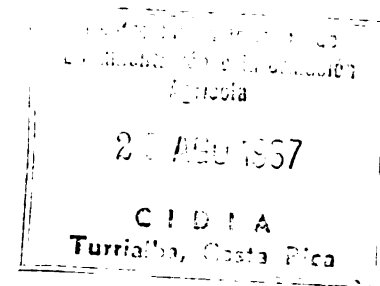
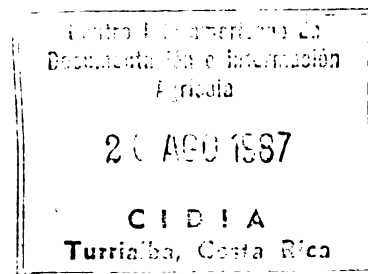


**SEMINARIO
AGUA POTABLE
PARA TEGUCIGALPA, HONDURAS,
28 - 30 DE ABRIL, 1986.
AHE - CATIE - UICN**



**Editores
Tirso Maldonado
José Ricardo Pérez**

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Proyecto Regional Manejo de Cuencas
Tegucigalpa, Honduras, 1986.**



PRESENTACION

Esta memoria reúne los trabajos presentados en el Seminario sobre Agua Potable para Tegucigalpa, realizado en la ciudad de Tegucigalpa del 28 al 30 de Abril de 1986. Este seminario contó con los auspicios de la Asociación Hondureña de Ecología, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La temática es de gran importancia para Honduras y esperamos que este trabajo motive acciones para aportar soluciones reales a los problemas que se exponen.

Los Editores

INDICE GENERAL

1) LA PROBLEMÁTICA DEMOGRÁFICA—AMBIENTAL DE TEGUCIGALPA Y SU RELACION CON EL ABASTECIMIENTO Y COSTOS DE AGUA POTABLE. <i>Carlos A. Quezada M.</i>	1
2) ASPECTOS SOCIO—ECONÓMICOS DE LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA <i>Miguel Angel Chavarría</i>	43
3) ASPECTOS HIDROGRÁFICOS DE LAS CUENCAS QUE ABASTECEN DE AGUA A TEGUCIGALPA. <i>Francisco Abarca</i>	51
4) INTERPRETACION MORFODINÁMICA PRELIMINAR DEL ÁREA DE SUBCUENCAS DEL RÍO CHOLUTECA, REGIÓN METROPOLITANA DE HONDURAS <i>Luis G. Brenes</i>	61
5) ESTUDIO DE USO DE LA TIERRA <i>Komives, Lucke y Pérez</i>	91
6) TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RÍO GUACERIQUE <i>E. Seminario, R. Cabrera, I. Mora y O. Oyuela</i>	121
7) PROPUESTAS PARA MANEJO Y CONSERVACION DE CUENCAS <i>Marco A. Blair</i>	133
8) CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION ASPECTO LEGAL E INSTITUCIONAL	145
9) CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION SOCIO—ECONÓMICA	147
10) CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION DE MANEJO DE CUENCAS	151
11) CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION ASPECTO FORESTAL	153
12) DISCURSO CLAUSURA SEMINARIO “ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TEGUCIGALPA”. <i>Mark Halle</i>	155

LA PROBLEMÁTICA DEMOGRÁFICA - AMBIENTAL DE TEGUCIGALPA. Y SU RELACION CON EL ABASTECIMIENTO Y COSTOS DE AGUA POTABLE

**UNA COMPARACION ENTRE LA CUENCA DEL RIO GUACERIQUE
Y EL AREA DE APORTE DEL PARQUE NACIONAL LA TIGRA**

*Carlos A. Quezada Mateo, Ph D**

* *Especialista en Recursos Hidráulicos y Manejo de Cuencas.*

CONTENIDO

	Página
PROLOGO	7
INTRODUCCION	9
UBICACION Y CONTEXTO SOCIOECONOMICO DE LA REGION DE TEGUCIGALPA	9
A) Introducción	9
B) Población Urbana	9
C) El Entorno Rural de Tegucigalpa. El Caso de la Cuenca del Río Guacerique	11
CONSIDERACIONES AMBIENTALES RELACIONADAS CON LA PROBLEMATICA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TEGUCIGALPA	12
A) Aspectos Generales	12
B) Hidrología	12
C) Cobertura Vegetal	15
D) El Estado de las cuencas hidrográficas y su impacto sobre el agua potable de Tegucigalpa: Dos ejemplos contrastantes	15
1) Problemática de uso de la tierra en la cuenca del Río Guacerique	16
2) El Parque Nacional La Tigra: “Un Embalse sin Estructuras de Almacenamiento”	18
SITUACION ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN TEGUCIGALPA	20
A) Limitaciones espaciales del Plan Maestro	20

B) Tendencias de crecimiento según redes de distribución	22
C) Proyecciones de población según clase socioeconómica	24
D) Demanda y oferta de agua potable	26
1) ¿De dónde y a qué costo?	26
2) ¿Para quién y para qué?	28
CONSERVACION Y AGUA POTABLE: ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE GUACERIQUE Y LA TIGRA	29
A) Consideraciones económicas	30
B) Implicaciones tecnológicas y económicas del deterioro de las cuencas en un sistema de abastecimiento para agua potable	31
EL FUTURO SEGUN TENDENCIAS ACTUALES	33
RECOMENDACIONES	34
A) Estrategia para la Cuenca de Cabeceras y otras Areas de Aporte	34
B) Estrategia para la cuenca del Río Guacerique	36
C) El Manejo del Parque Nacional La Tigra	38
BIBLIOGRAFIA	40

AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer al M. Sc. James Barborak, Jefe del Programa de Areas Silvestres, por el apoyo brindado con respecto a mi participación en el taller "Agua Potable para Tegucigalpa: ¿Quién es el Responsable?"

Mi gratitud a la Asociación Hondureña de Ecología y a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) por la distinción y confianza al ofrecerme presentar la Ponencia Central del Taller para Decisores, cuyo material constituye el corazón de este documento.

Mi reconocimiento especial al Ing. Ricardo Pérez y al Lic. José Luis Segovia por su decidido y desinteresado apoyo en hacer los contactos para entrevistas y facilitar el transporte para las giras de campo.

Mi agradecimiento a los colegas Robert Komives y Oscar Lücke por su colaboración y estímulo, y a los diferentes funcionarios de varias instituciones hondureñas por el apoyo brindado, en especial al Ing. Eddy N. Larios del SANAA por su respaldo.

El autor desea aclarar que por motivos de una reorganización en el Proyecto Regional de Manejo de Cuencas en CATIE, no fue posible una segunda visita a Tegucigalpa para discutir el enfoque del documento, revisar la información, e incorporar las sugerencias de algunos colegas hondureños. Por tal motivo, es posible que hayan datos que necesiten afinarse y algunas recomendaciones readecuarse.

PROLOGO

Los ingenieros construyen presa tras presa, poniendo únicamente una modesta atención a las prácticas agrícolas y a la deforestación aguas arriba que, al influenciar las cargas de sedimentos, determinarán la vida de tales presas.

Erick Eckholm

El agua, el suelo y el aire como recursos básicos esenciales, conjuntamente con la energía radiante del sol como fuente de vida y motor del ciclo hidrológico, han mantenido evolucionando y diversificando la delgada capa de la biosfera hasta culminar con la aparición del hombre en nuestro planeta.

A su vez, el grado de evolución del hombre ha permitido a la especie humana multiplicarse y controlar gran parte de su entorno físico y biológico, muchas veces con costos irreparables para otras especies o con transformaciones irreversibles del mismo medio ambiente que lo sostiene. Las oportunidades respecto a la calidad de vida que ofrezca ese entorno como lugar de asentamiento y como fuente de recursos para su aprovechamiento, a su vez depende del grado de desarrollo tecnológico, cultural y ético con que el hombre ha interactuado con ese entorno.

Procesos de desarrollo mal orientados, la visión restringida y sectorial de las opciones y restricciones que ofrece el entorno humano y sus recursos, prioridades mal definidas y la falta de voluntad política en la toma de decisiones importantes enfocadas hacia un desarrollo sostenido, especialmente en el uso de la tierra en el sector rural, han llevado a la mayoría de los países en desarrollo a una migración incontrolada hacia las grandes ciudades, generando una hipertrofia urbana que se ha convertido en un círculo vicioso sin control. Este círculo vicioso se perpetúa y se expande por un crecimiento galopante de la población urbana, que cada vez demanda más servicios, generando la búsqueda de nuevos y mayores recursos para sufragar más inversiones y así mitigar las expectativas crecientes y necesidades insatisfechas de dicha población, lo que a su vez sirve de atracción a más gente, principalmente de los sectores rurales estancados y desposeídos. Las características de este ciclo tienen sus implicaciones políticas pues la creciente concentración de población en los centros urbanos de los países en desarrollo (de los que Tegucigalpa no es excepción), hace que, por consideraciones electorales, los políticos reaccionen preferiblemente a las presiones de los núcleos urbanos, más numerosos, mejor organizados, y en contacto más directo con los medios de información que moldean la opinión pública. El panorama anterior, en términos reales, implica una mayor atención a los sectores ciudadanos, que es donde está la mayor concentración de votantes potencialmente, en detrimento del sector rural.

La interdependencia entre el sector rural y el sector urbano es compleja y se manifiesta no sólo en la migración y en la asignación, transferencia y competencia por recursos, sino también en los impactos ambientales generados principalmente a causa de los fenómenos de contaminación por desechos y por la erosión de los suelos en la cuenca alta. Estos impactos repercuten en una forma directa en la calidad y régimen del recurso agua, afectando el funcionamiento de las costosas estructuras para su aprovechamiento, incluyendo la disminución de la vida útil de los embalses a causa de la sedimentación, el rendimiento firme, o en los costos de tratamiento de agua.

Es dentro del contexto anterior, con la cuenca como unidad física de análisis y con el hombre como foco de atención en la interacción y demanda entre los recursos de agua y suelo, que se enfocarán algunos aspectos de interés técnico y económico-social relacionados con el problema del abastecimiento y costos del "agua para Tegucigalpa".

El escenario de comparación lo será la cuenca del Río Guacerique y el área de aporte de las pequeñas cuencas protegidas por el Parque Nacional La Tigra.

INTRODUCCION

El presente informe técnico es el resultado de una síntesis de la información obtenida como parte del apoyo y asesoría brindada conjuntamente por el CATIE y la UICN a la Asociación Hondureña de Ecología con motivo de la celebración del seminario-taller para decisores: AGUA POTABLE PARA TEGUCIGALPA:

Esta asesoría incluyó una visita de nueve días a Tegucigalpa y cuencas vecinas con tres días de campo, un sobrevuelo en helicóptero, entrevistas, y la revisión de la literatura más relevante que, con ciertas dificultades, se logró recabar.

El contenido conceptual del presente documento constituyó la ponencia central del Seminario-Taller arriba mencionado. Se pretende presentar, utilizando la problemática del agua potable como estudio de caso, la relación de la presión demográfica con el deterioro de las cuencas hidrográficas y su impacto, tanto en las opciones de aprovechamiento como en el costo del agua, dentro del contexto de la hipertrofia urbana de Tegucigalpa. El crecimiento caótico de la ciudad capital y la seria crisis respecto al abastecimiento de agua potable son producto de una serie de factores interrelacionados de índole física, tecnológica, económica, política y social que hacen que esta problemática, por su complejidad y magnitud, haya dejado de ser del dominio exclusivo de los ingenieros hidráulicos y sanitarios para convertirse en un caso que demanda un manejo integrado de recursos. En un sentido geográfico de Tegucigalpa y sus cuencas tributarias circunvecinas para requerir de un enfoque a escalas regional y nacional, enmarcado dentro de una estrategia nacional hacia un desarrollo sostenido.

UBICACION Y CONTEXTO SOCIO—ECONOMICO DE LA REGION DE TEGUCIGALPA:

A) *Introducción:*

El Area Metropolitana de Tegucigalpa está ubicada hacia el Suroeste del centro geográfico del país, a una elevación media de unos 1000 m.s.n.m. y recibe una precipitación que oscila entre 900 mm y 1000 mm anuales, dependiendo de la elevación y localización. La ciudad se extiende cuenca arriba de las márgenes del río Choluteca, por encima de los 900 m.s.m.m.. Cinco cuencas (Guacerique, Grande, Sabacuante, Tatumbra y Chiquito), conocidas como la región de cabeceras y que constituyen parte de la cuenca superior del río Choluteca, encierran a Tegucigalpa por el Oeste, el Sur, y el Este y drenan sus aguas con dirección a la ciudad, dejando al río fluir hacia el norte como única salida (ver *figura 1*). La cuenca junto y al Norte del río Chiquito, aunque drena aguas abajo de Tegucigalpa, por su elevación y ubicación, permite hacer captaciones que por gravedad llegan a la ciudad capital.

Además de ubicar a Tegucigalpa en el contexto geográfico e hidrográfico, este mapa indica la localización del Parque Nacional La Tigra, y ofrece una perspectiva del rápido crecimiento espacial del área metropolitana entre 1966 y 1978.

La *figura 2*, desarrollada por Komives, Lücke y Pérez (1986) resume, mediante un sistema interactivo, la compleja situación del crecimiento urbano de Tegucigalpa, enfocando predominantemente los aspectos del cambio de uso de la tierra y su relación con la problemática del agua potable de Tegucigalpa. Este esquema sistémico fue analizado en detalle por Komives *et al* (1986), y dada su relevancia se recomienda consultar la fuente original.

A continuación se describen algunos de los aspectos socio-económicos más relevantes de Tegucigalpa y alrededores.

B) *Población Urbana:*

La población de Tegucigalpa creció lentamente de 1760 a 1945, fechas en que se reportaron 17 016 y 55 755 habitantes, respectivamente. (Komives *et al*, 1986). Desde 1945 la ciudad ha experimentado un crecimiento urbano acelerado y a partir de 1978 lo ha venido haciendo a una tasa del 5.9o/o (Blair, 1986), lo que significa duplicar la población cada 12 años.

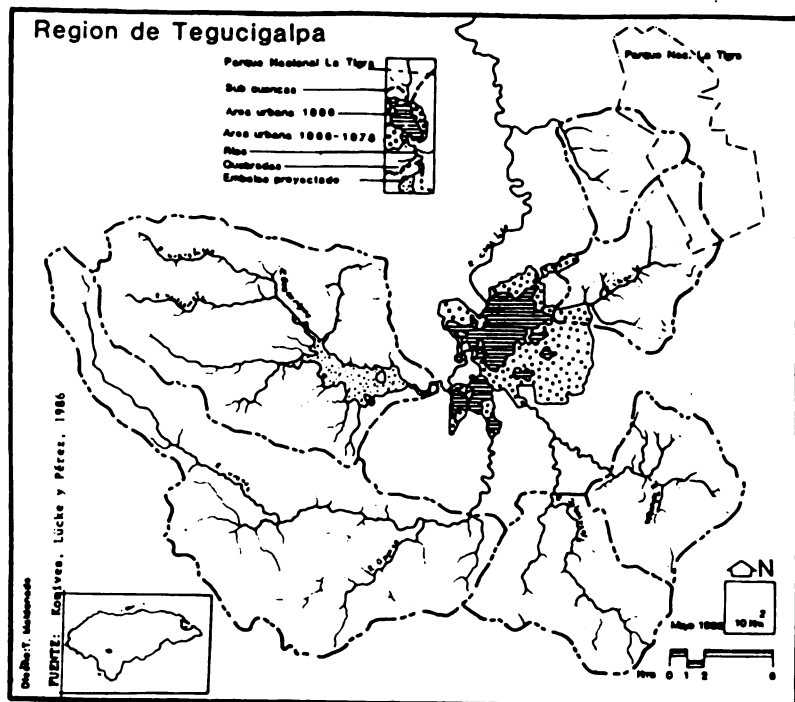


Figura 1. Ubicación de Tegucigalpa con respecto a las Cuencas de Cabeceras y al Parque Nacional La Tigra.

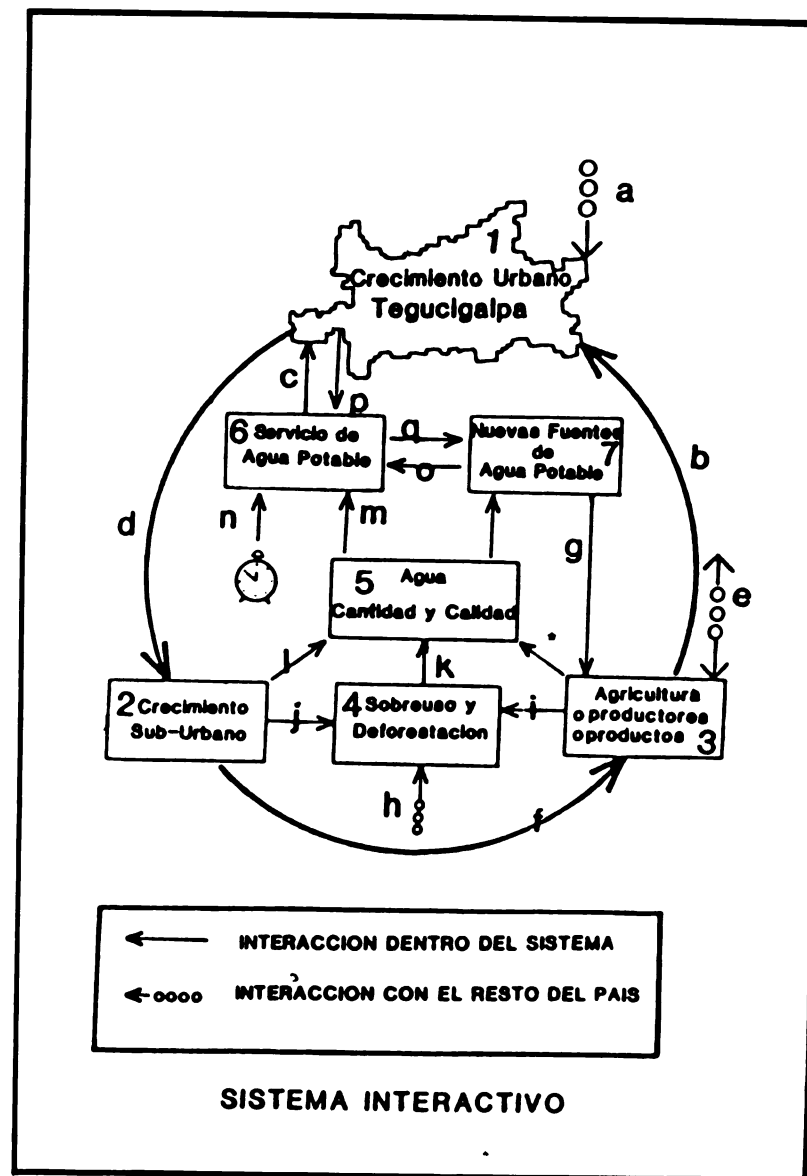


Figura 2. Sistema interactivo de la relación uso de la tierra-abastecimiento de agua potable en Tegucigalpa.

Adaptado de Komives, Lücke, y Pérez (1986).

Campanella *et al* (1982), mencionan que cerca de $\frac{2}{3}$ partes del crecimiento de Tegucigalpa es producto de migraciones de áreas rurales, empujados en parte por el deterioro ambiental y socio-económico; sin que esto signifique que la calidad de vida sea necesariamente mejor en la congestionada capital, como lo demuestra la galopante explosión de tugurios, la mayoría sin servicios básicos. Según información reciente, (SANAA, 1982), en 1979/80 la población del área metropolitana de Tegucigalpa se estimaba en 373 854 habitantes, de los cuales un 65o/o vivía en tugurios y un 15o/o en viviendas de clase baja. De acuerdo a proyecciones, para el año 2010 se espera que el área metropolitana de Tegucigalpa alcance una población de 1 868 000 de los cuales cerca de 1 100 000 vivirían en tugurios y unos 500 000 en viviendas de clase baja, para un total de población en estas dos categorías de un 86o/o.

C) *El Entorno Rural de Tegucigalpa. El Caso de la Cuenca del Río Guacerique.*

Por haber estudios más detallados sobre la cuenca del Guacerique, se utilizará a ésta como ejemplo de lo que sucede en el medio rural próximo a Tegucigalpa.

La cuenca del río Guacerique, que sirve de aporte al embalse Los Laureles (la principal inversión hasta la fecha para el agua potable de Tegucigalpa), ofrece información muy valiosa sobre la situación del campesinado más próximo a Tegucigalpa, a pesar de que en ciertos aspectos tienen ventajas comparativas respecto a sectores de cabeceras. En 1983, la población en la cuenca era de 8237 habitantes de los cuales un 50o/o tenían edades entre 0 y 14 años, y un 18o/o entre 15 y 24 años. El tamaño promedio de familia era de siete miembros (Segovia *et al* 1985).

A continuación se presenta un resumen de algunos de los principales aspectos ligados a la calidad de vida del poblador rural de la cuenca del Guacerique (citados por Segovia *et al*, 1985), y que representa para muchos de habitantes una forma de vida en transición antes del salto a los tugurios de Tegucigalpa. La información que se transcribe no es, en sentido estricto, generalizable a toda la cuenca, pues proviene principalmente de una encuesta socio ecológica levantada en 1983 en la llamada Zona Restringida Los Laureles, que es un área de influencia hacia el embalse de 11.72 km². Sin embargo, sí da una buena idea de los problemas de parte del sector rural en los 180 km² de la cuenca del Río Guacerique, a saber:

- * Ninguna de las familias encuestadas con motivo del Plan Maestro de agua potable poseían agua en sus viviendas, utilizando agua directamente del río y otras fuentes como llaves comunales, pozos y nacientes.
- * El 96o/o de las familias en la zona restringida no poseían letrinas, estimándose una cifra similar para el resto de la cuenca alta. Estas condiciones sanitarias crean focos de infección con repercusiones negativas en la salud pública, y en la contaminación potencial de las corrientes de agua.
- * En ninguna parte de la cuenca fuera del casco urbano hay servicio público para recoger basura y el 82o/o se desecha al aire libre.
- * A excepción de seis familias que reciben la electricidad de un puesto militar, y de las granjas avícolas, el resto de la población carece de fluido eléctrico y demandan grandes cantidades de leña para cocinar.
- * Las encuestas de salud revelan que la población en esta región tiene índices altos de padecimientos gastrointestinales y respiratorios. La ausencia de agua potable es en gran parte responsable de altas tasas de mortalidad infantil que a nivel rural se estima en 127 por mil. Aunque no hay información exacta para la cuenca, se mencionan serios problemas de desnutrición y mortalidad infantil. Se estima que las familias campesinas presentan deficiencias calóricas de un 69o/o y que ingieren un 21o/o menos de lo requerido a nivel de proteínas.

- * Según el censo de 1974 el analfabetismo en la región de Cabeceras se estimó en un 45/o. En 1982, en la subcuenca del Guacerique operaban 13 escuelas primarias con un promedio de 50 alumnos por maestro, y se reportan graves deficiencias de infraestructura física, material didáctico y disponibilidad de maestros. Las oportunidades de asistir a la enseñanza secundaria es mínima.
- * Dentro de la zona restringida, más de un 50/o es accesible por carretera sin pavimentar y un 30/o pavimentada. Los caminos vecinales en la cuenca, unen solamente los caseríos más grandes y son insuficientes, lo que limita el acceso de vehículos dentro de ella.

La información anterior revela que en el medio rural existe una situación de deterioro en casi todos los órdenes, motivada en gran parte por bajos ingresos, escasa producción, bajo nivel cultural y servicios públicos mínimos o inexistentes. Esta situación sin esperanzas es el principal factor de empuje del campesino hacia el entorno urbano, y no necesariamente por la calidad de vida que este medio ofrece.

CONSIDERACIONES AMBIENTALES RELACIONADAS CON LA PROBLEMÁTICA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TEGUCIGALPA:

A) Aspectos Generales:

Con una precipitación promedio cercana a los 1100 mm anuales y un régimen de precipitación estacional con seis meses de lluvia (de mayo a octubre) y los seis restantes de muy poca o mínima precipitación, la explotación del recurso hídrico demanda mucha planificación y un buen manejo de las cuencas de aporte. Esto último es especialmente cierto si se consideran ciertas restricciones geomorfológicas tales como: poco espesor de las formaciones superficiales, la naturaleza físico química de las formaciones superficiales y las propiedades del material parental (Brenes, 1986).

La cubierta vegetal juega un papel muy importante en la regulación del régimen hídrico, tanto en la distribución de los caudales en el tiempo como en la calidad del agua, especialmente con las características de un régimen de precipitación tropical y estacional como el de la región cercana a Tegucigalpa. La remoción indiscriminada de las áreas de bosque, y su reemplazo por usos inadecuados de la tierra, tienden a inducir mayores crecientes durante la estación lluviosa y ocasionan descensos en los caudales base durante la estación seca. Estas modificaciones de los caudales tienen un impacto significativo en el adecuado aprovechamiento de las obras hidráulicas de regulación, especialmente en lo que al rendimiento firme de los embalses se refiere. (Quesada, 1979).

B) Hidrología

La información hidrológica de las cuencas es de singular importancia en la planificación y operación de los proyectos de aprovechamiento de los recursos hidráulicos. Esta información básica permite inferir la cantidad, calidad y distribución temporal y espacial esperada del recurso hídrico de esos *sistemas* naturales de producción y regulación de agua que son las *cuencas hidrográficas*.

Por consideraciones hidrológicas, el área de las cinco cuencas de cabeceras se ha definido a partir de los puntos donde existen o han existido estaciones hidrométricas ligadas potencialmente a proyectos de aprovechamiento hídrico. En el *cuadro 1* se describen algunas de sus características hidrológicas y morfométricas básicas. La precipitación media ponderada por área para este conjunto de cuencas es de 1140 mm anuales.

