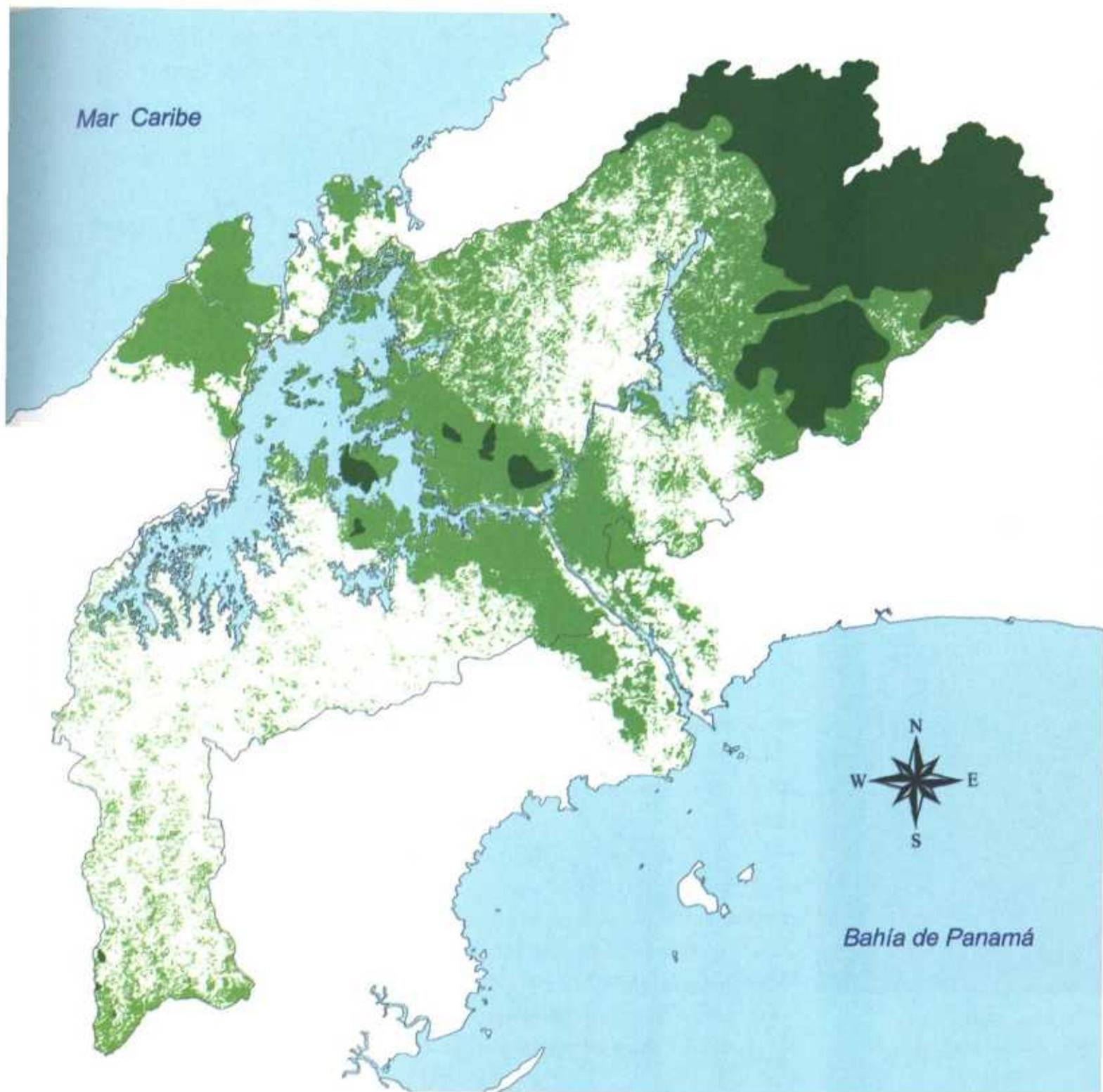
El personal de investigación de la cobertura boscosa analizó datos sobre más de 318,000 plantas individuales en la Cuenca del Canal. Cada una fue

Áreas con bosques viejos

- Bosques viejos o maduros
- Bosques jóvenes o secundarios



Lecointea sp.,
especie nueva para
la flora de Panamá.



marcada y ubicada en mapas. De ser requerido, cada planta puede localizarse según sus coordenadas geográficas.

De este gran total de plantas estudiadas se identificaron 1,125 especies diferentes; de estas, 200 pueden considerarse especies raras, pues sólo se encontró una planta para cada una de estas especies. Cinco de las especies halladas son nuevas para la flora de Panamá. Estos nuevos registros fueron descubiertos en el filo de Santa Rita, en Colón, un área no protegida.

Un resultado importante es que la diversidad y la densidad de especies de plantas se presentan principalmente en un gradiente de humedad que va de mayor a menor precipitación, desde el Atlántico lluvioso hasta el Pacífico más seco, aunque también influye la edad de los bosques; un bosque maduro contiene mayor número de especies.

Asimismo, es en los bosques más húmedos donde se encuentra el mayor número de especies de distribución restringida o endemismo. Entre estas áreas se encuentran Fuerte Sherman, el filo de Santa Rita y cerro Negro, en Capira.

Diversidad de especies en las parcelas

Grado de diversidad

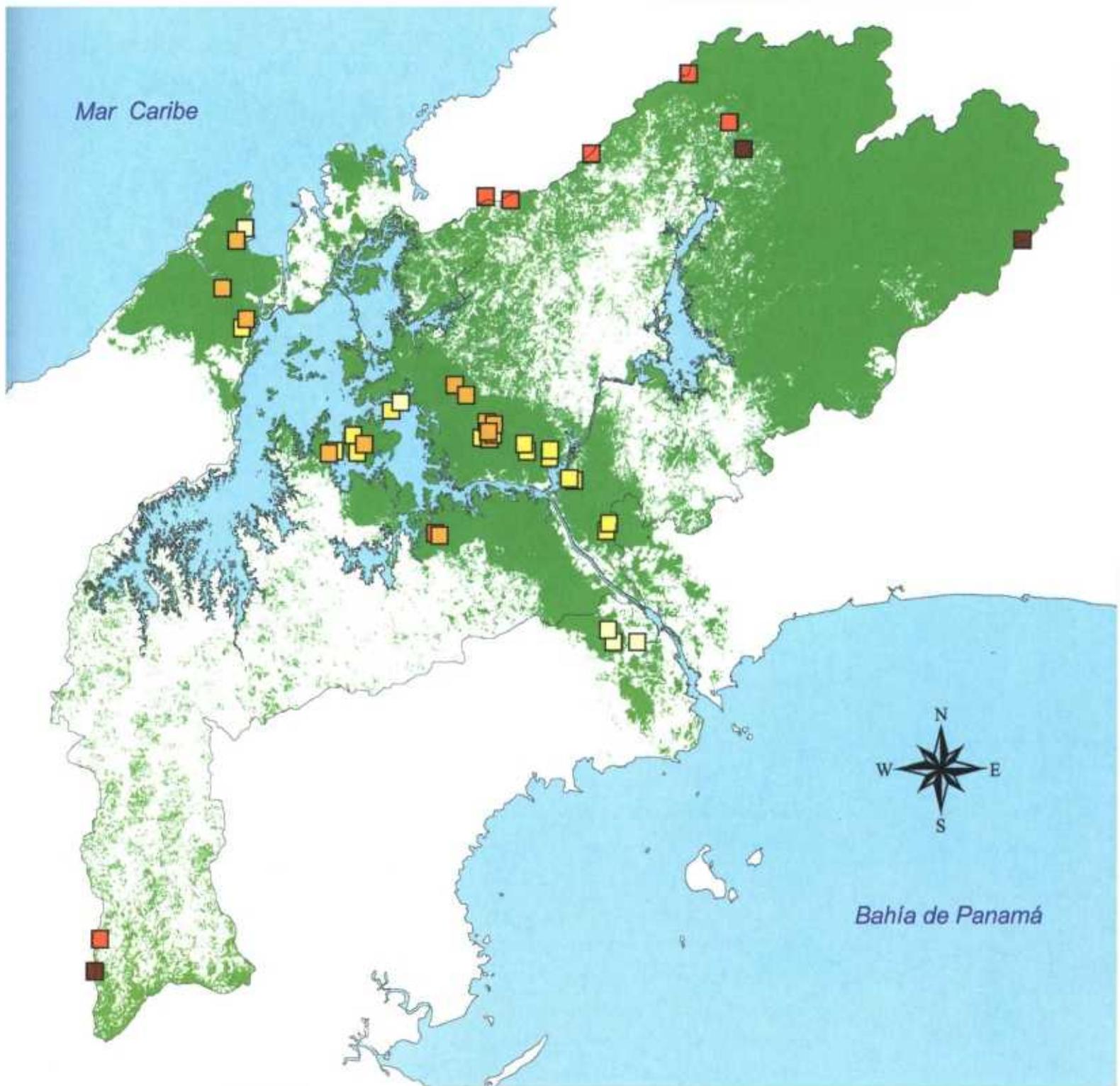


Menor a Mayor

 Áreas con bosques



Técnicos forestales :
colectando muestras
en el Parque Nacional
Chagres.



Los datos obtenidos por el proyecto sobre la distribución y restricción geográfica de las especies son de suma importancia para los proyectos de reforestación con especies de árboles nativos.

5. Producción de biomasa

Según cálculos sobre la producción de biomasa, se determinó que una hectárea de bosque maduro produce 354,400 kilogramos, mientras que una hectárea de bosque secundario produce 200,400 kilogramos. Si se cobrara en dinero la captura de carbono por la vegetación existente en los bosques naturales del Parque Nacional Chagres, los bosques adyacentes a la vía interoceánica y los de la región suroeste de la Cuenca (cerro Negro y Parque Nacional Altos de Campana), se tendría un equivalente inicial a \$290,400,000. Si toda la superficie de la Cuenca estuviese cubierta por bosque, excluyendo aguas y áreas urbanas, este valor sería de \$471,100,000.

Se encontraron las siguientes especies con mayor biomasa: el *Anacardium excelsum* (espavé) en el bosque seco del sector sur de la Cuenca, incluyendo el área de Cocolí; el *Ficus sp.*

Distribución porcentual de biomasa

Sector Suroeste

Nombre	%
1 Ficus sp.	42
2 Mortoniodendron	19
3 Pterocarpus	15
4 Calycophyllum	13
5 Licania sp.	11

Sector Centro

Nombre	%
11 Anacardium excelsum	32
12 Terminalia amazonia	20
13 Tabebuia guayacan	16
14 Tapirira guianensis	16
15 Alseis blackiana	16

Sector Sherman

Nombre	%
21 Brosimum utile	37
22 Aspidosperma cruenta	18
23 Hura crepitans	16
24 Manilkara zapota	16
25 Tapirira guianensis	13

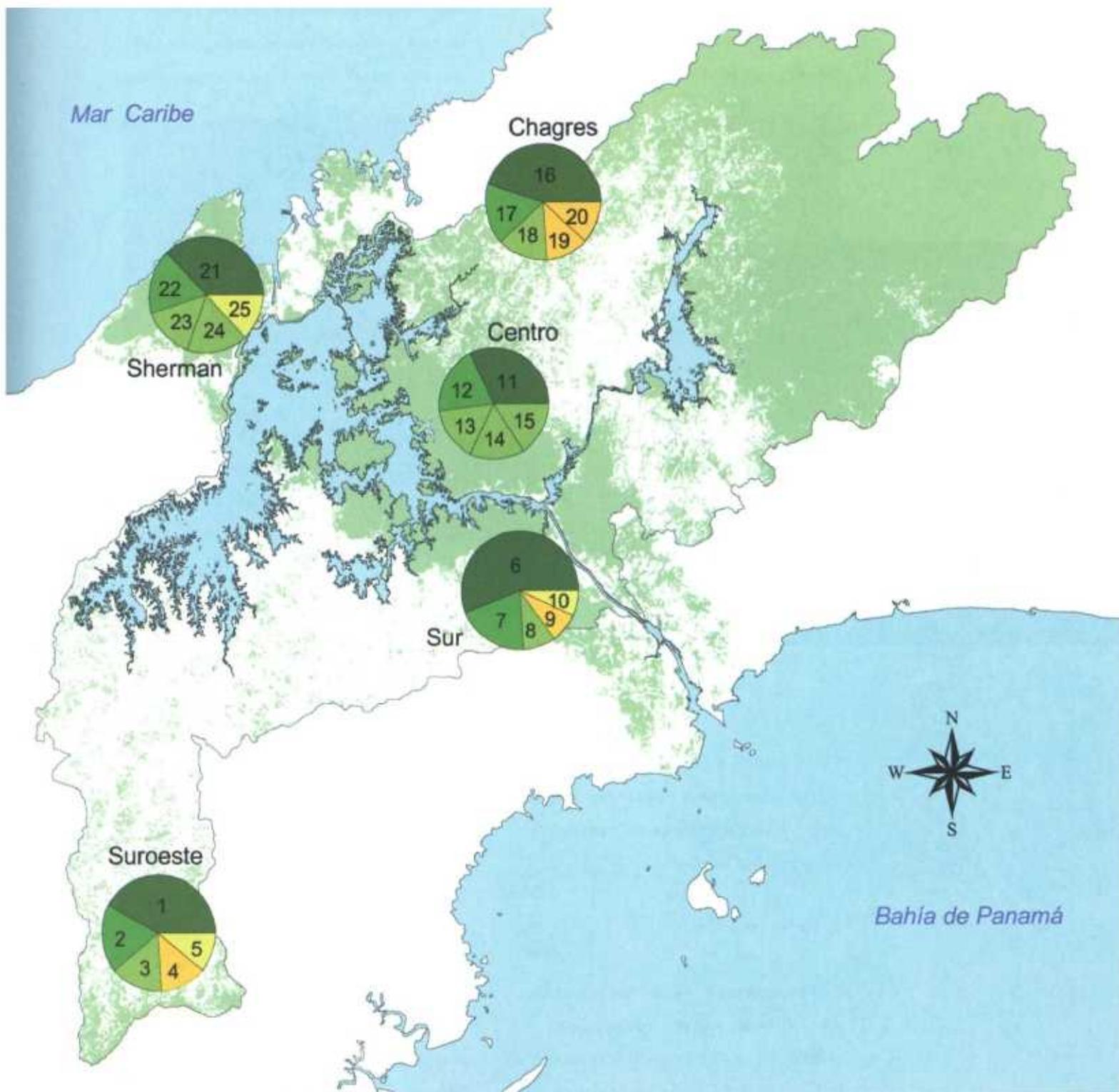
Sector Sur

Nombre	%
6 Anacardium excelsum	56
7 Scheefea zonensis	20
8 Cavanillesia platanifolia	9
9 Calycophyllum candidissimum	8
10 Ficus insipida	7

Sector Chagres

Nombre	%
16 Brosimum utile	45
17 Humiriastrum diguense	17
18 Carapa guianensis	14
19 Erisma blancoa	12
20 Calophyllum brasiliensis	12

 Áreas con bosques



Una hectárea de bosque maduro produce 354,000 kilogramos de biomasa vegetal y una hectárea de bosque secundario, 200,400 kilogramos.

(higuerones) en el bosque muy húmedo del sector suroeste de la Cuenca, en el área de Altos de Chutral (corre-gimiento de Cacao, distrito de Capira); y el *Brosimum utile* (sandé) en los bosques muy húmedos del Parque Nacional Chagres y Fuerte Sherman.



Medida del diámetro de árboles a la altura del pecho.

Estos estudios proporcionan información básica para la conservación y la elaboración de planes de manejo de los bosques del Canal.

6. Reforestación

En la actualidad, según los registros de la ANAM, existen aproximadamente 2,311 hectáreas reforestadas en la Cuenca del Canal. La principal

especie comercial utilizada en la reforestación de la Cuenca, observada durante nuestras investigaciones, es la Teca (*Tectona grandis*). Los sitios donde encontramos las plantaciones principales son: el filo de Santa Rita y la región al norte del lago Alhajuela, el sector comprendido entre la carretera Transistmica y el lago Gatún, y el área suroeste del Monumento Natural Barro Colorado (Las Pavas y algunos sectores de cerro Cama).

Los lugares que se utilizan mayormente para el cultivo de la Teca son los potreros. Sin embargo, se registró un caso aislado en el filo de Santa Rita, un sitio con alta diversidad y gran cantidad de especies restringidas a ese sector, donde se talaron aproximadamente 60 hectáreas de bosque secundario y maduro para este monocultivo. Para evitar la repetición de este caso, se recomienda evaluar los proyectos de reforestación comercial en la Cuenca del Canal, y explorar la posibilidad de sembrar, en una composición adecuada, especies nativas con potencial maderable y de otros usos. Adicionalmente, se sugiere la regeneración natural del bosque, como una alternativa de bajo costo y más acorde con el mantenimiento de la biodiversidad, especialmente para

las zonas dentro y en las cercanías de las áreas protegidas y de otros bosques.



Cabe resaltar que la Autoridad de la Región Interoceánica ha otorgado concesiones para proyectos de reforestación en la Cuenca, entre los cuales destaca el de una organización no gubernamental suiza. Este proyecto tiene como meta reforestar 7,000 hectáreas en el sector de Las Pavas-Lagarterita, constituyendo el mayor proyecto de reforestación en el país.

Cultivo de Teca (*Tectona grandis*) en la Cuenca del Canal.

las zonas dentro y en las cercanías de las áreas protegidas y de otros bosques.



Cabe resaltar que la Autoridad de la Región Interoceánica ha otorgado concesiones para proyectos de reforestación en la Cuenca, entre los cuales destaca el de una organización no gubernamental suiza. Este proyecto tiene como meta reforestar 7,000 hectáreas en el sector de Las Pavas-Lagarterita, constituyendo el mayor proyecto de reforestación en el país.

Cultivo de Teca (*Tectona grandis*) en la Cuenca del Canal.

LAS POBLACIONES DE ANIMALES VERTEBRADOS

Roberto Ibáñez D.
George Angehr
Joseph Wright

El objetivo principal del monitoreo de vertebrados ha sido obtener información sobre la composición, abundancia y tendencias en las poblaciones de algunos de estos animales que sirvan de indicadores del estado de su conservación, principalmente dentro de las áreas protegidas de la Cuenca del Canal.

1. Metodología

Se monitorearon algunos grupos de animales vertebrados dentro de la Cuenca, para lo cual se utilizaron dos procedimientos: (1) un método llamado "inventarios" para áreas de difícil acceso y (2) otro denominado "monitoreo" para áreas de fácil acceso, que pueden ser visitadas frecuente y regu-

larmente. En los inventarios se consideraron las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos; mientras que el monitoreo se concentró en los anfibios de hojarasca, aves del sotobosque y mamíferos y aves de caza.

Los sitios de estudio se establecieron, en su mayoría, dentro de las áreas protegidas de la Cuenca, específicamente el Monumento Natural Barro Colorado y los Parques Nacionales Altos de Campana, Chagres y Soberanía. Los inventarios se realizaron en cinco sitios, en cada uno de los cuales se trabajó durante 10 días. Las áreas remotas estudiadas fueron: Cerro Los Monos, en la cabecera del río Trinidad, dentro del Parque Nacional Altos de Campana; los cerros Bruja y Brewster, en la parte



Mosquero Real, hembra
(*Onychorhynchus coronatus*). Aves que se encuentran dentro de los bordes del bosque o bosque secundario, pero no es común.



Pichón de águila
Harpia en su nido,
Parque Nacional
Chagres.

alta del Parque Nacional Chagres; y quebrada Las Pavas y la unión de los ríos San Miguel y Pequení, en las tierras bajas de este último parque. El monitoreo se hizo en un total de dieciocho sitios, de acuerdo con el grupo de vertebrados en estudio.

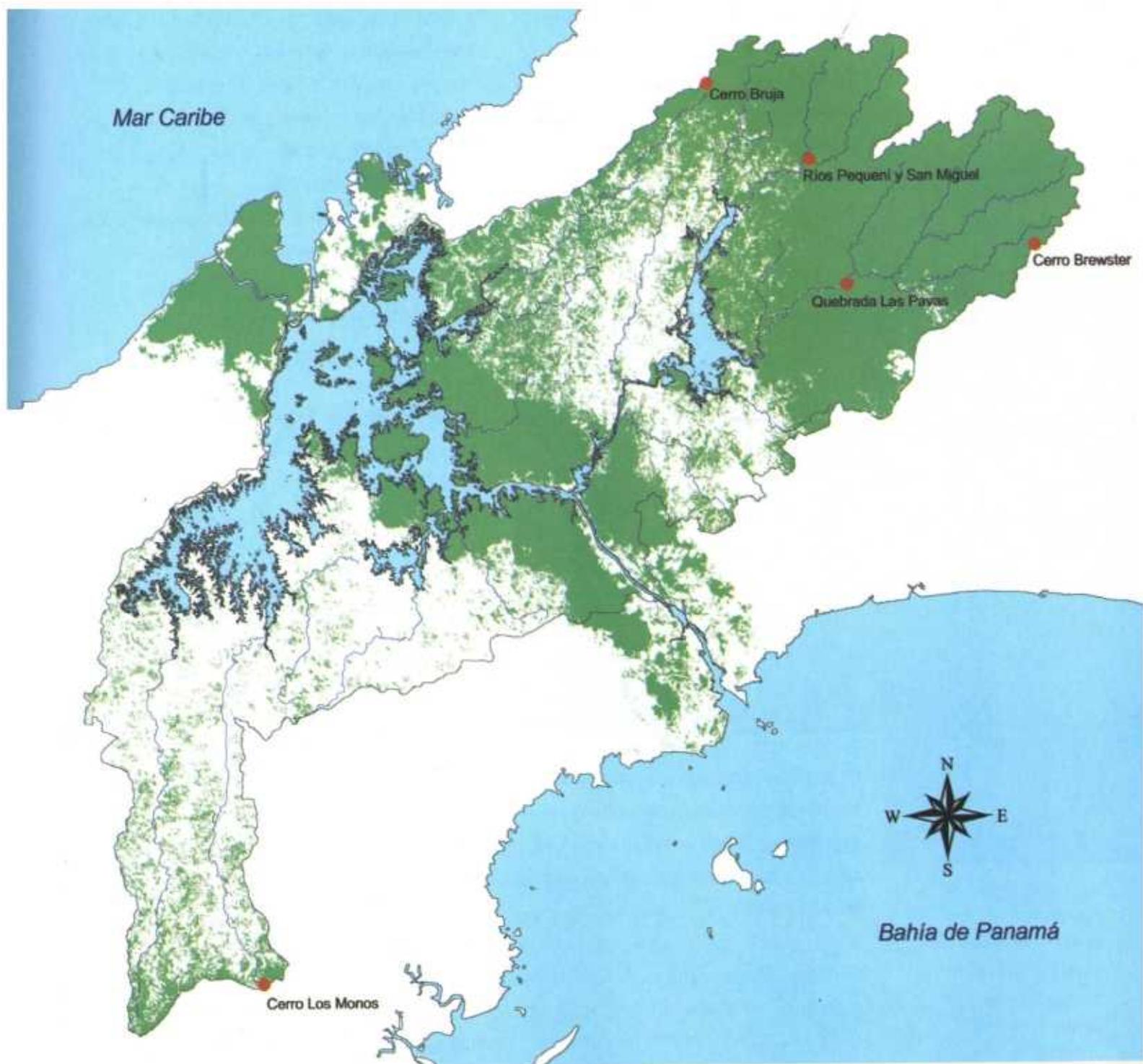
2. Diversidad de vertebrados y alteración humana

Los sitios visitados durante los inventarios se caracterizaron por una diversidad de vertebrados comparativamente alta, en relación a otras áreas de la Cuenca. Adicionalmente, se observaron especies consideradas como amenazadas o en peligro de extinción, especies raras, e incluso, especies no descritas. Cerca de la unión de los ríos San Miguel y Pequení se encontró un nido activo de Águila Harpía (*Harpia harpyja*), especie en peligro de extinción; actualmente, estas águilas se observan sólo ocasionalmente en la región central u otras áreas del país. En cerro Bruja, se encontró un ejemplar de una especie de lagartija multicolor, la cual se trata de una especie nueva, no descrita.

Existen grandes diferencias en el grado de alteración humana

Sitios de inventarios de vertebrados

- Sitios de inventarios de vertebrados
- Áreas con bosques



(deforestación, cacería y minería) y las poblaciones de vertebrados en los sitios visitados. En la cabecera del río Trinidad, en cerro Los Monos, y en la unión de los ríos Pequení y San Miguel existe un alto grado de alteración, requiriéndose mejoras en las condiciones para favorecer la conservación de los vertebrados. Contrariamente, cerro Bruja, cerro Brewster y la unión

consideran raras según su abundancia y distribución, además de especies endémicas (que solamente se encuentran en Panamá). Adicionalmente, en el caso de los anfibios y reptiles, este parque incluye un porcentaje considerable del total de especies que se encuentran en el país. Por consiguiente, este parque constituye un área importante para la protección de la fauna panameña.



Ñeque (*Dasyprocta punctata*). El impacto de la cacería afecta directamente a mamíferos como el ñeque e indirectamente a los árboles del bosque, que dependen de los animales para dispersar sus semillas.

de quebrada Las Pavas y río Chagres son áreas donde el impacto humano es mínimo o inexistente, sirviendo de refugio y fuente poblacional de los animales de caza.

El Parque Nacional Altos de Campana, a pesar de su pequeño tamaño, contiene una diversidad alta de vertebrados, la cual incluye especies que se

La evidencia acumulada hasta el momento permite señalar que ciertas especies de vertebrados parecen tener una distribución asociada a la Sierra Llorona, desde el filo de Santa Rita hasta cerro Bruja. Una rana endémica descrita recientemente, *Atelopus limosus*, tiene un ámbito de distribución restringido a la Sierra Llorona, pudiéndose encontrar desde las tierras bajas hasta los puntos más elevados de la misma; esto resalta la importancia del Parque Nacional Chagres en la preservación de la diversidad biológica del país.

3. Aves del sotobosque

Un total de 165 especies de aves fueron identificadas en siete sitios dentro de fragmentos boscosos con

distinto tamaño, utilizando conteos por puntos y redes de niebla. La mayoría (84 a 99%) de las aves observadas en los fragmentos grandes son especies que viven exclusivamente en los bosques, entre las cuales sobresale el saltarín cabecirrojo (*Pipra mentalis*) como una de las especies que se observa con más frecuencia. La diferencia más clara entre fragmentos pequeños y grandes de bosque, es que los primeros tienen una mayor proporción de especies migratorias y de especies que no son del bosque. Por lo tanto, los fragmentos pequeños de bosques que son numerosos y que están dispersos por toda la Cuenca, pueden ser importantes para la conservación de las especies de aves migratorias. Al mismo tiempo la Península Gigante, del Monumento Natural Barro Colorado, un fragmento de bosque considerado mediano, fue muy similar a los fragmentos grandes de bosque en su composición de especies de aves.

4. Mamíferos y aves de caza

El monitoreo de los mamíferos y aves de caza se realizó a lo largo de ocho transectos de 5 kilómetros de largo cada uno, los cuales fueron ubicados

dentro de un gradiente de cacería.

Los resultados muestran que existe un bajo número de mamíferos de caza en las áreas menos protegidas, especialmente en las cercanas a los poblados. También, que la cacería es un hecho frecuente en los parques nacionales. Al comparar los sitios, se encontró que la abundancia de mamíferos y la intensidad de cacería estuvieron negativamente relacionadas para 9 de 11 especies de mamíferos, siendo 5 de estas relaciones significativas. En una relación negativa significativa, la abundancia de mamíferos está inversamente relacionada con la intensidad de cacería en los sitios. El mono aullador (*Alouatta palliata*), el mono cariblanco (*Cebus capucinus*), el corzo (*Mazama americana*), el ñeque (*Dasyprocta punctata*) y la rata espinosa (*Proechimys semispinosus*) mostraron esta relación. El impacto de la cacería no sólo se observa directamente en los mamíferos; también puede tener un efecto indirecto sobre las especies de árboles que componen el bosque, debido al papel de los mamíferos en la dispersión de las semillas.

En contraste con los mamíferos de caza, no se encontró una relación

Reinita Alidorada, macho (*Vermivora chrysoptera*). Aves migratoria proveniente del norte de América; se le encuentra de paso en los bosques de todo el país.



Saltarín Cabecirrojo, macho (*Pipra mentalis*). Una de las especies más comunes de los bosques de las tierras bajas de la Cuenca.

entre la abundancia de aves de caza y la amenaza de la cacería. No obstante, la caza ha determinado claramente el patrón actual de distribución de las especies más grandes. Para las más pequeñas, es probable que la cacería no esté teniendo un gran impacto sobre sus poblaciones. Sin embargo, se debe considerar que los movimientos locales de algunas de estas especies u otros factores asociados al hábitat, podrían impedir la detección de una relación entre la abundancia de aves y la cacería.

Sitios de monitoreo de vertebrados

Sitios de monitoreo

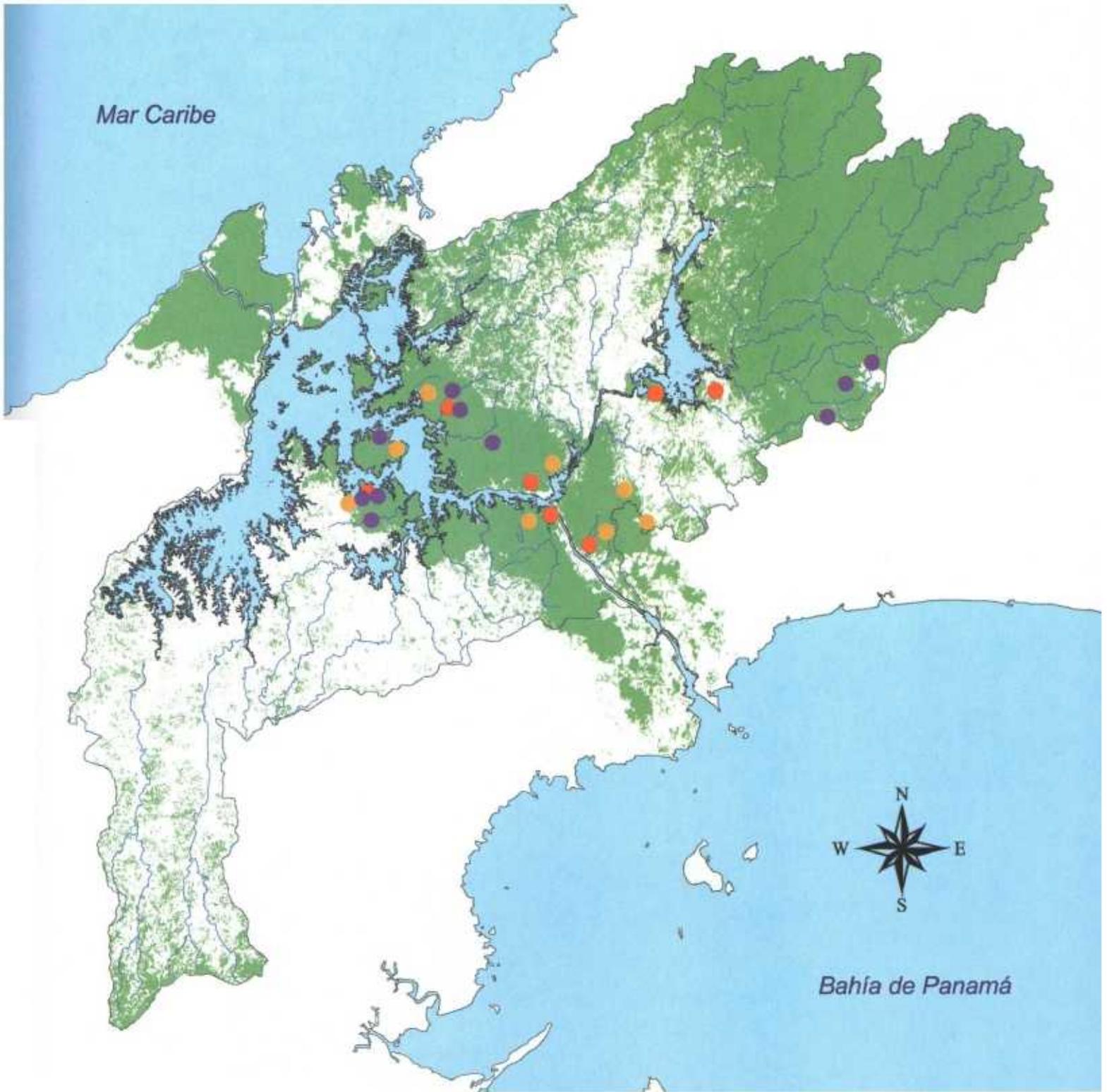
- Aves del sotobosque
- Mamíferos y aves de caza
- Anfibios de la hojarasca
- Areas con bosques

5. Los anfibios

Al inicio de la presente década se hizo notable la desaparición y declinación de anfibios en diversas partes del mundo, lo cual es preocupante, pues estas observaciones podrían ser

Rana verde
Atefopus limosus.
Congénera de la rana dorada. Se encuentra únicamente en Panamá en los bosques de las tierras bajas y altas de la Sierra Llorona (filo de Santa Rosa a Cerro Bruja).







Serpiente coral falsa, (*Oxyrhopus petolarius*), especie no venenosa que habita en la Cuenca.

indicadores del deterioro del medio ambiente, a nivel global y local. Por esta razón, se decidió continuar y expandir el esfuerzo de monitoreo de los anfibios en la Cuenca realizado previamente a este proyecto.

Los anfibios de la hojarasca fueron monitoreados a lo largo de diez transectos de 200 metros de longitud, ubicados en las tierras bajas y a elevaciones moderadas. Allí se encontraron un total de 24 especies de anuros (ranas y sapos). La ranita *Colostethus flotator* fue la única especie que se encontró en todos los sitios de estudio, siendo la especie más abundante en la mayoría de estos. El sapo *Bufo typhonius* y la rana *Eleutherodactylus fitzingeri* se encontraron en 8 de los 10 sitios, siendo *B. typhonius* relativamente más abundante que *E. fitzingeri*. Los sitios a elevaciones moderadas se distinguen por poseer una mayor diversidad de especies del género *Colosthetus*.

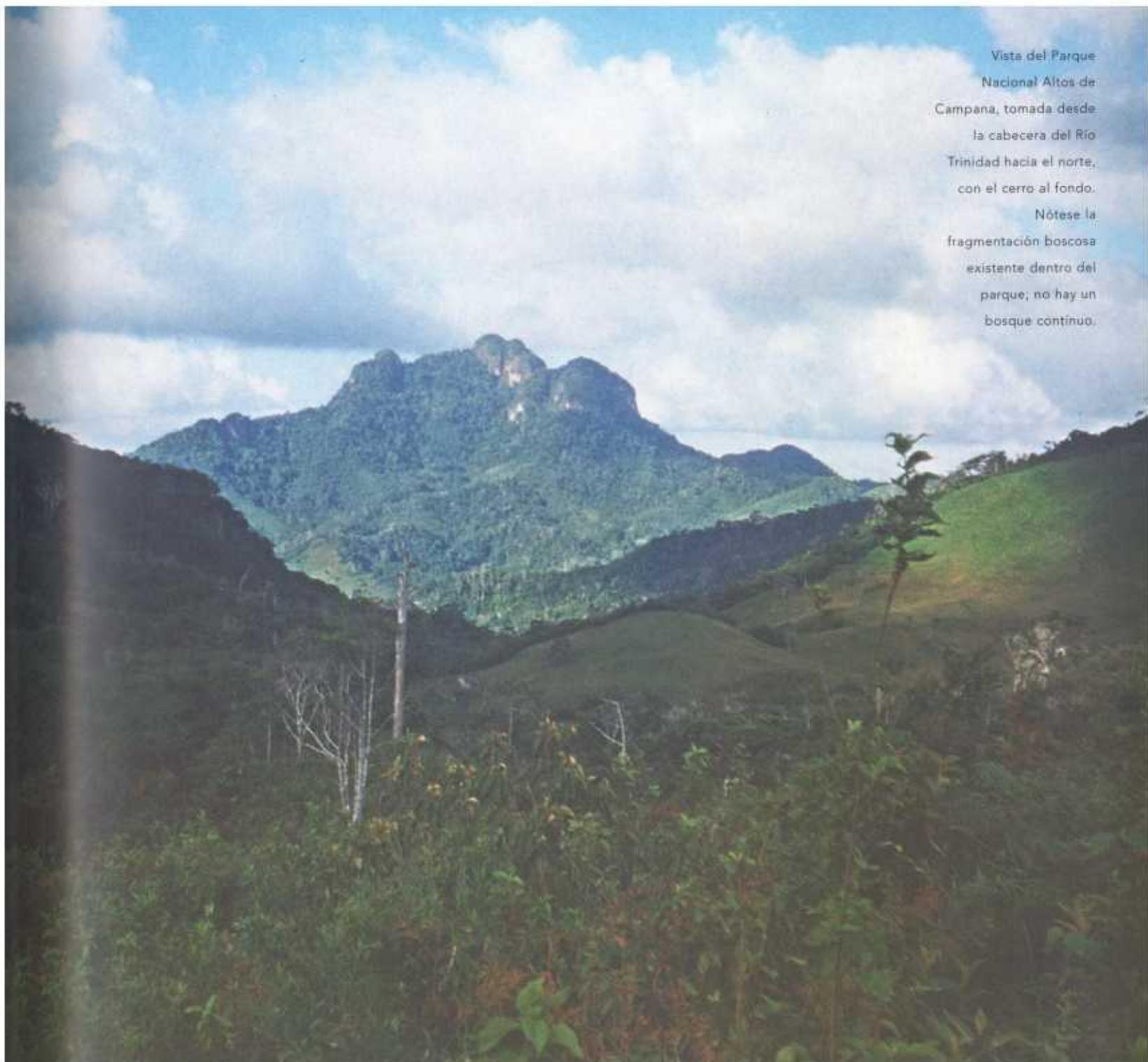
La abundancia de anfibios en todos los sitios de estudio del proyecto muestra valores normales. Aún más, en aquellos sitios estudiados previamente, su abundancia está dentro del rango de variación observada en el pasado. Los datos sobre la abundancia de estas especies sugieren que sus poblaciones se encuentran en un estado normal y aparentemente "saludable", lo cual se considera como indicador de que la calidad del medio es buena. Hacemos la observación de que los anfibios de la Cuenca del Canal no parecen estar afectados por el hongo patógeno que ha diezmando sus poblaciones en el oeste de Panamá, como en la Reserva Forestal Fortuna, en Chiriquí. La desaparición de los anfibios puede incidir en las comunidades naturales de organismos, al afectarse su red alimentaria. No obstante, se requiere continuar con el monitoreo a largo plazo para determinar tendencias en su abundancia y detectar la presencia del patógeno.

Rana arborícola (*Eleutherodactylus museosus*), recientemente descrita y que solamente era conocida en el oeste de Panamá. Fue encontrada dentro de la Cuenca, en los cerros Bruja y Brewster.



Vista del Parque
Nacional Altos de
Campana, tomada desde
la cabecera del Río
Trinidad hacia el norte,
con el cerro al fondo.

Nótese la
fragmentación boscosa
existente dentro del
parque; no hay un
bosque continuo.



HIDROLOGIA Y SUELOS

*Robert Stallard
Tomás García
Martín Mitre*

Este programa tiene como objetivo general examinar los factores que afectan la disponibilidad y calidad de las aguas de la Cuenca del Canal de Panamá. El programa estudia cinco procesos: (1) cambios del régimen hidrológico como resultado de la deforestación; (2) erosión de los suelos y transporte de sedimentos; (3) niveles de nutrientes en las subcuencas y su movilización hacia los lagos; (4) niveles y fuentes de contaminación para identificar problemas críticos de calidad del agua; y (5) la hidrología y transporte de nutrientes en las aguas de bosques naturales.

En este informe utilizamos frecuentemente los términos cuenca, subcuenca y microcuenca, los cuales definimos a

continuación. Una cuenca es el área de captación de las aguas que fluyen a un río o lago, quedando determinada por los puntos topográficamente más altos. Una cuenca puede subdividirse en subcuencas, y estas, a su vez, en microcuencas.

1. Metodología

Aunque el equipo de investigación de Hidrología y Suelos se conformó a mediados de 1996, el monitoreo mensual se puso en marcha a partir de septiembre de 1997. Ello requirió establecer la logística y los puntos de muestreo, rehabilitar la cuenca experimental del río Agua Salud y acondicionar el laboratorio de análisis de aguas y suelos.



Río Palenque,
afluente menor del
Chagres.

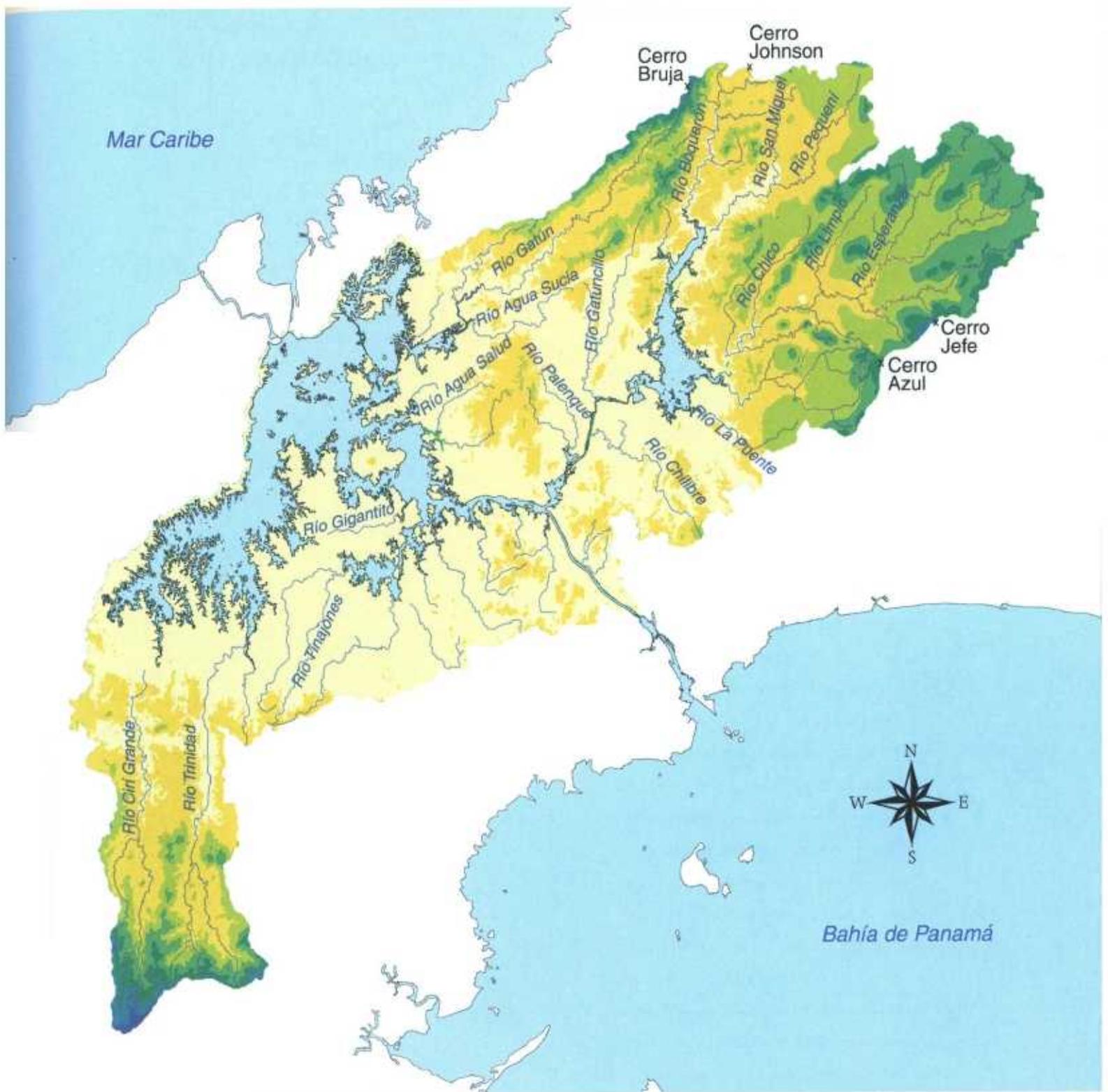
El programa de monitoreo de campo estableció 15 sitios para hacer un muestreo mensual de las aguas de diferentes ríos. En 9 de estos sitios las aguas fluyen hacia el lago Gatún y en 3 de ellos hacia el lago Alhajuela. Estos sitios de monitoreo, usualmente seleccionados cerca de las desembocaduras de los ríos, permiten medir los totales de aguas, de sedimentos y contaminantes que sus cuencas aportan a estos lagos. En cuanto a los otros tres puntos, uno se ubicó en el vertedero de Gatún, donde las aguas de este lago vierten al Atlántico; otro en el curso medio del Chagres, cercano al poblado de Santa Rosa, aguas abajo de la presa Madden y de las desembocaduras de varios de los ríos más contaminados, entre ellos el Limón y el Gatuncillo. El último punto se localizó en Paraiso, lugar de salida de las aguas de la Cuenca del Canal hacia el Pacífico.

Estos 15 sitios estudiados representan subcuencas clasificadas bajo diferentes tipos de usos del suelo: (1) áreas deforestadas bajo el uso de actividades agrícolas y ganaderas, tales como los ríos Ciri Grande y Trinidad; (2) áreas protegidas cubiertas con bosques en más de un 80% de su extensión, tales como las cabeceras de

Relieve e hidrografía

Elevación (metros)

	10 - 150
	151 - 300
	301 - 450
	451 - 600
	601 - 750
	751 - 900
	900 - 1150



los ríos Boquerón, Pequení y Chagres; y (3) zonas urbanas con alta concentración de población y desarrollo agroindustrial, como en los ríos Chilibre y Chilibrillo. Además, se estableció como objetivo de estudio el río Agua Salud, que desemboca en el lago Gatún, cuya condición experimental se debe a que cuenta con dos microcuencas aledañas similares en sus características físicas, pero muy distintas en el uso de la tierra, lo que permite medir el impacto de actividades humanas.