El *cuadro 2*, adaptado de Abarca (1986), contiene los datos de precipitación y caudales medios mensuales. Excepto por el río Chiquito, que experimenta una precipitación media significativamente mayor, y de la cual no se encontraron datos de caudales, cuatro de estas cinco cuencas presentan regímenes de distribución de precipitación y caudales bastante similares, a pesar de que la cuenca del río Sabacante, registra unos 200 mm de precipitación anual menos que el promedio de las otras tres. También se observa que, según los datos de precipitación, existen seis meses de estación lluviosa bien diferenciada y seis meses de estación seca, siendo setiembre y junio, en ese orden

CUADRO 1. ALGUNAS CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS Y MORFOLOGICAS DE LAS CUENCAS DE CABECERAS

Cuenca	Area (km ²)	P	Q	E	Q/P	Indice de Compasidad	Pendiente Media o/o	Elevación Media
GUACERIQUE en Batallón	186	1142	2.30	390	0.34	1.23	3.4	1420
GRANDE o SAN JOSE en Calabazas	220	1131	2.40	344	0.30	1.75	2.79	1490
SABACUANTE en El Aguacate	80	910	0.47	185	0.20	1.34	4.96	1365
TATUMBLA en El Incienso	61	1070	0.41	212	0.20	1.18	3.26	1360
CHIQUITO en Col. 21 de Oct.	58	1508				1.32	8.0	1458

P = Precipitación Media Anual (mm)

Q = Caudal Medio Anual (m³/s)

E = Escorrentía Media Anual (mm)

Q/P = Coeficiente de Escorrentía Anual

Adaptado de Abarca, 1986

los meses consistentemente más lluviosos, y enero, febrero y marzo los más secos. A nivel del régimen de caudales, se puede decir que hay siete meses con caudales bajos de noviembre a mayo inclusive, dado que mayo experimenta poco caudal con respecto a la precipitación mensual recibida por ser un mes predominantemente de recarga del suelo.

El cuadro 3 contiene información resumida de interés, respecto a la distribución de precipitación y de caudales durante las estaciones lluviosas y seca, y los porcentajes de aporte por período.

Esta información estacional de precipitación-escorrentía es muy importante pues permite hacer inferencias sobre el comportamiento hidrológico de una cuenca determinada, o bien, hacer comparación entre cuencas.

En primer lugar se observa que la escorrentía total anual con respecto a la precipitación es muy baja, oscilando entre un tercio para la cuenca del Guacerique y un quinto para Sabacuante y Tatumbla. En parte, esto es de esperar por cuanto los niveles de precipitación son

CUADRO 2. PRECIPITACION (P) en mm Y CAUDALES (Q) MEDIOS MENSUALES en m³/s PARA LAS CUENCAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE TEGUCIGALPA

CUENCA		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
GUACERIQUE	P	190	183	116	128	212	130	71	45	16	7	10	34	1142
	Q	1.413	4.076	2.977	2.560	8.315	4.410	1.396	0.553	0.436z	0.405	0.460	0.549	2.30
GRANDE en Calabazas	P	190	204	104	111	247	144	53	14	12	5	5	38	1131
	Q	1.362	1.829	1.829	2.413	8.136	5.534	1.460	0.846	0.398	0.330	0.275	0.303	2.40
SABACUANTE	P	149	171	69	88	200	90	60	24	9	3	9	38	910
	Q	0.298	1.302	0.280	0.298	1.623	1.324	0.276	0.086	0.061	0.036	0.022	0.024	0.47
TATUMBLA	P	175	184	95	114	190	147	70	36	21	6	5	24	1070
	Q	0.340	0.790	0.453	0.398	1.270	1.146	0.257	0.081	0.046	0.046	0.039	0.033	0.41
CHIQUITO	P	212	198	152	132	268	238	75	55	32	32	28	71	1508
	Q													

Adaptado de Abarca, 1986.

más bajos que los de la evapotranspiración potencial. Brenes (1986), reporta para la cuenca del Guacerique una precipitación media de 1095 mm (1) y una evapotranspiración potencial de 1450 mm.

El análisis estacional de caudales, por su parte muestra que, en todos los casos, mayo es un mes de recarga por cuanto los porcentajes de flujo son significativamente inferiores a la precipitación, ocurriendo lo inverso durante los otros meses de la estación lluviosa (junio-octubre), en que tiene lugar la mayor parte de la escorrentía (más del 80o/o en todos los casos), con pequeñas diferencias entre cuencas. El porcentaje de agua disponible durante los meses secos es muy bajo.

En síntesis, la información hidrológica anterior indica que, por las condiciones climáticas y geomorfológicas, estas cuencas deben manejarse muy cuidadosamente pues la distribución de caudales entre el período de lluvias y la estación seca es demasiado marcada, los coeficientes de escorrentía muy bajos, y los aportes de caudal base muy reducidos. Esto hace que las obras de aprovechamiento hidráulico sean muy costosas pues requieren de una regulación muy grande, haciéndose físicamente necesario contar con grandes volúmenes de almacenamiento para lograr una buena regulación de flujos durante la época de lluvia tienden a ser más bien torrenciales, implicando mayor potencial de inundaciones y de arrastre de sedimentos por erosión.

Con buena información hidrológica, geomorfológica, morfométrica, de cobertura forestal y de antecedentes sobre el uso de la tierra, la información del *cuadro 3* podría decirnos mucho sobre el estado y evolución del régimen hídrico entre cuencas, especialmente si las series de datos históricos de precipitación-escorrentía para todas las cuencas son confiables, corresponden a períodos similares, y tienen una duración adecuada.

1. La diferencia en precipitación reportada por Brenes para Guacerique, con respecto a la información citada por Abarca, podría deberse al lugar a partir del cual se definió la cuenca o la longitud de la serie de datos usados.

CUADRO 3. INFORMACION HIDROLOGICA ESTACIONAL PARA LAS CUENCAS DE CABECERA

Cuenca	Precipitación Anual en mm	Precipitación en mm (P)			Caudales en m ³ /seg. (Q)			Escorrentía Anual en mm (R)
		Mayo	Jun.-Oct.	Nov.-Abr.	Mayo	Jun.-Oct.	Nov.-Abr.	
GUACERIQUE en Batallón	1142	190 16.6o/o	769 67.3o/o	183 16.0o/o	1.413 5.1o/o	22.338 81.1o/o	3.799 13.8o/o	390
GRANDE en Calabazas	1131	194 17o/o	810 71.6o/o	127 11.2o/o	1.362 4.7o/o	23.771 82.7o/o	3.612 12.6o/o	344
SABACUANTE en El Aguacate	910	149 16.4o/o	618 68.0o/o	134 15.6o/o	0.298 5.3o/o	4.827 85.7o/o	0.505 9.0o/o	185
TATUMBLA en El Incienso	1070	175 16.4o/o	730 68.2o/o	165 15.4o/o	0.340 6.9o/o	4.057 82.5o/o	0.522 10.6o/o	212
CHIQUITO en Col. 21 de Oct.	1508	212 14o/o	988 65.5o/o	308 20.4o/o				

C) *Cobertura Vegetal:*

Excepto por la cuenca del río Guacerique que tiene datos más actualizados, no se encontró información que cuantificara el estado del uso de la tierra y el grado de cobertura forestal en el resto de las cuencas de cabeceras. Sólo existen apreciaciones descriptivas. (Ver Abarca, 1986).

De las cuencas de cabeceras, la del río Guacerique es la que mejor cobertura forestal tiene, especialmente en las partes medias y altas. Se estima que para 1982 había un 47o/o en bosque, un 23o/o en matorral, un 16o/o en agricultura y un 14o/o en potrero (Komives *et al* 1986). Sin embargo, la mayor parte del terreno agrícola en sobreuso está ubicado en la parte superior de la cuenca cerca de la divisoria de aguas y está en proceso de expansión. Por la importancia de esta cuenca y por la información disponible, posteriormente se tratará más en detalle.

D) *El estado de las cuencas hidrográficas y su impacto sobre el agua potable de Tegucigalpa: Dos ejemplos contrastantes.*

Por limitaciones de información, este informe se concentra principalmente en las dos áreas de mayor relevancia actual para el abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa a saber: 1) La cuenca del Río Guacerique, donde se encuentra el embalse Los Laureles, y la planta de tratamiento Ing. Luis S. Ulloa, y 2) el área de aporte del Parque Nacional La Tigra y alrededores, en el cual hay ubicadas varias tomas de agua superficiales que en total contribuyen con un porcentaje considerable del abastecimiento actual de agua para Tegucigalpa.

1). *Problemática de uso de la tierra en la cuenca del Río Guacerique*: Por las altas inversiones existentes y proyectadas en esta cuenca, es importante destacar algunos aspectos del uso de la tierra que tiene relevancia desde un enfoque hidrológico.

En primer lugar destaca el cambio en uso de la tierra presentado por Pérez, (1981), y adaptado por Komives *et al* (1986), y que se transfiere en el *cuadro 4*.

Se observan descensos de un 50/o del área en bosque y 110/o en matorral, e incrementos de un 80/o tanto en agricultura como en pastoreo. Las cifras anteriores indican que unos 31 Km², o sea, un 160/o en 7 años, han cambiado hacia usos más intensivos.

El *cuadro 5* tomado de Komives *et al.* (1986) recoge la problemática del uso de la tierra en la cuenca, en términos de subuso, uso correcto, y sobreuso, resultando que para 1982, la cuenca experimentaba un 37.90/o en sobreuso.

El sobreuso de la tierra en la parte superior de la cuenca: Es preocupante que la mayor parte del sobreuso está en agricultura, y tiene lugar predominantemente en las partes superiores de la cuenca, partiendo de la línea divisoria hacia abajo, o bien siguiendo los cauces de algunos ríos y quebradas, según se muestra en la *figura 3*. El proceso de sobreuso desde la divisoria de aguas, destacado por flechas, indica que probablemente se esté dando una invasión desde las cuencas vecinas, por lo que debería estudiarse la proveniencia de estos nuevos "colonos" agrícolas.

El proceso de expansión del sobreuso continúa muy activo en la cuenca pues, en el sobrevuelo de marzo de 1986, se pudieron notar muchas abras en el bosque de pino para obtener leña y madera, así como para cultivos de hortalizas (en secano en las partes altas y bajo riesgo, cerca de las márgenes de los ríos). En ambos casos hay riesgos altos de contaminación: *Física*, por el impacto de la erosión de suelos en terrenos de alta pendiente y usos inadecuados, y *química* a causa de la aplicación de agroquímicos para hortalizas, en especial, cuando ocurre cerca de las corrientes de agua.

**CUADRO No. 4 CAMBIOS DEL USO DE LA TIERRA
1975 - 1982**

USO	Kilómetros Cuadrados		Porcentaje	
	1975	1982	1975	1982
Agrícola	15.2	31.6	8	16
	11.6			
Pastoreo	11.6	26.7	6	14
Matorral	66.7	44.2	34	23
Bosque	101.5	92.5	52	47
TOTAL	195.0	195.0	100	100

Fuente: Komives, Lücke y Pérez, 1986.

**CUADRO No. 5
PROBLEMÁTICA DEL USO DE LA TIERRA
CUENCA DEL RÍO GUACERIQUE**

MODALIDAD	AREA	
	Km ²	o/o
Uso correcto	100.7	51.7
Sobreuso	74.0	37.9
Subuso	20.3	10.4
TOTAL	195.0	100.0

Fuente: Komives, Lücke y Pérez, 1986.

**CUENCA DEL RIO GUACERIQUE:
SUPERPOSICION DE SOBREUSO DE LA TIERRA EN EL MAPA HIDROGRAFICO**

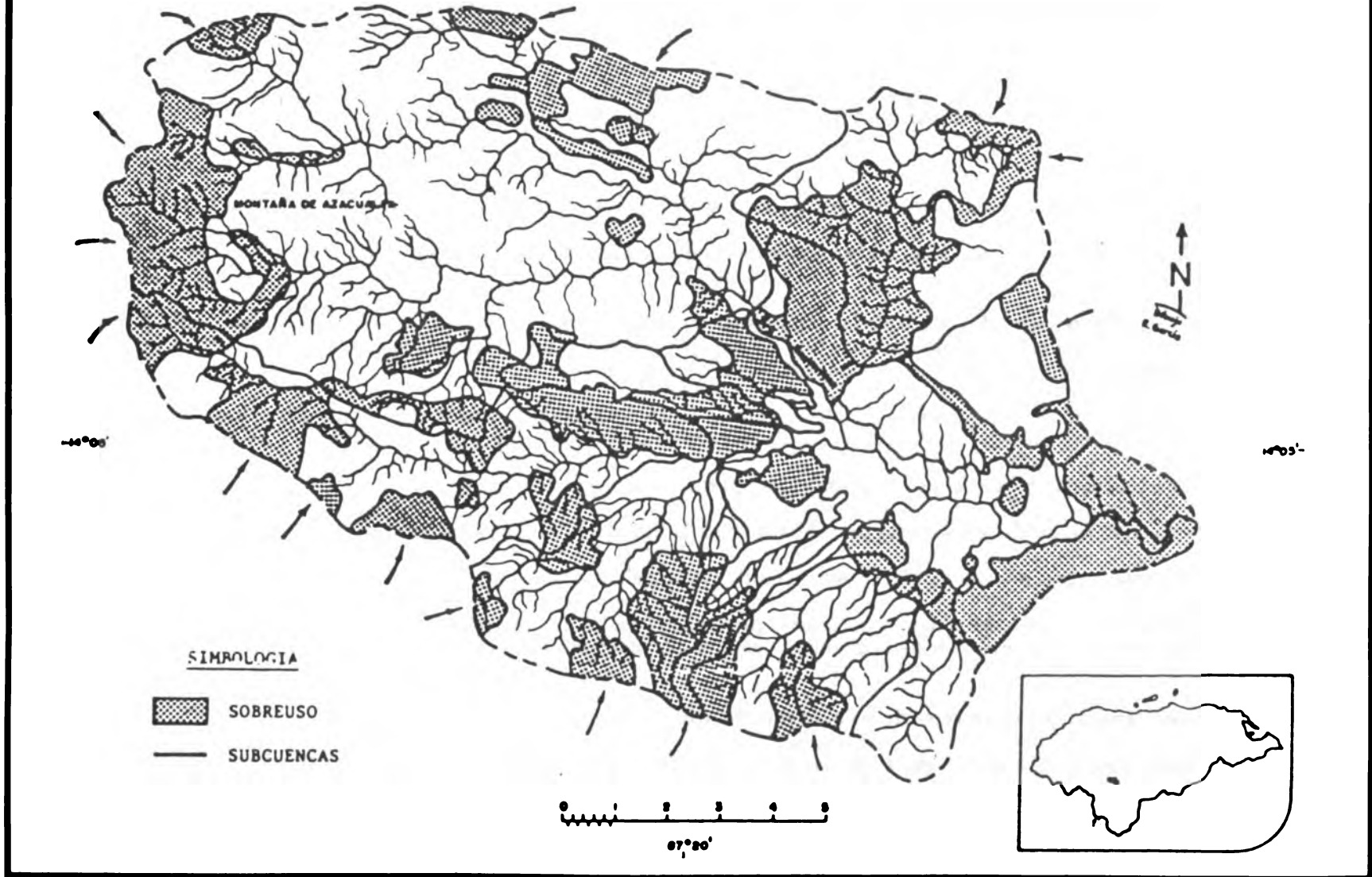


Figura 3. Sobreuso de la tierra en la cuenca del Río Guacerique.

Adaptado de Komives et al, 1986 y Brenes, 1986.

Otro problema adicional del efecto de este sobreuso en el régimen hídrico es el cambio en la tasa de infiltración, lo cual tiene repercusiones en una respuesta más rápida de la cuenca, incrementando la escorrentía superficial y el flujo torrencial durante la estación lluviosa y disminuyendo los caudales base durante la estación seca. Además, de continuar el incremento de asentamientos en la parte superior de la cuenca con fines hortícolas, y las posibilidades de usar captaciones de agua con fines de riego durante la estación de estiaje, se provocaría un uso competitivo con el agua potable. Esto último por ser el agua de riego un uso consuntivo, es decir, que el agua no es recuperable aguas abajo por ser evapotranspirada a la atmósfera.

Fuentes de contaminación en la cuenca baja del Río Guacerique: Segovia et al (1985) han documentado muy bien la problemática en la parte baja de la cuenca, con influencia directa sobre el embalse Los Laureles y que se denomina zona restringida. Consiste en un área de 11.72 km² de transición rural a urbana.

Con base a encuestas efectuadas como parte del Plan Maestro, se detectaron los siguientes problemas ambientales:

- * Tala excesiva. Los pobladores en esta área talaban aproximadamente 12.25 Ha de bosques por año para un equivalente anual de 416 m³ de madera.
- * Contaminación orgánica del agua. El 96% de las familias encuestadas por SANAA en 1983 no poseían instalaciones de disposición de aguas negras, no había recolección de basura y un 70% de los animales muertos quedaban a la intemperie. Los residuos orgánicos expuestos al agua de escorrentía crean focos de contaminación del agua al llegar al río.
- * Contaminación química, directa o indirecta, por detergentes a causa del lavado de ropa y por la aplicación de fertilizantes. Durante las visitas de campo a la cuenca se pudo observar el lavado frecuente de vehículos directamente en el río.
- * Contaminación no biodegradable por el uso de plaguicidas y fertilizantes.
- * Aparente descarga en el río de las aguas negras del CALFA (Base Militar de 2000 hombres).
- * Posible aporte de aguas negras no tratadas del sistema de infiltración del Seminario.
- * Probable contaminación a causa del estiércol (gallinaza) proveniente de las granjas avícolas localizadas cerca del río. En las giras al campo se pudieron observar montículos de la gallinaza cerca de las márgenes del río Guacerique, en las proximidades de la cola del embalse.
- * Cría de cerdos por familias que viven cerca de las márgenes del río.

La figura 4 muestra la red hidrográfica de la cuenca, las áreas críticas de contaminación en la parte baja de la cuenca y la ubicación aproximada de la zona restringida mencionada anteriormente.

2) *El Parque Nacional La Tigra: "Un Embalse Natural sin Estructuras de Almacenamiento"*. A pesar de la importancia del Parque Nacional La Tigra, la literatura ingenieril sobre el agua potable de Tegucigalpa apenas sí lo menciona por su nombre. No se encontraron descripciones sobre las características y estado del uso de la tierra en el Parque y sus alrededores, su relación con las captaciones, y la importancia comparativa del agua de esta zona. Se sigue viendo el agua como un bien libre por captar, conducir, almacenar, tratar y consumir, sin poner atención a las cuencas de captación como sistemas físicos y biológicos que, dependiendo de su estado, influyen las características de cantidad, calidad y distribución del agua.

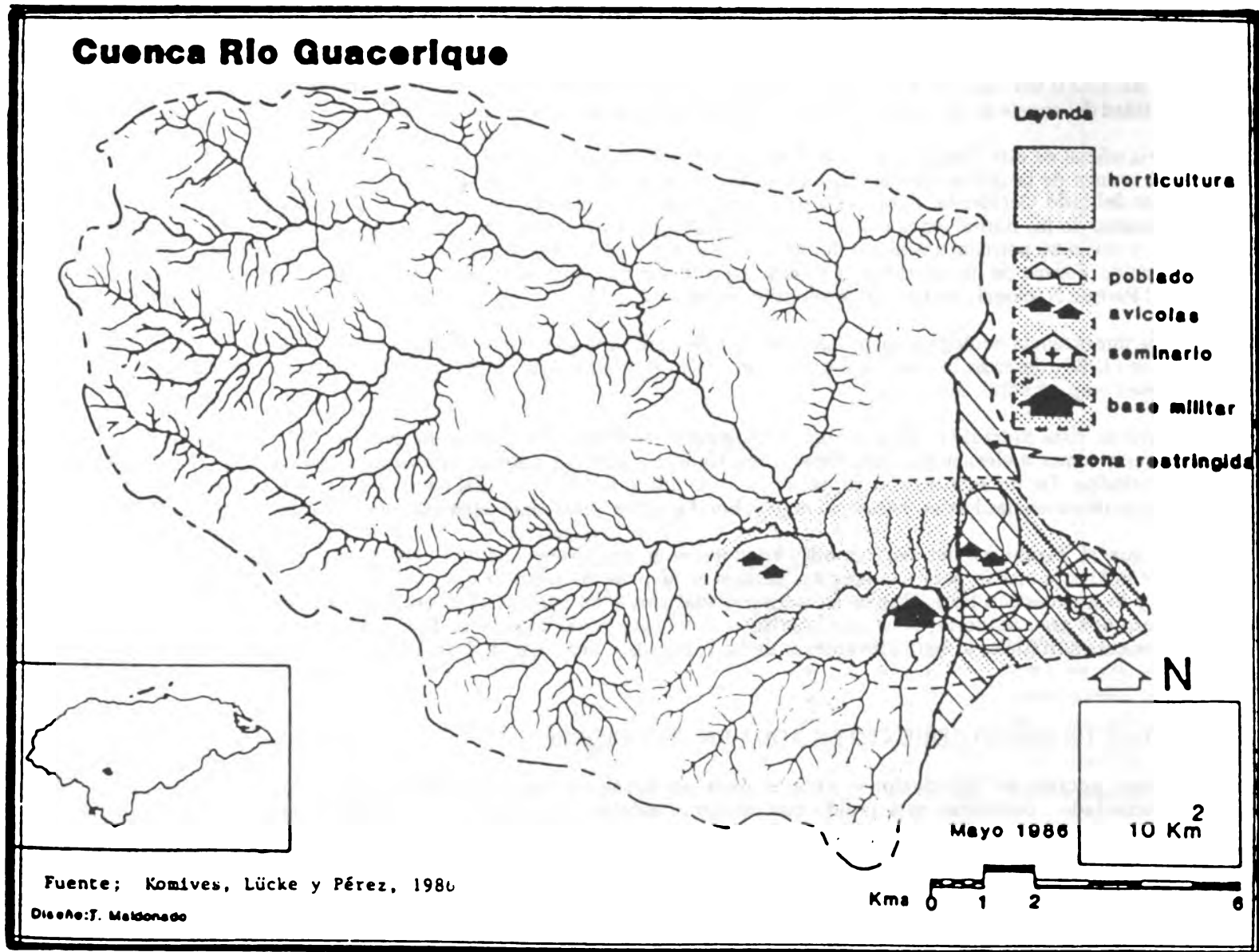


Figura 4. Areas y usos contaminantes en la cuenca baja del Río Guacerique.

Adaptado de Komives et al, 1986 y Segovia et al, 1985.

Al área de influencia de este parque y zonas adyacentes se le conoce en la literatura técnica como la cuenca nororiental o Montaña San Juancito (Blair, 1986). Sin embargo el Parque también cubre la parte alta de la cuenca del río Chiquito. La existencia de este parque es fundamental en el aporte de agua a Tegucigalpa, que resulta ser de excelente calidad y muy bien regulada. Existen 25 pequeñas tomas de agua que aportan un 43o/o del agua de Tegucigalpa, (Blair, 1986) requiriendo sólo un mínimo de tratamiento. Las características en la distribución y cantidad del aporte de agua de este parque hace pensar que se trata de *un embalse natural sin estructuras de almacenamiento*.

La declaratoria oficial de este Parque Nacional se dio en 1980, con una extensión de 75 Km² (7500 Ha). Aunque se han hecho esfuerzos por detener el avance de la deforestación en sus límites, las presiones siguen presentes y los niveles de vigilancia son mínimos. En el centro de visitantes del lado Occidental había sólo un guarda que debía laborar siete días a la semana en forma casi continua durante el año. El comentó acerca de las limitaciones con que trabaja y de cómo un Voluntario de Cuerpo de Paz que le apoyaba en el trabajo del Parque debió huir y retirarse permanentemente del sitio ante amenazas de muerte de parte de personas que causaban diversos daños, incluyendo deforestación dentro de las fronteras del Parque. La fuerte oposición del mencionado voluntario a las actividades ilegales y clandestinas dentro del Parque Nacional, motivó su persecución y huída.

Además de su importancia ecológica, la protección de este parque y su bosque nublado se justificaría sólo por el valor de sus recursos hídricos. Brenes (1986) describe los procesos que favorecen el aporte de agua en el Parque Nacional, siendo este documento de consulta obligada si se desea ampliar sobre este tema.

Desde el punto de vista hidráulico, otra ventaja comparativa del Parque La Tigra es la elevación de las captaciones del agua que de él se deriva, porque, con tomas a elevaciones superiores a los 1500 m.s.n.m., se permite el abastecimiento de agua por gravedad, a las redes superiores de Tegucigalpa. De no existir estas captaciones, y debido a la ubicación del resto de las tomas en los proyectos actuales provenientes de las cuencas de cabeceras harían necesario mayor bombeo para llevar agua a los usuarios de las zonas altas de la ciudad.

El hecho de que el Parque no requiera grandes estructuras ni inversiones cuantiosas para aportar sus valiosos recursos, incluida el agua, no debe conducir a apatía para proteger sus pequeñas cuencas, ni permitir que tan extraordinario bosque desaparezca. Sin esta vegetación, y como lo demuestran las múltiples áreas degradadas cerca del parque, se habrá eliminado ese "embalse natural", que sin evidencia aparente para una gran mayoría, hace que la crisis real del agua potable que vive Tegucigalpa no haya sido una tragedia desde hace varios años. Por sus características, el agua proveniente de La Tigra sigue siendo, a abril de 1986, el aporte de agua potable más importante para Tegucigalpa.

SITUACION ACTUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN TEGUCIGALPA:

La crisis de agua potable de Tegucigalpa es en gran parte un problema del acelerado crecimiento de la población. Los asentamientos humanos y sus necesidades, proliferan más rápido que cualquier esfuerzo de planificación por anticiparse a ellas y la demanda de agua siempre va mucho más adelante que los esfuerzos por desarrollar nuevas fuentes. Por otra parte, las costosas inversiones en proyectos de recursos hídricos compiten con otras necesidades apremiantes de una población urgida de servicios, y sin que el país cuente con la solvencia económica para hacerles frente.

Existen varios problemas a considerar:

A) *Limitaciones Especiales del Plan Maestro.*

El área de servicio definido por el plan maestro del SANAA no coincide con lo que los planificadores han definido como límite urbano, tal y como se muestra en la *figura 5*. En esa área diferencial considerable entre el límite urbano y el área de servicio del plan maestro,

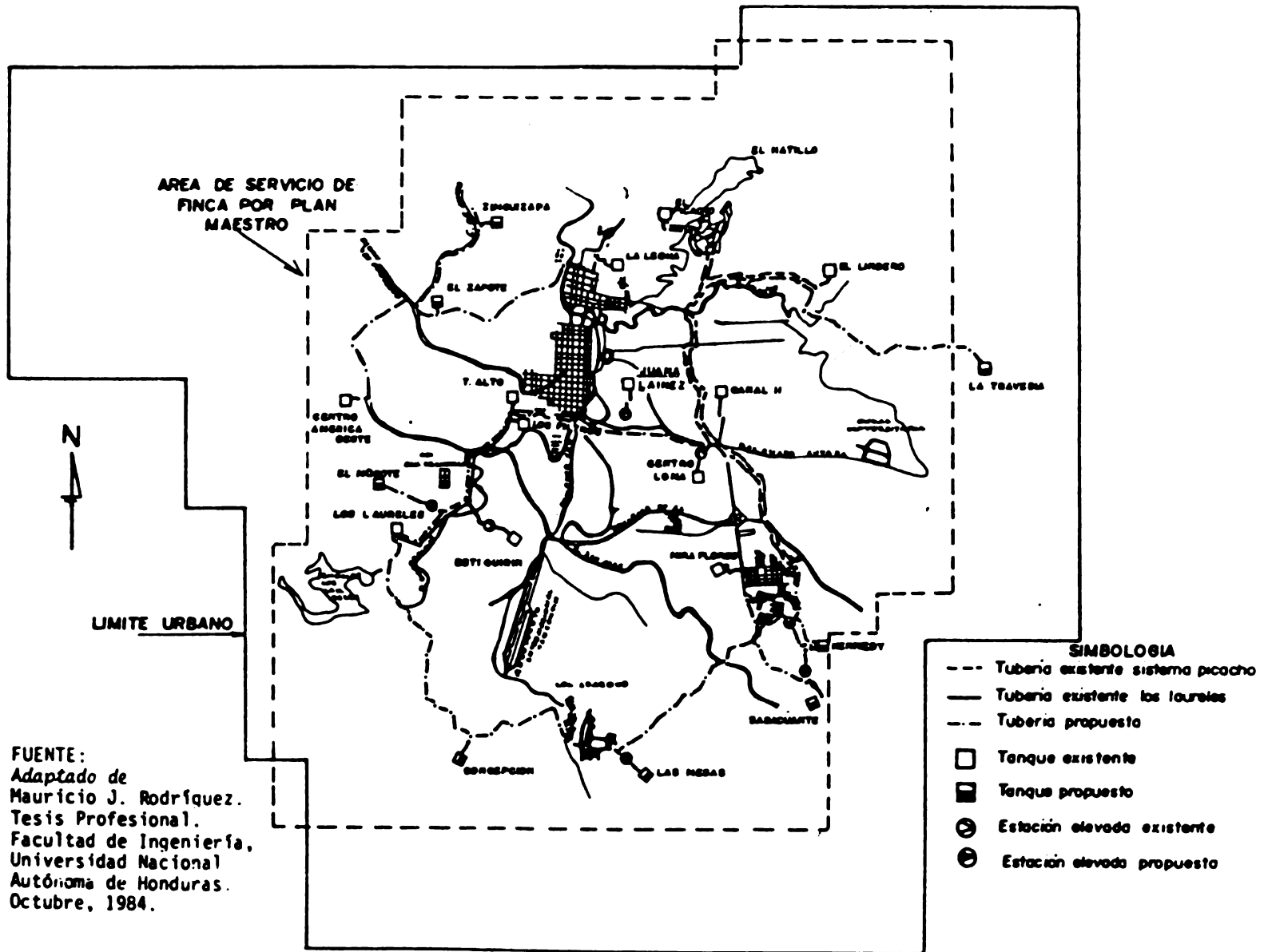


Fig. 5. Comparación del límite urbano de Tegucigalpa con el área de servicio definida por el Plan Maestro.

según comentarios, ya hay asentamientos humanos con altos niveles de marginalidad y habrá aún más en el futuro, como parte de una población que, por restricciones técnicas en el diseño de los sistemas de acueductos, no podrán ser suplidos por las redes previstas por el SANAA, en parte por restricciones topográficas. De información recibida en forma confidencial se estima que en la actualidad existen más de 100 000 personas que viven en tugurios que no tienen otro servicio de agua que el que reciben de vendedores ambulantes en camiones. Por limitaciones de acceso, los transportadores de agua sólo pueden llegar a ciertos sitios hasta los que se acerca la gente a comprar el agua por volumen. Es la misma agua que produce el SANAA pero que vendida en recipientes (tambos) se paga por volumen hasta más de 50 veces el costo de la tarifa mínima que cobra la institución en conexiones normales. Obviamente esto debe cambiarse pues es un gran negocio privado, altamente lucrativo, para quienes comercian con la sed y con las necesidades de higiene.

La figura 5 también indica la localización de los tanques existentes y en dónde se ubicarán los sitios de almacenamiento asociados a futuros proyectos. (2). Excepto por los tanques de la zona norte que podrán operar por gravedad, en el sector sur y oeste, se han propuesto cuatro estaciones elevadoras (por bombeo) para los proyectos de la zona de cabeceras. Esto indica que en el futuro habrán gastos energéticos considerables asociados al bombeo del agua potable.

B) *Tendencias de crecimiento según redes de distribución:*

Las tasas de crecimiento poblacional según redes de distribución indican que conforme avanza el tiempo habrá un mayor porcentaje de gente viviendo en partes más elevadas, tal y como se muestran en el cuadro 6. Es así como durante la década de 1980 a 1990, (excepto por la red sobre los 1190 mts que abastece a muy poca población), las dos tasas de crecimiento más elevadas por década y por red se dan

CUADRO 6. TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL Y PROYECCION DE LA POBLACION SEGUN REDES DE PRESION

RED DE PRESION	AÑOS				1980	1990	2000	2010
	1980-1990	1990-2000	2000-2010					
Red baja (910-950) m	3.1	2.0	1.8	74,216	107,000	130,000	155,000	
Red Media (950-990) m	5.6	5.5	4.4	124,303	125,000	366,000	563,000	
Red Alta (990-1030) m	7.8	6.3	5.7	94,664	200,000	367,000	637,000	
Red Superior I (1030-1007) m	6.0	5.3	6.4	45,980	82,000	138,000	256,000	
Red Superior II (1070-1110) m	5.4	8.7	5.7	20,176	34,000	78,000	136,000	
Red Superior III (1110-1150) m	5.8	9.4	9.5	7,435	13,000	32,000	79,000	
Red Superior IV (1150-1190) m	4.7	5.8	7.9	2,536	4,000	7,000	15,000	
Red Fuera Superior IV (1190) m	6.1	6.1	4.1	5,544	10,000	18,000	27,000	
				374,854	665,000	1'136,000	1'868,000	

Adaptado de: proyecto "Plan Maestro para Tegucigalpa, D. C.", SANAA, Agosto 1982.
(EXPO-AIDIS-82, Ciudad de Panamá).

2. SANAA (1975) ofrece una información detallada sobre las actuales fuentes de suministro, las características de sus acueductos y el año de instalación.

actualmente en las denominadas red alta (990-1130 mts.) y red superior I (1030-1070 mts.); en la década de los años 90 el mayor porcentaje de crecimiento corresponderá a las redes superiores II y III entre 1070-1110 mts. y 1110-1190 mts. respectivamente y para la década del 2000 al 2010 a las redes III y IV ubicadas entre los 1110 y 1190 mts. conjuntamente. Así, mientras que en 1980 vivían sólo 81 671 personas por encima de los 1030 mts., para el año 2000 se esperan 273 000 (un incremento de 334o/o) y 10 años más tarde, para el 2010, habrá más de medio millón de personas. Este mismo fenómeno puede verse, también a nivel de la red media y alta que en números totales constituyen las redes actuales y futuras más pobladas. En 1980 la primera poseía un 33o/o de la población total, contra un 25o/o de la segunda. A nivel del año 2010, se espera una situación a la inversa, con un 30o/o para la red media y un 34o/o de la población para la red alta.

Esta información de elevación vs. población tiene aún más importancia por las restricciones de conducción por gravedad. El *cuadro 7* resume alguna información relevante acerca de las fuentes de abastecimiento futuro para Tegucigalpa. Se observa que: 1) Las expectativas de resolver el problema del agua de Tegucigalpa se centran en los proyectos de Guacerique y Concepción, grandes embalses reguladores que en conjunto aportarían un 70o/o del agua de nuevos proyectos hasta el año 2004. 2) El resto de los otros proyectos individualmente son

CUADRO 7. PROYECCION DE AGUA PARA DIFERENTES FUENTES

NOMBRE	COTAS MAX. Y MIN. DE OPERACION mts.	DESCARGA REGULADA m ³ /seg.	DESCARGA m ³ /día	o/o DE APORTE
EMBALSE.	1091 - 1058	1.63	140 832	37
Guacerique	1195 - 1114	1.45	125 280	33
Concepción	1164 - 1133	0.26	22 464	5.9
Tatumbla	1122 - 1084	0.34	29 376	7.7
Sabacuante				
CAPTACIONES:				
El Chile	—	0.200	17 280	4.5
zinguizapa	--	0.224	19 354	5.1
AGUAS SUBTERRANEAS:				
Varias	—	—	±25 000	6.6
TOTAL			379 596	

Basado en información de: Proyecto "Plan Maestro para Tegucigalpa, D. C.", SANAA, Agosto 1982.
(EXPO—AIDIS—82, Ciudad de Panamá)

insignificantes y en total aportarían sólo un 30o/o. 3) Las cotas máximas y mínimas del embalse activo son relativamente bajas, especialmente el de Guacerique que según proyecciones, sería el primero en entrar en operación entre 1992 y 1993.

Considerando las pérdidas de carga en las líneas de conducción y distribución, más la presión de agua en la red, es obvio que de no ser las estaciones de bombeo previstas para la zona sur, la población de las redes superiores tendría problemas de abastecimiento cuando los embalses estén bajos durante la estación seca. Esta situación da comparativamente un mayor valor al aporte de agua de La Tigra y alrededores (San Juancito) por cuanto la elevación de los tanques colectores de El Picacho están ubicados a 1310 m.s.m.m., como se observa en la figura 6, la que además muestra la localización de las fuentes superficiales actuales del distrito metropolitano.

C) *Proyecciones de población según clase socio-económica:*

El aspecto más alarmante de la problemática del aumento de población en Tegucigalpa y su relación con la demanda de recursos hídricos es el nivel socio-económico de las clases numéricamente predominantes en el proceso de expansión urbana, quienes difícilmente podrán amortizar los costos de inversión de los futuros proyectos. El cuadro 8 presenta una proyección de la población según tipo de barrio. En 1980, un 80% de la población vivía en barriadas de tugurios o en barrio de clase baja, correspondiendo un 65% a la primera categoría y un 15% a la segunda. Para el año 2010 la cifra conjunta habrá aumentado a un 86%, con un 58% en la clase que viviría en tugurios y un 28% en barrios de clase baja. Sin embargo, los números totales son más significativos pues en 1980 había menos de 300 000 en estas dos categorías mientras que para el año 2010 sobrepasarían la cifra 1 600 000 de un total de 1 868 000, correspondiendo casi 1 119 000 a potenciales habitantes de tugurios y medio millón en barrios de clase baja. Se estima que los habitantes de la primer categoría vivirían en carencia severa de servicios básicos y pésimas condiciones habitacionales.

CUADRO 8. TEGUCIGALPA, PROYECCION DE LA POBLACION SEGUN TIPO DE BARRIO (CLASE SOCIOECONOMICA), 1980-2010)

TIPO DE BARRIO 1)	2) Tugurio (Tipo A)		Clase Baja (Tipo B)		Clase Media (Tipo C)		Clase Alta (Tipo D)		Barrios Comerciales (Tipo E)		Población Total
	Población	o/o de Total	Población	o/o de Total	Población	o/o de Total	Población	o/ode Total	Población	o/o de Total	
1979/1980	243 655	65	56 228	15	33 737	9	14 994	4	26 240	7	373 854
1990	400 794	60	158 873	24	61 318	9	24 095	4	19 965	3	665 000
2000	656 094	58	318 532	28	109 122	10	37 529	3	14 723	1	1 136 000
2010	1 088 811	58	516 284	28	194 210	10	57 942	3	10 762	1	1 868 000

1) Existen también aldeas (Tipo F) dentro del límite urbano con cifras actuales y proyectadas de población no significativas.

2) Para explicación de características de tipo de vivienda, consultar fuente de información.

Fuente: Proyecto "Plan Maestro para Tegucigalpa, D.C.", SANAA, Agosto 1982.
(EXPO - AIDIS - 82, Ciudad de Panamá).

Esta población no solo vive con los serios problemas típicos de la marginalidad urbana sino que genera otra serie de problemas que afectan el medio ambiente general y a su vez agravan su propia condición humana, en un círculo vicioso difícil de romper.

D) *Demanda y oferta de agua potable:*

El *cuadro 9* indica las proyecciones de demanda de agua por década según la población a servir mediante las diferentes redes de distribución.

Si se toma 1980 como base, se observa que para 1990 la demanda se habrá casi duplicado; que para el año 2000 habrá aumentado en un 375o/o, y para el 2010 sería de casi siete veces la de 1980. La satisfacción de esa demanda es aún más crítica dado que los dos proyectos a ejecutarse, según el Plan Maestro para la década de los 80's (río Hondo-Amarateca para 1982 y Guacerique para 1986) se han aplazado; el primero para el año 2001 y el segundo para 1992. Además, hay actualmente dudas acerca de la factibilidad financiera y física para que se pueda completar el proyecto de Guacerique aun para 1993.

Existe también la realidad de altos niveles, de insatisfacción en la demanda actual. En 1980, se esperaba una producción de 126 816 m³/día para una cobertura de demanda de un 63o/o. Sin embargo, la producción real fue de 80 000 m³/día con un porcentaje de abonados conectados del 40o/o (SANAA, 1982) o sea, que cerca de 225 000 personas carecieron de servicio directo de agua. Aún si todos los proyectos se concretaron según previsto, (que con la información disponible ahora se sabe que no es válida) y que la cobertura se ampliará según expectativas a un 72o/o, para el año 2000 (SANAA, 1982) el número de personas sin servicio habría aumentado a unas 320 000 personas.

La *figura 7* muestra, lo más actualizado posible, según datos de la exposición del Ing. Eddy N. Larios en el Taller de Agua Potable para Tegucigalpa de abril 1986, el cronograma esperado de incorporación de nuevas fuentes dentro del plan de expansión de agua para Tegucigalpa hasta el año 2004. Estos gráficos presentan dos situaciones de demanda, dadas por las curvas sólidas y a puntos, según las necesidades y expectativas de servicios de un cierto porcentaje de la población en función del tiempo, para dos situaciones diferentes, y la oferta de agua dada por la línea quebrada compuesta por los aportes de caudal contra tiempo de los diferentes proyectos, según la fecha de entrada esperada. Las líneas superiores horizontales suponen que el rendimiento firme (o seguro) se mantenga constante con el tiempo. Esto no sería cierto si los embalses pierden volumen activo por sedimentación o si hay disminución de caudales, especialmente durante los meses de estiaje (Quesada, 1979). La línea curva a puntos presenta la demanda de agua de acuerdo a las condiciones del sistema en 1980, caracterizado por un porcentaje alto de fugas en las tuberías de conducción y distribución y de desperdicio domiciliario, incluyendo fugas. De continuar con esta situación, el problema de agua potable alcanzaría niveles caóticos permanentemente, por cuanto los proyectos nunca satisfarían la demanda.

La línea llena, muestra un panorama optimista en el que, por mantenimiento y controles, los niveles de fugas y desperdicios se reducirían drásticamente mejorando el sistema. Sin embargo, la crisis continuaría muy severa hasta 1992 en que teóricamente entraría Guacerique II. A pesar de este proyecto, por el déficit acumulado, a los dos años de su funcionamiento se presentarían faltantes de agua, requiriéndose entonces de la entrada del proyecto Sabacuante, en 1994 y el de Concepción en 1996. De no entrar en el tiempo programado habría déficit. Con el proyecto de Concepción hay un respiro por cinco años y luego deben entrar en escalera del 2001 al 2004 las obras de río Hondo-Amarateca, Zinguizapa, El Chile y Tatumbula. Después del 2006 se requerirán nuevos proyectos para satisfacer la demanda. De dónde vendrán y a qué costo?

1) *De dónde y a qué costo?* Desde finales del siglo pasado (1891), y con una actitud visionaria, se empezaron las captaciones de agua en lo que hoy es el Parque Nacional La Tigra y sus alrededores, por medio del acueducto de Jutiapa (SANAA, 1975). Aunque significativamente más largo de donde hoy está el embalse Los Laureles, el agua de los manantiales de la montaña de San Juancito, donde está ubicado el Parque, no requería de sistemas de bombeo, el tratamiento era mínimo o nulo pues, por la excelente calidad del agua, con sólo hervirla quedaba apta para el consumo humano, y no eran necesarios costosos embalses de regulación dado que el aporte estacional estaba

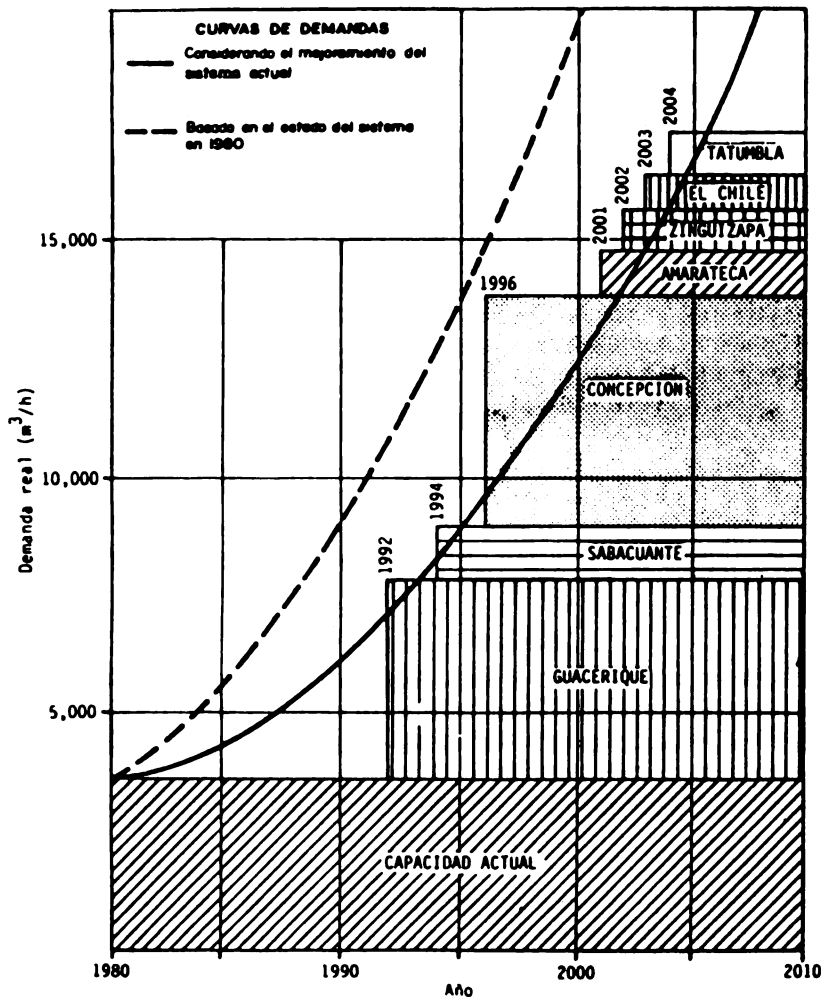


Figura 7: Incorporación de fuentes futuras en el sistema de agua potable. (Plan de expansión).

Fuente: Conferencia del Ing. Eddy M. Larios, Abril 1986.

CUADRO 10. APORTES RELATIVOS Y COSTOS UNITARIOS PARA DIFERENTES PROYECTOS

NOMBRE	o/o DE APORTE	DESCARGA m ³ /día	COSTOS DE CONSTRUCCION ESPERADOS (L)	COSTOS UNITARIOS*** L/m ³ /día
Embalse:				
Guacerique	140 832	37.1	206 220 073*	1 464
Concepción	125 280	33.0	455 791 258	3 638
Tatumbla	22 464	5.9	128 660 398	5 705
Sabacuante	29 376	7.7	88 645 715	3 015
Captaciones:				
El Chile	17 280	4.6	94 352 891	5 460
Zinguzapa	19 354	5.1	88 419 920	4 568
Aguas Subterráneas.**				
Varias (incluye Río Hondo y Amarateca)	25 000	6.6		
TOTAL	379 596	100.0	1 061 590 225	

* Según estimaciones más recientes. Sin embargo, parece que estos costos siguen aumentando y ahora se habla de montos cercanos a los L300 000 000 para Guacerique. De ser esta suma el costo unitario subiría a 2130 L/m³/día.

** Hay datos contradictorios en cuanto a capacidad y costos.

*** Estos costos no incluyen los costos variables de operación y mantenimiento.

bastante bien distribuido. Este esquema permitía que al ir aumentando la demanda se iban haciendo nuevas captaciones pequeñas con un mínimo de inversión. Actualmente, además del sistema La Tigra, sólo el embalse Los Laureles ofrece agua para Tegucigalpa en cantidades significativas, aunque a un costo relativamente más elevado por los requerimientos de tratamiento y bombeo (sin contar los costos de inversión en la construcción de la represa y la planta de tratamiento Ing. Luis S. Ulloa).

La necesidad de satisfacer la demanda de agua de una población creciente y en gran medida huérfana de estos servicios ha llevado a los ingenieros del SANAA a buscar soluciones potenciales hasta el año 2010, según se plantea en la *figura 7*. Los planes incluyen la captación, mediante embalses, del agua de las cuencas de cabeceras con miras exclusivas a la producción de agua potable, y proyectos varios a distancias considerablemente más lejanas. Excepto por los embalses de Guacerique y Concepción que conjuntamente aportan el 70o/o de los nuevos recursos esperados hasta el 2010, el resto de los proyectos son individualmente marginales y con costos unitarios altos. Los proyectos de río Hondo-Amarateca requieren de captaciones en la cuenca, a más de 20 Km en línea recta desde Tegucigalpa, y con los proyectos de Zinguizapa y Los Chiles, ubicados a una distancia directa de unos 42 Km y 48 Km respectivamente, habrá que traer agua fuera de la cuenca del río Choluteca. Las fuentes de Zinguizapa y los Chiles requieren de acueductos de 70 cm de diámetro tendidos a lo largo de 64.8 Km y de 70.6 Km respectivamente.

Por la importancia que tienen los costos esperados de los futuros proyectos se ha elaborado el *cuadro 10* a partir de datos del SANAA (1982).

La información anterior ofrece algunas comparaciones importantes. 1) Excepto por Guacerique, que tiene costos unitarios comparativamente más bajos, el resto de los proyectos tienen costos elevados. 2) El proyecto Tatumbla, de un impacto pequeño en términos de producción, tiene los costos unitarios más altos. 3) Las captaciones de El Chile y Zinguizapa, principalmente por su distancia desde Tegucigalpa, tienen costos unitarios bastante elevados, de manera que después del 2006, cuando se requiera de nuevas fuentes para satisfacer la demanda, cabe preguntarse: a qué distancia y a qué costo?.

Desde un punto de vista comparativo con el aporte del sistema La Tigra, se observa que la producción de invierno de éste (56 160 m³/día), es mayor que el caudal suministrado conjuntamente por los proyectos Tatumbla y Sabacuante, a un costo total de L217.3 millones y que el aporte de verano de La Tigra (34 560 m³/día) sería muy similar a la suma de los caudales de los proyectos conjuntos de los ríos Hondo y Amarateca a un costo conjunto de L182.7 millones. Podría decirse que en términos de su contribución promedio, el agua del sistema La Tigra tiene un costo de oportunidad a precios actuales de unos L200 millones, que es el promedio de los proyectos equivalentes.

2) *Para quién y para qué?*: Observando las distancias cada vez mayores de los proyectos de conducción de agua hacia Tegucigalpa, cabe preguntarse si las poblaciones rurales cerca de las fuentes de captación, por donde pasan los acueductos, recibirán algo de agua; o si el destino único del preciado líquido es la ciudad capital. Pareciera, por la información disponible, que esta última situación es la correcta.

También se ha observado en la mayoría de los proyectos de almacenamiento de agua, que entre los flujos promedio disponibles y los flujos regulados hay muy poca diferencia, lo que hace pensar que, especialmente en las cuencas de cabeceras donde hay embalses planeados, el propósito del proyecto es fundamentalmente para agua potable. Cabe preguntarse, qué va a pasar con las opciones de desarrollo rural en algunas de estas cuencas donde el agua para tal propósito resulta competitiva con el agua potable. ¿Serán los pobladores de las áreas rurales cerca de las fuentes de agua, o por donde pasan los acueductos, atraídos por ésta al no tenerla ellos disponible en sus sitios? ¿Correrán igual suerte que el agua y terminarán finalmente en Tegucigalpa agravando el problema de las migraciones sin futuro? ¿Serán los pobladores de las comunidades rurales que producen hortalizas mediante pequeño riego, empujados de sus tierras hacia Tegucigalpa al no poder contar con esta agua en un futuro, o verse imposibilitados de expandir sus áreas de cultivo, pues el agua debe reservarse para el consumo de la creciente población de la metrópoli?.

Otro aspecto interesante, según se muestra en el *cuadro 11*, es que las proyecciones de demanda de agua por sector son fundamentalmente de tipo doméstico y comercial, (un 90o/o tanto para 1980 como para el año 2010), no habiendo casi agua reservada para la industria, sea grande o pequeña. Así, en 1980 el sector industrial utilizaba sólo un 3o/o de la demanda de agua promedio de Tegucigalpa en pequeña industria. Para el año 2010, se mantenía el mismo 3o/o, asignando un 2o/o para la pequeña industria y un 1o/o para la gran industria. ¿Puede ser esto real para una población que se habrá quintuplicado en esos 30 años?

Si la agricultura intensiva en las cuencas vecinas no es una opción y si no hay expectativas para el desarrollo del sector industrial, que en términos generales depende del agua para su funcionamiento y expansión, cabe también preguntarse, cuál va a ser la fuente de empleo de esas 1 868 000 personas esperadas para el año 2010? ¿No será que la ciudad de Tegucigalpa ha llegado a sus límites posibles de expansión y se hace necesaria otra alternativa espacial donde la gente tenga opciones de trabajo y en donde el agua se maneje con un propósito múltiple y no con la misión única de dar agua al sector doméstico y comercial?