Los sitios de muestreo se ampliaron de 15 a 52 en la estación seca (de enero a abril) de 1998, para identificar con mayor facilidad el grado de contaminación de las aguas causada por el hombre. En la estación seca, al bajar los caudales de los ríos, los contaminantes se diluyen menos, sean de origen doméstico o industrial, facilitando la tarea de determinar su impacto y grado de concentración. Este período también permite apreciar mejor el efecto de las condiciones físicas naturales, como la geología, sobre la calidad de las aguas, ya que el mayor volumen de los caudales proviene no de las lluvias, sino de las aguas almacenadas en suelos y mantos acuíferos. El estudio de suelos se concentró en la

Sitios de muestreo: estación seca 1998

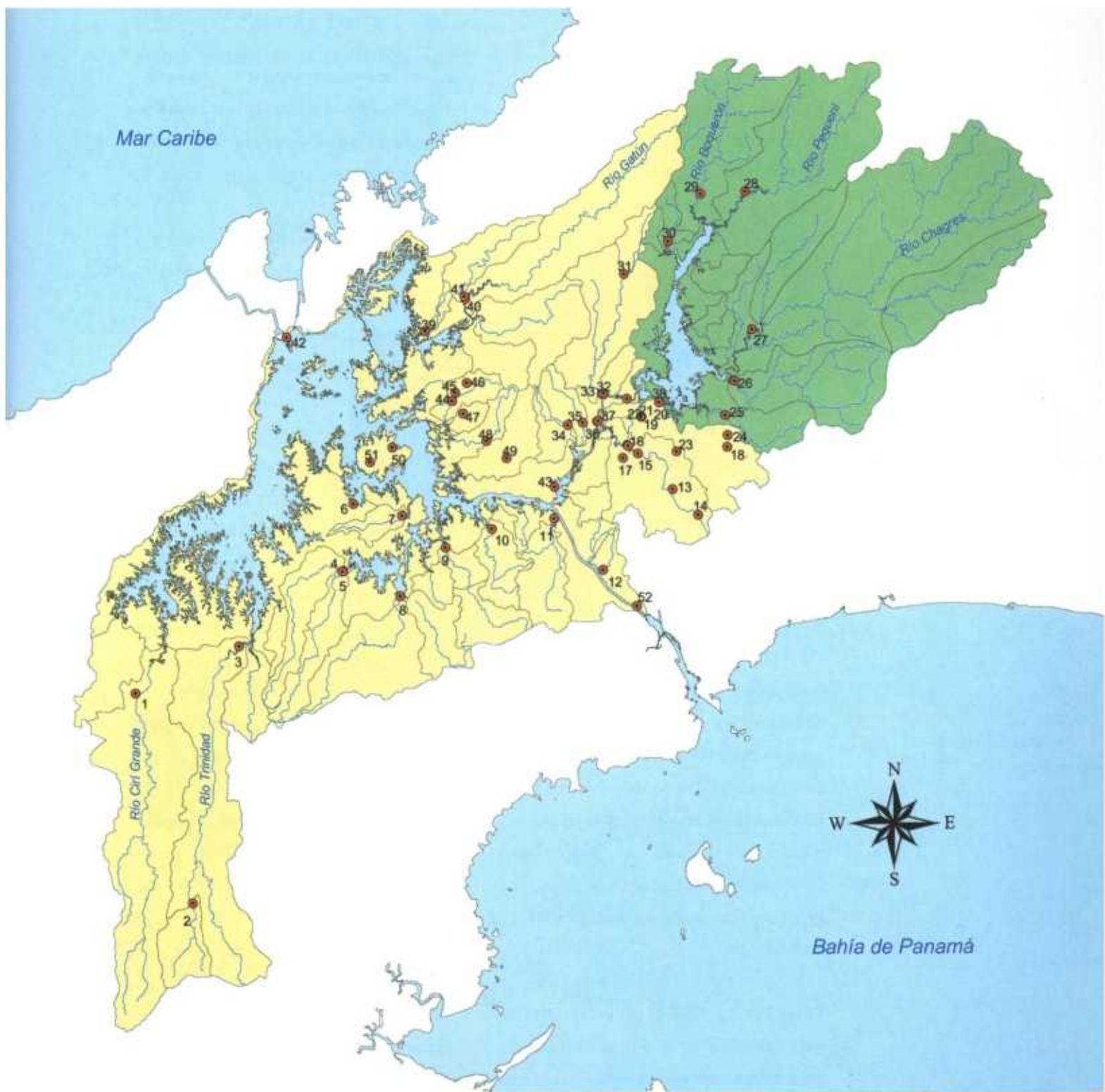
-  Sitios de muestreo
-  Sistema hidrológico del lago Alhajuela
-  Sistema hidrológico del lago Gatún

Sitios de muestreo

- | | |
|------------------------|------------------------------------|
| 1. Ciri Grande * | 27. Chagres * |
| 2. Cacao | 28. Pequení * |
| 3. Trinidad * | 29. Boquerón * |
| 4. Los Hules | 30. Salamanca |
| 5. Tinajones | 31. Gatuncillo 1 |
| 6. Qda. Las Pavas | 32. Gatuncillo 2 |
| 7. Gigantito | 33. Limón |
| 8. Caño Quebrado | 34. Qda. Aguas Claras |
| 9. Paja | 35. Palenque |
| 10. Baila Monos | 36. Chagres (Sta. Rosa) * |
| 11. Mandinga | 37. Moja Pollo |
| 12. Obispo | 38. Chagres (puente) |
| 13. Qda. Ancha | 39. Palenque
(Nva. Providencia) |
| 14. Chilibre 1 | 40. Gatún |
| 15. Chilibre 2 * | 41. Aguas Claras |
| 16. Chilibre 3 | 42. Gatún (Esclusas) |
| 17. Cabuya | 43. Chagres (Gamboa) |
| 18. Chilibrillo 1 | 44. Agua Salud 1 * |
| 19. Chilibrillo 2 * | 45. Agua Salud 2 * |
| 20. Chilibrillo 3 | 46. Agua Salud 3 * |
| 21. Qda. Las Conchas 1 | 47. Pelón |
| 22. Qda. Las Conchas 2 | 48. Frijolita |
| 23. Qda. Ñajú | 49. Frijoles |
| 24. Qda. Guarumalito | 50. Qda. Lutz |
| 25. La Puente | 51. Qda. Conrad |
| 26. Las Cascadas | 52. Canal (Paraíso) |

Nota:

En todas las estaciones se están haciendo análisis de calidad de agua (nutrientes) y sedimentación. Las estaciones marcadas con un asterisco (*) son estaciones permanentes del proyecto.



cuenca experimental de Agua Salud a fin de obtener información para comprender mejor los procesos de escurrimiento, erosión y producción de sedimentos. Para caracterizar física y químicamente los suelos, se tomaron muestras de 14 sitios por capas de suelo. Asimismo, para establecer el papel de los sedimentos como medio de transporte de contaminantes inorgánicos, como fósforo y nitrógeno, se analizaron los sedimentos en las desembocaduras de los 6 ríos más productores de agua: Chagres, Pequení, Boquerón, Cirí Grande, Trinidad y Gatún.

Además de generar su propia información, el proyecto analizó los valiosos datos históricos recopilados por la Comisión del Canal de Panamá sobre precipitación, caudales, producción de sedimentos y calidad del agua. Ambas fuentes de información permitieron conformar tres tipos de registros: (1) caudales y precipitación, (2) parámetros físicos, químicos y microbiológicos de calidad del agua, y (3) características físicas y químicas de suelos y sedimentos.

Entre 1997 y 1998 el proyecto obtuvo gran cantidad de muestras de campo para su análisis en laboratorio: 232 de

agua, 45 de suelos y 6 de sedimentos.

2. Cuenca experimental de Agua Salud: régimen hidrológico, erosión y calidad de agua en microcuencas con y sin bosques

Para medir el impacto del hombre sobre las aguas y los suelos, se rehabilitaron las tres estaciones construidas por la Comisión del Canal en la cuenca experimental del río Agua Salud, las cuales habían sido utilizadas por esta comisión para realizar estudios hidrológicos desde 1979 hasta 1983. Este río, ubicado en la parte central de la Cuenca del Canal, fluye hacia el lago Gatún y drena 1,740 hectáreas.

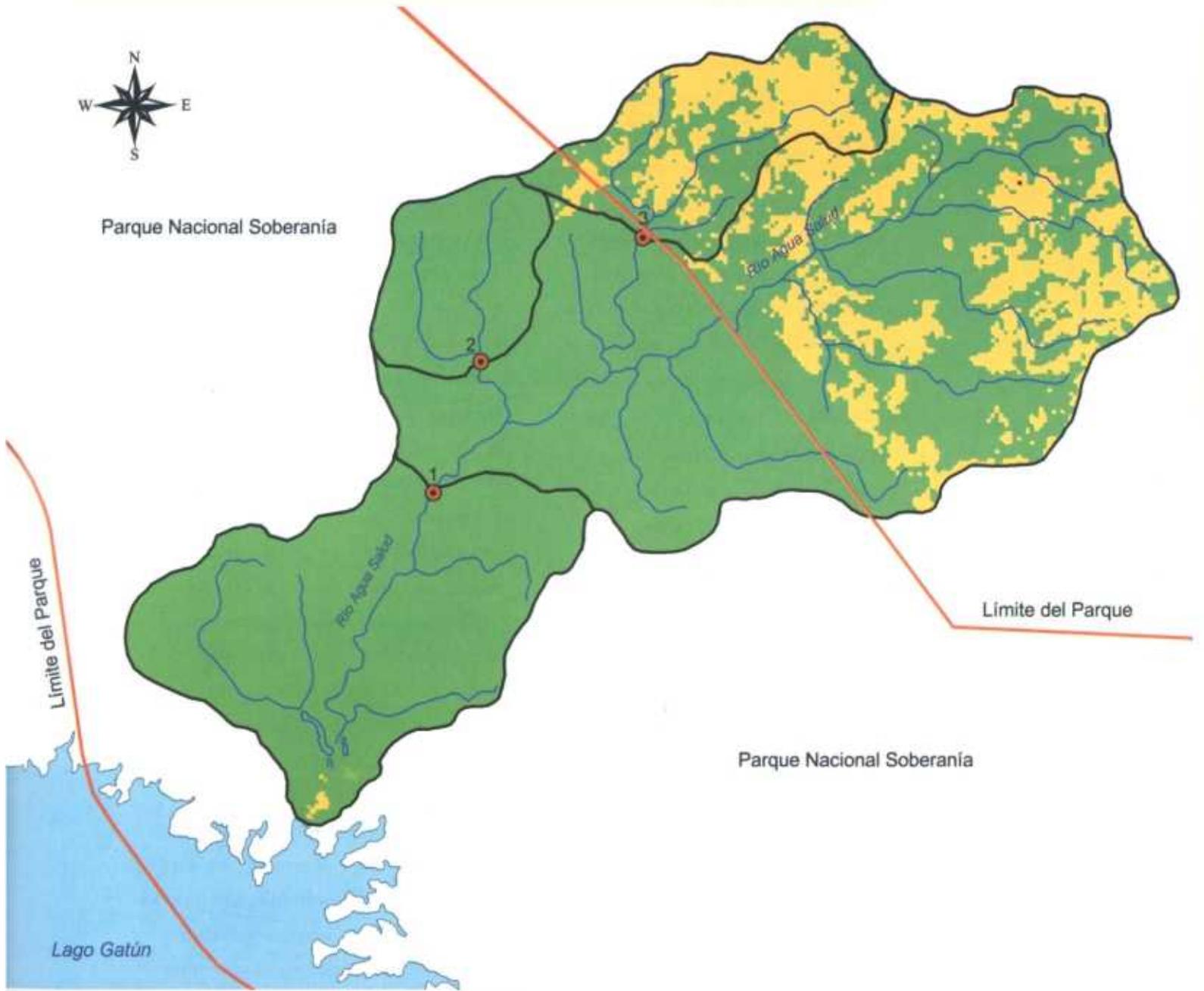
Cuenta con dos ramales que forman dos microcuencas vecinas (las número 2 y 3) cuyas características físicas son muy similares entre sí en cuanto a topografía, geología, suelos, área drenada y pluviosidad, pero difieren en el uso del suelo. La microcuenca No. 2 tiene sus 127 hectáreas cubiertas de bosque; mientras que la No. 3, de 160 hectáreas, tiene solamente el 56% de su superficie con bosques, el 13% con matorrales y el 31% con potreros que son quemados en la estación seca. La diferencia en los resultados de los datos permite establecer claramente la estrecha relación entre el uso del suelo

Uso actual de la tierra en la subcuenca del río Agua Salud

- Ríos
- Sitios de muestreo
- Bosque
- Potreros y matorrales



Parque Nacional Soberanía



Parque Nacional Soberanía

Lago Gatún

y el estado de los recursos naturales.

En cuanto al régimen hidrológico o comportamiento de las aguas en los cursos de estas microcuencas en la estación lluviosa, se observó que el flujo de las aguas superficiales es mayor en 62 milímetros que en la microcuenca parcialmente deforestada; una mayor escorrentía que puede obedecer a la disminución en la permeabilidad de los suelos al cambiar su estructura, producto de su compactación por las actividades ganaderas y por la profundidad de las raíces al ser reemplazados los árboles por pastos.

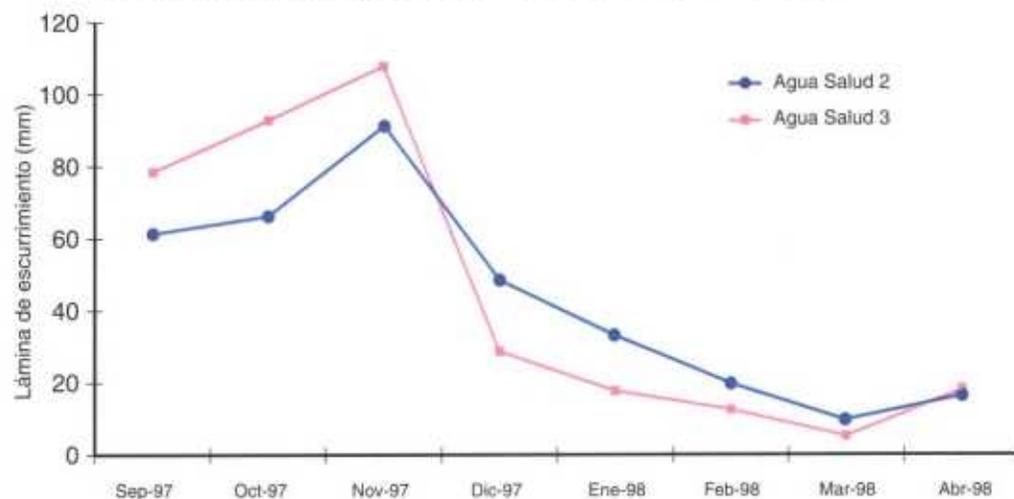
Cabe resaltar que durante las tormentas de la estación lluviosa, los volúmenes de agua alcanzan niveles más rápidos y elevados en la microcuenca parcialmente deforestada que en la totalmente cubierta por bosque. Como ejemplo, durante la tormenta del 21 de septiembre de 1997, en la microcuenca parcialmente deforestada, el caudal alcanzó un máximo de 2.14 metros cúbicos por segundo, mientras que en la boscosa el máximo registrado apenas llegó a 0.79 metros cúbicos por segundo (1 metro cúbico es equivalente a 1,000 litros ó 250 galones).

Contrariamente, al estudiarse el flujo de las aguas durante la estación seca de diciembre de 1997 a marzo de 1998, encontramos que la microcuenca boscosa aportó casi el doble de agua que la parcialmente deforestada. En diciembre, la lámina de agua de la microcuenca boscosa superó en 45 milímetros a la de la microcuenca parcialmente sin bosque. Estos diferentes aportes de agua, expresados en la altura de sus láminas, equivalen a unos 500 metros cúbicos adicionales de agua por hectárea.

Los resultados expuestos arriba permiten concluir que a mayor cobertura boscosa de una cuenca, mejor la regulación del agua durante las estaciones del año. Durante el período de lluvias los bosques facilitan la infiltración del agua en el suelo, permitiendo una mayor disponibilidad en la estación seca. Además, la cobertura boscosa disminuye los escurrimientos superficiales y el caudal máximo de las crecientes, y por ende, reduce la erosión y producción de sedimentos.

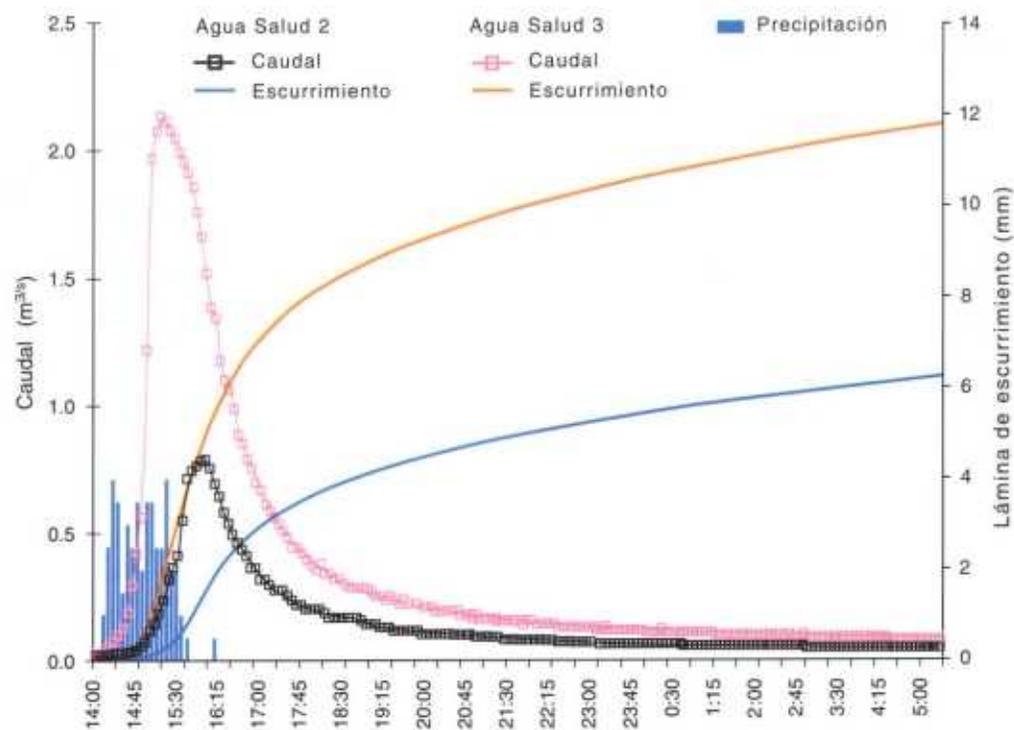
Por otra parte, se estudiaron los suelos de ambas microcuencas para establecer su granulometría (la distribución del tamaño de sus partículas), su permeabilidad, estructura y contenido de

Gráfica de escurrimiento mensual en las microcuencas de Agua Salud 2 y Agua Salud 3.



La gráfica muestra la íntima relación entre la cobertura boscosa y la regulación de las aguas en dos quebradas, una con bosques (línea azul) y otra deforestada (línea roja). A mayor deforestación, más escurrimiento y mayores crecientes en la estación lluviosa y menor disponibilidad de agua en la estación seca.

Hidrograma de las microcuencas de Agua Salud 2 y Agua Salud 3 de la tormenta del 21 de septiembre de 1997.



materia orgánica. Ello permitió estimar el factor K, el cual mide la erodabilidad o resistencia del suelo a la erosión. Según los resultados, los suelos de la microcuenca boscosa son más propensos a la erosión, pero su capa superficial es más profunda, a pesar de no estar en un terreno erosionado. Esta capa (horizonte A) tiene 23 centímetros de espesor, en una pendiente de 40 grados, mientras que la profundidad del suelo superficial en la microcuenca parcialmente deforestada es de sólo 10 centímetros en una pendiente de 10 grados.

Los estudios de suelos y aguas en estas dos microcuencas del río Agua Salud, tienden a *corroborar con datos cuantitativos las conclusiones de investigaciones realizadas en otras partes de los trópicos, en el sentido de que los bosques, además de propiciar una mejor regulación del ciclo hidrológico, disminuyen la pérdida de los suelos.*

3. Afluentes mayores y menores

Aunque es difícil precisar el volumen total de agua que fluye anualmente hacia los lagos Gatún y Alhajuela, pues no todos sus ríos son aforados, la Autoridad de la Región Interoceánica

Caudales específicos en los ríos principales

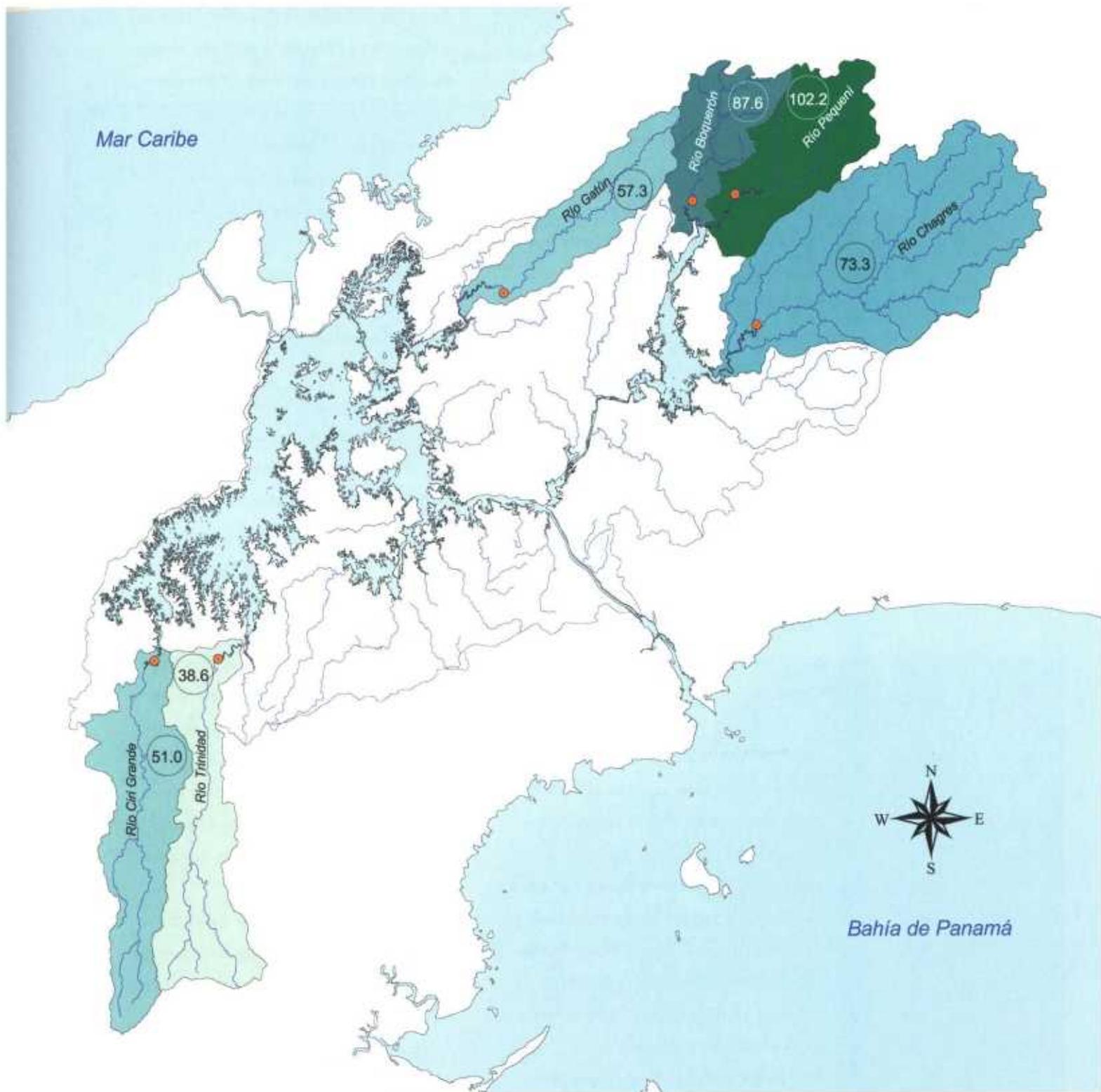
(Período 1970 -1996)

Caudal específico en litros por segundo por kilómetro cuadrado (l/s/Km)²



 Sitios de Medición

 Ríos



ha estimado indirectamente el volumen total en 4,390 millones de metros cúbicos por año. Los datos más precisos provienen de la Comisión del Canal de Panamá (CCP) cuyas estaciones hidrométricas recogen datos diarios de los ríos principales. Según los registros de la CCP durante los veintiséis años comprendidos entre 1970 y 1996, los ríos que más agua producen, en millones de metros cúbicos por año, son: Chagres (961 Mm³), Pequení (437 Mm³), Ciri Grande (300 Mm³), Boquerón (253 Mm³), Trinidad (212 Mm³) y Gatún (212 Mm³). Estas seis subcuencas que representan el 60% de la superficie de drenaje, aportan en su conjunto 2,375 millones de metros cúbicos de agua anuales, equivalentes al 54% de la producción anual de agua para la Cuenca del Canal.