CUADRO 11. DEMANDA PROMEDIO DE AGUA POTABLE SATISFECHA EN LTS/PERSONA/DIA (LPPD) POR CATEGORIAS

CATEGORIA \ AÑOS	1980	1990	2000	2010
DOMESTICO	132	176	198	212
COMERCIAL	21	26	27	29
PEQUEÑA INDUSTRIA	5	6	5	5
GRAN INDUSTRIA	—	1	3	3
PUBLICO	11	14	15	18
TOTAL	169	223	248	267

Fuente: Proyecto "Plan Maestro para Tegucigalpa, D. C.", SANAA, Agosto 1982 (EXPO—AIDIS—82, Ciudad de Panamá).

CONSERVACION Y AGUA POTABLE: ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE GUACERIQUE Y LA TIGRA

En capítulos anteriores se ha hecho referencia al grado de deterioro que viene ocurriendo en la cuenca del río Guacerique a causa de la deforestación indiscriminada, la expansión agrícola en las tierras altas y la severa contaminación en la cuenca baja cerca del embalse Los Laureles. También se analizó la importancia del Parque Nacional La Tigra y el rol de su bosque nublado en hacer posible un sistema de más de una veintena de pequeñas obras de captación de agua, de magnífica calidad, y bien reguladas.

En vista de la imposibilidad de hacer un estudio de costo/beneficio, por falta de información, y la dificultad de poner en valor equivalente no solo el viejo y complejo sistema de La Tigra con los costos involucrados en la construcción del Embalse Los Laureles, sino también los respectivos costos de construcción de las plantas de tratamiento de agua para ambos sitios, se optó por el siguiente tipo de enfoque: a) Analizar los costos diferenciales de producción por m³ de agua enfatizando los aspectos de tratamiento de agua y otros costos de oportunidad que ofrece el sistema de acueductos del Parque Nacional La Tigra, y b) Las implicaciones tecnológicas y económicas del impacto del deterioro de las cuencas en términos de las respuestas hidrológicas percibidas o esperadas entre los sistemas protegidos y aquellas en proceso de deterioro.

A) Consideraciones económicas:

Mediante varias entrevistas con funcionarios de las oficinas centrales del SANAA y de la planta de tratamiento para el embalse Los Laureles, y de una revisión de los costos mensuales de tratamiento de agua para 1985, se obtuvo el *cuadro 12* que contiene los costos de producción para diferentes fuentes de agua para Tegucigalpa. Se observa que para las fuentes más productivas, que son Los Laureles y El Picacho, el primero requiere de altas cantidades de químicos, la mayoría importados, para el tratamiento del agua. Por el contrario, para El Picacho, que recoge los aportes del sistema de captaciones de a Tigra, excepto por una reducida cantidad de Cloro y de Hipoclorito de Sodio, el agua no requiere de mayor tratamiento. En términos reales de la información suministrada para el año de 1985, la diferencia de costos por m³ de agua producida para ambos sistemas es de unas 23 veces, o sea 2300o/o que, en términos de costos, representa gastos de L 1 73 500 para el agua de El Picacho y L 2 923 000 para Los Laureles. Otra ventaja comparativa son los costos de bombeo, que para el sistema actual del SANAA representa costos anuales cercanos a los L 1 500 000, de los cuales se ve exento el agua del sistema La Tigra, que funciona por gravedad.

Si el agua del sistema La Tigra sufriera un deterioro ambiental similar al de Los Laureles y tuviera los mismos costos de producción, habría un costo incremental por tratamiento, de L 3 816 500 (17 347 690 m³x0.22 L/m³). Si se sumara además el costo de oportunidad de no bombeo similar al costo anual de esta operación reportada por el SANAA, se tendrían L 1 500 000 adicionales, para un total ahorro hipotético de L 5 316 500 anuales.

CUADRO 12. COSTOS DE PRODUCCION PARA DIFERENTES FUENTES DE ABASTO DE AGUA POTABLE DURANTE 1985

Planta de Tratamiento	Producción (m ³)	Sulfato de Al (Lbs)	Cal (Lbs)	Cloro (Lbs)	Polímeros (Lbs)	Hipoclorito de Sodio (Lbs)	Costo m ³ * de agua
Los Laureles	12 707 696	1 484 570	358 800	264 850	5 120	2 200	0.23
Picacho	17 347 690	—	—	76 350	—	100	0.01
Loarque	715 825	69 680	3 000	12 150	—	1 300	0.28
Miraflores	668 807	13 530	250	4 950	—	—	0.10

Fuente: Comunicación personal Ings. Francisco Zepeda y Roberto Medrano. Tegucigalpa, marzo 1986.

* Incluye gastos de operación y mantenimiento como salarios, combustibles, bombeo, tratamiento, transporte, etc. Se refiere a producción y bombeo puesto en tanques. No incluye amortización ni depreciación.

Otra forma de valorar que tan importante es el agua que genera el Parque Nacional La Tigra es tomar el costo de oportunidad de su aporte en términos del costo de inversión de su reemplazo por nuevos proyectos equivalentes según se describió en el *cuadro 10*. Se mencionó que el promedio equivalente para la producción de invierno y verano del sistema La Tigra sería similar al promedio de aportes conjuntos de los proyectos Tatumbla-Sabacuante en invierno y El Chile-Zinguizapa en el verano, para una inversión promedio de L200 millones anuales (según precios del SANAA, 1982). Considerando una tasa de interés para proyectos de inversión del 10o/o anual se tendría, sólo en intereses, un valor de oportunidad de L20 millones anuales.

Sin embargo, cabe preguntarse cuánto dinero está dedicando el Gobierno de Honduras a la protección, mantenimiento y desarrollo del Parque Nacional La Tigra. Resulta paradójico que mientras se ven cientos de soldados fuertemente armados en la ciudad y otros miles encerrados en los cuarteles, “velando por la seguridad de la población de Tegucigalpa”, la protección del Parque Nacional La Tigra esté limitada a su mínima expresión con un personal que no alcanza a contarse con los dedos de una mano. Gran parte de la seguridad de la población de Tegucigalpa, en términos de salud e higiene, tiene que ver con los servicios de agua potable, y en términos de empleo con el funcionamiento de la pequeña industria, el comercio, y el turismo (hoteles) que, en gran parte, también dependen para su operación, del sistema de agua potable de los aportes de La Tigra. Sin embargo, la protección del Parque es precaria y este patrimonio está en peligro! Esto debe cambiarse!

Sin entrar en detalles, y basados en los costos de producción de otros dos proyectos menores como Loarque y Miraflores, se pudo constatar que el nivel de deterioro en la calidad del agua que llega a la planta de tratamiento de Loarque es tan crítica que implica costos de producción aún mayores que para Los Laureles (L 0.28/m³). Se reportó que la situación de Loarque es muy crítica, tanto por los niveles de contaminación química como por el impacto durante las crecidas. El impacto por contaminación de desechos industriales es elevado, habiéndose reportado casos como:

- * Descarga de soda cáustica que ha provocado muerte masiva de peces y el paro en la operación de la planta por dos días.
- * Vertimiento de desechos varios de una procesadora de pollos.
- * Desechos provenientes de una procesadora de camarones.

A nivel físico, funcionarios del SANAA también han reportado que durante los períodos de crecidas se hace necesario sacar de operación la planta de Loarque por el alto contenido de sedimentos y que durante la estación seca se ha notado un descenso en los caudales base. Ellos atribuyen estas situaciones al deterioro de la cuenca de aporte debido a deforestación, quemas, y sobrepastoreo.

B) Implicaciones tecnológicas y económicas del deterioro de las cuencas en un sistema de abastecimiento para agua potable.

De las experiencias sobre este tema recogidas por el autor tanto en Honduras como en Costa Rica, se puede concluir que el impacto físico del deterioro de las cuencas se manifiesta por:

- * Mayores tasas de sedimentación de las obras de almacenamiento, incluyendo el embalse activo.
- * Disminución en los caudales base durante la época de estiaje.
- * Aumento en la frecuencia y magnitud de las crecientes durante la estación lluviosa.

- * Deterioro en la calidad del agua no solo por contaminación química sino también física debido al incremento de desechos sólidos y aportes excesivos de sedimentos durante las crecidas.

Los impactos anteriores se reflejan en una serie de medidas que implican costos incrementales a causa de acciones y opciones tecnológicas diferentes para lograr mitigar la respuesta de los impactos anteriores.

La pérdida del embalse activo y la disminución en el flujo base requerirían en forma individual o conjunta de las siguientes medidas:

- * Mayores volúmenes de almacenamiento para regulación de caudales.
- * Apertura de nuevas fuentes para satisfacer la demanda de agua de estiaje.
- * Inicio de nuevos proyectos antes del tiempo previsto.
- * Racionamiento.

El impacto de una mayor frecuencia en las crecientes y el correlativo deterioro en la calidad del agua hacen necesario, a veces a muy altos costos, incurrir en las siguientes acciones:

- * Inversiones mayores en las obras de evacuación de excedencias (vertederos) y diseños de las obras hidráulicas más conservadoras para ofrecer mayores factores de seguridad.
- * Sacar de operación las plantas de tratamiento durante las crecidas por los altos niveles de aporte de sedimentos, lo que puede inducir racionamientos temporales.
- * Mayores costos de tratamiento en términos de aditivos químicos.
- * Lavados de filtro más frecuentes con el correspondiente desperdicio de agua. Por ejemplo, en la planta de tratamiento para Los Laureles "Ing. Luis Ulloa", se mencionó que la frecuencia de lavado en 1977-1978 era de dos veces por semana, mientras que en 1985, como promedio, era de cada 48 horas en verano y 24 horas en el invierno. Para cada lavado se estima un desperdicio de agua tratada que oscila entre un 7o/o y un 9o/o. El incremento en la frecuencia de lavado tiene que ver tanto por la mayor cantidad de agua tratada como por el deterioro en la calidad del agua.
- * Mayores costos globales de operación y mantenimiento.
- * Un mayor riesgo para la salud pública dado que las plantas de tratamiento existentes no tienen procesos para tratar ciertos contaminantes químicos tóxicos no biodegradables producto de detergentes, plaguicidas y de algunos iones metálicos en solución.

Con un último aspecto al margen de estos casos, pero relacionado con otros problemas del abastecimiento del agua para Tegucigalpa, existe preocupación porque en los últimos cuatro años los pozos de la zona satélite, que rendían caudales de 100 gal/min, están dando únicamente de 70 a 80 gal/min. El pozo de La Travesía también ha experimentado abatimientos importantes y la producción sostenida ha bajado de 80 a 50 gal/min. Como consecuencia, se han tenido que ajustar los electrodos y la potencia de bombeo. No se sabe si el descenso es porque se han instalado pozos clandestinos en el acuífero, o porque en el verano, los caudales han bajado, disminuyendo la recarga. No se descarta la tesis de que el aumentar las tasas de escorrentía por el deterioro de la cuenca, se infiltre menos agua y se afecte la recarga de los acuíferos.

EL FUTURO SEGUN TENDENCIAS ACTUALES.

Del panorama presentado respecto a la situación de Tegucigalpa, es evidente que la crisis actual, en vez de mejorar tenderá a agravarse a niveles impredecibles, dadas las tendencias de crecimiento actuales.

Algunas implicaciones serían:

- * Quintuplicar la población de 1980 para el año 2010.**
- * Un aumento de la marginalidad urbana con más de un millón de personas viviendo en tugurios para el año 2010. Muchos estarían localizados fuera del área del Plan Maestro, sin opción a servicios públicos.**
- * Con la demanda de agua prevista exclusivamente para consumo domiciliario y comercial, Tegucigalpa se encuentra en una encrucijada, por una parte, al no poder desarrollarse la periferia agrícola en las cuencas de cabeceras mediante una agricultura intensiva y moderna por limitaciones de agua, lo cual acelerara la invasión campesina hacia la capital. Por otra parte, tampoco hay disponibilidad de agua prevista para la industria necesaria que absorba el empleo que demandará una población de casi dos millones de habitantes para el año 2010.**
- * En este momento, las cuencas de cabeceras cumplen un papel importante en suplir otros recursos que, al igual que el agua son indispensables para la sobrevivencia de la población de Tegucigalpa, particularmente alimentación y energía. Acarrear los productos agrícolas y la leña de zonas más distantes aumentaría los precios de estos productos básicos, disminuyendo aun más la calidad de vida, de por sí precaria, de una mayoría. Sin embargo, con las presentes tecnologías de producción y de extracción de leña en estas cuencas y con las tendencias actuales de cambios en uso de la tierra, el deterioro de las cuencas será inevitable y las expectativas en cuanto a la producción de agua y su calidad se verán frustradas, al punto de dejar sin vigencia las posibilidades de oferta de agua identificadas hasta el año 2004. También aumentarán los costos de operación y mantenimiento, y disminuirá la vida útil de los embalses de almacenamiento.**
- * De prevalecer el deterioro de los sistemas por fugas en las tuberías de conducción, y de desperdicios domiciliarios, las demandas serán aún más insatisfechas, y después del año de 1996, fecha en que se construiría el proyecto de Concepción, la brecha entre oferta y demanda de agua se ampliaría peligrosamente, pudiendo desencadenar conflictos sociales importantes.**
- * Las actuales estructuras operativas gubernamentales, los conflictos institucionales y legales en materia agropecuaria y de recursos naturales, así como las prioridades de la sociedad hondureña, no ofrecen la menor garantía de que, ante la presión popular por más leña y tierras agrícolas, no vayan a sucumbir los bosques remanentes de la cuenca del Guacerique o del mismo Parque Nacional La Tigra, lo cual tendría desastrosas consecuencias en el mediano plazo.**
- * Similarmente, los costos de tratamiento en las plantas actuales o proyectadas pueden llegar a ser prohibitivos, si se considera que la presión ambiental de una población con servicios mínimos habrá crecido desmedidamente, y un mayor porcentaje se ubicará en zonas más altas que en la actualidad. Para los sectores mayoritarios marginados, sin servicios de basura, ni sistemas de aguas negras o aún letrinas, muchos de los desechos sólidos y humanos quedarán a la intemperie, siendo fácilmente arrastrados por las aguas de escorrentía hacia los embalses y corrientes durante la estación lluviosa, poniendo en peligro la salud pública. ¿A cuánto ascenderán los costos de operación, producción y mantenimiento en la plantas de tratamiento? ¿Qué pasará cuando los embalses empiecen a perder capacidad reguladora por sedimentación; haya mayores pérdidas de agua a causa de los lavados de filtros en las plantas; o**

cuando la disminución de los caudales bases acentúen la crisis de agua durante la época de estiaje? La búsqueda de una respuesta a estas preguntas conduce a pensar que, por restricciones físicas y ambientales, Tegucigalpa no puede seguir creciendo indefinidamente y que son necesarias algunas medidas drásticas para evitar situaciones de consecuencias imprevisibles.

Como se ha visto, el tamaño y las condiciones hidroclimáticas de las cuencas de cabeceras no ofrecen aportes de caudales de agua adecuados para poder mantener un crecimiento vertiginoso e ilimitado como el que se visualiza para una ciudad con la ubicación y necesidades de Tegucigalpa.

Las tendencias y características del crecimiento urbano y las prohibitivas inversiones necesarias para cubrir las necesidades por años no satisfechas de agua potable, alcantarillado sanitario, vivienda, educación, electricidad, salud e higiene, hacen imposible buscar una solución satisfactoria e integral a corto plazo, en todos los sectores.

En el caso del agua potable y a pesar de su urgencia, el mismo proyecto de Guacerique II, contemplado en el Plan Maestro para entrar en funcionamiento en 1986, parece que por diversas razones, incluyendo las financieras, no podrá iniciar operaciones antes de 1992. Por otra parte, el valioso sistema de agua potable proveniente del Parque Nacional La Tigra pelagra por falta de vigilancia y control.

El problema de agua potable de Tegucigalpa, por su complejidad y magnitud, merece estudiarse pues no se vislumbran soluciones a corto plazo, y el futuro más distante, dadas las tendencias actuales, es bastante sombrío.

Por las limitaciones hidrológicas de las cuencas en cuanto a aporte y distribución de agua, el aspecto en el que pueden lograrse mayores impactos positivos a corto plazo es en mitigación de la contaminación del agua. Existen ya documentos importantes como los elaborados por Segovia *et al* (1985) donde se han identificado los principales problemas y fuentes de contaminación, a la vez que se han propuesto acciones de monitoreo para detectar con más rigor científico la naturaleza y magnitud de los impactos por contaminación. Los planes de monitoreo propuestos también servirían en un futuro para contrastar los niveles de deterioro o mejoramiento en la calidad del agua, y su impacto en las obras de infraestructura, como el caso de la sedimentación de los embalses. Como complemento a los trabajos anteriormente mencionados es necesario puntualizar las medidas correctivas para los principales problemas y focos de contaminación detectados. Esto se tratará a continuación en Recomendaciones. En todo caso, estas acciones no vendrán a aumentar significativamente el agua disponible sino que contribuirían únicamente a disminuir los costos de tratamiento de agua y los riesgos de enfermedades en la población.

Por otra parte, el control de la población tanto mediante reducción en la tasa de natalidad como por impedir la migración rural, aunque vital a largo plazo, tiene poco impacto a corto y mediano plazo.

En síntesis, la importancia de tomar acciones correctivas en la cuenca es para mejorar la calidad del agua, (lo que a su vez evita el deterioro del recurso) y minimizar el impacto ambiental sobre las obras de infraestructura, por lo que no deben crearse expectativas de que habrá más agua disponible. Independientemente de las acciones, no puede crearse más agua donde no la hay, de aquí la importancia de que el Gobierno de Honduras tome medidas pertinentes pues Tegucigalpa no puede seguir creciendo como lo ha venido haciendo. Se está ante una situación de crisis que demanda ser tratada con carácter de emergencia nacional, con un enfoque integrado a largo plazo.

RECOMENDACIONES

A) *Estrategia para la Cuenca de Cabeceras y otras Areas de Aporte.*

Como el nivel de detalle respecto a la información básica no es uniforme para todas las cuencas de cabeceras, y como para efectos del taller sobre Agua Potable para Tegucigalpa definitivamente se puso más énfasis en la cuenca del Río Guacerique y el área de influencia del Parque Nacional La Tigra, se harán planteamientos generales para toda el área de cabeceras y luego se harán recomendaciones específicas para la cuenca del Río Guacerique y para La Tigra.

A nivel general, para las cuencas de cabeceras se plantea lo siguiente:

1) Ya hay algunos trabajos importantes relacionados con planes de manejo para la cuenca del Río Choluteca. Sin embargo, el énfasis de estos planes es más bien sectorial y parece estar concentrado en los aspectos de conservación de suelos agrícolas o en planes de manejo forestal, sin centrarse en el análisis de la problemática específica del agua de Tegucigalpa (Honduras, Ministerio de Recursos Naturales, 1984; y Hernández, 1983). Es importante revisar la literatura sobre estas cuencas y actualizarla e incorporarla como parte de un plan más integral. En este plan, es fundamental que aspectos como la explosión demográfica, la problemática del uso de la tierra, los usos conflictivos del agua, el deterioro de su calidad, y la dramática situación en términos de oferta y demanda del agua potable en el tiempo, se planteen con un enfoque regional de interacción entre el entorno urbano, el suburbano y el rural, tal y como lo presentan Komives et al, (1986).

2) La revisión y actualización del Plan de Manejo de las cuencas de cabeceras debe contemplar fondos de financiamiento por un plazo largo de manera que los proyectos de conservación, mejoramiento y rehabilitación, a nivel forestal, de conservación de suelos, y de manejo del recurso hídrico, así como los planes de desarrollo rural integrado, no dependan de proyectos de corta duración. La experiencia ha demostrado que en estos proyectos cortos los objetivos están más bien planteados en términos de números durante la operación del proyecto para satisfacer las metas de la Agencia donante o financiera, en vez de medir la promoción humana, o el establecimiento de actividades y organizaciones a nivel comunal permanentes o de promover un desarrollo institucional estable.

3) Identificación de nuevas áreas de protección hidrológica, tipo La Tigra, asociadas a futuras fuentes de captación de agua que por su elevación y condiciones ecológicas merezcan protegerse, tanto por el valor del sitio en sí mismo como por el monto de las inversiones previstas. Por su ubicación, este parece ser el caso de las fuentes de Zinguizapa y El Chile que son captaciones distantes previstas fuera de la cuenca del Río Choluteca. Igualmente, deben de investigarse las áreas de recarga de los acuíferos que alimentarán el agua de los proyectos de Río Hondo y Amarateca, para garantizar su protección anticipadamente, si fuera necesario.

4) Conforme continúe el proceso de sobreuso en las cuencas o la sub-urbanización aguas arriba de las áreas de ubicación de los futuros embalses, debe darse mayor importancia a los programas de letrización, fosas sépticas, alcantarillado sanitario, y control de contaminación por aplicación de agroquímicos.

5) Considerando que según información del SANAA, 1982, sólo a nivel de las inversiones proyectadas en agua potable hasta el año 2004, eran del orden de los 1000 millones de Lempiras, podrían darse tres alternativas de financiamiento para dar contenido económico a las acciones prioritarias de conservación para las cuencas de aporte:

a) Internalizar costos anticipadamente dentro del sistema tarifario, como un porcentaje de esas inversiones, que por ejemplo a nivel de un 2.00/o por año significarían 20 millones de lempiras anuales. Sin embargo, en las circunstancias actuales esta opción resulta irreal dado que las condiciones socioeconómicas de la mayoría de la población son precarias, que existen altos porcentajes de población no servida con agua potable, y que en los años venideros, mientras se ejecutan los proyectos, la situación de abastecimiento de agua se va a deteriorar aún más. No se debe cobrar por un servicio que no se recibe.

b) Una segunda alternativa que deberían de valorar los organismos financieros y los países en desarrollo, como parte de la cooperación internacional, es la creación anticipada de fondos en fideicomiso ("trust funds"), mucho antes de financiar los proyectos. La idea

es asignar en un fondo en custodia, un porcentaje razonable del posible costo de proyectos prioritarios de desarrollo, con futuros promisorios e indispensables. Estos fondos serían administrados internacionalmente y se invertirán en actividades financieras productivas y seguras, de manera que generen ingresos en forma permanente, para dedicarlos, en forma supervisada, a actividades continuas de conservación en áreas críticas, con suficiente anticipación a la posible construcción de los proyectos de desarrollo y así asegurar el éxito de los mismos, tanto en la vida económica como en la garantía del servicio al usuario.

- c) Otra opción es la de establecer un seguro nacional de conservación obligatorio, en términos de un pequeño porcentaje de los salarios (por ejemplo un 0.50/o del salario de todos los trabajadores), que sería pagado tanto por los empleados como los patronos, en forma similar a lo propuesto por Quesada, (1958) para Costa Rica.

En todos los casos, aun tratándose de proyectos de financiación externa tradicionales, es indispensable tener listos planes integrales de manejo de las cuencas de cabeceras; una definición de áreas o subcuencas prioritarias; así como proyectos bancables para algunas actividades de manejo integrado de recursos.

Según la segunda evaluación del proyecto de Manejo de Recursos Naturales de Honduras, financiado por AID, (Honduras, 1986), las razones de beneficio/costo en las actividades de conservación en las cuencas de Choloteca, Sampile/Guasale resultarían ser:

Período 1980 - 1986 B/C — 2.49

Período 1980 - 1990 B/C — 3.70

Según esta información, los datos anteriores implican que las actividades de conservación de suelos son rentables y deben estimularse en las partes superiores de estas cuencas, una vez efectuados los estudios de capacidad de uso de la tierra y de uso actual, para detectar las áreas de acción. Un estudio similar debe de hacerse en el campo forestal y agroforestal para identificar posibles áreas de inversión en estos campos, utilizando préstamos externos mientras se definen estrategias de financiamiento interno permanente. Debe dársele especial atención a la gestión para obtener donaciones externas para ciertos planes operativos de emergencia.

B) *Estrategia para la cuenca del Río Guacerique.*

Por ser esta la cuenca de mayor interés, es prioritario elaborar un nuevo plan de manejo aprovechando la nueva información y enfoques generados con motivo del Taller de Agua Potable para Tegucigalpa. Esto permitiría ofrecer una visión más integral que concilie las necesidades y oportunidades de desarrollo rural con las posibles contribuciones e impactos sobre el entorno urbano, incluyendo la problemática de uso de la tierra, y prioritariamente la del agua potable por los usos competitivos y conflictivos que se generan aguas arriba del embalse.

A nivel de los problemas esbozados en la cuenca baja, se formulan las siguientes recomendaciones:

1) Dar seguimiento y apoyo a plan de monitoreo esbozado por Segovia et al, (1985), y revisarlo a fin de incorporar nuevas sugerencias, si fuera del caso.

2) Prohibir el lavado de carros en el Río Guacerique por ser esta actividad incompatible con el uso del agua río abajo, por tratarse de agua a ser almacenada para consumo humano.

3) Buscar una solución al lavado de ropa río arriba del embalse Los Laureles. Se proponen una serie de lavaderos colectivos cerca de las márgenes del río y de los sitios tradicionales que frecuentan los diferentes grupos de señoras. Es evidente que esta actividad tiene un componente social y psicológico importante por lo que no debe desarticularse. Como solución técnica se sugiere que los lavaderos se ubi-

quen a unos 100 mts. del río, adonde el agua sería, ya sea llevada por gravedad mediante minicaptaciones aguas arriba, o bien utilizando un sistema de bombeo que distribuya el agua del río a los diferentes lavaderos. Como complemento de estas acciones es fundamental que el gobierno estimule, o asuma la importación, libre de impuestos, de algún tipo de detergente biodegradable que se venda al costo a las lavanderas. El agua de retorno de los diferentes sitios de lavado se vertería en unas zanjas de drenaje subsuperficial para que cuando estos efluentes lleguen al río por infiltración, en buena parte se hayan recuperado.

4) El posible problema de desechos orgánicos generados por el batallón del ejército de 200 hombres puede resolverse fácilmente mediante una laguna de oxidación apropiada, acompañado, si fuera necesario, de un sistema de drenaje para los efluentes, lo que permitiría su ingreso al río con un mínimo de contaminación al río. En el caso del Seminario, por su tamaño más reducido, una combinación de fosas sépticas bien diseñadas, con zanjas de drenaje de longitud y ubicación adecuadas, resolverían el problema

5) La contaminación por gallinaza puede resolverse mediante controles y concientización de los productores. Los montículos de desechos orgánicos deben ubicarse en sitios apropiados donde el agua de escorrentía no ofrezca peligro de transportar estos desechos hacia el río. Con incentivos adecuados, estos desechos podrían convertirse en un recurso mediante la fabricación de "compost", que podría comercializarse en sacos para contribuir a mejorar la productividad del suelo y favorecer el régimen hídrico, al promover una mayor infiltración del agua.

6) Crear una franja de amortiguamiento de 50 mts. a ambas márgenes del río con las siguientes consideraciones:

a) Prohibir la instalación de nuevas viviendas dentro de esta franja.

b) Reubicar aquellas chozas junto al río a una distancia fuera de la zona de amortiguamiento, dotándolas además con sistemas de letrinas, y ubicando adecuadamente las instalaciones para chancheras y gallineros, para evitar que los posibles efluentes de estos desechos lleguen directamente al río.

c) Crear en estas franjas de amortiguamiento un sistema de plantaciones forestales que incluya árboles frutales, maderables y de propósito múltiple para leña y forraje que sirva para mejorar el nivel de ingreso de los pobladores rurales así como para ofrecer productos renovables para la ciudad de Tegucigalpa. Algunas de estas zonas podrían convertirse en parques recreacionales de fácil acceso para los pobladores de una capital con altos niveles de hacinamiento.

7) Se debe evaluar el tipo de agroquímicos que usan los campesinos que utilizan miniriego cerca de las márgenes del río, así como sus prácticas de aplicación y lavado. Esta evaluación servirá de base para montar un programa de educación ambiental a los campesinos acerca de cómo manipular, aplicar y desechar estos productos así como legislar para impedir la comercialización y aplicación de aquellos productos descartados en los países avanzados, o de alto riesgo para la salud pública.

8) Fomentar un programa de letrización a nivel rural, especialmente en todas aquellas áreas donde el impacto de contaminación directa o indirecta sea más alta, como en las cercanías de las corrientes de agua.

9) Controlar la ubicación de nuevas industrias cuyos desechos puedan generar problemas de contaminación severa y exigir los mecanismos de corrección apropiados. El plan de manejo para la cuenca debe contemplar un subsistema de desarrollo industrial que regule las industrias actuales y futuras.

10) Identificar las áreas críticas por sobreuso en la parte alta superior de la cuenca, especialmente en lo que parecen ser invasiones a través y a lo largo de la línea divisoria, provenientes de cuencas vecinas. Es fundamental consolidar áreas de reservas forestales de protec-

ción hidrológica en aquellas subcuencas en donde, sus pendientes, limitaciones de suelos y restricciones técnicas de acceso, impiden cualquier uso comercial, inclusive el forestal.

Otras subcuencas y áreas con restricciones menos severas pueden dedicarse a prácticas con manejo forestal sostenido o a usos agroforestales cuando las condiciones lo permitan.

11) En la parte superior de la cuenca existen algunos tipos de suelo y condiciones de pendiente que favorecen un uso intensivo con buen potencial agrícola especialmente, en horticultura. Por su ubicación la mayor parte de estas áreas requerirán de diversos tipos de prácticas de conservación de suelos y de una muy buena supervisión para impedir que los agricultores invadan otras áreas marginales o bien se dediquen a la extracción de leña y madera con fines comerciales, en sitios inapropiados. Así mismo, se han detectado algunas áreas en subuso en la parte superior que merecen ser evaluadas a fin de detectar si conviene desarrollarlas, en especial por el posible impacto de las vías de acceso.

12) El Plan de Manejo para Guacerique debe ser elaborado por un equipo de especialistas de reconocida capacidad en su campo, conocedores de la región, que tengan una visión integradora de la problemática global, con experiencia práctica y una percepción realista de las prioridades, oportunidades y restricciones de la sociedad hondureña.

13) Dada la urgencia e importancia de ciertas acciones es fundamental desarrollar algunos planes operativos de impacto en la cuenca del río Guacerique que puedan conducir a proyectos de financiamiento específicos tales como:

- a) Zonificación urbana e industrial en las áreas de influencia a los proyectos de agua potable actuales y previstos en la cuenca.**
- b) Zonificación de áreas de uso crítico como las ubicadas dentro de la zona restringida actual, y aquellas vinculadas a los focos de contaminación identificados en la parte baja de las márgenes del río Guacerique. (Ver figura 4).**
- c) Por el posible impacto socioeconómico y ambiental deben estudiarse los planes de reubicación de población en la zona inundable por el Proyecto Guacerique II y tomar las precauciones necesarias en las áreas de influencia más críticas al embalse.**
- d) Delimitación de zonas de protección hidrológica en la parte superior de la cuenca.**
- e) Delimitación de zonas de rehabilitación en áreas degradadas que requieran tratamiento urgente.**
- f) Delimitación de un par de áreas piloto para implementar un proyecto de desarrollo rural integrado, incluyendo las posibilidades de un mejor uso o habilitación de las zonas de vocación hortícola; construcción de obras de conservación de suelos; prácticas agroforestales; aplicación de miniriego controlado donde sea factible y recomendable. Como parte de este proyecto se sugiere implementar un programa de extensión rural para mejorar los servicios básicos de la población. Esta acción debe ir ligada a un componente de educación ambiental práctico y de beneficio inmediato.**
- g) Establecimiento de un programa de Educación Ambiental móvil que llegue a todos los sectores de población prioritarios para que las acciones correctivas sugeridas sean comprendidas y apoyadas por los grupos directamente involucrados o impactados.**

C) *El Manejo del Parque Nacional La Tigra.*

Lamentablemente, el tiempo efectivo de campo en el Parque fue muy limitado, sin embargo, de las visitas a un par de obras para tomas de agua potable, del sobrevuelo en helicóptero y de la discusión sobre la problemática del parque con un guardaparques, se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

1) Es indispensable elaborar un plan de manejo para La Tigra (incluyendo una zona de amortiguamiento por delimitarse), que resalte la importancia de todos los recursos que el Parque alberga, como el agua, los recursos escénicos, y su riqueza ecológica. El Plan debe considerar la habilitación de esta área a la comunidad hondureña mediante un acceso fácil y controlado, que permita el paso de vehículos de todo tipo a través del Parque. Este acceso debe ir ligado a un programa de educación ambiental de amplio alcance digno de los beneficios que el Parque aporta y a su vez vinculado a un programa de vigilancia y control apropiado.

2) Dados los beneficios económicos demostrados, el SANAA, el Gobierno de la República y los organismos financieros y conservacionistas internacionales deben hacer causa común y asignar partidas para lograr un presupuesto holgado que permita hacer de La Tigra y sus alrededores inmediatos, un símbolo de orgullo nacional y un bastión para la educación ambiental en Honduras.

3) Es necesario que El Parque sea accesible para todo vehículo todo el año y que ofrezca las instalaciones físicas necesarias para una utilización intensiva pero controlada. Se recomienda la construcción de una carretera pavimentada, con los mejores diseños ambientales para así fortalecer el turismo de paso por la ciudad capital, promoviendo además, la educación ambiental y la motivación del público para protegerlo. También se hace necesaria la construcción de estacionamientos, mesas para almuerzo campestre, servicios de recolección de basura, instalaciones adecuadas para los guardaparques y para los programas de divulgación ambiental.

4) Debe iniciarse o reforzarse un programa de educación ambiental agresivo donde se destaque el papel del Parque Nacional La Tigra como un ejemplo de compatibilización de la *Conservación con el Desarrollo*. Para esto se sugiere una campaña sostenida a través de los medios de comunicación colectiva y centros educativos, aun antes de que las instalaciones y el acceso al Parque permita un mayor aprovechamiento. Igualmente debe estimularse el diseño de videos, sonovisos y panfletos divulgativos simples pero llamativos sobre la importancia del Parque, destacando el papel que juega en el abastecimiento de agua potable. En este sentido, la Asociación Hondureña de Ecología, el CATIE, y las universidades pueden ser de gran utilidad.

5) Dadas las relativamente pocas atracciones turísticas de Tegucigalpa y alrededores, debe darse una mayor divulgación y facilidades de transporte para el turismo científico y recreativo, tanto internacional como nacional, incluyendo empresarios y profesionales que puedan apreciarlo y contribuir económica y moralmente a su protección y desarrollo. El mantenimiento de senderos y la habilitación de más senderos escénicos y de interés científico debe ser parte del fomento de este turismo educativo.

6) Debe promoverse la actividad científica en el Parque para lograr un mejor conocimiento del número, tipo y estado de las especies de flora y fauna, especialmente de aquellas en vías de extinción.

7) Muy poco de lo anterior puede hacerse o aportar beneficios sin un programa de control y vigilancia adecuado. Con los pocos guardas y sus condiciones de vida (alojamiento, salario, estímulos, etc.) no se puede proteger un parque con fronteras tan vulnerables y sometido a una presión poco común debido a la cercanía de la Capital y su rápido crecimiento urbano. Esta situación contrasta con los miles de guardias protegiendo Tegucigalpa. Se recomienda solicitar al gobierno central o al Ministerio de Seguridad la asignación de el número de plazas para guardaparques, que previo estudio, se considere adecuado. Estos guardaparques deberán ser muy bien seleccionados y posteriormente entrenados. Obviamente, antes de proceder a llenar estas plazas deberán adecuarse las instalaciones, conseguir fondos operativos y definirse los planes de trabajo para este nuevo personal.

9) Se le debe prestar especial atención a un plan de acción para crear una zona de amortiguamiento que permita a los habitantes de las zonas aledañas al Parque Nacional valorarlo y defenderlo en vez de constituirse en su más peligrosa e inmediata amenaza.

10) La búsqueda de fondos es, desde luego, una prioridad siempre presente y, paralelo a la búsqueda de fondos externos, debe de estimularse la contribución de la comunidad nacional.

BIBLIOGRAFIA

1. ABARCA, F. Aspectos hidrológicos sobre la región de cabeceras. Información presentada en el Primer Seminario Taller sobre Abastecimiento de Agua para Tegucigalpa. Tegucigalpa, Honduras, 28-30 abril, 1986.
2. BLAIR, M. A. Propuesta para manejo y conservación de cuencas. Asociación Hondureña de Ecología. Primer Seminario sobre Abastecimiento de Agua para Tegucigalpa. Tegucigalpa, Honduras, 28-30 abril, 1986. 19 p. + 2 anexos.
3. BRENES, L. G. Interpretación morfoodinámica preliminar del área de subcuencas del río Choluteca, región metropolitana de Honduras. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1986. 43 p.
4. CAMPANELLA, P., *et al.* Honduras. Perfil ambiental del país. Un estudio de campo. AID/JRB Associates. McLean, Virginia, U.S.A. 1982. 201 p.
5. ECKHOLM, E. P. *Losing ground*. W.W. Norton and Company, Inc. New York, U.S.A. 1976.
6. HERNANDEZ, H. Plan preliminar de ordenación y manejo de la subcuenca del río Guacerique. Tegucigalpa, Proyecto de Manejo de Recursos Naturales. 1983.
7. HONDURAS. Ministerio de Recursos Naturales. Proyecto de Manejo de Recursos Naturales. Plan de manejo de las cuencas de los ríos Choluteca y Sampile/Guasaule. Tegucigalpa, 1984.
8. KOMIVES, R., LUCKE, O, y PEREZ, R. Agua potable para Tegucigalpa: Estudio de uso de la tierra. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1986. 43 p.
9. LARIOS, E. N. Exposición presentada en el Primer Seminario Taller sobre Abastecimiento de Agua para Tegucigalpa. Tegucigalpa, Honduras. 28-30, abril, 1986.
10. PEREZ, J. R. Plan de trabajo tentativo para la ordenación y manejo de la cuenca "Los Laureles". COHDEFOR, Tegucigalpa, 1981. 18 p.
11. QUESADA, C. A. Effect of reservoir sedimentation and streamflow modification on firm power generation. Ph. D. Dissertation, Colorado State University. U.S.A. 1979. 302 p.
12. QUESADA, C. A. El Seguro Nacional de Conservación: Una necesidad impostergable. Primer Congreso Ambiental de Costa Rica. Universidad de Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1985. 12 p.
13. REICHE, C. E. Abastecimiento y mercado de la leña en América Central: Estudio de casos, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1985. 26 p.

14. RODRIGUEZ, M. J. Diseño hidráulico del sistema primario y periférico del agua potable para Tegucigalpa, D. C. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa, Honduras. 1986.
14. SANAA. Informe final de diseño. Plan de emergencia "Proyecto Los Laureles". Servicio Autónomo de Acueductos y Alcantarillados, Banco Centroamericano de Integración Económica. Tegucigalpa, Honduras. 1975. 155 p. + mapas.
16. SANAA. Proyecto "Plan Maestro para Tegucigalpa, D. C." Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados. XVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental EXPO-AIDIS. Panamá, agosto 1982. 59 p. + anexos.
17. SEGOVIA, J. L., HEARNE, P., y LEWANDOWSKI, A. El programa de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Guacerique. Tegucigalpa, SANAA/PRMN. Honduras, 1985. 76 p.
18. U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. Honduras: Natural Resources Management Project. Second Evaluation Report. AID Project 522-0168. Tegucigalpa, Honduras. 1986. 44 p.

ASPECTOS SOCIO - ECONOMICOS DE LA CIUDAD DE TEGUCIGALPA

*Miguel Angel Chavarría **

CONTENIDO

I. INTRODUCCION	47
II. ASPECTOS POBLACIONALES	47
III. ASPECTOS DE INGRESOS	47
IV. ASPECTOS DE EDUCACION	48
V. ASPECTOS DE SALUD	48
VI. ASPECTOS DE VIVIENDA	49
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49

I. INTRODUCCION

La institución que represento, ha hecho grandes esfuerzos en contribuir a la solución del problema a través de actividades múltiples dirigidas por varias dependencias entre las que se cuentan la Dirección General de Recursos Renovables, la Dirección General de Recursos Hídricos, el Proyecto de Manejo de Recursos Naturales en la cuenca del Río Choluteca, la Dirección de Planificación Sectorial, etc. En esta tarea hemos compartido responsabilidades con otras instituciones nacionales como CONSUPLANE, SANAA, INA, UNAH, etc., así como con otras de carácter internacional como AID, CEE, BID, etc. Desgraciadamente el problema es de tal magnitud que no hemos podido solucionarlo y es por eso que se nos presenta este gran reto.

El problema, se ha originado en una degradación sistemática del medio ambiente; degradación que tiene multiplicidad de causas y en la que tienen culpa las pasadas y presentes generaciones. Ante tal situación, todas las instituciones públicas y privadas de la ciudad capital deberían en forma coordinada, canalizar esfuerzos para darle solución.

Debo dejar constancia de las grandes dificultades con las que he tropezado, derivadas fundamentalmente de la escasa información existente, a lo que hay que agregar la gran disparidad en los datos. Esta modesta contribución se basa especialmente del documento del Plan Maestro del SANAA y del Plan Manejo de Cuencas de los Ríos Choluteca y Sampile/Guasaule.

II ASPECTOS POBLACIONALES

Tegucigalpa es la ciudad con mayor población en Honduras, abarcando el 35.1o/o de la población urbana del país. Según estimaciones la población de nuestra capital para 1985 ascendía a 519.927 habitantes, calculándose que para el año 2,0000 alcanzará 1;136.000 habitantes.

La tasa de crecimiento de esta población es de 7.7o/o, lo que indica un crecimiento muy acelerado. En gran medida este crecimiento obedece a las inmigraciones procedentes de las áreas rurales y se producen por numerosas causas, tales como; aspiraciones educativas, carencia de fuentes de trabajo, problemas en la tenencia de la tierra; problemas de salud, vivienda y otros servicios y/o por otras expectativas que les despierta esta ciudad. Es obvio que la gran mayoría de estos inmigrantes se ubican en áreas marginales, pasando a engrosar los cinturones de miseria. Se estima que estas zonas marginales absorben aproximadamente a la tercera parte de la población capitalina.

Como se puede inferir, la demanda de diferentes servicios es enorme y la capacidad de generarlos insuficiente.

En cuanto al empleo, se estima que anualmente deberían crearse por lo menos 17,000 nuevos puestos de trabajo, lo que es imposible; en gran medida por la estructura productiva de la capital. Existe, además, una gran carga sobre la población económicamente activa, puesto que un elevado porcentaje de la población de Tegucigalpa es muy joven.

III ASPECTOS DE INGRESOS

La distribución del ingreso familiar anual para Tegucigalpa en el bienio 1979 - 1980 a precios corrientes, fue el siguiente:

Estratos		Familias	
		En miles	o/o
Bajo	L. 3,500 anuales	10.4	15.3
Medio	L. 3,500- L. 12,000 anuales	37.7	55.4
Alto	L. 12,000 anuales	19.9	29.3
		68.0	100.0

Los ingresos percibidos por el estrato bajo y aún por el estrato medio son insuficientes para cubrir todas sus necesidades, si se toma en cuenta el alto costo de la vida.

En cuanto al tamaño de las familias, hay variación en los datos. La encuesta de hogares 1977/78, de la Dirección General de Estadística y Censos, estableció para Tegucigalpa, un promedio de 5.9 personas por vivienda; el Programa de Cooperación Técnica (PADCO) estimó en 1977 un promedio de 6.6 personas para los barrios marginales. Lo cierto es que en los hogares humildes se vive en hacinamiento.

IV. ASPECTOS DE EDUCACION

Aún cuando los servicios educativos en Tegucigalpa son mayores que en el resto del país, subsiste un porcentaje considerable de analfabetos (15.7o/o).

Es de advertir que el Estado hace grandes esfuerzos por superar esta situación a través de instituciones de educación formal y no formal. Del total de niños comprendidos entre las edades de 6 y 12 años, Tegucigalpa tiene capacidad para atender el 85o/o. También tiene capacidad para atender gran parte de la demanda de educación media y superior.

Es necesario señalar que además del analfabetismo existen otros grandes problemas: deserción escolar, insuficiente cobertura, inadecuada infraestructura, escasez de bibliotecas, falta de personal especializado, etc., por lo que si se considerara hacer un análisis desde un punto de vista cualitativo, el panorama se presentaría bastante sombrío. Es evidente que ningún proyecto encaminado a mejorar las condiciones socio-económicas tendrá éxito con una población ignorante o mal educada.

V. ASPECTOS DE SALUD

Los principales hospitales públicos y privados del país se encuentran en Tegucigalpa. Entre los hospitales públicos cabe mencionar al Hospital Escuela, el Materno Infantil, el Instituto del Tórax, el San Felipe y el Instituto Hondureño de Seguridad Social. Los primeros cuatro atienden a pacientes de todo el país, por lo que son incompetentes para brindar servicio a gran cantidad de pobladores de Tegucigalpa. El último se limita a prestar atención médica a trabajadores afiliados que proceden de las instituciones públicas y privadas; de tal manera que no atiende a los desocupados. El servicio de los hospitales privados es muy caro y no están al alcance de los pobres.

En comparación con el resto del país, los habitantes de Tegucigalpa reciben mayor atención médica, lo que no significa que esté solucionado el problema.

Al igual que en el resto del país, la situación de la salud para grandes masas poblacionales del país, se caracteriza por el predominio de enfermedades transmisibles, baja cobertura de asistencia, desnutrición*, (* Los niveles de desnutrición en Honduras para niños menores de 5 años es de 75o/o aproximadamente). insalubridad, y otros factores que hacen estragos especialmente en la niñez. Como consecuencia la mortalidad es elevada (En Honduras, la mortalidad general en 1978 era de 11.8 y la mortalidad infantil de 98.5 por cada 1,000 habitantes). Las estadísticas revelan que el 40o/o de la morbilidad hospitalaria era causada por enfermedades transmisibles relacionadas con la falta de saneamiento ambiental. Como corolario tenemos que: En estas condiciones, la población difícilmente se convierte en un agente de cambio.

VI. ASPECTOS DE VIVIENDA

Se estimó que en 1980 existían en Tegucigalpa 68,082 viviendas. Ya para 1974 existía un déficit de 15.000 viviendas. Se estima que el 60o/o de las viviendas existentes no reúnen las condiciones mínimas aceptables puesto que carecen de los servicios indispensables.

Según el censo de vivienda de 1974, el 83.1o/o de las familias reportó disponer de agua potable; sin embargo, la mitad de esas familias se abastecían de fuentes fuera de sus viviendas. En cuanto a servicios de alcantarillado el 61o/o no disponía de servicios sanitarios conectados a red de alcantarillado; el 28o/o de las viviendas tenían piso de tierra, el 41o/o vivía en hacinamiento y el 21o/o no disponía de energía eléctrica.

Al déficit de vivienda acumulado de años anteriores, se suma el déficit de nuevas viviendas para satisfacer las necesidades derivadas del enorme crecimiento poblacional y por el deterioro de las ya existentes.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa ha sido objeto de atención de varias instituciones públicas, pero el esfuerzo se ha diluído en gran medida por la escasa coordinación de acciones.
- La planificación de acciones tendientes a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa, no ha sido lo suficientemente real ya que se cuenta con información incompleta y poco confiable.
- El crecimiento poblacional ha sido de tal magnitud que ha sobrepasado los límites de previsión por parte de las instituciones encargadas de suministrar los servicios básicos.
- Las perspectivas de las grandes masas poblacionales de solucionar sus problemas básicos en las condiciones socio-económicas actuales, son poco probables.
- El proyecto de abastecimiento de agua a Tegucigalpa aún cuando deviene grandes sacrificios económicos para la población, no será oneroso si se califica por los múltiples beneficios que recibirá la población.
- Las instituciones involucradas deberán trabajar de manera integrada a fin de no duplicar esfuerzos. Esto contribuirá al aprovechamiento adecuado de los recursos técnicos y financieros.
- Las instituciones involucradas deberán crear sus propios bancos de información referentes al tema en cuestión.

- **En los programas de educación primaria, media y superior, deberá incluirse la cátedra de medio ambiente.**
- **En todo nuevo proyecto que tenga que ver con el desarrollo de Tegucigalpa y comunidades circunvecinas deberá incluirse el componente de medio ambiente.**
- **Realizar campañas sistemáticas (utilizando los medios de comunicación masiva) para concientizar a la población sobre aspectos relacionados con el manejo, mejoramiento y conservación del medio ambiente.**

ASPECTOS HIDROLOGICOS DE LAS CUENCAS QUE ABASTECEN DE AGUA A TEGUCIGALPA

*Francisco Abarca**

** Ingeniero, M.Sc. Catastro Nacional, Honduras*

CONTENIDO

I. INTRODUCCION	55
II. SUBCUENCA DEL RIO GUACERIQUE	55
III. SUBCUENCA DEL RIO GRANDE O SAN JOSE	56
IV. SUBCUENCA DEL RIO SABACUANTE	57
V. SUBCUENCA DEL RIO TATUMBLA	58
VI. SUBCUENCA DEL RIO CHIQUITO	59

REGION DE LA HOYA DE TEGUCIGALPA

I. INTRODUCCION.

La región de las cabeceras tiene todas las características de una cuenca cerrada con un sólo punto de salida de las aguas drenadas el cual está entre los cerros Berrinche y Picacho, en Tegucigalpa.

Las cordilleras que limitan a la cuenca y que son parteaguas son:

Al norte, la montaña de la Tigra, de la cual el Picacho es un ramal; al este la Montañita. Estas dos montañas forman parte de la cordillera de San Juan. Al sur la montaña de Azacualpa y al oeste y suroeste la Sierra de Lepaterique.

Varias son las sub-cuencas que forman a la región que nos ocupa: la del río Guacerique, la del Grande de San José, la del río Sabacuante, la del río Tatumbla y la del río Chiquito.

Con propósitos de evaluación hidrológica, las mencionada sub-cuencas se han limitado hasta los puntos en donde existen o han existido estaciones hidrométricas así, las áreas correspondientes resultan ser las siguientes:

1.) Río Guacerique	—	186 km ² ' Hasta la est. del Batallón.
2.) Grande San José	—	220 km ² ' Hasta la est. Calabazas.
3.) Sabacuante	—	80 km ² ' Hasta el Aguacate
4.) Tatumbla	—	61 km ² ' Hasta el Incienso
5.) Chiquito	—	58 km ² ' Hasta la Col. 21 Oct.
6.) Otras	—	12 km ² ' En diversos puntos
Total		617 km ²

Por su disposición las sub-cuencas rodean a la capital de la república, Tegucigalpa, Chiquito y Tatumbla, al este: Sabacuante y Grande al sur: Grande y Guacerique al oeste.

II.SUB-CUENCA DEL RIO GUACERIQUE

Esta pequeña cuenca tiene una forma más bien rectangular, su altura media es de 1420 m y su extensión hasta la antigua estación hidrométrica de El Batallón (long 87°15.6' lat. 14°04') es de 186 km².

Su aspecto fisiográfico es típico: un valle formando el río en su parte central y las montañas que lo rodean en la periferia y que son parte de la cordillera de Lepaterique; al norte y al oeste está la montaña de Azacualpa, al sur está la montaña de Upare y al este la región de Tegucigalpa también al sur tiene como vecina a la sub-cuenca del río Grande y al norte a la sub-cuenca del río Hombre.

Los principales ríos que forman el río Guacerique son: El Gualalao, muy hermoso y con varias caídas o cascadas, entre ellas las llamadas San Matías; El Quiscamote y el de Mateo.

COBERTURA VEGETAL

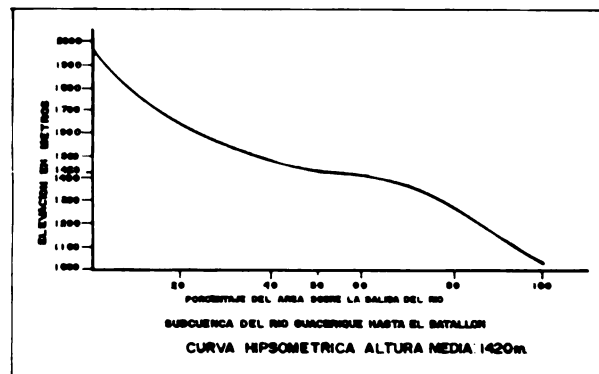
Vista en general, esta área tiene una buena cubierta vegetal especialmente en las partes altas; las especies dominantes son las coníferas y los robles, este aspecto hace que siempre haya escurrimiento superficial aún en la época de estiaje, debido a ello desde hace muchos años se le tiene como una fuente de abastecimiento de agua para Tegucigalpa.