También son importantes los tributarios menores que aportan el 46% de la producción restante de agua, representando el 40% de la superficie de captación. Sobre estos ríos y quebradas, cuyas cuencas están mayormente deforestadas, se tiene poca información. Entre estos cursos están el Chilibre, el Gatuncillo, Las Cascadas, La Puente, Caño Quebrado, el Mandinga y otros. Con la creciente

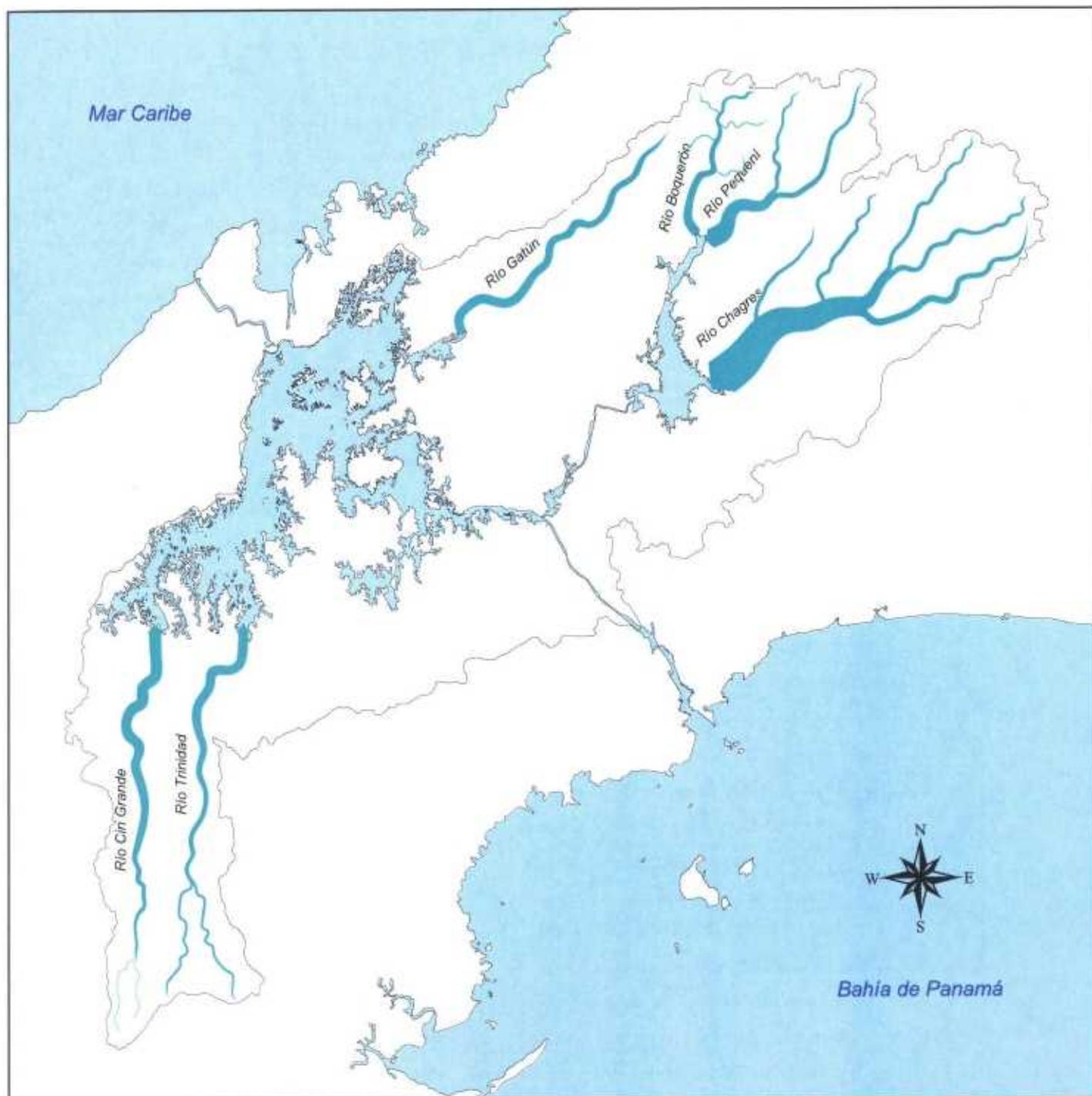
demanda de agua, es importante monitorear en el futuro inmediato algunos de estos cursos menores. La mayor parte de la superficie de estos afluentes menores, sin controles hidrométricos, está cubierta de potreros y suelos desnudos, y es de esperarse que estas subcuencas presenten mayor alteración en su régimen hidrológico impidiendo un mejor aprovechamiento del agua.

Al estudiar los patrones hidrológicos de dos de los ríos principales de la Cuenca del Canal, se observa un comportamiento similar al manifestado por las microcuencas de Agua Salud. Así, el alto Chagres, con 98% de su superficie constituida por bosques, mantiene un régimen hidrológico más uniforme durante el año, contrario al Trinidad que sólo tiene 18% de su superficie constituida por bosques y cuyo régimen hidrológico, más alterado, dispone de mayores volúmenes de agua en el período lluvioso y menor disponibilidad en la estación seca.

Entre las implicaciones de estos comportamientos en los flujos de agua de los ríos con cuencas alteradas, podrían estar las grandes crecidas en años muy lluviosos y caudales mínimos extremos en años secos.

Producción de agua de los seis ríos principales.

Los seis ríos que más agua aportan a la Cuenca del Canal son el Chagres, Pequeñí, Ciri Grande, Boquerón, Trinidad y Gatún. Nótese la contribución del Chagres en comparación con los otros cinco.



4. Erosión y sedimentación en los ríos principales

Debe subrayarse que en los ríos principales las tasas de erosión han tendido a disminuir desde inicios de la década de 1980, aunque el patrón de lluvias no ha variado. Esta tendencia decreciente en la producción de sedimentos y concentraciones de descarga ponderada es muy posible que obedezca al establecimiento de áreas protegidas en los bosques ubicados en las cabeceras de los ríos principales y a un aumento en la superficie de rastrojos por regeneración natural, así como a una marcada disminución en la deforestación.

No obstante, en 1996, uno de los años más lluviosos registrados, esta tendencia se interrumpió, incrementándose las tasas de producción de sedimentos. Las mayores tasas se dieron en los ríos Ciri Grande y Trinidad, en el sector oeste; se observó un incremento proporcional de 10.2 y 2.4 veces respectivamente comparado con la tasa promedio anual observada para el período 1981-1994. Esta área está mayormente deforestada o tiene menor protección de cobertura boscosa, por lo que representa una zona crítica durante los años de lluvias

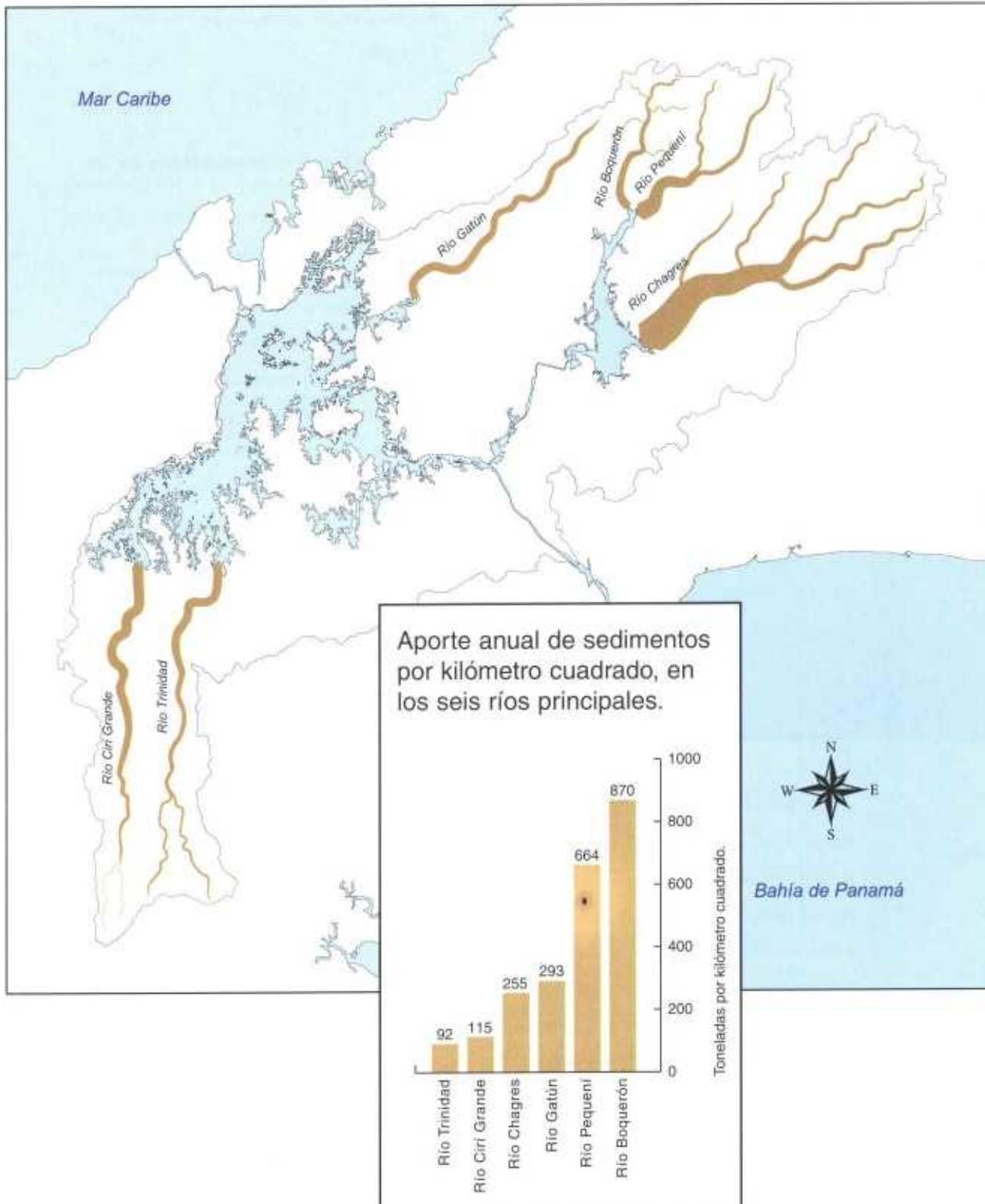
extremas. Una razón del incremento en su erosión puede ser la construcción de más caminos de penetración en las subcuencas.

Según datos suministrados por la CCP, los ríos de la Cuenca con mayor producción anual promedio de sedimentos (estimados para el período de 1987 a 1996 en toneladas por año) son: Chagres (97,629 Ton/año), Pequení (56,838 Ton/año), Boquerón (48,658 Ton/año), Ciri Grande (35,823 Ton/año), Gatún (35,606 Ton/año) y Trinidad (19,434 Ton/año).

No obstante, al ponderar la producción de sedimentos en base a la superficie de cada cuenca, entre 1981 y 1994, los ríos que aportaron las mayores tasas en toneladas de suelos por kilómetro cuadrado por año fueron: Boquerón (870 Ton/km²/año), Pequení (664 Ton/km²/año), Gatún (293 Ton/km²/año), Chagres (255 Ton/km²/año), Ciri Grande (115 Ton/km²/año) y Trinidad (92 Ton/km²/año). En estudios realizados en otras regiones tropicales, se ha determinado que la tasa natural de producción de sedimentos de una cuenca cubierta por bosques y con geologías similares está en el rango de 100 a 600 Ton/km²/año. Las subcuencas que drenan hacia el lago Alhajuela

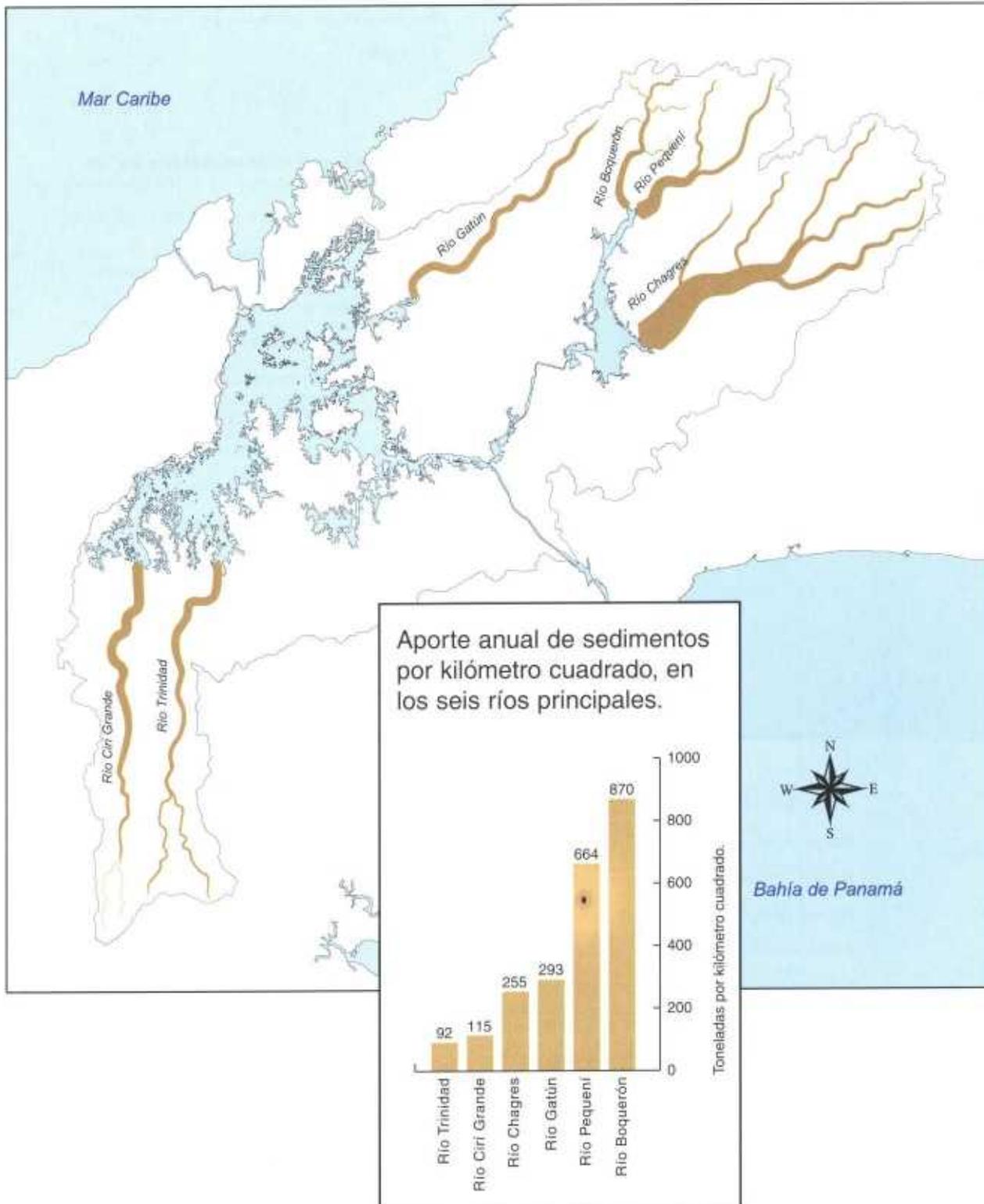
Producción de sedimentos en los seis ríos principales.

En términos absolutos, el río Chagres es el que más sedimentos aporta anualmente. No obstante, en base a la superficie de cada cuenca, el río que más contribuye por kilómetro cuadrado es el Boquerón.



Producción de sedimentos en los seis ríos principales.

En términos absolutos, el río Chagres es el que más sedimentos aporta anualmente. No obstante, en base a la superficie de cada cuenca, el río que más contribuye por kilómetro cuadrado es el Boquerón.



presentan las tasas más altas, algunas sobrepasan los valores naturales, y es en la zona norte del lago, en las desembocaduras de los ríos Boquerón y Pequení, donde se observan los mayores bancos de sedimentos acumulados.

Se han propuesto dos hipótesis para explicar el fenómeno de la aparente disminución en la producción de sedimentos en la Cuenca: (1) la regeneración de la vegetación subsecuente a la deforestación, y (2) el planteamiento de que las producciones de sedimentos están controladas por la erosión, tanto superficial como profunda. Esta erosión profunda se debe a deslizamientos de tierra ocurridos durante períodos prolongados de lluvias intensas, siendo este el factor preponderante. Esta segunda hipótesis parece describir mejor que la primera las tendencias de erosión observadas.

Una variable importante a considerar durante años hidrológicos extremos (muy húmedos) debe ser la intensidad de las precipitaciones, ya que bajo estas condiciones climáticas se pueden activar eventos como los deslizamientos de tierras. Será muy útil conocer en el futuro su efecto en la erosión de la Cuenca, al momento de concebir y

aplicar métodos de control, al igual que para evaluar las áreas de mayor riesgo de deslizamientos que representen un peligro para las poblaciones humanas.

5. La creciente contaminación de las aguas

El estudio de la calidad de las aguas ha sido poco profundizado. Las contadas investigaciones hasta ahora realizadas se han concentrado en las tomas de agua de las potabilizadoras de Miraflores y Chilibre en Panamá y Mount Hope en Colón. En el resto del país la situación es similar, por no contarse con una red de estaciones para monitorear los cambios en la calidad de las aguas de ríos y quebradas. En el caso de la Cuenca del Canal, poco se sabe de lo que ocurre en la mayoría de los cursos de agua que fluyen a los lagos. El antecedente principal consiste en el estudio de 1975 de la Comisión del Canal, cuyos puntos de muestreo se localizaron mayormente en el lago Gatún.

A grandes rasgos, la evaluación hecha por el PMCC basada en indicadores de contaminación orgánica, inorgánica y microbiológica, apuntan a un creciente deterioro de la calidad de las aguas.

Sobre todo en el curso medio del Chagres, el sector más afectado por la urbanización e industrialización a lo largo del eje de la carretera Transistmica.

Nutrientes

Los nutrientes son elementos químicos y compuestos que existen en la naturaleza y que son utilizados por los organismos vivos para mantener sus procesos vitales. En este estudio de la calidad de las aguas se analizó la presencia de dos clases de nutrientes: las formas de nitrógeno (nitratos NO_3^- , nitritos NO_2^- y amonía NH_4^+) y los fosfatos (PO_4^{3-}).

El aumento de los nutrientes en el agua, producto de las descargas de las aguas servidas domésticas e industriales y del uso de fertilizantes, promueve el rápido deterioro de su calidad. Este proceso de degradación es conocido como eutroficación, que se manifiesta por el incremento de la vegetación acuática, la coloración verde grisácea del agua, la producción de malos olores y la disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto.

Para establecer la tendencia en la concentración de nitratos a través del

tiempo, se compararon los resultados obtenidos por el PMCC de 1997 a 1998 en 14 sitios cercanos a los estudiados en 1975 por la CCP. En 1975 las concentraciones de nitratos variaban entre 0.010 a 0.114 miligramos por litro (mg/l), presentándose las mayores concentraciones en los ríos Chilibre (0.114 mg/l), Chagres, cerca



de Gamboa, (0.070 mg/l) y Gatuncillo (0.053 mg/l). Actualmente, se ha detectado que las concentraciones de nitratos son más altas que en 1975 para todos los 14 sitios comparados. El rango de concentración de nitratos ahora varía entre 0.063 y 3.017 mg/l. En los ríos Chilibre y Gatuncillo los incrementos de nitratos son de 20 a 60

Crecimiento de vegetación acuática en el Chagres debido al exceso de nutrientes. Es señal del deterioro de la calidad del agua por la contaminación.

veces mayores que en 1975, siendo las principales causas de este aumento la constante y rápida expansión de la población e industrias en ambos ríos y, por tanto, de los volúmenes de aguas servidas.

En cuanto a las formas de nitrógeno (nitratos, nitritos y amonía), se detectó que los niveles más altos se hallan aguas abajo de las áreas urbanas, agrícolas y ganaderas. Las aguas con mayores niveles de nitrógeno son las de los ríos Gatuncillo, Obispo, Chilibre, Quebrada Ancha, Palenque II, Salamanca, Cabuya, Chilibrillo, Palenque Nueva Providencia, Cacao y Baila Monos.

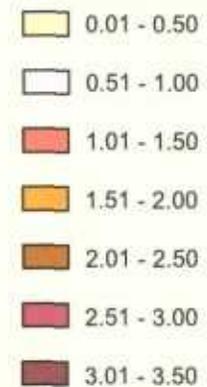
Las mayores concentraciones de fosfatos, expresados como fosfato (PO_4^{3-}), se presentaron al igual que los nitratos y en forma decreciente, en río Chilibre, río Chilibrillo (en el cauce del Canal cerca del poblado de Paraíso), río Chagres (a la altura del puente de la Transísmica), quebrada Ancha, río Gatuncillo, quebrada Lato y río Obispo.