GEOLOGIA

Pertenece al grupo geológico Padre Miguel (Tv), del territorio formado por ignimbritas, tobas, asociadas con rocas riolíticas y andesíticas.

2.3 RESUMEN DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

Area:	186 km ²
Perímetro:	60 km ²
Longitud de cuenca:	20.5 km
Ancho medio	9.05 km
Índice de Pendiente:	1.23
Índice de Pendientes:	0.206
Elevación media:	1420 m.s.n.m
Pendiente media:	3.4 o/o
Factor de forma:	0.441



III. SUB-CUENCA DEL RIO GRANDE O SAN JOSE

Esta cuenca tiene una forma alargada con rumbo noroeste-sureste con una vuelta hacia el norte en la zona de la Laguna (long 87°13.25' lat. 13°59.75') próxima al poblado de Yaguasire tiene un área de 220 km², y su altura media es de 1490 m.

Es una cuenca de montañas y sus únicas zonas planas son algunas veces a las orillas de los ríos, hacia el sur existen algunas mesetas de escasa extensión. Al norte limita con la cuenca del río Ulúa con la montaña de Upare como parteaguas; al sur con la cuenca del río Nacaome con la sierra de Lepaterique como límite: al este con la cuenca del río Sabacuate con una pequeña cadena de cerros que va de sur a norte.

Su altura máxima, que es parte de su límite con el río Ulúa, en la montaña de Yerba Buena, 2243 m de altura. Esta sub-cuenca cuenta con dos estaciones hidrométricas, una ya cancelada, Calabazas y la otra Concepción (long 87°15.8' lat. 13°59.5') de ambas se tienen registros de más cinco años de caudales y sedimentos en suspensión.

Los principales ríos que forman el río Grande de San José, además del mismo, el río San Sebastián, el Ojojona, fuera de una serie de quebradas de corto curso de intermitentes.

Los principales ríos que forman el río Grande de San José, además del mismo, el río San Sebastián, el Ojojona, fuera de una serie de quebradas de corto curso de intermitentes.

COBERTURA VEGETAL

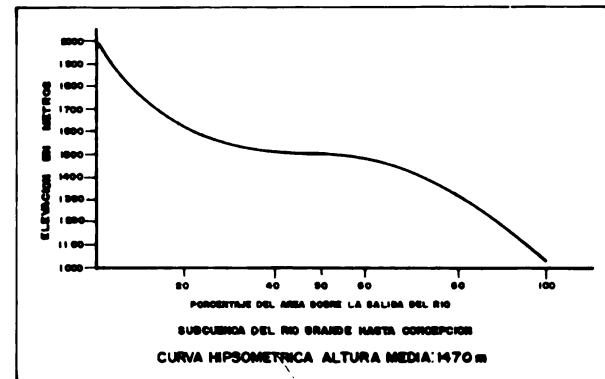
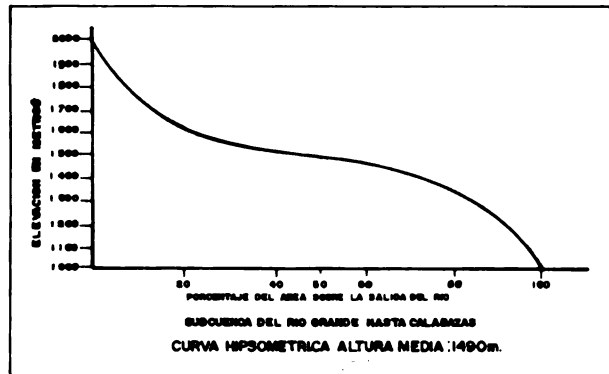
Vista globalmente, la cobertura vegetal de bosque de esta región es reducida; la tala controlada y los frecuentes y periodicos incendios han reducido el área boscosa. En las partes altas de las cabeceras del río Grande se observan algunos bosques pero que comparadas con el total de la extensión representan un bajo porcentaje.

GEOLOGIA

Esta sub-cuenca es principalmente del tipo volcánico del grupo Padre Miguel (tu); aunque también se encuentran depósitos de coladas y conos volcánicos de basalto y andesita (qv), Ojojona, Santa Ana y Cerro de Hula.

RESUMEN DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

Area	220 km ²
Perímetro	93 km
Longitud desde la cuenca	30 km
Ancho medio	7.32 km
Indice de compacidad	1.75
Indice de pendiente	0.202
Elevación media	1490 m
Pendiente media	2.79
Factor de forma	0.244



IV. SUBCUENCA DEL RIO SABACUANTE.

La cuenca del río Sabacuante, está situada directamente al sur, de Tegucigalpa. El río drena las aguas que se captan entre el Cerro de Hula y la meseta de Azacuapa (montaña de Isopo). Su área es de 80.3 km².

Como todas las sub-cuencas de la región, es montañosa y apenas tiene una zona plana en las cercanías a los suburbios de Tegucigalpa; comparte con la sub-cuenca del río Tatumbla a la meseta de Azacualpa.

Al este limita con la ya mencionada zona del río Tatumbla, al sur con la sub-cuenca del río Texíguat sirviendo de límite la montaña del Isopo; al oeste tiene la sub-cuenca del río Grande de San José y al norte a la región de Tegucigalpa. Su punto de mayor elevación está en la meseta de Azacualpa, 1988 m. Fuera del cauce principal, río Sabacuante, las principales corrientes fluviales son las quebradas del Inglés, Santa Elena y Milpa Grande.

Los caudales del río son medidos, en la estación hidrométrica El Aguacate que es propiedad del SANAA; hay registros por un período de 12 años continuos así como registros de sedimentos en suspensión.

CUBIERTA VEGETAL

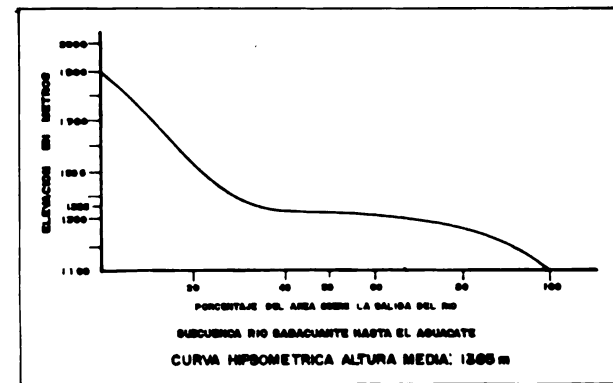
Bosques de coníferas son los que se encuentran en las zonas altas del sur de la cuenca, aunque disminuídos en su extensión y densidad, al oeste de la cuenca existen robledales; al centro y al este hay matorrales y bosques mixtos en combinación con áreas poblados con terrenos dedicados al cultivo de granos. En la parte de la meseta se cultivan papas en lo que antes fuera un bosque muy húmedo.

GEOLOGIA

Se encuentra esta cuenca sobre terrenos de ignimbritas, tobas, (formación Padre Miguel, Tv) y sobre coladas de andesita y basalto con conos volcánicos, Qv. La heterogeneidad de estas formaciones, refiriéndose a la distribución de las mismas en la sub-cuenca, hace bastante difícil una descripción de la geología por lo que remitimos al mapa preparado al efecto basándonos en la información proporcionada por la Sección de Suelos.

RESUMEN DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

Area	80.3 km ²
Perímetro	43. km
Longitud de la cuenca	12.5 km
Ancho medio	6.4 km
Índice de compacidad	1.34 km
Índice de pendiente	0.207
Elevación media	1365 m
Pendiente media	4.96 o/o
Factor de forma	0.514



V. SUB-CUENCA DEL RIO TATUMBLA

Esta región, al este-sureste de Tegucigalpa, tiene una extensión de 61.4 km² y su forma es más bien rectangular siendo más ancha que larga.

Siempre con propósitos de evaluación hidrológica se le ha limitado hasta la estación hidrométrica El Incienso long. 87°08.13' lat. 14°01'.

Tiene dos zonas bien diferenciadas que corresponden a las áreas que drenan los dos corrientes principales: el río Tatumbla propiamente dicho que drena de la parte este y norte de la sub-cuenca y el río Carrenares, que previene del sur, de la meseta de Azacualpa.

Es una región montañosa aunque hay algunas áreas de escasa extensión: Tatumbla, Linaca y la Meseta de Azacualpa de unos 1750 m de altura media. La altura máxima de la cuenca está en su límite con la sub-cuenca del Río Yeguaré el Cerro Uyuca de 2009 m.

Las principales corrientes que drenan esta sub-cuenca son: el Río Tatumbla, Carranares, la Quebrada de Munuare, otras corrientes se secan y sólo durante el invierno escurren.

CUBIERTA VEGETAL

Los bosques originales han sido muy depredados inclusive los bosques de hoja ancha de las partes altas ya están casi eliminados.

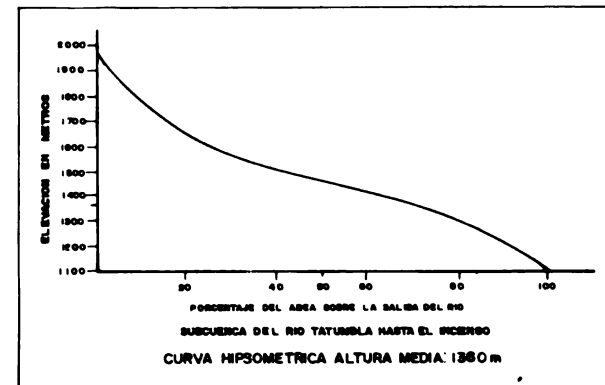
En Tatumbla hay algunos bosques de coníferas pero no son de alto porcentaje en relación al total de la región.

GEOLOGIA

Tiene cuatro tipos de clasificaciones geológicas; al norte las tierras rojas características del grupo de Valle de Angeles, (Ktva), el centro del grupo Padre Miguel de las tobas e ignimbritas (Tv), en el medio de este grupo hay un depósito de aluviones entre los poblados de Tatumbla y Cofradía y Linaca (Qal), al sur están las coladas y conos volcánicos de basalto y andesita (Qv).

RESUMEN DE CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS

Area	61.4 km ²
Perímetro	33.0 km
Longitud de la cuenca	7.0 km
Ancho medio	8.8 km
Indice de compacidad	1.18
Indice de pendiente	0.217
Elevación media	1360 m
Pendiente media	3.26 o/o
Factor de forma	1.25



VI. SUB-CUENCA DEL RIO CHIQUITO

Esta cuenca se caracteriza por sus altas sierras de fuertes pendientes y a que las aguas del río la mayor parte del año fluyen rojizas debido al alto contenido de sedimento en suspensión. Tiene una extensión, considerada hasta la colonia 21 de octubre, de 58 km². El aspecto fisiográfico del drenaje es sencillo una corriente principal recoge a las aguas que bajan de las montañas. No tiene prácticamente ningún valle pues la que pudiesen existir son pequeñas vegas de río con superficies no mayores de una hectárea.

La parte alta del norte de la cuenca queda comprendida dentro del Parque Nacional La Tigra y las corrientes que en ella nacen son utilizadas para el abastecimiento de agua a la ciudad capital.

Carece de estación hidrométrica que mide los caudales en la corriente principal.

Las principales corrientes de esta región son las quebradas:
Las Trojas, San Juan, Dulce, Las Cañas y Mololoa.

COBERTURA VEGETAL

En general, la cobertura vegetal de esta región se podría calificar de regular. Salvo la parte por la que cruza la carretera que lleva a Santa Lucía, en la que existe un grado de erosión muy alto, el resto del suelo está cubierto con bosques de coníferas, formando una zona de transición de bosque mixto a alturas entre 1500 y 1700 m y bosques de hoja ancha a partir de esa elevación.

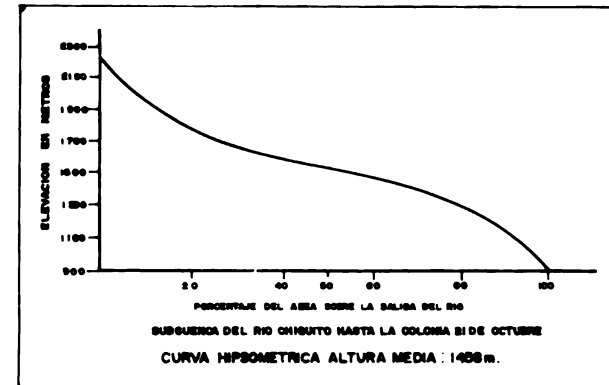
GEOLOGIA

La cuenca está dividida en dos distintos grupos: La formación Jutiapa Tv, con ignimbritas, tobas, localizada en la mitad norte de la cuenca, y la formación Valle de Angeles, KTva, con la típica tierra rojiza de lutitas.

En la zona entre la colonia 21 de octubre, La Sosa, y la Travesía se encuentra un pequeño depósito aluvial, Qal.

CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

Area	58.0 km ²
Perímetro	36.0 km
Longitud de la cuenca	11.7 km
Ancho medio	4.96 km
Indice de compacidad	1,32
Indice de pendiente	0.286
Elevación media	1458 m
Pendiente media	8o/o
Factor de forma	0.424



INTERPRETACION MORFODINAMICA PRELIMINAR DEL AREA
DE SUBCUENCAS DEL RIO CHOLUTECA, REGION
METROPOLITANA DE HONDURAS

*Luis Guillermo Brenes**
Consultor

* *Geomorfólogo, Esc. de Geografía, Universidad de Costa Rica.*

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	65
II.	EL APORTE DE LA GEOMORFOLOGIA EN EL MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS	65
III.	LA ORGANIZACION DEL TRABAJO	65
IV.	REVISION DE LA BIBLIOGRAFIA	67
V.	GEODINAMICA INTERNA DEL AREA DE SUBCUENCA DEL RIO CHOLUTECA	67
5.1	EXPLICACION DE LA SECCION GEOLOGICA DEL SECTOR DE TEGUCIGALPA	70
VI.	LA GEODINAMICA EXTERNA	73
VII.	COMPORTAMIENTO MORFODINAMICO E HIDROLOGICO DE LAS DISTINTAS FORMACIONES SUPERFICIALES	75
VIII.	EL MAPA DE MORFODINAMICA ACTUAL DEL RIO GUACERIQUE	83
IX.	CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES	83
X.	BIBLIOGRAFIA	88

I. INTRODUCCION

Se concentra en esta investigación un análisis de la morfodinámica interna y externa del área de subcuencas del Río Choluteca que abastecen de agua a la ciudad de Tegucigalpa, Honduras.

El trabajo se fundamenta en las condiciones y propiedades hidrogeomorfológicas de cada unidad de litología superficial, con fundamento en ello se determinan las limitaciones de uso y se dan recomendaciones para ser introducidas en un plan de manejo integral de cuencas hidrográficas.

El artículo contiene tablas, imágenes fotográficas y un mapa sobre la morfodinámica actual del Río Guacerique, cuya cuenca se ubica al occidente de la Ciudad de Tegucigalpa, y cuyo contenido se explica en y al final del texto.

II. EL APORTE DE LA GEOMORFOLOGIA EN EL MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

La introducción del análisis geomorfológico en el Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas obedece a un cambio de la actitud científica ante el estudio del medio natural y mediante el cual se examinan las características, funcionalidad y limitaciones del medio natural desde una perspectiva definitivamente ecológica.

El carácter global que se asocia a esta metodología de análisis integrado se apoya en la Teoría de Sistemas y el Análisis Estructuralista (J. Tricart y J. Kilian, 1982) su aplicación permite resaltar el comportamiento de los flujos de energía y materia dentro de los sistemas naturales. De este modo para los investigadores que se apoyan en los postulados de esa metodología clima, geología, relieve, vegetación e hidrología no constituyen elementos o factores aislados sino que en su comportamiento interdependiente e interrelacionados se integran como subsistemas del sistema unitario y funcional que es el medio natural. En el caso que nos ocupa este adquiere la representación de regiones naturales como son las Cuencas Hidrográficas.

Para el caso presente el estudio de flujos se refiere a una doble condición del agua, su cantidad y su calidad para el consumo. El agua que fluye dentro y hacia afuera de una cuenca se convierte, por decirlo así, en el elemento diagnóstico de la misma. Sus características, régimen hídrico y de caudales, carga disuelta o en suspensión, arrastre por el fondo etc. reflejan con mayor propiedad que otros parámetros "las patologías" del sistema.

La intención de todo diagnóstico, a nivel de un programa de ordenamiento, es la de corregir con mecanismos de control, el comportamiento desajustado del sistema natural. En el caso que nos preocupa, es el de mejorar las condiciones básicas del flujo hídrico, calidad y cantidad, garantizando un uso prolongado y eficiente de los recursos contenidos en las cuencas sometidas a control.

En lo que se refiere a Tegucigalpa, la necesidad es perentoria ya que el crecimiento vegetativo e inducido por la inmigración afecta los índices de demanda, mientras la producción de agua tiende a desmejorarse por errores, involuntarios, en el manejo de los recursos.

El cuadro 1 presenta un enfoque estadístico estimado de la demanda actual y futura del agua para la región.

**CUADRO 1 DEMANDA PROMEDIO DE AGUA POTABLE SATISFECHA EN LITROS
POR PERSONA Y DIA POR CATEGORIAS**

CATEGORIA	AÑOS			
	1980	1990	2000	2010
DOMESTICO	132	176	198	212
COMERCIAL	21	26	26	29
PEQUEÑA INDUSTRIA	5	6	6	5
GRAN INDUSTRIA	—	1	1	3
PUBLICO	11	14	14	18
TOTAL	169	223	245	267

El cuadro muestra la situación ideal donde toda la población está conectada a la red de distribución y no existen pérdidas en la misma. Esos datos no ocultan el hecho de que en la actualidad solo el 63o/o se encuentra satisfecha. (Lahmeyer International GMBH y CONASH, 1980).

III. LA ORGANIZACION DEL TRABAJO

Para estudiar ese problema desde nuestra propia perspectiva de análisis se ejecutó un programa de actividades durante treinta días que comprendió las siguientes fases:

- a) Entrevistas con autoridades científicas y técnicos responsables que se interesan en la solución del problema.
- b) Revisión de estudios relacionados con el manejo del agua ejecutados por autoridades estatales hondureños y consultores internacionales.
- c) Recopilación y utilización de material de apoyo para las tareas del prediagnóstico geomorfológico, (mapas básicos, temáticos y fotografías aéreas).
- d) Organización de un equipo de especialistas en campos afines tomando como base a funcionarios del Departamento de Recursos Naturales del Catastro Nacional y bajo la responsabilidad del Ing. Francisco Abarca, hidrólogo interesado en la índole de nuestro trabajo. Con ellos se elaboró un itinerario y calendario de visitas a las diferentes cuencas, concediendo alguna prioridad a la Cuenca del Río Guacerique, seleccionada como modelo para nuestras reflexiones en tomo a la morfodinámica actual.

Las mayores limitaciones en esta fase del trabajo fueron resultado de la escala demasiado pequeña de mapas y fotografías aéreas, 1:50.000 y 1:40.000 respectivamente, y la otra parte la fecha de toma y edición de los registros fotográficos, —1956 y 1977— que limitan la observación de procesos de detalle y las incidencias que puedan haber tendido sobre los aspectos naturales de la cuenca la presión ejercida por los ciudadanos hondureños en procura de tierras para cultivo, madera para leña y terrenos para residencias.

- e) Con las notas y muestreo de campo sobre procesos de alteración y rasgos de la morfogenesis, litología y formaciones superficiales realizamos un primer levantamiento geomorfológico de la Cuenca del Río Guacerique (que se anexa a este estudio) y tomamos nota de los aspectos más relevantes para las otras áreas involucradas en el programa de agua potable cuya responsabilidad compete al Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

IV. REVISION DE LA BIBLIOGRAFIA

Los documentos revisados se hacen constar en la bibliografía de este informe, y sobre los más relevantes se hace un corto resumen considerando los requerimientos de nuestra investigación. En términos generales y salvando de la crítica el trabajo de Horbaczwski (1983) sobre suelos, sorprende la ausencia de información sobre geología y geomorfología del área.

Los otros estudios que se revisaron son a no dudarlo valiosísimos informes técnicos sobre aspectos muy específicos, pero que integran poco los factores que en ellos se describen. Los responsables de las tareas de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas tienen en ellos una rica fuente de información, pero que hasta ahora carece de una metodología conducente al desarrollo de un plan integrado de manejos de cuencas. Plan en el cual sean considerados además de los factores naturales y socioeconómicos de los ocupantes de esos espacios, que están muy distantes de ser espacios vacíos, los aspectos financieros y jurídicos que una política de tipo global de este tipo exige.

El Centro de Cómputo del Catastro Nacional es una fuente subutilizada en su enorme capacidad como base de datos y de transferencia de información. Las tareas del ordenamiento cuentan desde ya con un apoyo técnico de primer orden en el campo de la informática.

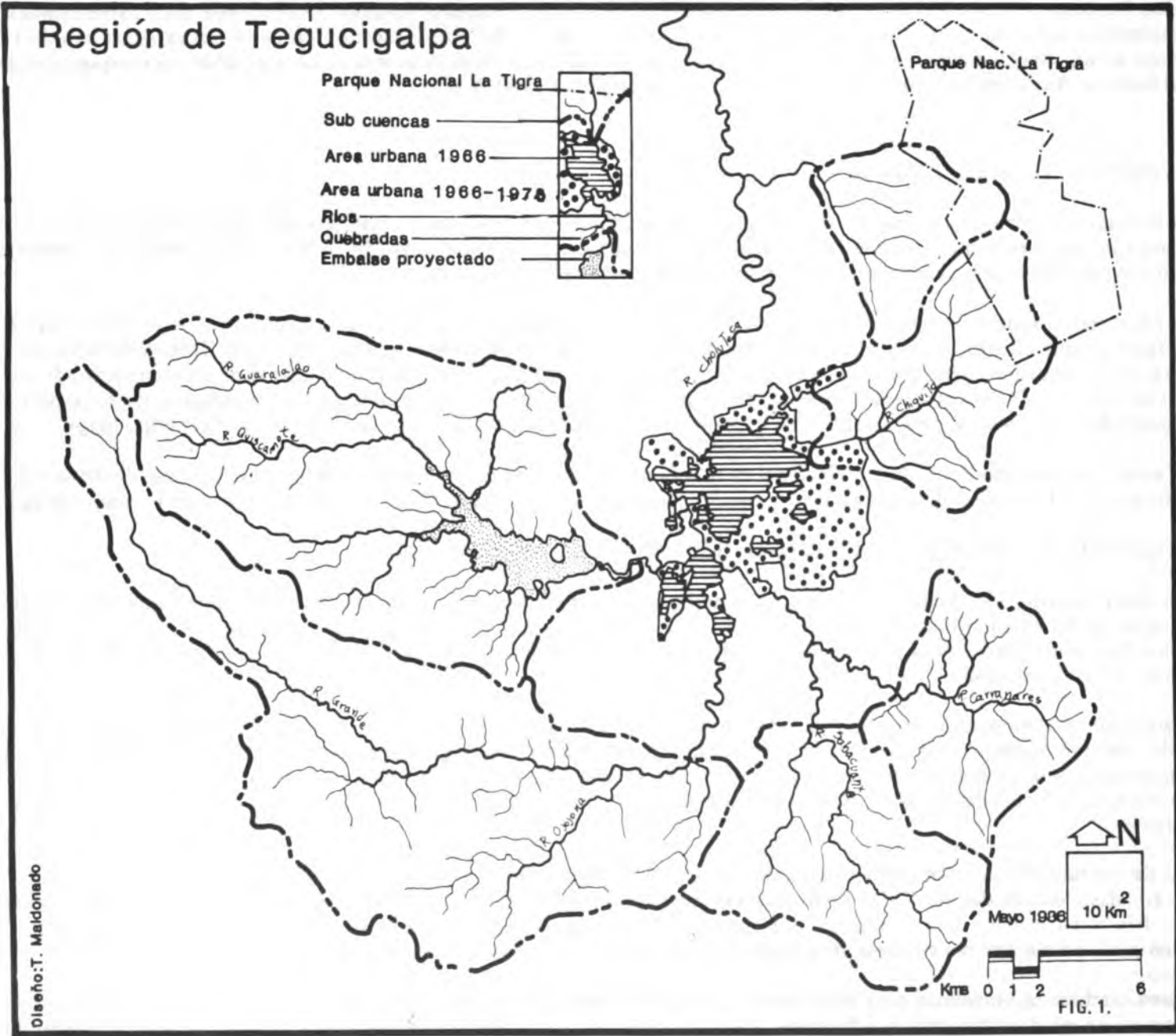
V. GEODINAMICA INTERNA DEL AREA DE SUBCUENCAS DEL RIO CHOLUTECA

Bajo ese concepto, Geodinámica Interna, nos referiremos a aquellos relieves y característica del mismo que tienen relación directa con la manifestación en superficie de las fuerzas internas de la tierra, y que dan origen a los relieves iniciales, es decir a los que se relacionan con los fenómenos orogénicos, volcánicos y a las transformaciones que por su causa sufren los materiales fundamentales como son el plegamiento, y la fracturación.

La zona que nos interesa incluye las cabeceras de los ríos: Guacerique, Grande, Chiquito, Tatumbla, Sabacuante y el Parque Nacional la Tigra de gran importancia en la producción de agua potable de buena calidad para el abastecimiento de Tegucigalpa. (ver fig. 1) Por su ubicación geográfica la geología de los relieves se asocia a la Cordillera del Sur, cuyo basamento está constituido por rocas metamórficas del Paleozoico, sedimentos dispersos del mesozoico y del Terciario, lo mismo que productos volcánicos de ese mismo período y del Cuaternario Holoceno.

Uno de los rasgos más característicos en esa porción del territorio Hondureño es la presencia de cordilleras y mesetas de ignimbritas muy erosionadas y escarpadas. El afallamiento subsecuente de esos materiales y el hecho de estar estratificadas alternando facies de deposición en frío y en caliente han conducido eficientemente una erosión generalizada de esos relieves facilitando la incisión de los valles fluviales en profundas gargantas y cauces aterrizados (ver mapa 1 adjunto de la Cuenca del Río Guacerique).

El área también se encuentra muy influenciada por un vulcanismo Finiterciario y Cuaternario Holocénico muy restricto en extensión que construyó un relieve estructural que ha salvado de la erosión a las mesetas ignimbríticas sobre las que descansa concordantemente.



Cuadro 2.

**COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA RESUMIDA
REGION CABECERAS DEL RIO CHOLUTECA**

CUATERNARIO

Qol Aluvión Cuaternario y Reciente

TERCIARIO

TQob Coladas de andesita, basalto e ignimbrita

Tjt Coladas de riolita, tobas riolíticas masivas y estratificadas, sedimentos. Formación Juliapa

Tgt Coladas y tobas dacíticas

KTva Capas rojas, lutitas, limonitas, areniscas, conglomerado de cuarzo. Formación Valle de Angeles

Kp Arenisca de grano grueso y medio gris, alternando con con capas de areniscas de grano fino, limonita y lutita, lentes de conglomerado. Formación Planclitas

CRETACICO

Ked Coladas de dacita tobaica

Kct Tobas y brechas andesíticas. Formación Colonia

Kec Calizas, limonitas, areniscas y lutitas calcáreas Formación Atimo y Centarranas

JURASICO

Ju Limonita micácea café rojiza y arenisca arcillosa de grano fino.

TRIASICO

Tep Lutita y limonita alternando con arenisca arcillosa de color gris oscuro Formación EL Plan

ROCAS INTRUSIVAS DE EDAD INDEFINIDA

Teg Granodiarita Formación Escobales

Trd Uacita Formación Rancho Quemado

Taa Andesita porfirítica Formación Aguacatal

Tra Andesita de hipersteno Formación Reforma

Este vulcanismo se halla asociado a la génesis de la Depresión de Honduras cuyo dinamismo de fallas y grabens permitió el ascenso de un magma básico cuya composición química concuerda con la existencia de zonas de tensión en la corteza terrestre. (para mayor información léase Weyl, 1984). La columna litoestratigráfica adjunta muestra la relación entre los diferentes materiales que se encuentran en el espacio estudiado. (Cuadro 2).

5.1 EXPLICACION DE LA SECCION GEOLOGICA DEL SECTOR DE TEGUCIGALPA

La disposición, naturaleza y condiciones tectónicas, relación y orden de depósito quedan explicadas gráficamente en la fig. 2.

El basamento como se ha dicho está constituido por rocas metamórficas del Paleozoico, sobre ellas descansan discordantemente las rocas sedimentarias del Cretácico muy plegadas y afalladas durante la Revolución Larámica del Paleógeno (Terciario Inferior). Las rocas más antiguas son del Triásico y afloran en forma de pequeños compartimientos levantados y afallados en el área nororiental del Parque Nacional La Tigra (fig. 1) Montaña de San Juancito en donde alternan con materiales sedimentarios y volcánicos más recientes en la zona minera del Rosario. La alteración de esos materiales constituyen gruesas formaciones de vertientes, gruesas y muy permeables en donde los suelos no alcanzan un buen desarrollo debido a la topografía sumamente inclinada que caracteriza a esas estructuras rocosas. (Ver figura 6).

El Cretácico se ubica con mayor profusión en la zona oriental de Tegucigalpa, e incluye las vertientes meridionales del Río Chiquito, el Valle medio e inferior del Río Sabacuante y las Cuencas afluentes superiores del Río Tatumbla. La formación geológica se denomina Valle de Angeles y las rocas sedimentarias son de tonalidad rojiza o amarillenta. La paleogeografía las correlaciona con un ambiente de depositación continental y litoral lagunar. Comprende depósitos de conos de deyección, terrazas, depósitos lacustres y tiene facies de areniscas, conglomerados de cuarzo, lutitas, algunas evaporitas, principalmente yeso. También hay evidencia de que estas rocas han sido afectadas por la acción hidrotermal y neumatolítica (fig. 3).

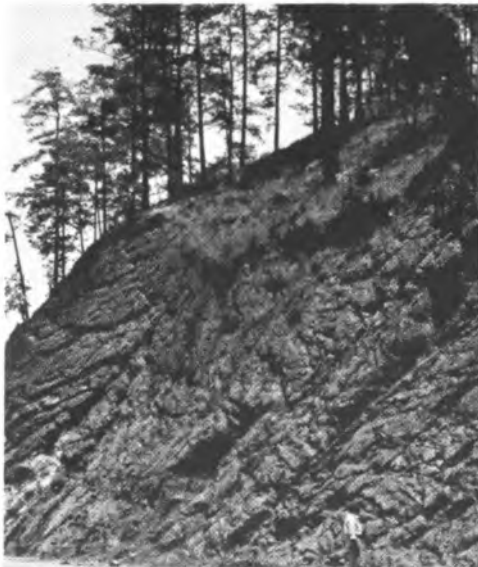
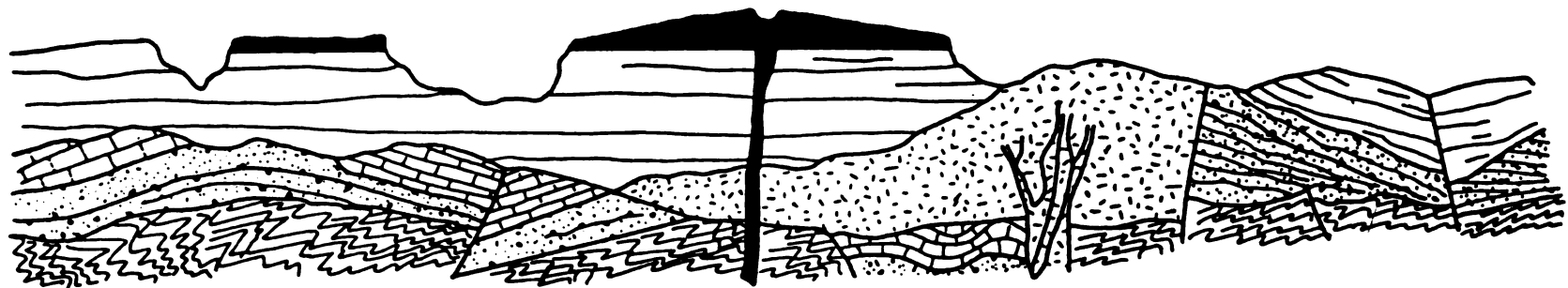




Fig. 3.- La Formación Valle de Angeles, tierras rojas del Cretácico presenta facies litológicas de areniscas (carretera a Santa Lucía), lutitas y conglomerados, muy plegadas y fracturadas. Sobre la roca se desarrollan formaciones superficiales poco espesas en donde subsiste precariamente el bosque de *Pinus oocarpa*.



 Andesitas y Basaltos Plio- Pleistocénicas
 Ignimbritas Riolíticas Miocénicas y Pliocénicas




 Andesitas Miocénicas (Formación Matagalpa)
 Rocas Sedimentarias Cretácicas
 Rocas Metamórficas Paleozoicas

Fig. Sección esquemática mostrando las relaciones de las series volcánicas del Terciario y el basamento subyacente en el área central de Honduras. (Ligeramente modificado de McBIRNEY y WEILL, 1966, Fig. 4).

Fuente: WEYL, R. 1980. Geology of Central America. 182 p.

Rediseñó: Rafael Arce M. — DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA: U.C.R.—.

FIG. 2 SECCION GEOLOGICA DEL SECTOR DE TEGUCIGALPA

Los relieves muy erosionados se presentan en conjuntos de lomas o cerros aislados, lagunas de aspecto cónico recubiertos de gravas del material disgregado, sumamente empinados, con el Cerro el Volcancito a unos pocos kilómetros al Oeste de Tegucigalpa. Estas formaciones están recubiertas de entisoles muy inestables. La alteración mecánica por disolución del cemento de óxidos de hierro sirve de soporte al bosque de pinos de escasa cobertura. Sobre esa formación es frecuente el pinus oocarpa, ágaves, y plantas espinosas de la familia de las acacias. Lo que habla por sí mismo de la poca retención de agua en superficie y de las enormes facilidades que dan esos materiales y su alteración a la infiltración del agua.

Las rocas rojas del cretácico están recubiertas por una discordancia angular que se relaciona con el depósito de las lavas e ignimbritas y tobas de la Formación Jutiapa del Mioceno. Las lavas se presentan como coladas dismanteladas o núcleos de antiguos aparatos volcánicos en torno a los cuales se acumulan por gravedad las acumulaciones de gravas y bloques de la ablación de esas estructuras volcánicas.

Pero el rasgo más peculiar de esa formación lo constituyen los grandes depósitos estratificados, basculados ocasionalmente, e intensamente fracturados de las tobas e ignimbritas, que se presentan como mesetas degradadas por la erosión diferencial, o bien como Cerros residuales que van quedando aislados de su contexto inicial. El mapa, por nosotros elaborado, sobre la Cuenca del Río Guacerique representa claramente esa situación de las mesetas degradadas. El caso de cerros aislados es muy frecuente, podríamos citar por ejemplo los siguientes: Mina Grande, Uyuca, El Picacho, El Molino, Las Mesas, etc. (fig. 4 y 5).



Fig. 4. Carretera a Santa Lucía. Margen izquierda del Río Chiquito entre las rocas rojas del cretácico y las ignimbritas de la Formación Jutiapa que las recubren en su parte superior un depósito de aluviones (pudinga) que corresponde a un paleosistema de drenaje.



Fig. 5. Tobas de la Formación-Jutiapa, en el Cerro Redondo. Límite Occidental de la cuenca del Río Guacerique, que muestran el carácter estratificado de las mismas y su fallamiento. Los que las hace muy susceptibles a la erosión.

Finalmente, sobre las ignimbritas de la Formación Jutiapa se localizan en algunas áreas, y sin que eso sea la norma, el producto del vulcanismo más reciente en forma de mesetas volcánicas, y conos volcánicos con depresiones cratéricas, que por descansar concordantemente sobre las ignimbritas pasan a veces desapercibidos en el paisaje. Ejemplos de ese vulcanismo se pueden observar en el Cerro del Pedregal al Oeste de Tegucigalpa (fig. 6) Cerro de andesitas y basaltos cuaternarios, y que ofrece a la vista tres depresiones cratéricas en buen estado de conservación ocupadas por las tierras de cultivo de la comunidad de Santa Ana. También se observa el vulcanismo en los cerros y mesetas que constituyen el área de alimentación de la cuenca superior del Río Carranares, afluente del Tatumbla. Por la presencia de cráteres aún visibles y el poco grado de alteración de las lavas creemos que ese vulcanismo ha estado activo hasta el Holoceno. Por lo que aquellos focos de emisión deberían denominarse volcanes y no cerros como aparecen en la toponimia oficial.



Fig. 6. Cerro el Pedregal, inmediatamente al este de Tegucigalpa, Volcán cuaternario-holoceno. La fotografía presenta el cráter que se observa en la porción central del cono. Las lomas aledañas están constituidas de lavas basalto-andesíticas, con profusión de vacuolas de desgasificación.

VI. LA GEODINAMICA EXTERNA:

Se analizarán aquí los principales aspectos del modelado del relieve que se explican en función de las condiciones o fuerzas externas de la naturaleza, cuyos procesos principales son el intemperismo o meteorización de los materiales, la ablación (desgaste del relieve) y el transporte de los materiales. La energía del sistema la aporta obviamente el sol a través de los elementos del clima, humedad y temperatura.

Los materiales rocosos reaccionan a esta doble influencia según su composición, disposición y accidentes tectónicos, generándose en presencia de la vegetación y de ésta a través del suelo distintos procesos y formas que constituyen lo que denominamos un sistema morfogenético particular a cada tipo de interrelación de los factores mencionados.

Los materiales que se forman se denominan sedimentos y su estructura y comportamiento cuando han sido afectados mecánica y químicamente son distintos a las rocas que les dieron origen.

Como la acción de un sistema morfogenético altera la condición de los relieves estructurales iniciales, las formas y depósitos generados reciben el nombre de relieves de tipo secuencial.

En el mapa de morfodinámica actual del Río Guacerique se expone con claridad esta clasificación de los fenómenos geomorfológicos y se incluye un buen número de ejemplos particulares. Como el relieve actual en la cuenca guarda apenas algunos relieves residuales, de las estructuras originales, se trata casi en su totalidad de un buen ejemplo de relieves secuenciales sobre materiales de origen volcánico evolucionados en las siguientes condiciones ambientales:

PRECIPITACION MEDIA
1095 mm

TEMPERATURA MEDIA
18.5oC

ETP MA
1450 mm

Aunque su origen no lo explica la geodinámica interna, tenemos que incluir aquí a los aluviones cuaternarios y recientes de los conos de deyección, glacia de piedemonte y terrazas fluviales que se encuentran en los cursos inferiores de los ríos principales. Como son el Chiquito, Guacerique, Tatumbra - Grande. El tema se menciona aquí porque dichos mantos transportados acusan anomalías en su depósito actual. En efecto, el diseño de las redes de drenaje frecuentemente sigue los alineamientos tectónicos, y lejos de pensar que la actividad de esas fallas no tiene relación con la actualidad, los desniveles actuales entre el lecho de crecida y los depósitos mencionados anuncia una prosecución de la incisión lineal, lo que guarda estrecha relación con una tectónica de alzamiento muy reciente, (fig. 7).



Fig. 7. Terraza de acumulación de aluviones Holocenos en el Río Mateo, afluente del Guacerique que muestra el desnivel de la terraza y el de la incisión actual, así como el material de arrastre de un régimen de carácter torrencial.

VII. COMPORTAMIENTO MORFODINAMICO E HIDROLOGICO DE LAS DISTINTAS FORMACIONES SUPERFICIALES:

El análisis sucinto e incompleto que se expone a continuación por medio de las fotografías, tiene como objetivo resumir para cada tipo de formación superficial los procesos, formas secuenciales y comportamiento del agua.



Fig. 8. Montaña de San Juancito, vertientes nororientales Parque Nacional La Tigra. Afloramientos rocosos en primer plano de rocas metamórficas muy densas. Al fondo sobre el lado izquierdo se observan terrazas de solifluxión asociadas a los pastos, y bajo una cubierta dispersa de pinos. El contraste con el Valle al Fondo acentúa el desnivel topográfico y explica el carácter de valles estacionales que tienen la mayoría de los cursos fluviales que se originan en esos flancos.

VARIACION DE LA TEMPERATURA CON LA ALTITUD:

17°C de temperatura media es en el extremo occidental a 1.850 m
22°C de temperatura media en la cuenca inferior a 1050 m.

VARIACION DE LA PRECIPITACION CON LA ALTITUD:

900 mm en el curso inferior a 1050 m
1.300 mm en las partes altas al suroeste de la cuenca, dirección de arribo de los vientos dominantes.

Las lluvias se concentran entre los meses de mayo hasta mediados de octubre con un descenso intermedio en julio y agosto (la canícula); los meses más lluviosos son junio y septiembre.

Las características bioambientales de la cuenca permiten la existencia de tres zonas de vida el Bosque húmedo premontano, Bosque húmedo Montano bajo y el Bosque húmedo montano con transición a subhúmedo. (Segovia, 1986).

La presión sobre el bosque es intensa y se explota con y sin autorización de la Corporación para el Desarrollo Forestal de Honduras (COHDEFOR) y generalmente con sistemas de explotación muy poco adecuados.

En esas circunstancias el desarrollo de los suelos es precario y solo existe un buen desarrollo de los mismos, en las partes altas occidentales en donde la disminución media de la temperatura facilita la condensación del aire húmedo. Esto ha proporcionado en el pasado los requerimientos para el desarrollo de una vegetación mixta de coníferas y robles (*Quercus peduncularis*) con la formación de suelos profundos sobre tobas muy oxidadas. Estos suelos tienen una gran presión de uso y las medidas de conservación puestas en práctica no garantizan aún su buen uso.

La pérdida paulatina o total del bosque como es el caso de los flancos de la montaña de Upare, en la Montaña de Azacualpa, acelera el flujo superficial de materiales cuya disposición tectónica, la Montaña de Upare, o la evolución de un modelado de disección, Montaña de Azacualpa aceleran la escorrentía superficial y contribuyen a que el sistema fluvial adquiera el carácter de torrencial. Cuando en presencia de vegetación las tobas pueden ser muy eficientes en la circulación subterránea de las aguas.



Fig. 9. El Piligüín. Cuenca Superior del Río Chiquito. Vertientes sometidas, bajo cultivo de pastos, a los movimientos lentos del suelo. Los lóbulos de solifluxión de la parte central de la fotografía se explican por la naturaleza arcillosa de las formaciones superficiales desarrolladas a partir de rocas lutíferas del Triásico. La presencia de arcillas en la matriz del suelo favorece la retención de agua en superficie, lo que termina estimulando los procesos de escorrentía superficial y licuado del suelo por falta de una vegetación más eficiente que utilice el exceso de agua superficial.



Fig. 10. Carretera a Santa Lucía al oriente de Tegucigalpa. Afloramiento de rocas sedimentarias del Cretácico, Formación de Valle de Angeles. El control estructural del relieve que hace concordar el buzamiento o echado estratigráfico con la dirección dominante de la pendiente topográfica trabajan unidos en favor de la inestabilidad de los materiales, el flujo superficial y rápido del agua. Lo que obviamente desfavorece la pedogénesis y la alimentación de los mantos acuíferos.

Fig. 11. Depósitos lacustres horizontales de sedimentación graduada. El material rocoso proviene del desgaste, transporte y acumulación de detritos de las Tierras Rojas del Cretácico. La heterometría de los sedimentos que comprende arenas, gravas y elementos mayores favorece la infiltración por encima de la retención superficial, en tales circunstancias una cobertura de pastos no es lo más recomendable si lo que se quiere es alimentar los acuíferos para regular caudales. El afloramiento se encuentra sobre la margen izquierda del Río Chiquito.

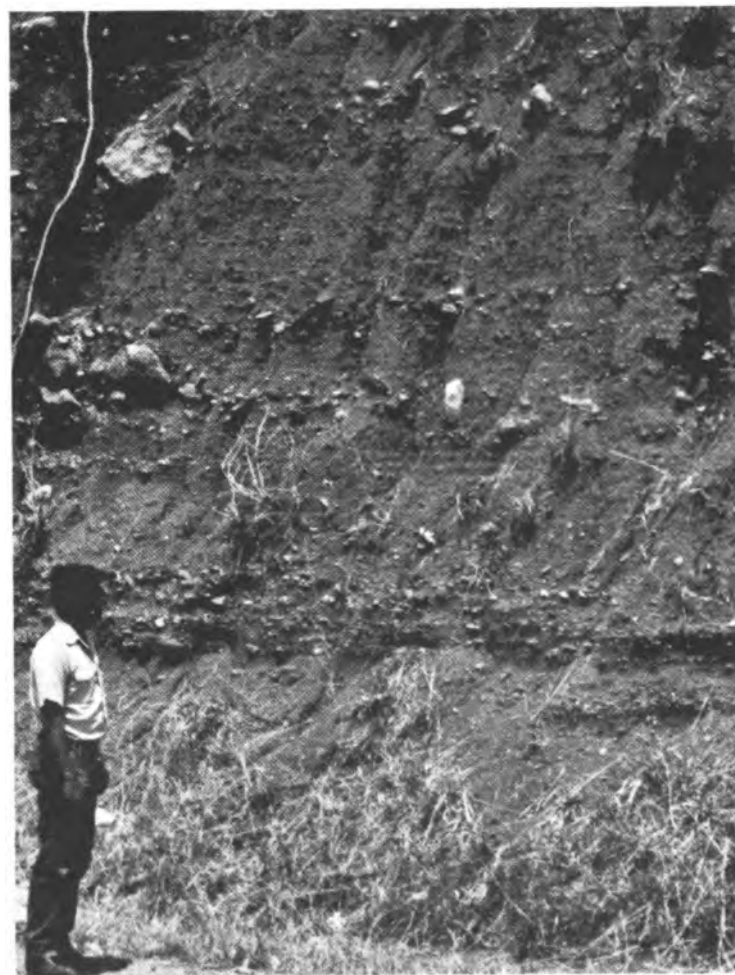




Fig. 12. Afloramiento de ignimbritas en la Cuenca del Río Chiquito, que muestra su diaclasamiento, aspecto importante en la infiltración del agua y un depósito de acuíferos colgado por la facilidad que tiene la circulación de las aguas en esos materiales.



Fig. 13. Ignimbrita riolítica, muy fragmentada. Las tobas soldadas se fragmentan mecánicamente por los esfuerzos tectónicos a que han sido sometidas, ese comportamiento favorece más la infiltración que el flujo superficial.

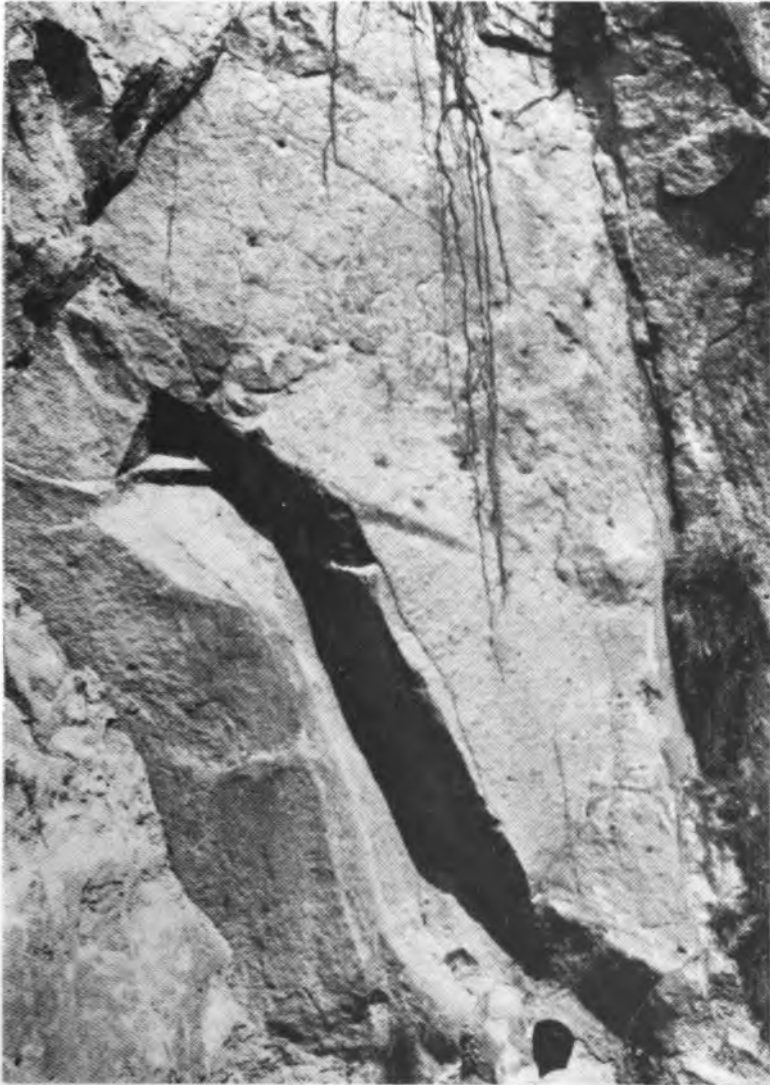


Fig. 14. Las tobas de la Formación Jutiapa, en los Planos carretera a Tegucigalpa, son muy porosos, por lo que la circulación del agua es grano a grano, pero las fracturas generalmente de orientación E-W aceleran la alimentación interna del agua subterránea por lo que únicamente las raíces profundas del pino pueden bombear el agua y mantenerse como cobertura permanente.



Fig. 15. En presencia del bosque el movimiento del suelo persiste, aunque de manera lenta. La fotografía en la Montaña de Azacualpa pone en evidencia el comportamiento del fuste para anclarse al suelo y evitar el desplazamiento en favor de la gravedad. Esta es una representación clara de la reptación del suelo. Sin embargo, como el proceso es lento el tronco retiene el suelo en la parte de contrapendiente, garantizando así la formación en equilibrio tenue de un suelo orgánico. Cuando la cobertura forestal sea destruída (fenómeno frecuente en esa región) el lavado en manto removerá el suelo y el efecto de esponja del matillo se perderá y con ello la alimentación del agua subterránea. Con ello se aumentan los índices de torrencialidad del sistema hidrológico local.



Fig. 16. Relieve secuencia (ablación de vertiente) por arroyada en manto. La imagen nos ilustra claramente los resultados de equivocarse el uso del suelo cuando los materiales de partida para la formación del suelo son muy friables como el caso de estas tobas que se encuentran en el camino a la Sosa partiendo del Cerro Mina Grande. Al fondo sobre una loma convexa el bosque de coníferas protege de la erosión excesiva al suelo que presenta una coloración parda por la acumulación de materia orgánica. En el plano central una concavidad basal demuestra el flujo de los sedimentos. La intensidad del desgaste le da la parcela de maíz al extremo derecho de la fotografía. Nótese como en la superficie desnuda sólo los ágaves y la vegetación espinosa de acacias son las únicas que colonizan los materiales residuales.

Fig. 17. La mayor humedad que se produce en el bosque nuboso por condensación adiabática del aire en el Parque Nacional La Tigra ha favorecido la sucesión vegetal hasta el grado de permitir el desarrollo de un bosque latifoliado muy eficiente en los aportes de materia orgánica y en la producción de ácidos húmicos solubles que han atacado de modo permanente los minerales de las tobas que allí se encuentran. El resultado es la formación de un horizonte de más de dos metros de material arcillo-limoso de carácter limonítico sobre el cual el suelo en pendiente se desliza lentamente. La foto muestra un alero de reptación. Con ese tipo de suelos los árboles generan sistemas radiculares subsuperficiales para captar el agua excedente por lo que puede decirse que la existencia de una tabla alta de agua es ficticia porque lo que predomina es un flujo de carácter hipodérmico, con nuestro criterio el responsable de la alimentación de los manantiales que conforman el sistema de represas del Parque Nacional La Tigra.

Razón suficiente para proteger el bosque allí existente y para evitar el paso de vehículos, animales domésticos y uso recreativo no controlado ya que el filtrado natural de esas aguas puede ser en algunos casos incompleto.

El establecimiento de normas de control puede garantizar la supervivencia de ese frágil dispositivo de producción de agua.





Fig. 18. En las áreas de cursos permanentes de agua, esta corresponde al Río Guiralalao, a la altura del caserío de San Matías, pero bien podría tratarse por su similitud del Río Sabacuante o del Tatumbla, la existencia de tobas muy porosas y diaclasadas en superficie, alternando en profundidad con ignimbritas de mejor consistencia y menos permeables favorece el desarrollo de manantiales. Las propiedades de infiltración que tienen estas rocas no deben ser suprimidas con la destrucción de la cobertura forestal. Esta es una área prioritaria de manejo.