El creciente enriquecimiento de las aguas superficiales con nitrógeno y fosfato acelera la eutroficación, lo que agrava la proliferación de malezas

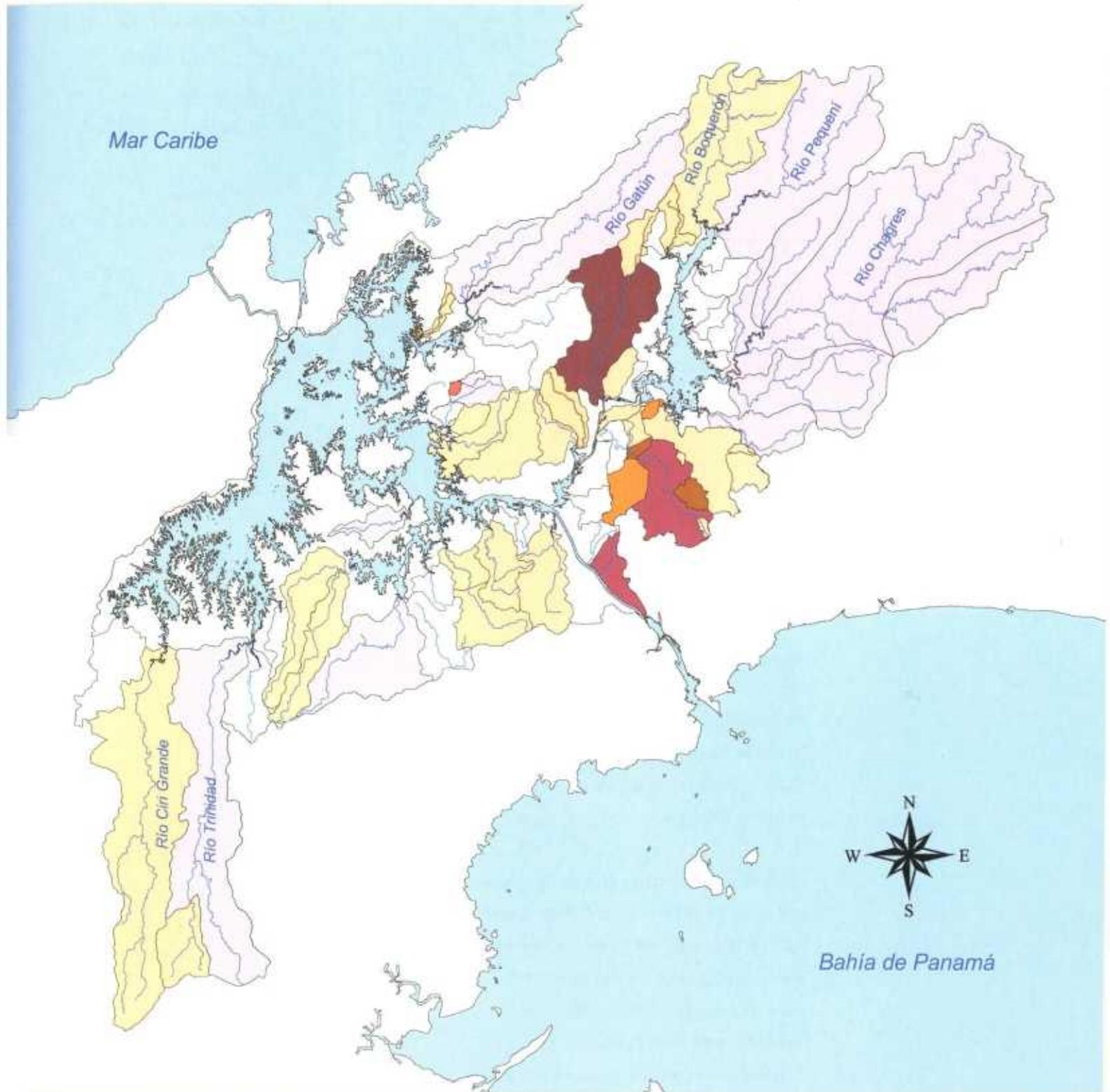
Concentración de nitratos

(Estación seca: enero-abril 1998)

Concentración de Nitratos (NO_3^-)
Nitritos (NO_2^-)
y Amonía (NH_4^+)
en mg/l



Nótese que los ríos con mayor concentración de nitratos son los ubicados en el eje de la carretera Transistmica.



acuáticas. Este problema adquiere proporciones preocupantes en el curso medio del Chagres, aguas arriba de Gamboa y cerca de la toma de agua de la planta potabilizadora de Miraflores, así como en las bocas de los ríos Paja, Baila Monos y Caño Quebrado en el lago Gatún.

Contaminación orgánica

La materia orgánica se compone principalmente de combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, proviniendo de plantas, animales y de las actividades humanas. Debido a la gran variedad de compuestos orgánicos en el agua, rara vez se analizan los compuestos individuales presentes en ella. Normalmente se efectúan análisis de parámetros no específicos como indicadores del contenido de la materia orgánica. Dentro de estos parámetros están el oxígeno disuelto (OD) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Un indicador fundamental de la calidad del agua es el nivel de oxígeno disuelto. Todo cuerpo de agua (río, quebrada o lago), posee cierta capacidad para depurarse. No obstante, de sobrepasarse ciertos límites, esta capacidad de recuperación se pierde.

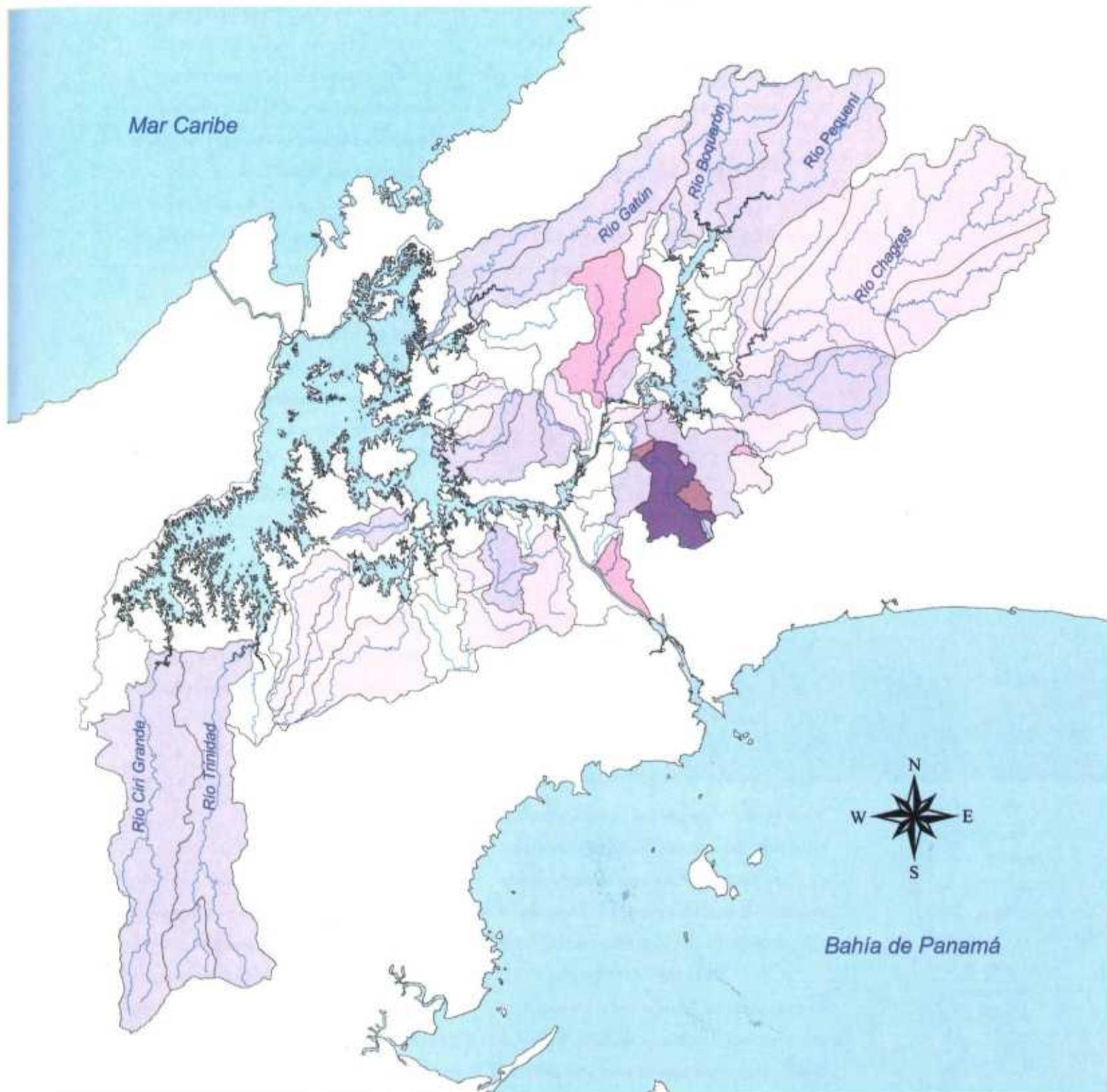
Concentración de fosfatos

(Estación seca: enero-abril 1998)

Concentración de Fosfatos (PO_4^{-3}) en mg/l

	0.001 - 0.125
	0.126 - 0.250
	0.251 - 0.375
	0.376 - 0.500
	0.501 y más

Las mayores concentraciones de fosfatos, debido a la presencia de detergentes en el agua, entre otras sustancias, se encuentran aguas abajo de las áreas urbanas, agrícolas y ganaderas.



Bajo condiciones ideales y a temperaturas normales del agua (que en los trópicos varía entre 25 y 30 °C), el oxígeno disuelto debe alcanzar concentraciones máximas que varían entre 8.2 y 7.5 miligramos por litro. Sin embargo, al aumentar el contenido de materia orgánica, baja la presencia de oxígeno. Una concentración menor de



Bajos niveles del lago Alhajuela durante el fenómeno El Niño de 1997. En la estación seca, al bajar los caudales de los ríos, aumenta la presencia de contaminantes y descienden los niveles de oxígeno.

3 miligramos de oxígeno por litro es baja, indicio de que las aguas se están contaminando. Para sustentar la vida acuática las concentraciones deben sobrepasar los 5 miligramos por litro.

El proyecto midió el nivel de oxígeno disuelto en el período lluvioso y luego el seco (septiembre a abril) de 1997 a

1998. Durante el período lluvioso, de los 15 sitios muestreados no se encontraron concentraciones de oxígeno disuelto menores a 4.8 miligramos por litro, pues el volumen de agua en ellos es mayor y se diluyen con más facilidad los contaminantes. Los ríos con menores concentraciones de oxígeno fueron los ubicados en las áreas más afectadas por el desarrollo: Chilibre, Chilibrillo, Palenque y Gatún.

Contrariamente, durante la estación seca, cuando bajan los caudales de los ríos, los niveles de contaminantes se concentran más, causando un descenso en el oxígeno disuelto. Los casos más críticos, entre los ríos que fluyen al lago Gatún, son: el Tinajones, Los Hules y Caño Quebrado; en la Transistmica, el Chilibre y sus afluentes, tales como quebradas Ñajú, Las Conchas y Lato; asimismo, el Gatuncillo y el Limón. En todos ellos la presencia de oxígeno es menor a 5 miligramos por litro.

En la estación seca, los ríos con más oxígeno son aquellos menos afectados por el hombre y cuyas cabeceras están dentro del Parque Nacional Chagres: Boquerón, La Puente, Las Cascadas, Chagres y Pequení. Su nivel de oxígeno se mantuvo arriba de los 7.2

miligramos por litro.

El parámetro denominado Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es el más utilizado para medir la contaminación orgánica. Este representa la cantidad de oxígeno que las bacterias consumen para descomponer la materia orgánica en el agua, durante un período de cinco días y a una temperatura de 20 °C. Se considera que un sitio tiene problemas de contaminación, si los valores de esta demanda bioquímica de oxígeno están por encima de 10 mg/l. Este parámetro sólo se midió en el Chilibre, Chilibrillo y quebrada La Cabima, el principal afluente del río Chilibrillo. No obstante, en el futuro, este parámetro debe monitorearse en un mayor número de ríos y quebradas de la Cuenca, sobre todo en los más afectados por el desarrollo.

En el Chilibre y sus afluentes se encontraron en varios de los sitios muestreados valores mayores a 10 miligramos por litro. Entre ellos, los localizados en la barriada Nuevo Sitio El Carmen y Viento Fronco. El primero es un área muy poblada, y la segunda una zona de actividad ganadera y fincas porcinas. En el Chilibrillo, los niveles más altos de consumo de oxígeno por

las bacterias se encontraron en el sector de Las Palmitas, el lugar más poblado de los atravesados por este río, donde hay muchos pequeños comercios, talleres de mecánica y una gran actividad ganadera.

Contaminación microbiológica

Para caracterizar la contaminación microbiológica de las aguas se utilizan las bacterias coliformes totales y fecales. Dentro de estas últimas, la *Escherichia coli* sirve como organismo indicador de contaminación fecal y de la posible presencia de bacterias patógenas. Según las normas internacionales de calidad de agua, el agua potable no debe contener coliformes fecales. Para las aguas de uso recreativo, como los lagos Gatún y Alhajuela y el río Chagres, la máxima concentración de bacterias debe ser, para coliformes totales, de 1,000 NMP (Número Más Probable) por 100 mililitros, y para coliformes fecales, de 200 NMP/100 ml. Mientras que para el soporte de la vida silvestre, los coliformes totales no deben sobrepasar los 10,000 NMP/100 ml y los fecales 5,000 NMP/100 ml.

A grandes rasgos, todos los ríos muestreados en la Cuenca sobrepasan

los niveles de contaminación establecidos por las normas internacionales de calidad de agua para usos recreativos. Las excepciones son los cursos altos del Chagres y Boquerón, ubicados en áreas del Parque Nacional Chagres. Los ríos cuyas aguas están más contaminadas son: Chilibre, Chilibrillo y Gatún, cuyos niveles sobrepasan entre cuatro y cinco veces lo permitido por las normas internacionales. Estos ríos cuentan con la mayor concentración de población, ganadería, granjas porcinas y avícolas.

Otros parámetros de calidad de agua

Otros parámetros para determinar la calidad de las aguas son el pH (grado de acidez o alcalinidad), la temperatura, la conductividad eléctrica, los sólidos totales disueltos y la alcalinidad. En términos generales, en las aguas de la Cuenca, estos parámetros se encontraron dentro de los valores normales para fuentes superficiales.

El pH varió entre 6.0 y 8.2 unidades. Las temperaturas registradas, entre 24 y 33 °C, estuvieron dentro de los rangos esperados. La alcalinidad reportó valores entre 43.5 y 118.9 partes por millón, expresados como CaCO_3 . La conductividad eléctrica, que guarda

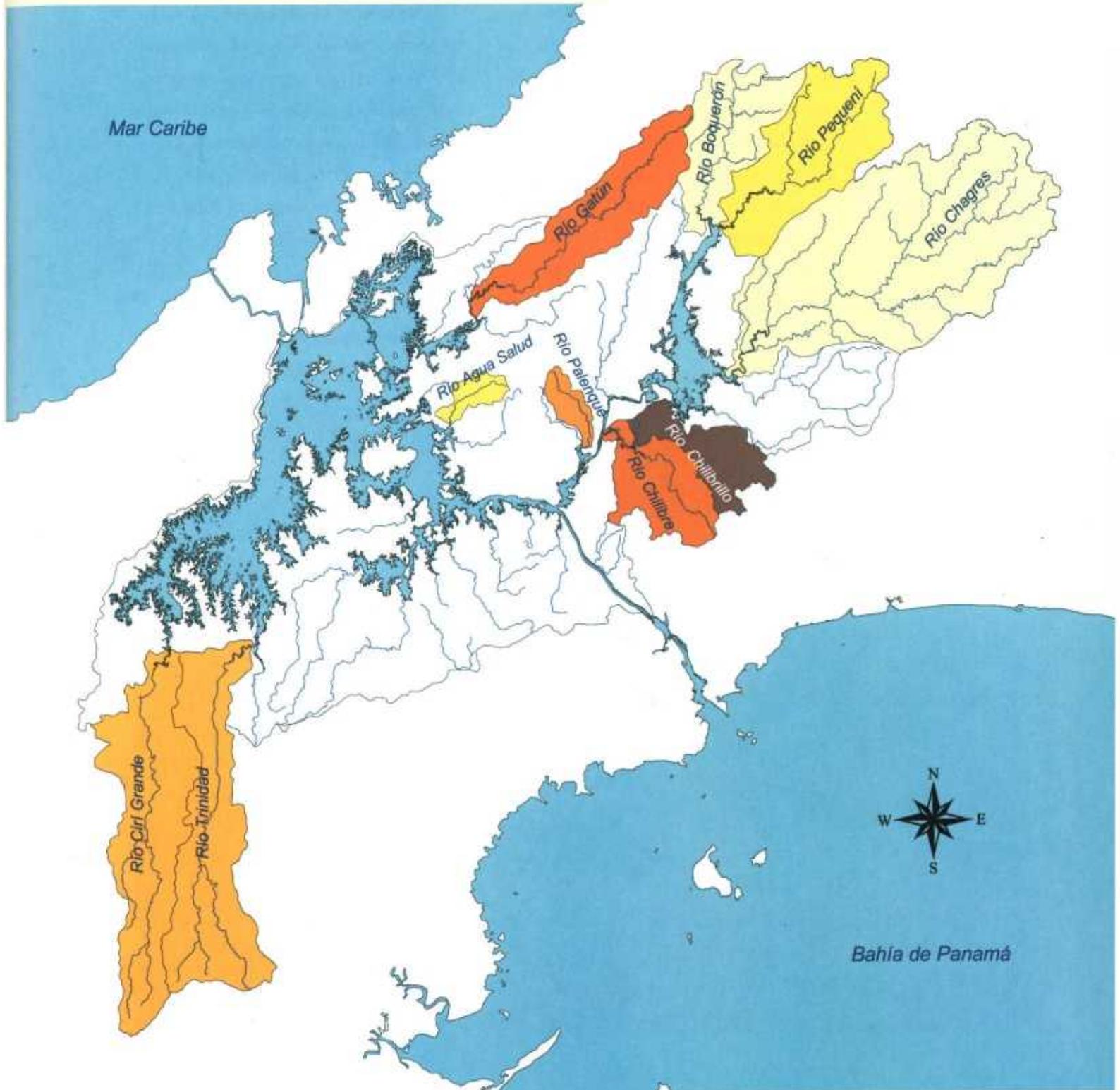
Coliformes fecales en los ríos principales.

Octubre y noviembre de 1998

Coliformes fecales en número más probable por cien mililitros (NMP/100ml)

	1 - 200
	201 - 400
	401 - 600
	601 - 800
	801 - 1000
	1001 - 1200

Uno de los aspectos más preocupantes es el aumento de la concentración de heces fecales humanas y de animales. Los ríos más contaminados son: Chilibre, Chilibrillo y Gatún, cuyos niveles sobrepasan entre 4 y 5 veces lo permitido por las normas internacionales.



relación con la presencia de minerales disueltos, presentó valores entre 45 y 285 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), y tiene un patrón muy relacionado a la distribución de las formaciones del mineral calcita. Los ríos con más altos niveles de conductividad son aquellos que corren por la roca madre con mayor contenido de dicho mineral. Los sólidos totales disueltos fueron inferiores a las 500 partes por millón, que indican una buena calidad con respecto a este parámetro.

Es vital para Panamá establecer una red de estaciones hidrológicas en la Cuenca del Canal para monitorear cambios en la calidad de las aguas, que provean información oportuna y veraz para la toma de decisiones tendientes a conservar la calidad de este recurso. Eventualmente habrá que instalar este tipo de estaciones en los ríos que suplen de agua a las principales urbes del país.

6. El modelo hidrológico TOPMODEL

Para conocer el régimen hidrológico o el comportamiento de los caudales de un río, se requiere la aplicación de los modelos hidrológicos de lluvia-escurrencimiento. Uno de ellos se conoce como TOPMODEL, el cual permite

caracterizar los diversos movimientos del agua: verticalmente, hacia la capa freática, donde se almacena, y horizontalmente, como flujo superficial sobre el terreno hasta llegar a los cauces. Este modelo hidrológico requiere un mínimo de datos: la precipitación, la evapotranspiración potencial y la topografía, representada en forma de un modelo de elevación digital del terreno (DTEM); sin embargo, aunque se cuente con estos registros, si la cuenca estudiada ha sufrido los efectos de la deforestación y la urbanización, no se podrá predecir su comportamiento futuro.

Para comprobar la validez de este modelo se seleccionaron cuatro microcuencas: las quebradas Lutz y Conrad en la isla Barro Colorado, a fin de evaluar la influencia de la topografía, plana o con pendientes, sobre el flujo de las aguas; y el río Agua Salud con sus dos microcuencas, una con bosque y otra parcialmente deforestada, para constatar la incidencia del uso de la tierra.

TOPMODEL utiliza el concepto de índice topográfico que propone en esencia que a mayor la pendiente, menor probabilidad hay de que los suelos se saturen. En áreas planas la

saturación es más probable. Las propiedades físicas del suelo, como su textura y permeabilidad, también influyen en la saturación del terreno, y por tanto en el flujo superficial de las aguas; estas propiedades se ven alteradas al perderse la cobertura boscosa.

Los resultados obtenidos al aplicar el TOPMODEL en las microcuencas experimentales de la isla Barro Colorado y del río Agua Salud, per-

miten simular, con bastante confianza, cuál será el comportamiento de los caudales de otros ríos y quebradas de la Cuenca del Canal y otras regiones del país. Este modelo sería particularmente útil para predecir los comportamientos de los caudales de aquellos cursos de aguas sin registros hidrológicos, como para determinar las áreas que contribuyen con mayores escurrimientos superficiales y, por tanto, dónde pueden darse los mayores riesgos de erosión de sus suelos.

Campesinos de La Represa,
 lago Gatún, sacando
 productos para el mercado
 de la capital.



LAS POBLACIONES HUMANAS

*Amelia Sanjur,
Freddy González
Carmen Prieto
Stanley Heckadon-Moreno*

Mantener el equilibrio ecológico y la conservación ambiental es indispensable para quienes dependen de la naturaleza para producir y subsistir, para mejorar su calidad de vida y conservar su salud. Es vital estudiar los grupos sociales que habitan la Cuenca del Canal y su impacto sobre la naturaleza, pues desde el pequeño y gran productor agropecuario, las empresas mineras, las industrias y los urbanizadores, hasta los pequeños talleres y negocios, todos tienen una cuota de responsabilidad en su deterioro.

Los objetivos del estudio de las poblaciones humanas son: (1) definir las características demográficas y socioeconómicas de los grupos sociales en la Cuenca y su impacto sobre ella; (2) identificar los procesos de poblamiento en áreas de recepción y de expul-

sión; (3) estudiar las áreas críticas de deterioro ambiental.

El equipo de investigación ha realizado los siguientes estudios específicos: El análisis demográfico de la Cuenca en el período 1950-1990 y sus proyecciones para el 2020; los casos de los ríos Chilibre y Chilibrillo, los más afectados por la urbanización e industrialización; el estudio en un área rural que expulsa población, el corregimiento de Santa Rosa en Colón; el estudio de algunas comunidades dentro de los parques nacionales y en sus zonas aledañas.

1. Metodología

Para el estudio demográfico del período 1950-1990, se identificaron y localizaron los corregimientos y sus



Poblados por autoconstrucción en el corregimiento de Las Cumbres.

lugares poblados en mapas; luego se ubicaron a través del Sistema de Información Geográfica. Se extrajeron de los últimos cinco censos de la Contraloría General de la República, las estadísticas de estos poblados, para ordenarlos en una base de datos de población, vivienda y condiciones socioeconómicas.



Urbanizaciones comerciales en serie en el corregimiento de Las Cumbres.

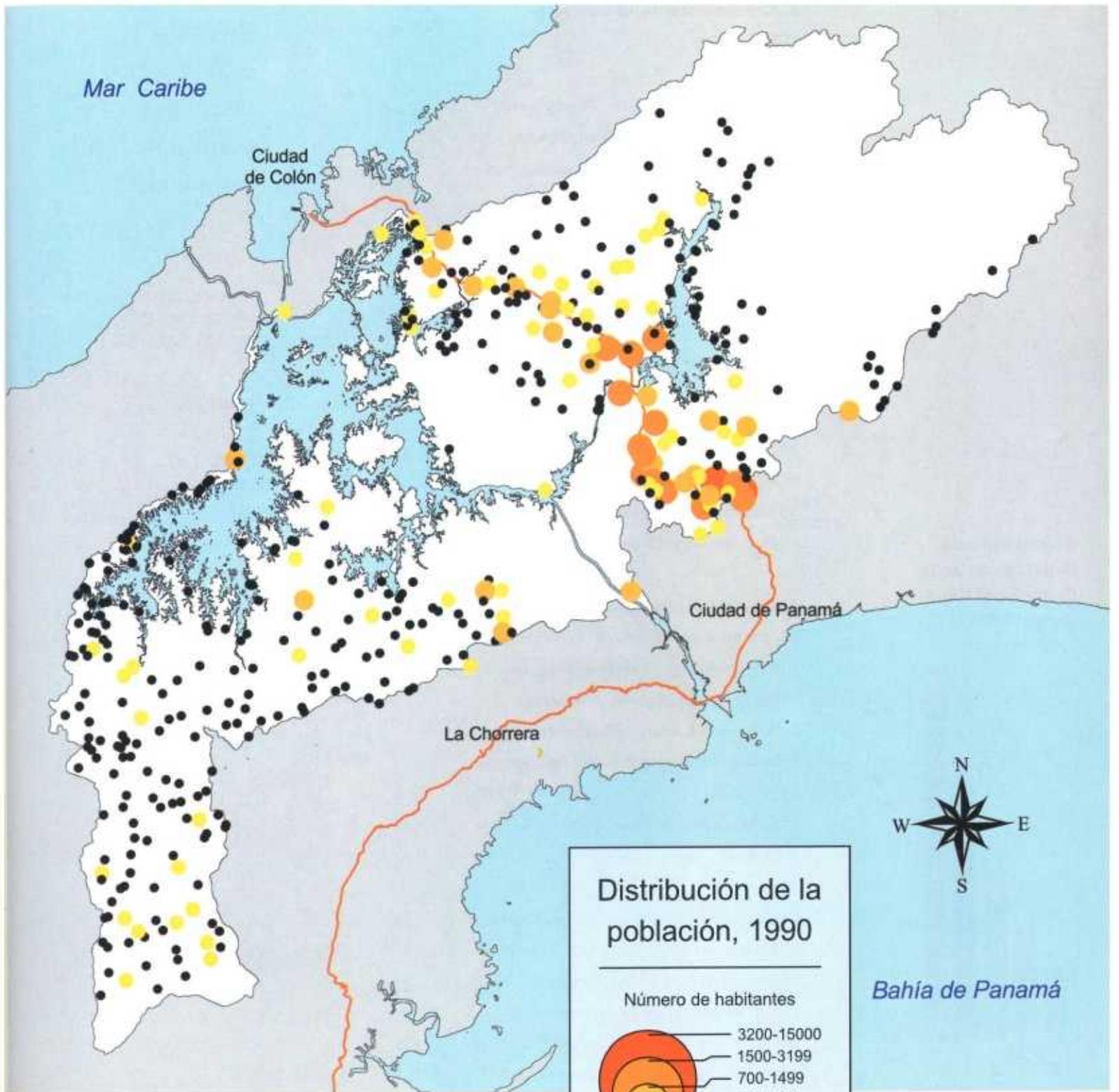
Para los parques nacionales, se determinó la población dentro y en sitios aledaños durante el período 1950-1990, para definir su existencia antes de la creación de estas áreas y analizar su crecimiento. En algunas comunidades se hicieron estudios antropológicos para establecer las relaciones entre los moradores y los

recursos naturales, especialmente el problema de la cacería.

Se contrastaron dos áreas, una de alto crecimiento de población, Chilibre y Chilibrillo, y otra de expulsión, el corregimiento de Santa Rosa, para investigar las causas de su crecimiento y decrecimiento.

El estudio de la cobertura vegetal y usos del suelo en Chilibre y Chilibrillo y en Santa Rosa se realizó interpretando fotos aéreas de 1995 y 1998, estas últimas tomadas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, y por medio de giras de campo, apoyadas con registros de industrias y comercios de la Contraloría, del Ministerio de Comercio e Industrias y de los centros de salud del área. Para los estudios de emigración y enfermedades, se utilizaron las cifras del censo de 1990 y las estadísticas de los centros de salud de Chilibre y Las Cumbres. El estudio de campo de contaminación y deterioro se hizo en el terreno, con ayuda de los pobladores y personal de los centros de salud.

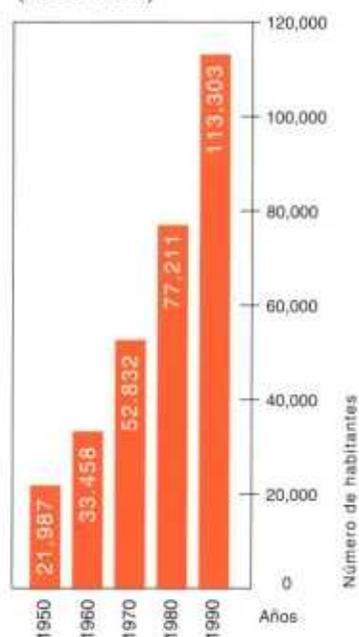
En el mapa preliminar de propiedad de la tierra del corregimiento de Santa Rosa, se utilizó el Sistema de Posicionamiento Global para ubicar y cartografiar cada finca.



2. Crecimiento de la población (1950-1990)

En los últimos 40 años, la población de la Cuenca se ha quintuplicado. En 1950, la región tenía apenas unos 21,000 habitantes; para 1990 éstos sobrepasaban los 113,000. Entre 1980-1990 la tasa de crecimiento anual fue de un 3.8%, mayor que la tasa de crecimiento anual del país que es de 2.6%. Se estima que en 1998 la población era de 142,250; según las proyecciones, para el 2000 será de 153,300 habitantes y de 407,000 para el 2020. Esta cuadruplicación de la población en tan poco tiempo tendrá profundas repercusiones ambientales.

Crecimiento de la población en la Cuenca del Canal (1950-1990)



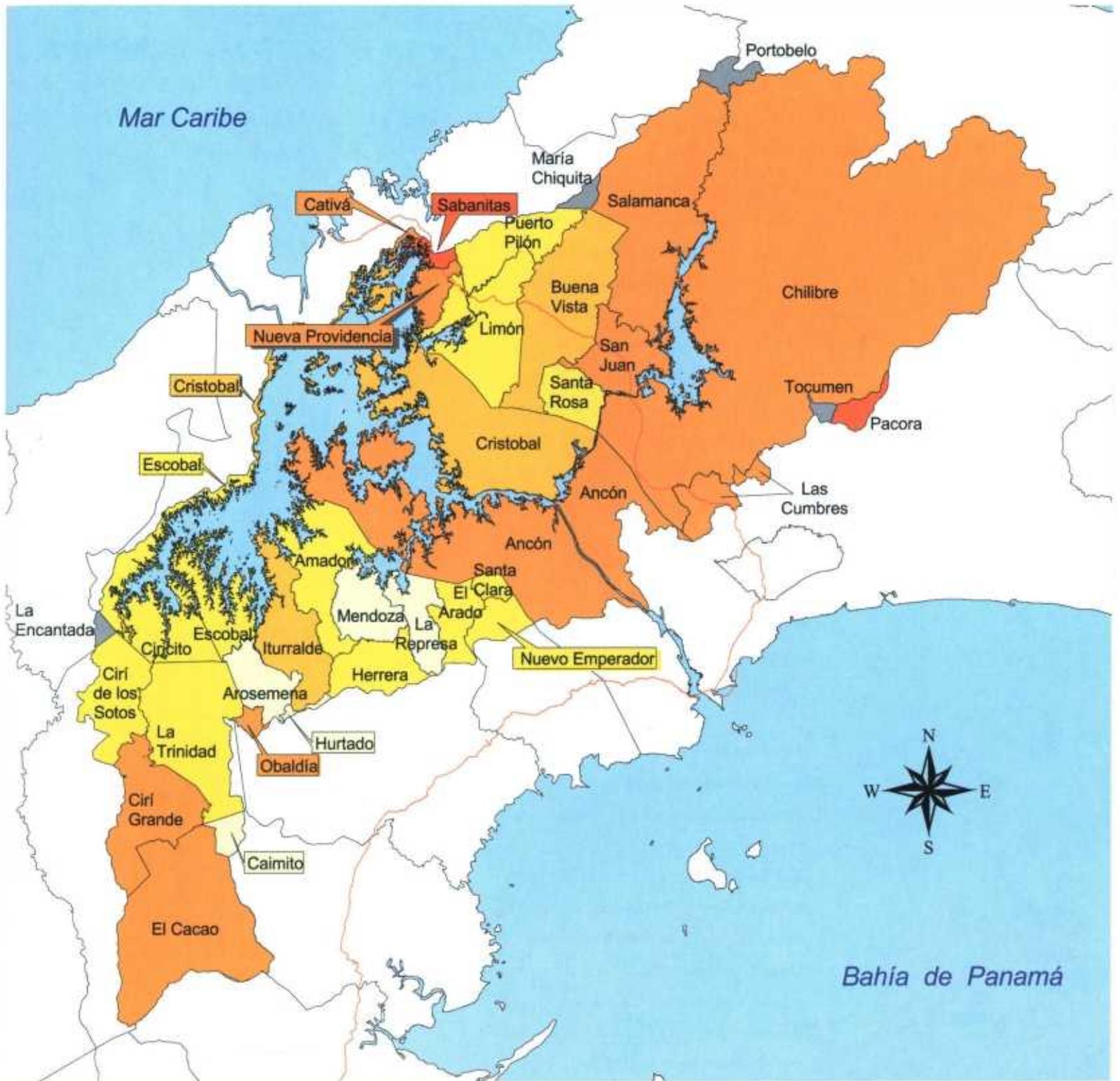
Administrativamente, la Cuenca se divide en 2 provincias, 7 distritos y 36 corregimientos; su población se distribuye en 432 lugares poblados; el 77% de ellos, unos 332, son comunidades con menos de 200 habitantes. Sólo 15 poblados tienen más de 1,500 habitantes, concentrando el 43% de la población.

Los corregimientos más densamente poblados en habitantes por kilómetro cuadrado son: Las Cumbres con 1,114, el sector de la Transistmica en Chilibre con 297, Sabanitas 273, San Juan 209, Cativá 200 y Pacora 103.

Tasa de crecimiento anual por corregimiento. 1980 - 1990

Tasa de crecimiento anual por corregimiento periodo: 1980-1990



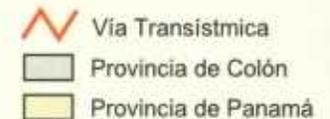


En comparación para 1990, la densidad nacional era de 31 habitantes por kilómetro cuadrado.

El 79% de la población vive al este del Canal. En una franja de 2.6 kilómetros de corredor de la Transístmica (1.3 km a cada lado de la vía), se concentra el 62% de la población de la Cuenca. Actualmente, el crecimiento demográfico a lo largo de esta vía obedece a la expansión de las ciudades de Panamá y Colón. Esta carretera es para la Cuenca del Canal, lo que la Interamericana es para el interior del país y Darién, foco de poblamiento y grandes transformaciones ambientales. El 21% restante de la población está al oeste del Canal, constituida en su mayoría por una población campesina que vive de cultivos de subsistencia y de la ganadería extensiva.

En el futuro la Cuenca se verá afectada por los proyectos de infraestructura destinados a desarrollar las tierras e instalaciones de la antigua Zona del Canal. Entre las obras de mayor envergadura e incidencia ambiental están la nueva autopista Panamá-Colón, la modernización del ferrocarril y los grandes puertos para contenedores. Al mismo tiempo, el Ministerio de Vivienda ha autorizado la construc-

Lugares poblados ubicados a lo largo del corredor transístmico. 1990



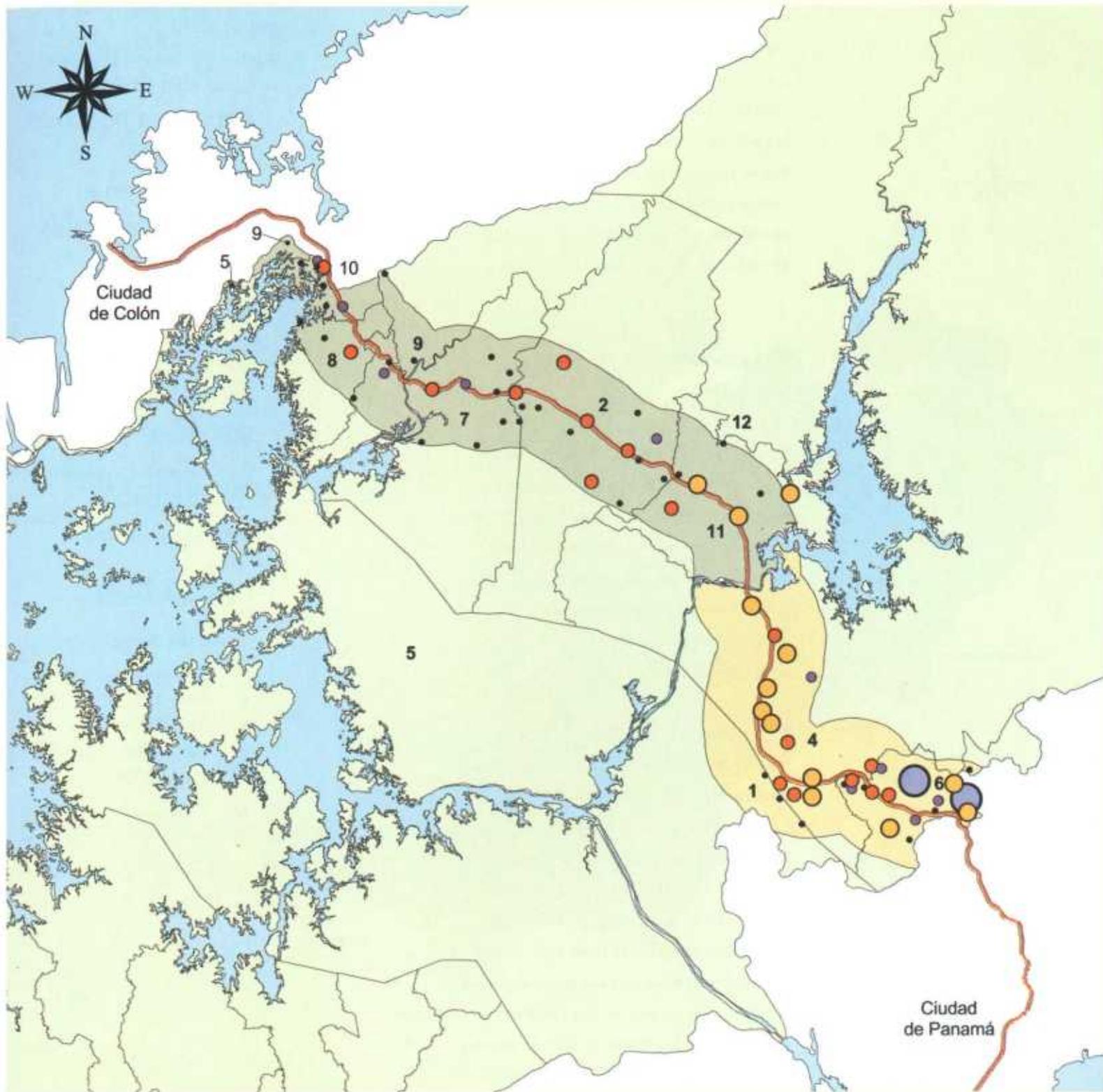
Tamaño de la Población

- 1 - 199
- 200 - 499
- 500 - 1499
- 1500 - 4999
- 5000 - 12000

Corregimientos:

- 1 Ancón
- 2 Buena Vista
- 3 Cativá
- 4 Chilibre
- 5 Cristóbal
- 6 Las Cumbres
- 7 Limón
- 8 Nueva Providencia
- 9 Puerto Pílon
- 10 Sabanitas
- 11 Salamanca
- 12 San Juan

El 62% de la población de la Cuenca se concentra en una franja de 2.6 kilómetros de ancho a ambos lados de la carretera Transistmica.



ción de más de 5,000 viviendas para los corregimientos de Chilibre y Las Cumbres; es imperativo sopesar cuidadosamente el efecto de las urbanizaciones dentro de la Cuenca, sobre todo en el entorno de la autopista Panamá-Colón y en las cercanías de las tomas de agua de los acueductos de ambas ciudades.

3. La población en los Parques Nacionales

Existen en la Cuenca del Canal seis áreas silvestres protegidas que representan el 38% de su superficie. Estas son los Parques Nacionales Chagres, Soberanía, Altos de Campana, Camino de Cruces, el Monumento Natural Barro Colorado y el Área Recreativa de Lago Gatún.

El Parque Nacional Chagres es el mayor de todos con 1,257 kilómetros cuadrados; para 1990, tenía 2,712 habitantes y 43 lugares poblados. Algunos de estos poblados tienen registros censales anteriores a 1950. Al crearse el parque en 1985, la población campesina tuvo que acatar gradualmente las nuevas disposiciones para regular el uso de los recursos naturales en las áreas silvestres protegidas. Ello no fue, ni es tarea fácil.

Uso del suelo, cobertura boscosa y lugares poblados en el Parque Nacional Chagres. 1998

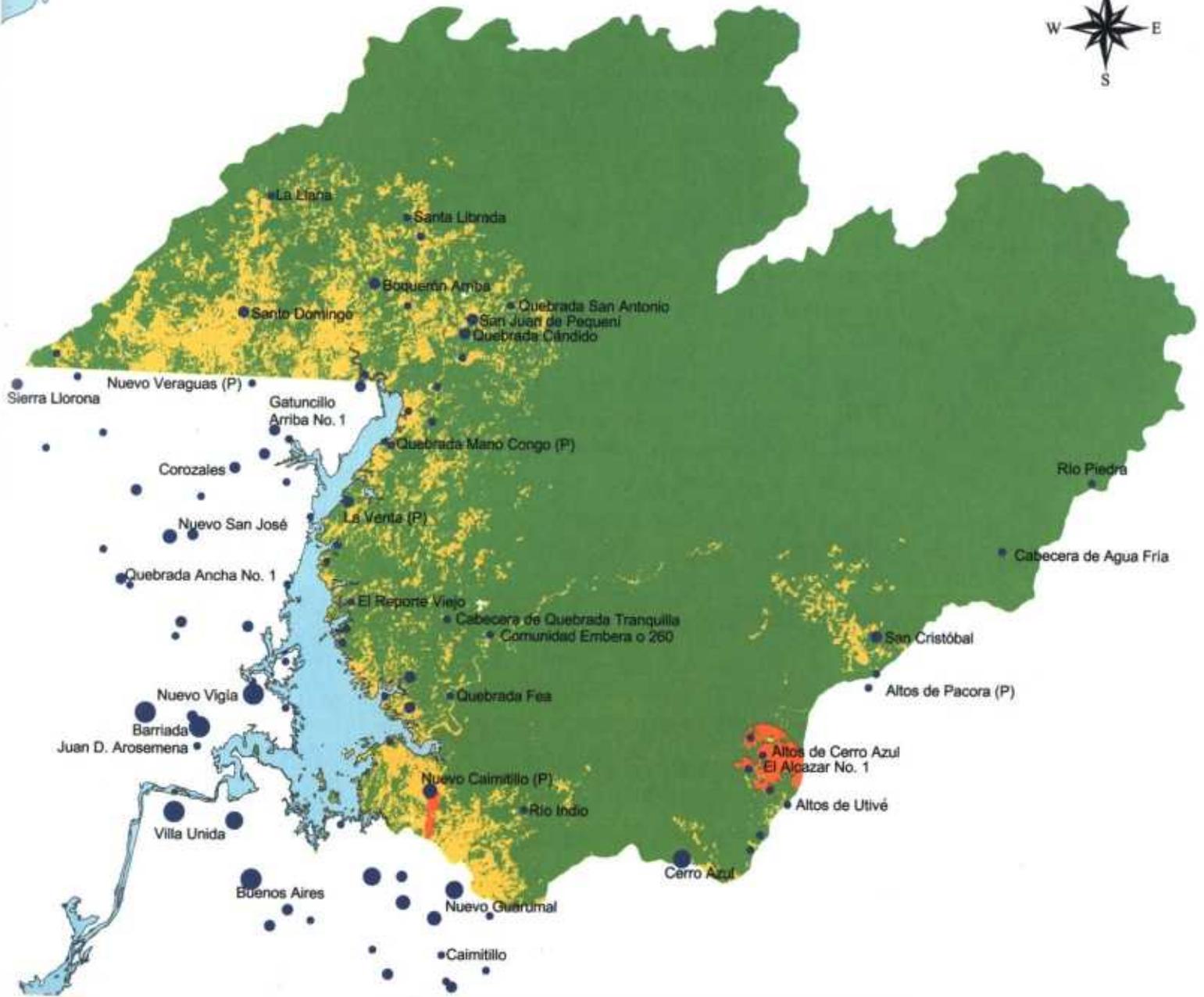
Tipos de Usos

-  Bosques
-  Potreros, matorrales y herbazales
-  Áreas urbanas

Lugares Poblados

Cantidad de habitantes

-  1 - 99
-  100 - 349
-  350 - 799
-  800 - 1499
-  1500 - 3099



Aunque el Parque Nacional Soberanía no contiene comunidades, se prevé un rápido aumento de población en su lindero este, luego de la construcción de la autopista Panamá-Colón. En el Parque Nacional Altos de Campana existen algunos caseríos aislados. Desde las comunidades aledañas a los parques, hay senderos y trillos utilizados por cazadores ilegales de mamíferos y aves de caza.

4. Chilibre y Chilibrillo: las áreas con mayor población e industrias

Chilibre y Chilibrillo son las áreas de mayor crecimiento demográfico y económico, y donde también son más palpables y graves los efectos ambientales negativos del "desarrollo" no planificado.

El caso de Chilibre es una advertencia de lo que a toda costa debe evitarse en el desarrollo de la cuenca canalera. Abarcan el río Chilibre y su afluente el Chilibrillo 175 kilómetros cuadrados, donde se aglomera el 50% de la población de la Cuenca del Canal. De 1970 a 1990, esta población incrementó en 35,800 habitantes; para 1990, el área tenía 57,000 habitantes y se estimaba que para 1997 habían 71,000. Esta población se concentra en los bordes de la Transistmica.

Uso industrial y minero de las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo. 1998

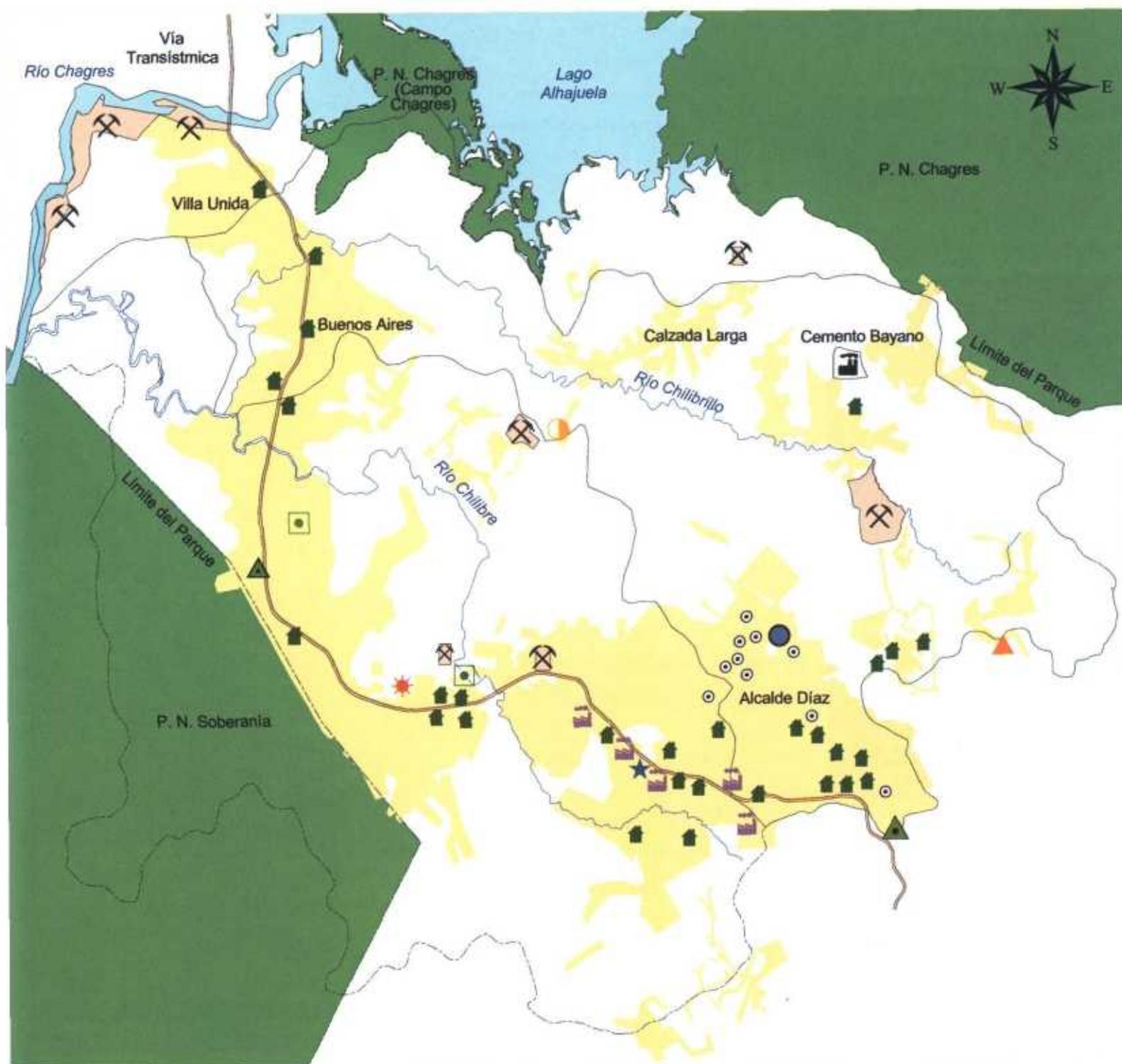
Uso Industrial

-  Procesamiento de alimentos
-  Fábricas de metales comunes
-  Fábrica y venta de bloques
-  Plástico
-  Matadero
-  Muebles
-  Papel y cartón
-  Gas
-  Fábricas de detergentes
-  Aserraderos
-  Cemento Bayano

Uso Minero

-  Minas y canteras

-  Uso residencial



Su poblamiento se ha dado en tres oleadas migratorias. La primera, a inicios de siglo, formada por familias forzadas a trasladarse al formarse el lago Gatún y establecerse la Zona del Canal. La segunda, en la década de 1950, al construirse la carretera Transístmica, que opera como un imán para inmigrantes rurales. Esta región, otrora cubierta de selvas, comienza a poblarse rápidamente con interioranos. Las provincias interioranas que más habitantes aportan a esta migración son Veraguas (11%), Coclé (5%) y Chiriquí (5%). Chilibre y Chilibrillo, hasta hace pocas décadas alejados de las ciudades de Panamá y Colón, acogieron una gran masa de pobladores sin tierra y sin trabajo del interior del país. La tercera ola, que prevalece hasta hoy, está constituida por personas que emigran del distrito y de la Ciudad de Panamá.

El nivel de escolaridad de esta población es la primaria; para 1997 no existía en este pobladísimo sector un centro de enseñanza secundaria pública completa. En 1990 la tasa de desempleo fue de 16%, cuando el promedio nacional era de 13%. La población económicamente activa se compone de trabajadores asalariados e informales, empleados generalmente en las ciudades de Panamá y Colón, y



Desagüe de tanques sépticos en un afluente de quebrada La Cabima.

Zonas críticas de deterioro ambiental en las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo. 1998

Impactos Antropogénicos

En Aire

-  Contaminación aérea por industrias

En Agua

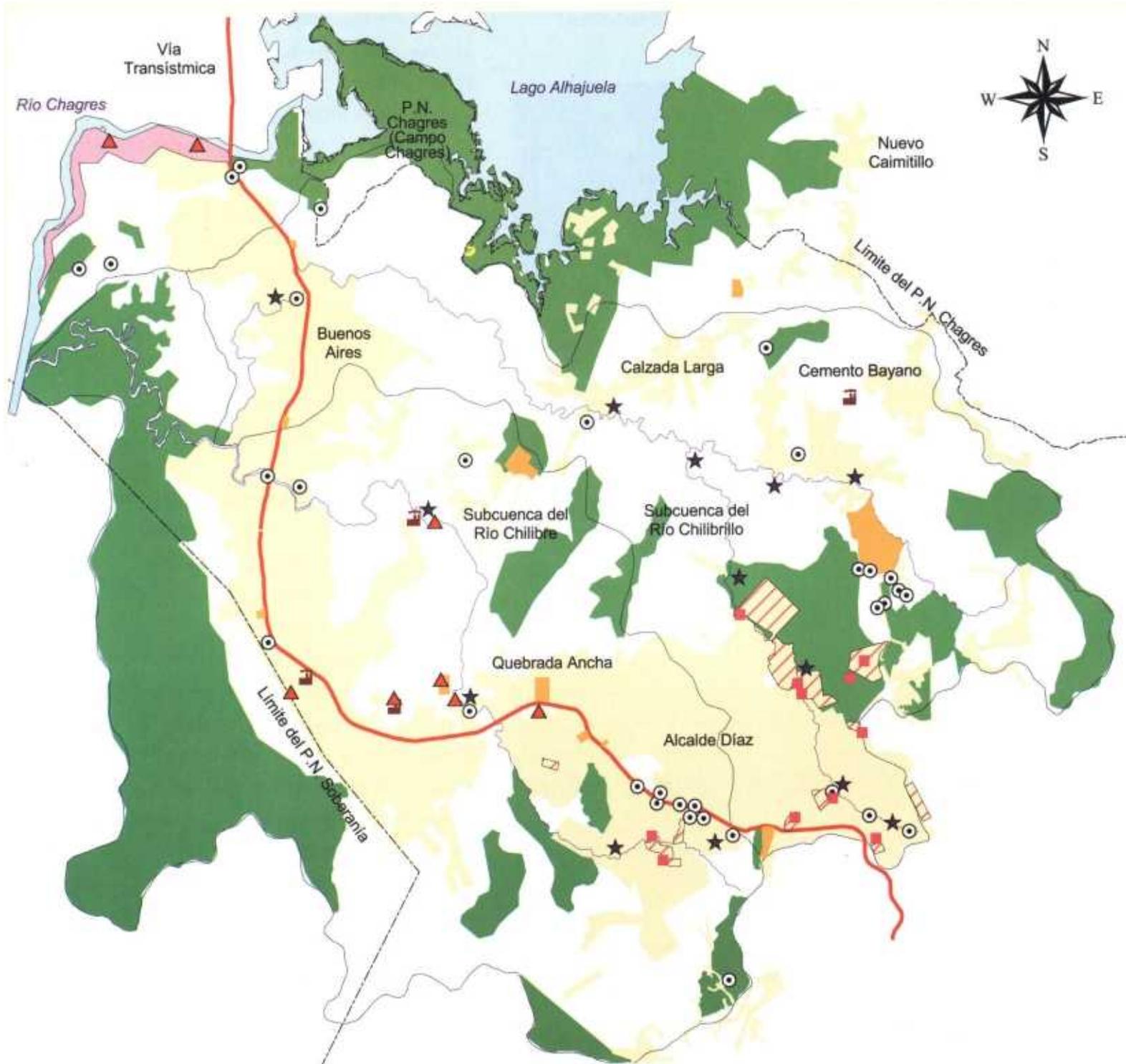
-  Impactos de tanques sépticos
-  Desagües industriales
-  Sitios de contaminación microbiológica

En Suelos y Bosques

-  Impacto por urbanizaciones
-  Remociones de tierra

En Suelos y Aguas

-  Vertederos de basura
-  Impacto de canteras en el Chagres
-  Areas pobladas
-  Bosques



Su poblamiento se ha dado en tres oleadas migratorias. La primera, a inicios de siglo, formada por familias forzadas a trasladarse al formarse el lago Gatún y establecerse la Zona del Canal. La segunda, en la década de 1950, al construirse la carretera Transístmica, que opera como un imán para inmigrantes rurales. Esta región, otrora cubierta de selvas, comienza a poblarse rápidamente con interioranos. Las provincias interioranas que más habitantes aportan a esta migración son Veraguas (11%), Coclé (5%) y Chiriquí (5%). Chilibre y Chilibrillo, hasta hace pocas décadas alejados de las ciudades de Panamá y Colón, acogieron una gran masa de pobladores sin tierra y sin trabajo del interior del país. La tercera ola, que prevalece hasta hoy, está constituida por personas que emigran del distrito y de la Ciudad de Panamá.

El nivel de escolaridad de esta población es la primaria; para 1997 no existía en este pobladísimo sector un centro de enseñanza secundaria pública completa. En 1990 la tasa de desempleo fue de 16%, cuando el promedio nacional era de 13%. La población económicamente activa se compone de trabajadores asalariados e informales, empleados generalmente en las ciudades de Panamá y Colón, y



Desagüe de tanques sépticos en un afluente de quebrada La Cabima.

Zonas críticas de deterioro ambiental en las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo. 1998

Impactos Antropogénicos

En Aire

-  Contaminación aérea por industrias

En Agua

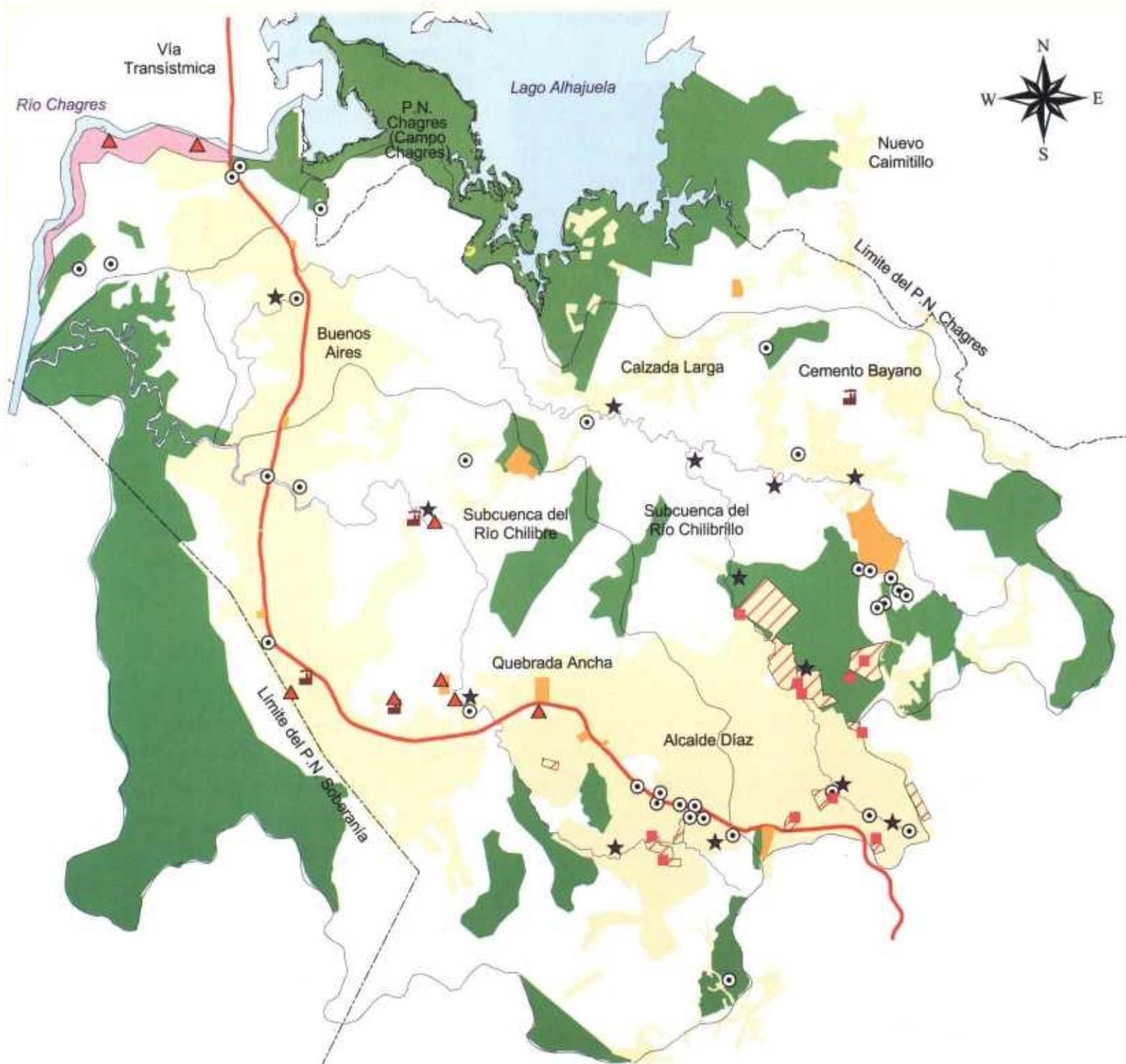
-  Impactos de tanques sépticos
-  Desagües industriales
-  Sitios de contaminación microbiológica

En Suelos y Bosques

-  Impacto por urbanizaciones
-  Remociones de tierra

En Suelos y Aguas

-  Vertederos de basura
-  Impacto de canteras en el Chagres
-  Areas pobladas
-  Bosques



en los comercios e industrias del corredor transistmico.



Vertedero clandestino de basura en la Vía Madden, Chilibre.

Zonas críticas de deterioro ambiental

Se destaca como problema ambiental grave, las cantidades crecientes de basura que se arrojan por doquier, en basureros clandestinos, productos de la creciente urbanización e industrialización, ya que no se cuenta con servicios de recolección ni programas de reciclaje de basura.

Otro gran problema es la creciente contaminación por las aguas servidas de las industrias, agroindustrias y los tanques sépticos de las barriadas. Estos desagües fluyen sin tratamiento a las aguas del Chilibre y Chilibrillo,

situación que es empeorada por la proliferación de letrinas cercanas a los cursos de agua, ya que no existe un sistema de alcantarillados.

En este sector está cobrando auge el desarrollo de nuevas urbanizaciones. Para 1998 se identificaron 9 barriadas en construcción con una proyección de más de 5,000 viviendas dentro de las áreas de Chilibre y el Chilibrillo. A este incremento se suman las viviendas por autoconstrucción, hechas con el esfuerzo de sus habitantes.

Las barriadas hechas por empresas urbanizadoras tienden a destruir los pocos parches de bosques existentes, debido a los movimientos de tierra con maquinarias pesadas, antes y durante la etapa de edificación, quedando las áreas alrededor de los proyectos propensas a derrumbes e inundaciones. A ello se suma el problema de la deposición de basura y las limitaciones de los tanques sépticos de estas urbanizaciones. Usualmente estos tanques carecen de capacidad suficiente para tratar las aguas servidas, ni tampoco se les proporciona el mantenimiento que ellos requieren; constantemente, los pobladores y vecinos de estas barriadas se quejan de la contaminación de las aguas y del aire en torno a estos proyectos.

Una de las actividades mineras más intensas de Panamá ocurre en el corregimiento de Chilibre, donde operan las dos plantas cementeras del país. Además, hay canteras que extraen piedra que se lava y cuyos residuos contaminan los cursos de agua como quebrada Ancha, afluente del Chilibre. Hasta en el mismo curso del Chagres, aguas arriba de la toma de agua de la planta potabilizadora de Miraflores ubicada en Gamboa, se encuentra la extracción de grava y arena más grande de la Cuenca.

Hay en Chilibre y Chilibrillo fincas porcinas y avícolas en gran escala en el sector de la Transístmica, al igual que ganadería. Su impacto sobre los suelos es evidente, sobre todo en áreas con pendientes pronunciadas como en las cabeceras del Chilibre y Chilibrillo.

Entre las industrias manufactureras del sector encontramos una fábrica de papel en San Vicente, cuyas aguas residuales desembocan en el río Agua Buena. Existen también dos envasadoras de gas butano, cuatro procesadoras y fundidoras de metal en Las Cumbres, fábricas de mosaicos, plásticos, detergentes y galletas. A las anteriores se suman numerosos talleres de mecánica, ebanistería, fábricas de bloques y panaderías.

Extracción de grava y arena en el río Chagres.



Islotes en el río Chagres producto de la actividad extractiva.

Calidad del agua

Para determinar el efecto de la urbanización e industrialización sobre las aguas del Chilibre y el Chilibrillo, se establecieron 19 puntos de muestreo en ambos ríos, para identificar las mayores fuentes de contaminación. En cada punto se midieron los siguientes parámetros: pH, conductividad, tem-



Desagüe de cantera de piedra en Quebrada Ancha, Las Cumbres.

peratura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes totales y fecales.

El estudio de las aguas demostró que el Chilibre es el río más afectado en la Cuenca del Canal por los desechos de la población, industrias, agroindustrias, canteras y basureros. Ello se refleja en los bajos valores de oxígeno disuelto y los elevados niveles de coliformes. Aunque el Chilibrillo no

alcanza el grado de contaminación del Chilibre, en quebrada La Cabima hay niveles muy elevados de contaminación por coliformes fecales (por encima de 17,000 NMP/ 100 ml), sobrepasando los límites de medición utilizados en el laboratorio.

5. Santa Rosa: un corregimiento que expulsa población

Para entender las causas del decrecimiento de población, se estudió el corregimiento de Santa Rosa, cuya superficie es de 25 kilómetros cuadrados. Para 1990 tenía 533 habitantes y su tasa de crecimiento anual entre 1980 y 1990, fue de 1.5%. En 5 de sus 6 lugares poblados la población decayó.

El 76% de la superficie está bajo uso agropecuario, especialmente potreros, para la ganadería extensiva de cría. En 1990, el 50% de su población estaba ocupada en actividades ganaderas, especialmente agrícolas, el 12% en la construcción y el 10% trabajaba como empleados del estado y la empresa privada. Recientemente, ha cobrado auge la reforestación con Teca en antiguos potreros con tierras degradadas.

Gradualmente, la tierra en Santa Rosa ha quedado en manos de pocos

dueños que viven fuera de la comunidad, en Ciudad de Panamá; la concentración de la tierra es un factor de decrecimiento demográfico, como también lo son las pocas fuentes de empleo local, los bajos salarios, la larga distancia hasta la carretera Transistmica y la ausencia de facilidades educativas. La condición de jornalero agrícola, sin tierras y sin empleo permanente, es una combinación que agudiza la pobreza de la población, obligándola a buscar alternativas fuera del corregimiento.

Desagüe de lavado
de grava y arena
en el río Chagres.



CONCLUSIONES

Debido a su gran diversidad y alto grado de endemismo de plantas y animales, las áreas prioritarias de conservación son: el sector suroeste de la Cuenca que incluye cerro Negro y el Parque Nacional Altos de Campana; y el Parque Nacional Chagres, donde se encuentra el mayor número de especies de plantas en peligro de extinción. Se recomienda extender el Parque Nacional Altos de Campana para incluir a cerro Negro; ello mejoraría las condiciones para conservar sus especies, facilitaría la conexión del parque al Corredor Biológico Mesoamericano y protegería las cabeceras de los ríos Cirí Grande y Trinidad.

Se sugiere conectar el Parque Nacional Soberanía con el Parque Nacional Chagres, por medio de un corredor biológico que establezca una conexión boscosa entre ambas áreas silvestres. Este corredor protegería la cuenca del río Gatún, parte de la Sierra Llorona y las cabeceras de los ríos que atraviesan el Parque Nacional Soberanía.

Un modo fácil y poco costoso de proteger la biodiversidad es permitir la regeneración natural del bosque, principalmente en el filo de Santa Rita, el Parque Nacional Altos de Campana y cerro Negro, así como dentro de otras áreas protegidas y sus alrededores.

Para conservar la diversidad biológica, se recomienda dar protección especial a las zonas con especies de distribución restringida, como el Parque Nacional

Chagres y la Laguna de la Chorrera, prohibir la tala de bosque para reforestación, manejar los bosques fuera de los parques para usos locales, y realizar estudios adicionales en Sierra Llorona, desde el filo de Santa Rita hasta cerro Bruja, donde hay mayor cantidad de especímenes de plantas desconocidas, así como en el Parque Nacional Altos de Campana, en cerro Negro y en las partes altas del Parque Nacional Chagres.

En años recientes se ha promovido la reforestación. Sin embargo, en la práctica, esta se reduce básicamente a la siembra comercial con una sola especie de árbol exótico, la Teca, monocultivo que no tiene un efecto positivo directo sobre la conservación de la biodiversidad ni aparentemente sobre la protección de los suelos, en comparación con el rastrojo, resultado de la regeneración natural. Además, están por verse los beneficios de la reforestación comercial para las comunidades. La reforestación comercial, aplicada a largo plazo, podría disminuir la extracción maderera en bosques naturales. Las actividades agroforestales comunitarias, fomentadas por el Proyecto Manejo de Recursos Naturales (MARENA) de la ANAM, parecen ser una mejor solución a este problema.

Se recomienda realizar levantamientos periódicos de la cobertura boscosa y los usos del suelo de la Cuenca del Canal; cada 5 años para toda la Cuenca y al menos cada 2 años para las áreas críticas. Se sugiere utilizar imágenes del radar para regiones nubosas de la Cuenca. El radar atraviesa las nubes; además, sus imágenes son menos costosas.

La cacería en las áreas protegidas es frecuente y grave, atentando contra los mamíferos y aves de caza, la cual es una situación opuesta a los planes de desarrollo ecoturísticos. Además de mayor vigilancia, se requieren programas de educación ambiental y estudios aplicados en busca de alternativas económicas viables para los moradores. Estos estudios ayudarían a la conservación de especies de caza dentro de los parques, y servirían de base para el manejo y utilización de este recurso fuera de las áreas protegidas.

Adicionalmente, se debería considerar el establecimiento de zonas especiales de protección dentro de los parques, en áreas que sirven de fuente poblacional de animales de caza, donde se prohíba cualquier tipo de cacería.

Habida cuenta los grandes vacíos que tenemos sobre la biodiversidad acuática de la región, sería prudente estudiarla en el futuro, sobre todo aquellas especies de la fauna indicadora de cambios de la calidad en el agua, ya sean peces o animales invertebrados como crustáceos o moluscos.

Requieren especial atención los ríos Chilibre y Chilibrillo, que son los más contaminados de la Cuenca. Ellos concentran el 50% de la población de la Cuenca y buena parte de las actividades económicas. En Chilibre está la toma de agua de la Ciudad de Panamá. El Chilibre desemboca en el Chagres, aguas arriba de la toma de agua de Gamboa, que también abastece a la capital. Es apremiante proteger las cabeceras de estos ríos, así como las quebradas Cabima, Manteca, Sonadora, Ancha, Pedernal, Lalo y el río Agua Buena.

Se debe implementar la recolección de basura en el corregimiento de Chilibre e impulsar proyectos de reciclaje. Asimismo, estudiarse las fuentes de contaminación tras los altos niveles de bacterias fecales en los ríos Chilibre, Chilibrillo y quebrada Cabima. Los resultados de estas investigaciones deben servir para realizar seminarios de retroalimentación de información entre las comunidades y autoridades locales.

La Cuenca no es una unidad homogénea, en términos del crecimiento de su población y su situación socioeconómica. A mayor distancia de la Transísmica, mayor ruralidad y peores condiciones de vida. En algunas áreas donde decrece la población predomina la ganadería extensiva y una seria degradación ambiental, observándose una tendencia al neolatifundismo o concentración de la propiedad de las tierras.

La creación de áreas protegidas en la Cuenca del Canal ha afectado a muchas familias humildes que viven dentro o aledañas a estas zonas selváticas y de las cuales dependen para su subsistencia. Muchos de los residentes de la Cuenca no saben que viven dentro de ella, ni porqué es importante conservarla. Para ellos la Cuenca solamente son los parques nacionales, hacia los cuales se ha dirigido la atención de las instituciones encargadas de su conservación. Su protección debe tomar en cuenta las necesidades de las comunidades para que ellas sean actores centrales en su desarrollo.

La filosofía de las áreas protegidas, fundamentada en la prohibición del uso de los recursos naturales, se refleja en los letreros utilizados en los límites de estos parques, que estipulan una larga lista de prohibiciones a las comunidades: no pescar ni cazar, no talar ni extraer. Ello está generando una preocupante espiral de confrontación basada en la fiscalización por las autoridades y en la evasión por los moradores. Esta espiral debe romperse, modificando las normas sobre el uso y protección de los recursos naturales, sustentadas en investigaciones científicas sobre las características, potenciales y limitaciones de los recursos biológicos, consenso al que debe llegarse en común acuerdo entre las comunidades, las municipalidades y la ANAM.

AGRADECIMIENTOS

Realizar un estudio complejo sobre los recursos naturales de una cuenca extensa como la del Canal, ha sido posible gracias a la colaboración de numerosas instituciones y personas. A ellas nuestro profundo agradecimiento. Algunas merecen señalamiento especial.

En el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales: al Dr. Ira Rubinoff, su director, por su interés y apoyo. A la Dra. Mireya Correa, a Leonor Motta y Steve Paton. En el Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS) al Dr. Robin Foster, Suzane Lao, Aristela Hernández, Rolando Pérez y Lidia Valencia. En la isla Barro Colorado (BCI) a Oris Acevedo, Vielka Rodríguez, Daniel Millán y a Raúl Ríos quien capacitó al personal en muestreo de aguas y equipos de campo. En la oficina de apoyo científico, Raineldo Urriola, Jaime Flores y Carlos Muñoz. En compras a Mercedes Arroyo, Luis Turner, Mirna Fernández, Roberto Borrell y Gabriel Martínez. Igualmente a Audrey Smith, Marcela Paz, Orelis Arosemena y Marcos Guerra. En contabilidad a Carlos Urbina, Rosa Zambrano, Hely Cortéz, Fernando Oglivie, América Staff y María L. Cabrera. En cómputo a Francisco Rivera y Fernando Bouche. En la oficina de personal, a Carmen Sucre y Maritza Perurena. Un reconocimiento especial a Leopoldo León, contralor de STRI, y a Marla Díaz, quien asumió las delicadas tareas de garantizar el flujo de fondos entre los sistemas administrativos de las institu-

ciones participantes. En el Instituto Smithsonian, Washington, a Leni Figueiras y David Short.

Importante ha sido la contribución de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). Sus ex directores, Rolando Guillén y Mirei Endara de Heras. Igualmente a Dimas Arcia, Elio Alvarez, Jaime Johnson, Julio Zúñiga y Eladio Araúz. A Erasmo Vallester, director de áreas protegidas, y a quienes laboran en los parques nacionales que apoyaron las expediciones y los estudios. En el P.N. Altos de Campana a Arsenio Morán. En el P.N. Chagres: a Evin Cedeño, Norma Ponce, Johny Pardo, Alvaro Castillo, Randino Medina, Ernesto Hill, Esperanzo Vázquez, Pedro Rojas, Pastor Fernández, Euclides Villar, Darío Montenegro y Adán Cáisamo. En el P.N. Soberanía a Marco Salavarría, Soledad Batista y Garceth Cunampio. En el P.N. Portobelo a Oriel Samaniego y en el P.N. Camino de Cruces a José Castillo y Oriel Bosques. A los directores regionales, Bolívar Zambrano, Colón, y Rodolfo Jaén, Panamá Oeste. En la Agencia de El Cacao, a Miguel Herrera, en Bejuco a Pablo Rivera y Rolando Zapateiro en San Carlos. En la Dirección Nacional de Cuencas Hidrográficas a Aristides Lorlesse, Roberto Galán, Orlando Pino, César Isaza y Fernando Valencia. En la dirección forestal a Luis Córdoba y Carlos Vargas. En la Administración Nacional de Educación Ambiental a Virginia Saldaña, Rosa Cortés y Luis Sánchez.

En la USAID, Panamá, a su ex director David Mughtler, promotor del PMCC. A su director actual, Lars Klassen, quien se empeñó en el éxito del Proyecto y en obtener fondos adicionales para su continuación. A Robert Hellyer, George Like, Jesús Saíz, Gerald Bauer, Devin Reese y Nila Chu. A la Dra. Tara Lumpkin, por su estudio sobre participación comunitaria y ecoturismo. En la oficina de Guatemala a Patricia Portillo y Maritza Sarmiento, y Leonel Pizarro en El Salvador.

Agradecemos a la Oficina de Meteorología e Hidrografía de la Comisión del Canal de Panamá el acceso a sus valiosas fuentes de datos históricos sobre la hidrología de la Cuenca, algunos de la época del Canal Francés, como a sus

estaciones de monitoreo en los ríos que abastecen el Canal. A los ingenieros Luis Alvarado, Felipe Len-Ríos, Carlos Vargas, Jorge Espinoza, Joe Braddy, Oscar Bayoles, Marcos Ponce, Clímaco Abadía y Hughes Smith.

David Kiener, del Servicio Geológico de los Estados Unidos, capacitó al personal en permeabilidad de suelos y el uso de sofisticados aparatos para modelación. Pamela Phillips, en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, por su ayuda en establecer el SIG del PMCC. Andrew Henderson y Evandro Ferreira del Jardín Botánico de Nueva York, por su apoyo en el estudio de las muestras de palmas.

Vital a los estudios demográficos fue la Dirección de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República. A Dimas Quiel, Director de Estadística y Censo. En especial a Alvaro Cubilla, jefe de la Sección de Análisis Demográfico, a Roboán González, responsable de la sección de Asistencia Metodológica, a Luis Ruíz, jefe del Directorio de Establecimientos, a Claudio Bonilla, jefe de la Sección de Cartografía, y su equipo Héctor Cedeño, René López y Everardo Concepción, y a Deyanira Avilés, en la Sección de Censos Nacionales.

En el Ministerio de Salud, a Dinorah Viquez de la Sección de Calidad de Agua. Al personal del centro de salud de Chilibre, especialmente a su directora Mariela de Edwards y su ex director Dr. Algis Torres, y los funcionarios Enrique Delgado y José G. Azcárate de Saneamiento Ambiental. En el Centro de Salud de Alcade Díaz, a su directora Dra. Anabela Navarro y a Maira Vietes.

En la Facultad de Ciencias Agropecuarias, a los profesores Carlos Him, Kléber Rodríguez e Iveth Caballero por su ayuda en los estudios de suelos. En el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) al ingeniero Rodrigo Barragán, de la planta potabilizadora de Chilibre.

En el Centro Parroquial de Chilibre al padre Patricio Hansen y las religiosas hermanas Carmen, Sagrario y Nieves, por sus giras e informaciones sobre las

comunidades del lago Alhajuela. A Cecilia Montero de la Unión de Campesinos del lago Alhajuela (UCLA).

A los moradores de la Cuenca, unos por su información, otros por apoyarnos como guías y expertos locales.

En la Asociación Kuna Nega: a Andrea Mendoza de Gutiérrez, Velio Herrera y Ernestina Alfaro. En el río Pequení a la comunidad emberá de Bonga y su cacique Aceroy Barrigón por su ayuda en las giras a las selvas y el descubrimiento del nido del águila Harpía, ave símbolo de Panamá. A los moradores y autoridades locales de Santa Rosa, La Cabima, Sierra Llorona, Boquerón, Boquerón Arriba, Santa Librada, Salamanquita, Palenque y Manglarito.

A los doctores Carmen Miró, Ligia Herrera y Marco Gandásegui y al Sr. Janio Castillo, del Centro de Estudios Latinoamericanos "Justo Arosemena", por sus comentarios y recomendaciones sobre el estudio de las poblaciones humanas de la Cuenca. A Damián Rodríguez del Instituto del Canal, Universidad de Panamá.

A los biólogos especialistas Karla Aparicio (en aves), César Jaramillo (en anfibios y reptiles), Belkys Jiménez (en aves) y David Tomblin (en mamíferos no voladores), quienes estuvieron encargados de realizar los inventarios de los respectivos grupos de vertebrados en áreas de difícil acceso y contribuyeron con el entrenamiento del personal técnico de este proyecto y del de guardaparques del antiguo INRENARE.

El PMCC fue una gran escuela para muchos estudiantes panameños y extranjeros: Doris De León, Nidia Aguirre y Alma Pérez de la maestría de la USMA; Bárbara Vallarino (Universidad de New Hampshire), Hughes Lorentz (Bélgica) y David Kiener (USA). De la EARTH (Costa Rica): Johnny Hurst y Lus Mery González. Del INA en Divisa, Ovidio Guerrero. Marcelino Guevara, Eric Pérez y Roberto Miranda de la Universidad de Panamá. De la Universidad de McGill en Canadá, Aurelie Shapiro y Stephanie Udhe. Christopher Pyke, de la Universidad de California, Santa Bárbara, estudió los suelos en las parcelas de

investigación forestal. Daniel Colón, estudiante de la Universidad de Harvard, investigó la cacería entre las comunidades campesinas e indígenas dentro o aledañas a los parques nacionales. A Sara Mora Vicente, de la Agencia Española de Cooperación Internacional.

Finalmente, a Marcos Guerra, Carl Hansen y a Karla Aparicio por el uso de sus fotos.

GLOSARIO

Aforar: Medición de los volúmenes de agua que pasan en una sección transversal de un río o canal en una unidad de tiempo. Por ejemplo: metros cúbicos por segundo.

Alcalinidad: Capacidad del agua para neutralizar ácidos expresada en miligramos por litro de carbonato de calcio.

Biomasa: Masa de animales y plantas que subsisten en equilibrio en una extensión de terreno, de mar o agua dulce.

Capa freática: Nivel de agua subterránea más próxima a la superficie del terreno.

Compactación: Reajuste de la estructura del suelo, al someterse este a una presión o carga.

Control hidrométrico: Control de una cuenca por una estación hidrométrica, en la que se miden los caudales de agua y caudales sólidos o sedimentos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Cantidad de oxígeno usado por las bacterias en la oxidación de materia orgánica. Esta prueba proporciona una medida de la contaminación orgánica del agua.

Descarga ponderada: Totales de agua o sedimento divididos por un factor de peso.

Endémico: Especies animales y vegetales distribuidas en áreas restringidas, originarias y exclusivas del lugar donde se encuentran.

Endemismo: Distribución de especies endémicas de una región.

Escorrentía: Fracción de la precipitación o lluvia que fluye por la superficie del terreno.

Eutroficación: Aumento de los nutrientes en las aguas, natural o producido por el hombre, principalmente nitrógeno y fósforo, lo que conduce a la pérdida de su calidad. Se manifiesta en el crecimiento exuberante de vegetación acuática y en la disminución del oxígeno disuelto en el agua.

Evapotranspiración: Cantidad o lámina de agua transferida del suelo o superficies de agua a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas.

Gradiente: Orden ascendente o descendente de un factor o elemento.

Mapear: Confeccionar un mapa.

Monitoreo: Dar seguimiento o vigilancia.

Régimen hidrológico: Variaciones de los caudales medios, máximos y mínimos instantáneos o aportaciones por día, mes y año.

BIBLIOGRAFIA SELECTA**Cobertura Boscosa**

Aguilar, S. 1996. Ethnobotanical value of plants to the Las Pavas community. *Inside CTFS, STRI*, (Summer): 12.

Aronoff, S. 1982. *Classification Accuracy: A User Approach*. Photogrametric Engineering and Remote Sensing, Canada. 1350 pp.

Chuvieco, E. 1990. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones Rialp, S.A. Madrid, España. 452 pp.

Condit, R. 1998. *Tropical Forest Census Plot: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and Comparison with Other Plots*. Springer/Verlag Berlin Heidelberg y R.G. Landes Co., Alemania. 211 pp.

Condit, R. 1988. Ecological implications of changes in drought patterns: shifts in forest composition in Panama. *Climatic Change* 39: 413-427.

Croat, T. 1978. *Flora of Barro Colorado Island*. Standford University Press, Standford. 943 pp.

D'Arcy, W. G. 1987. Flora of Panama: Checklist and index. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. Part I of the Flora of Panama. Vol. 18.

Heckadon-Moreno, S. 1998. *Naturalistas del Istmo de Panamá*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales y Fundación Santillana para Iberoamérica, Costa Rica. 215 pp.

Mayo, E. y Correa, M. 1994. El inventario biológico del Canal de Panamá. III. Flora. *Scientia* (Panamá), Número Especial 3:1-454.

Vertebrados

Emmons, L. H. 1997. *Neotropical Rainforest Mammals*. The University of Chicago Press, Chicago, USA. 307 pp.



- Engleman, D., Angehr, G. y Allen, M. 1995. *Lista de Aves de Panamá. Volumen I: Ciudad de Panamá y Alrededores (Incluyendo Colón, cerro Campana, cerro Azul y cerro Jefe)*. Sociedad Audubon de Panamá, Panamá. 60 pp.
- Handley, C. O., Jr. 1966. Checklist of the Mammals of Panama, pp. 753-795. En: Wenzel, R. L. y V. J. Tipton (eds.). *Ectoparasites of Panama*. Field Museum of Natural History, Chicago, USA.
- Handley, C. O., Jr., D. E. Wilson y A. L. Gardner (eds.). Demography and Natural History of the Common Fruit Bat, *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá. *Smithsonian Contributions to Zoology* 511:1-173.
- Heckadon-Moreno, S. 1998. *Naturalistas del Istmo de Panamá*. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales y Fundación Santillana para Iberoamérica, Costa Rica. 215 pp.
- Ibáñez D., R., F. A. Arosemena, F. A. Solís y C. A. Jaramillo. "1994"(1995). Anfibios y reptiles de la Serranía Piedras-Pacora, Parque Nacional Chagres. *Scientia* (Panamá), 9: 17-31.
- Ibáñez D., R., A. S. Rand y C. A. Jaramillo. 1999. *Los Anfibios del Monumento Natural Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y Areas Adyacentes/The Amphibians of Barro Colorado Nature Monument; Soberania National Park and Adjacent Areas*. Editorial Mizrachi y Pujol, Panamá. 187 pp.
- Karr, J. R. 1997. Extinction of birds on Barro Colorado Island, Panama. pp. 131-132. En: Meffe, G. K. y C. R. Carroll (eds.). *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Méndez, E. 1993. *Los Roedores de Panamá*. Impresora Pacífico, Panamá. 372 pp.
- Myers, C. W. y A. S. Rand. 1969. Checklist of amphibians and reptiles of Barro Colorado Island, Panama, with comments on faunal change and sampling. *Smithsonian Contributions to Zoology* 10:1-11.
- Leigh, E. G., Jr. 1999. *Tropical Forest Ecology: a View from Barro Colorado Island*. Oxford University Press, New York, USA. 245 pp.
- Leigh, E. G., Jr., A. S. Rand y D. M Windsor (eds.). 1992. *Ecología de un Bosque Tropical: Ciclos Estacionales y Cambios a Largo Plazo*. Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá. 548 pp.

Rand, A. S. y C. W. Myers. 1990. The herpetofauna of Barro Colorado Island, Panama: An ecological summary. Pp. 386-409. En: Gentry, A. H. (ed.). *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven, Connecticut, USA.

Reid, F. A. 1997. *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press, New York, USA. 334 pp.

Ridgely, R. S. y J. A. Gwynne, Jr. 1989. *A Guide to the Birds of Panama*. Princeton University Press, New Jersey, USA. 534 pp.

Tejera, V. H., R. Ibáñez D. y G. Arosemena (eds.) 1995. El inventario biológico del Canal de Panamá. II. El estudio ornitológico, herpetológico y mastozoológico. *Scientia* (Panamá), Número Especial 2: 1-281.

Voss, R. S. y L. H. Emmons. 1996. Mammalian diversity in neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 230: 1-115.

Wright, S. J., M. E. Gompper y B. DeLeon. 1994. Are large predators keystone species in neotropical forests? The evidence from Barro Colorado Island. *Oikos* 71:279-294.

Hidrología y Suelos

Alvarado K., L. A. 1985. La sedimentación del lago Alhajuela, pp. 103-123. En: Heckadon-Moreno, S. y J. Espinosa González (eds.). *Agonia de la Naturaleza*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá e Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Panamá.

Autoridad de la Región Interoceánica. 1996. Erosión y sedimentación, pp. 131-139. En: *Plan Regional para el Desarrollo de la Región Interoceánica*, Volumen 1 de 2. Intercarib S.A./ Nathan Associates Inc., Panamá.

Beven, K.J., y M. J. Kirkby. 1979. A physically-based variable contributing area model for basin hydrology. *Hydrological Sciences Bulletin* 24: 43-69.

Bruijnzeel, L.A. 1990. *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review*. Amsterdam, UNESCO International Hydrological Programme, Humid Tropics Programme, Free University. 224 pp.



CATAPAN. 1970. Comisión de Reforma Agraria. *Final report on the Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá*. Vol. I. International Resources and Geothermics, Inc. International Engineering, Inc. The Jacobs Co., Panamá.

GEMS (Global Environment Monitoring System). 1990. *Global Freshwater Quality (A first assessment)*. M. Meybeck, D.V. Chapman y R. Helmer (eds.) WHO - UNEP.

Larson, C. 1979. *Erosion and sediment yield as affected by land use and slope in the Panama Canal watershed*. Proceedings of the III World Congress on Water Resources, Mexico, pp. 1086-1095.

Molicova, H., M. Grimaldi, M. Bonell y P. Hubert. 1997. Using TOPMODEL towards identifying and modeling the hydrological patterns within a headwater tropical catchment. *Hydrological Processes* 11: 1169-1196.

PHI (International Hydrological Programme). 1982. *Application of results from representative and experimental basin*. UNESCO. Imprimerie J. Floch, Francia. 477 pp.

Salas, H. J. y P. Martino. 1990. *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales*. CEPIS. Lima, Perú. 76 pp.

UNEP/WHO 1987. *Global pollution and health: Results of health-related environmental monitoring*. United Nations Environment Programme, Nairobi and World Health Organization, Geneva, Switzerland.

USGS (U.S. Geological Survey). 1995. *Contaminants in the Mississippi River 1987-92*. U.S. Geological Survey Circular 1133. Denver Federal Center, Denver, Colorado, USA.

Poblaciones Humanas

Autoridad de la Región Interoceánica. 1996. *Plan Regional para el Desarrollo de la Región Interoceánica: Plan Regional de Uso de Suelo de los Recursos Naturales de la Región Interoceánica*. Intercarib, S.A. / Nathan Associates, Int. Panamá. 276 pp.

Castillo, D. 1987. *Estado, Crisis Habitacional y Movimientos Urbanos. Proliferación de Asentamientos Espontáneos en el Area Metropolitana de la Ciudad de Panamá*. Tesis. Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Escuela de Sociología. Panamá.

Contraloría General de la República. 1990. *Situación Demográfica. Boletín No.3. Proyección de la Población Total de la República, por Provincias y Distritos, según Sexo y Grupo de Edades. Años 1990 - 2000.* Panamá.

Contraloría General de la República. 1990. *Clasificación Industrial Nacional Uniforme de todas las Actividades Económicas.* Panamá.

Contraloría General de la República. 1991. *Quintos Censos Agropecuarios, Vol. 3, Tenencia y Aprovechamiento de la Tierra.* Panamá.

Contraloría General de la República. 1991. *Censos Nacionales de Población y Vivienda. Lugares Poblados Vol. 1, Diciembre.* Panamá.

Cortés, R. M. 1986. La Población de la Cuenca, pp. 45-52. En: Heckadon, S. (ed). *La Cuenca del Canal de Panamá :Actas de los Seminarios Talleres.* Grupo de Trabajo sobre la Cuenca del Canal de Panamá. IMPRETEX, S.A. Panamá.

Gandásegui H., M. A. 1997. Las Alternativas del Canal de Panamá, pp. 5-29. *Tareas 9: 65-29.*

Góngora, N y A. Sanjur. 1997. *Impacto de los Grupos Sociales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Caso de Chilibre.* Tesis. Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades. Escuela de Sociología. Panamá.

Henryk, W. 1989. *Manual Básico de Evaluación del Impacto en el Medio Ambiente y en la Salud.* Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. México. 17 pp.

Leis, R. 1982. *Ciudad Transitista y Movimientos Sociales Urbanos.* Centro de Estudios y Acción Social Panameño (CEASPA). Panamá. 40 pp.

Mérida, J. 1986. El Predominio Minero en la Cuenca del Canal, pp. 193-200. En: Heckadon- Moreno, S. (ed.). *La Cuenca del Canal de Panamá: Actas de los Seminarios Talleres.* Grupo de Trabajo sobre la Cuenca del Canal de Panamá IMPRETEX, S.A. Panamá.

Ministerio de Comercio e Industria de Panamá, Departamento de Estadística y Análisis Económico de la Dirección Nacional de Industrias. 1995. *Registro Oficial de Industrias.* Panamá.

Ministerio de Salud. 1997. *Normas de Calidad de Agua.* Panamá. 55 pp.

Ministerio de Salud. 1998. *Estadísticas de Morbilidad*. Centro de Salud de Chilibre y Las Cumbres. Departamento de Registros Médicos. Panamá.

Ministerio de Vivienda. 1997. *Plan de Desarrollo Urbano de las áreas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico. Informe Borrador de los Escenarios de Desarrollo Urbano a Nivel Metropolitano*. Documento Técnico No.3. Dames and Moore, Inc.; HLM, S. A.; Wallace, Roberts y Todd; Yachiyo Engineering Co. Ltd.; Price Waterhouse. Panamá.

Miró, C. Castillo, J. y Uribe, A. 1993. *La Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá: Posibilidades de un Desarrollo Sustentable*. Centro de Estudios Latinoamericanos Justo Arosemena (CELA), Centro de Investigación y Docencia de Panamá (CIDPA), Coordinadora Regional de Investigaciones Económicas y Sociales (CRIES). Panamá. 84 pp.

Uribe, A. 1989. *La Ciudad Fragmentada*. Editorial CELA, Panamá. 92 pp.

Valenzuela F., J. 1996. Sobre la propiedad: notas introductorias. *Problemas del Desarrollo* 27: 173-201. México.



Para localizar a los investigadores principales del PMCC,
favor de dirigirse a las siguientes direcciones:

Dr. George Angehr, Asesor e Investigador Principal, STRI: angehr@tivoli.si.edu

Dr. Richard Condit, Asesor e Investigador Principal, STRI: conditr@tivoli.si.edu

Dr. Stanley Heckadon-Moreno, Asesor e Investigador Principal, STRI: heckados@tivoli.si.edu

Dr. Roberto Ibáñez, Investigador Asociado, STRI: ibanezr@tivoli.si.edu

Dr. Robert Stallard, Asesor e Investigador Principal, STRI: stallard@usgs.gov

Dr. Joseph Wright, Asesor e Investigador Principal, STRI: wrightj@tivoli.si.edu