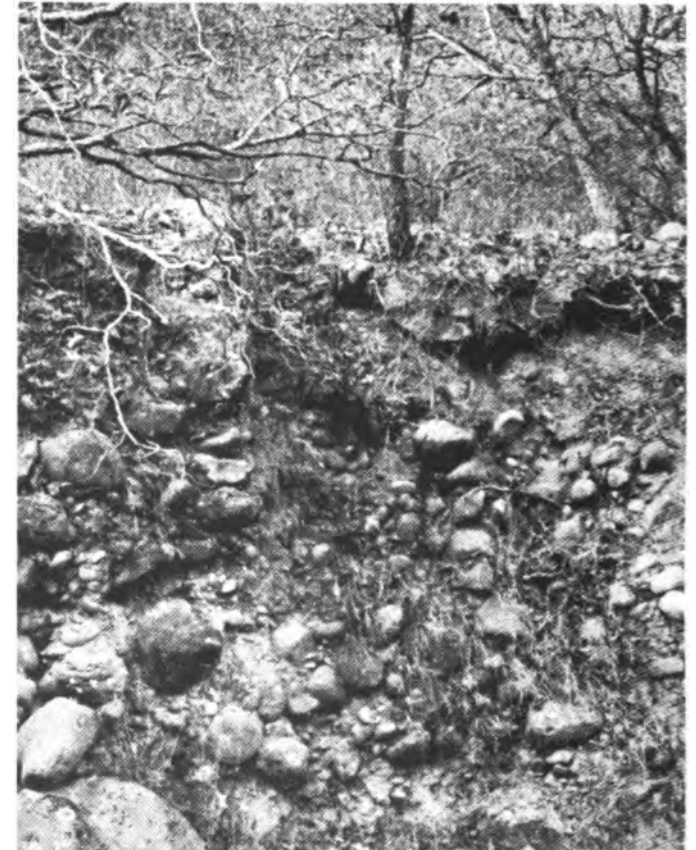


Fig. 19. Cerro El Pedregal. Formaciones superficiales con indicación de oxidación ferruginosa, debida a la mayor existencia de minerales ferromagnesianos en la composición de las rojas volcánicas básicas. La arcillificación de la roca ofrece suelos de mejor textura, aunque en pendiente estos suelos que soportan lavas desmanteladas propenden a deslizarse rápidamente conjuntamente con el material de sobrecarga. Es -explica parcialmente- la existencia de cornizas y corredores de derrubios en el límite superior del Cerro El Pedregal, Cuenca del Río Guacerique de donde procede esta imagen.



Fig. 20. El comportamiento de los materiales porosos de los conos de deyección caóticos (relacionados con un régimen hídrico de tipo torrencial, Cuenca del Río Guacerique) actúa en favor de la infiltración. Sin embargo por encontrarse estos depósitos en los cursos inferiores, muy lejos de las áreas de producción de aguas, sus aportes no son muy interesantes. Por el contrario el trabajo de zapa que realizan las aguas en contra de la base de estos depósitos tiende a removerlos y a ocasionar un segundo transporte de los mismos, desgraciadamente hacia las obras de retención. Por la razón anterior, esos depósitos lo mismo que los de terrazas aluviales deben consolidarse en sus puntos de fricción para evitar los problemas de colmataje rápido de las áreas de embalse.

Fig. 21. Río Guacerique. En las terrazas aluviales el comportamiento del agua en el suelo depende de la fineza de la matriz. Si esta contiene en buena proporción gravas y arenas el flujo vertical se realizará sin problemas ya sea hacia abajo por gravedad o hacia arriba por capilaridad. Si la matriz es arcillosa, tal y como sucede en los depósitos lacustres del Llano, la sobresaturación superficial es lo más frecuente y las terrazas se convierten en áreas de inundación pluvial, debiéndose canalizar para bajar la tabla de agua.



VIII. EL MAPA DE MORFODINAMICA ACTUAL DEL RIO GUACERIQUE

Desde el punto de vista litológico la Cuenca del Río Guacerique presenta cuatro áreas de modelado:

a) **Meseta volcánica con pequeños conos piroclásticos**

A esta formación se asocian la existencia en el talud de una corniza con corredores de evacuación de detritos. En los flancos se desarrollan depósitos de conos de talud (Procesos asistidos por gravedad) Glacis de acumulación basal en la parte cóncava del flanco en su sector inferior, y algunos conos de deyección que se ahogan en los depósitos de terrazas aluviales del Río Guacerique.

b) **Mesetas de ignimbritas degradadas**

Se ubican hacia el Centro y la divisoria norte de aguas. Se trata de la evolución por erosión de las cornizas del antiguo relieve tabular de tobas. El otro agente del modelado es la incisión fluvial que a lo largo de fracturas en el material original excava en gargantas y cañones profundos la roca (cascadas de San Matías), y socava los flancos del valle, por lo que en esta unidad son muy habituales los taludes de erosión, los alineamientos posibles de falla, los deslizamientos actuales y recientes.

c) **Relieves de disección sobre material tobáceo muy friable**

Ubicamos esta forma de modelado en correspondencia a la montaña de Azacualpa en donde la profusión de pequeñas incisiones ha desfigurado en la cartografía básica y en las fotografías aéreas la antigua disposición básica y en las fotografías aéreas la antigua disposición tabular del relieve, dando un patrón de curvas de nivel no usual y que se explica únicamente a la coexistencia de un clima más húmedo con materiales de poca cohesión. La incisión fluvial, el lavado por arroyada, la reptación y la solifluxión.

d) **Relieves de disección facilitados por el comportamiento estructural del relieve.**

Aquí mencionamos el caso especial de la montaña de Upare cuyo modelado lo facilita un cierto basculamiento de las estructuras rocosas en favor del declive topográfico, lo que ha provocado la erosión intensa de grandes áreas. Debido al tipo de modelado se detalla aquí la existencia de escamas de erosión en la contrapendiente de las tobas estratificadas, indicaciones del basculamiento o inclinación monoclinial de los estratos; taludes de erosión, deslizamientos etc.

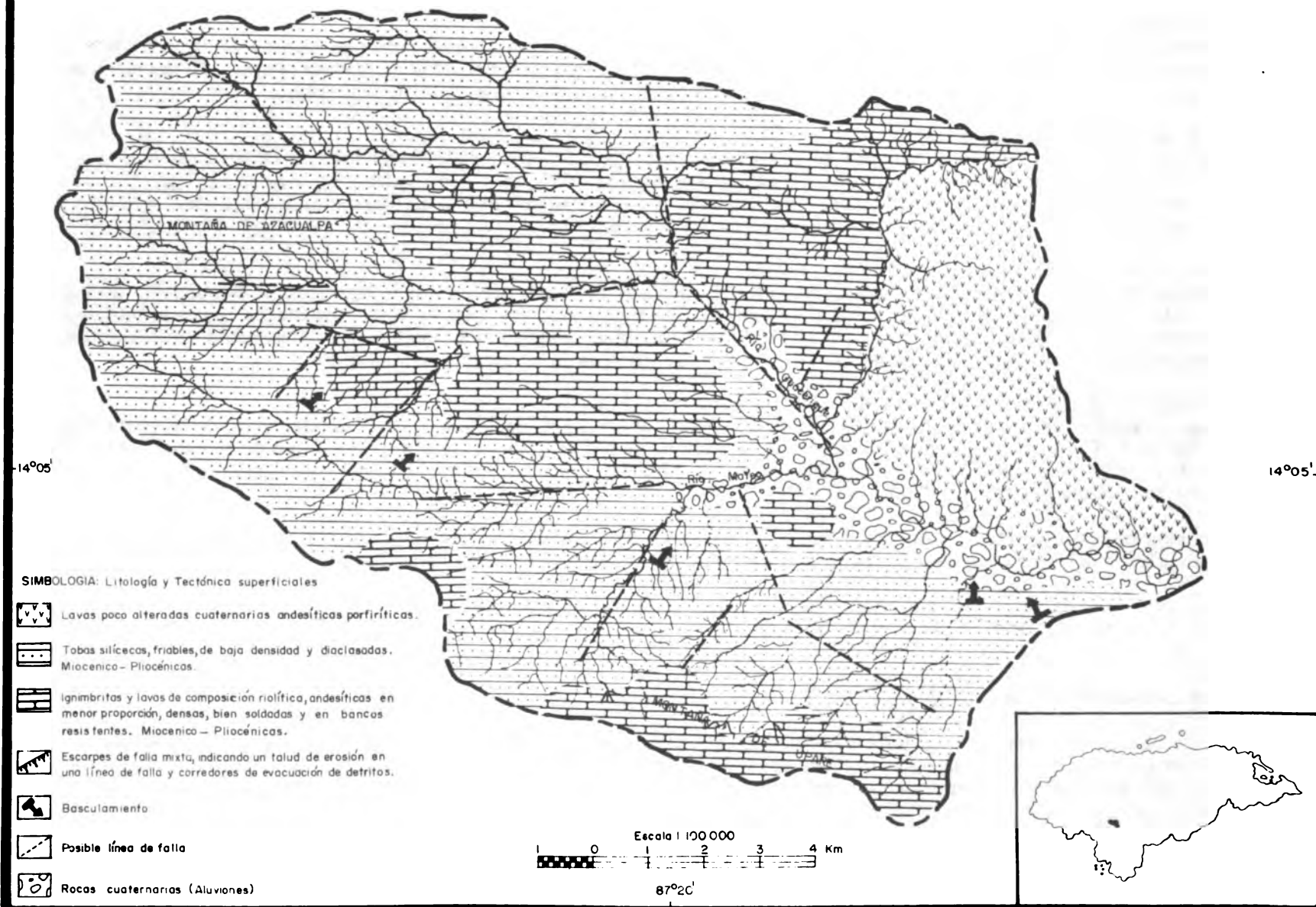
La evacuación de los productos de esta intensa degradación del relieve demostrada por la innumerable presencia de cerros testigos, la recibe el curso inferior del Río Guacerique en forma de materiales aluvionales que se acumulan en las terrazas y conos de deyección.

El carácter torrencial del régimen hídrico garantiza la evacuación rápida de los sedimentos. La única manera de controlar ese transporte es modificando el comportamiento del régimen de caudales.

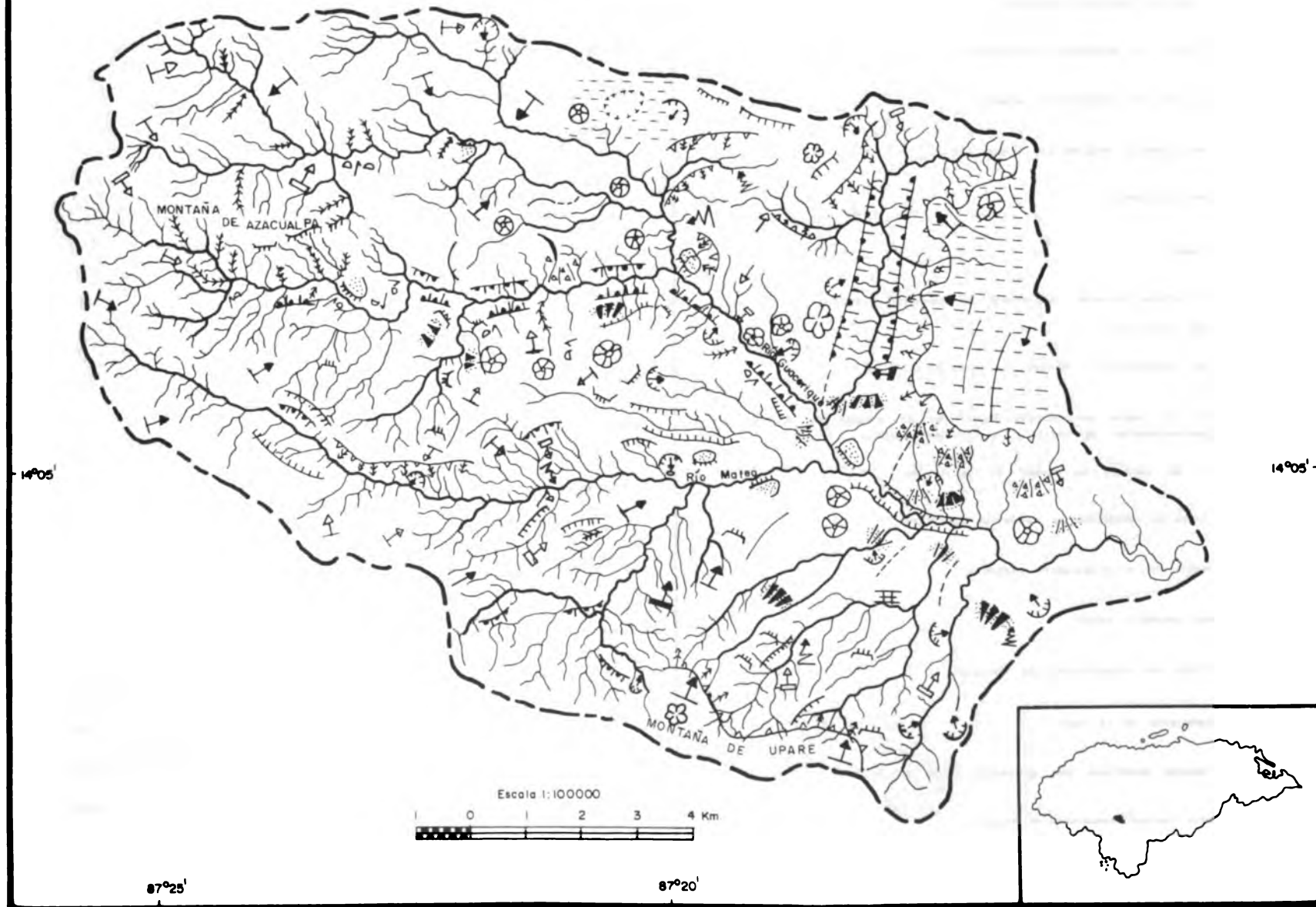
CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

- 1.- De la interpretación contenida en el informe se deduce que toda el área tiene limitaciones de uso. Esas limitaciones están definidas por: el poco espesor de las formaciones superficiales y de los entisoles que se desarrollan sobre ellas; la escasa cubierta forestal; la naturaleza físico-química de las formaciones superficiales, e igualmente esas propiedades en el material parental.
- 2.- El área de subcuencas ha sido afectada hasta niveles críticos de recuperación, por eso desde el punto de vista de sus limitaciones se le clasifica como una área inestable en su casi totalidad.
3. Las cuencas superiores deben ser intervenidas inmediatamente para detener la explotación forestal e introducir prácticas de conservación de suelos y control de la erosión y la sedimentación. Atención especial deben recibir los suelos profundos que se han desarrolla-

CUENCA DEL RIO GUACERIQUE: ESTRUCTURA








CUENCA DEL RIO GUACERIQUE: GEODINAMICA













SIMBOLOGIA

Geomorfología interna: Relieves estructurales

-  Superficie de aplastamiento degradada.
-  Superficie de aplastamiento volcánico.
-  Cráter volcánico ocupado por laguna actual.
-  Cono piroclástico.
-  Escarpa.





Geomorfología externa: Relieves secundarios del manto del subsuelo

Relieves de disolución




-  Área disectada en dolina con incisión múltiple.
-  Área de erosión generalizada. Superficies de erosión por arroyada, desprendimientos de tierra y colifusión peculiar.
-  Pía de vasa y terrazas de colifusión.
-  Lobullos de colifusión y reptación del suelo.
-  Cistritz de desaluzamiento reciente.
-  Desaluzamiento actual.
-  Cerniza con acurrido de derrubios.
-  Zapamiento de la roca.
-  Procesos estelidos por gravedad: caída de bloques.
-  Cerro testigo: remanente de erosión.

-  Tabal de erosión.

Relieves de acumulación

-  Glacie coluvial.
-  Terrazas fluviales.
-  Glacie por derrame.
-  Cubetas de decantación recientes, actualizadamente colmatadas.

Topografía

-  Vertientes cóncavas.
-  Vertientes convexas.
- 

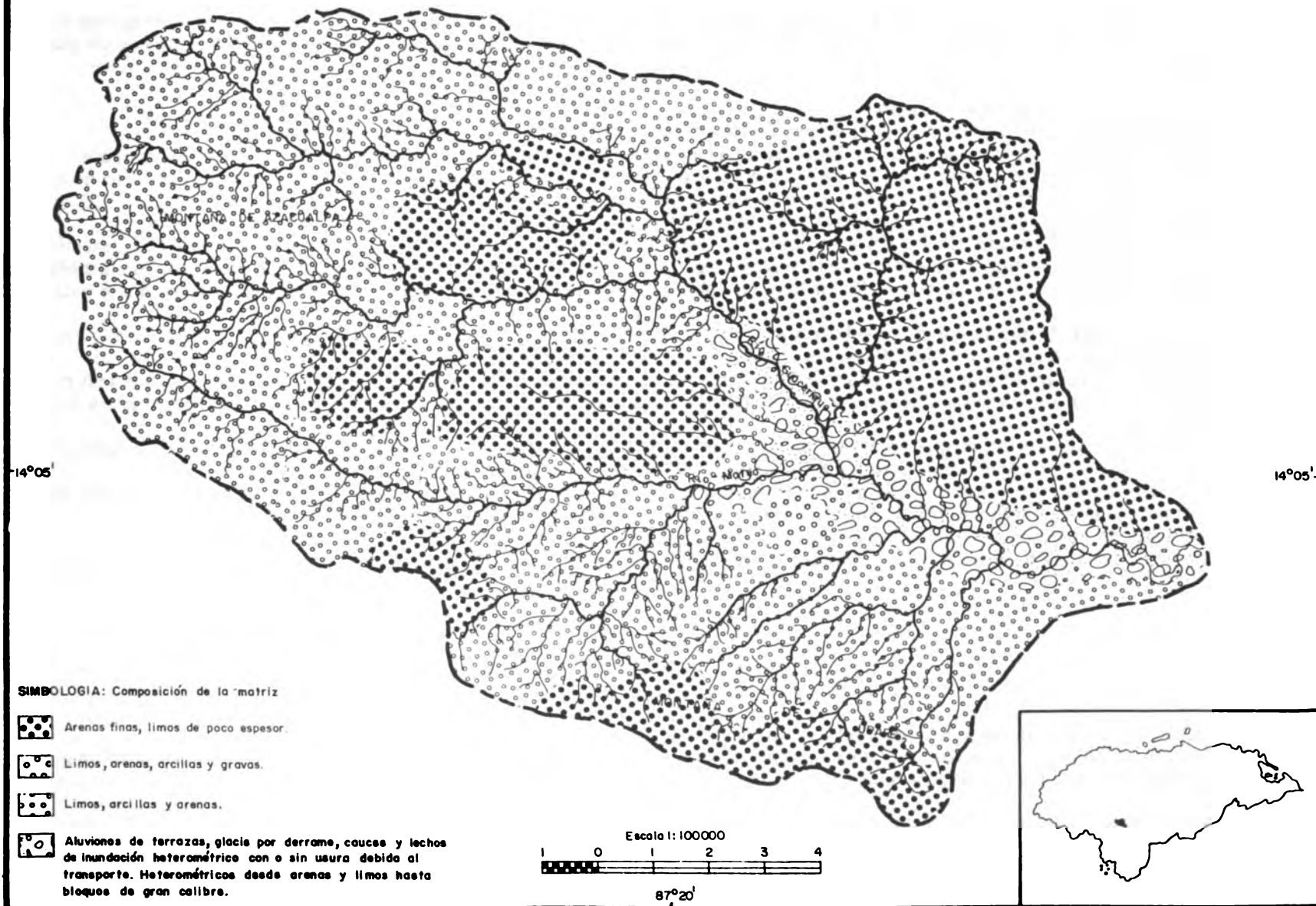
Pendientes

1 - 5%	↓
5 - 10	↓
10 - 15	↓
15 - 30	↓
30 - 50	↓
50	↓

Agua potable para Tegucigalpa
 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
 Proyecto Regional de Manejo de Cuencas
 Abril, 1986

Geomorfólogo: Luis Guillermo Brenes Quesada
 Cartografía: Carmen González Gairaud.

CUENCA DEL RIO GUACERIQUE: FORMACIONES SUPERFICIALES



do sobre tobas al oeste de la Cuenca del Río Guacerique y sobre materiales volcánicos básicos del Cuaternario y del Holoceno, que pueden soportar cultivos intensivos todo el año con riego y buen manejo.

- 4.- El modelado de disección es por causas geotectónicas, climáticas y de mal uso de los recursos naturales, especialmente importante. Esta tendencia a acelerar esta modalidad de la morfodinámica debe tenerse muy en cuenta en la Cuenca del Río Guacerique en donde se ubican los proyectos de embalse más costosos. La vulnerabilidad de esa cuenca exige soluciones inmediatas dentro de un plan de manejo integral.
- 5.- No se debe permitir en ese plan lo siguiente:
 - a) La deforestación en vertientes cuyo ángulo de pendiente es mayor al 30o/o.
 - b) Reactivar la reforestación y el uso agrícola limitado en la Cuenca Superior del Río Guacerique, el Tatumbla y el Sabacuante.
 - c) La extracción de material rocoso y arenas de los lechos fluviales. Sólo se puede autorizar la extracción cuando ese acto no destabilece los bancos laterales, riberas de los ríos o provoque una erosión regresiva.
 - d) La construcción de más caminos en las cuencas superiores.
 - e) El uso de maquinaria pesada. En los sitios en donde la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal autorice la extracción de madera los árboles que por su desarrollo sean susceptibles para la corta deben ser seleccionados y marcados por los inspectores de la dicha institución; y el acarreo de las trozas debe hacerse con tracción animal hasta sitios de acopio apropiados y estables.
6. Otras tareas que deben de ejecutarse de inmediato son:
 - a) Reforestación de parteaguas, y de los 50 metros a ambos lados de los cauces fluviales.
 - b) Un estudio sobre las implicaciones del sistema de fracturas en el modelado fluvial, puesto que los cursos de agua siguen con mucha frecuencia el patrón de fracturas. Siendo las más peligrosas las que se encuentran en el área de embalse y el sitio de presa del Río Guacerique.
 - c) Un estudio Geofísico en esa misma área para pronosticar, o preveer, el comportamiento de las geoestructuras subyacentes con la construcción de las obras y el comportamiento del embalse en sus normales oscilaciones de nivel.
 - d) El diseño de dispositivos hidráulicos de retención temporal con vertederos de agua por rebalse en los afluentes que aporten mayor sedimentación a las Cuencas y como una medida para proteger del azolvamiento excesivo al depósito del embalse.
 - e) La instalación de un equipo de microsismología en la Cuenca del Río Guacerique.
 - f) Un plan de Conservación de suelos que inmovilice la salida de sedimentos de las áreas de cultivo.

BIBLIOGRAFIA

1. CAMPANELLA, P. et al. Honduras, perfil ambiental del país, un estudio de campo. AID, 1981. 201 p.
Interesante diagnóstico sobre los problemas ambientales en Honduras. Sin embargo, no contiene información básica sobre geología y geomorfología. Útil como información general.
2. COHDEFOR. Plan de ordenación de la cuenca Los Laureles. Unidad de reproducción, Gerencia de Servicios Generales. Tegucigalpa, 1979. 59 p.
Informe para el ordenamiento de la cuenca Los Laureles. Contiene información básica pero insuficiente para el ordenamiento. Los datos climáticos e hidrológicos son muy exigüos y no existe información sobre geología y geomorfología. La vegetación ha sido tratada con más amplitud, pero a título de inventario.

3. **DEMEK, J.** Manual of detailed geomorphological mapping. International Geographical Union, Prague, 1972. 334 p.
HEARNES, P., LEWANDOWSKI, A. J. SEGOVIA J. L. Programa de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del Río Guacerique. Plan Maestro estudios especiales SANAA/PMRN/Secretaría de Recursos Naturales/USAID Proyecto 522-0168, Tegucigalpa, 1986. 47 p.
 Propuesta de investigación sobre sedimentación y contaminantes en la cuenca del Río Guacerique. Al respecto y en lo que se refiere a los muestreadores de sedimentos sería de buen provecho que se consultara al Instituto costarricense de Electricidad los resultados que han obtenido con técnicas semejantes a las propuestas.
4. **HERNANDEZ, H.** Plan preliminar de ordenación y manejo de la subcuenca del Río Guacerique, Proyecto Manejo Recursos Naturales. USDA/SCS/USAID, Texas, 1983-1985. núm. irreg.
 Informe interno, estudio a nivel de micro inventario de carácter general.
5. **HONDURAS. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL.** Fotografías aéreas Esc. 1:40.000, área cuenca Río Guacerique 1956. Hojas topográficas: Lepaterique, Ojojona, San Buenaventura, San Juan de Flores, Tegucigalpa. Esc. 1:50.000. 1977.
6. **HONDURAS - SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES.** Plan de manejo de las cuencas de los ríos Choluteca, Sampire-Guasaule. Plan de acción para las subcuencas cabeceras y Sampire - Guasaule. Tegucigalpa, 1984. 259 p.
7. **HONDURAS. SERVICIO NACIONAL AUTONOMO DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS.** Informe final de diseño plan de emergencia, proyecto Los Laureles. Tegucigalpa, 1975. 155 p.
 Informe técnico, con información sobre los antecedentes del problema del agua en Tegucigalpa. No contiene información geológica y/o geomorfológica.
8. **HORBACZEWSKI, J.K.** Los recursos naturales de las cinco sub-cuencas prioritarias del Río Choluteca. Consejo Superior de Planificación Económica, 1983.
 Estudio de suelos a nivel de reconocimiento de las cabeceras del Río Choluteca. Interesante ya que relaciona la información geológica-geomorfológica al estudio de los suelos.
9. **LAHMEYER INTERNATL.** Plan maestro para Tegucigalpa, D.C. Informe de la situación actual del agua potable, Tegucigalpa, 1980.
10. **MUEHLBERGER, W.R.** The Honduras depression. Publ. geológica, ICAITI, Guatemala, 1976.
11. **TRAUTMANN, J. et al.** Recherches geomorphologiques en Amérique Latine. Association Géographique d'Alsace, Recherches Géographiques no. 10, 1979. 105 p.
 Compendio de diversos artículos generados en investigaciones de campo realizadas en Brasil, Colombia y Venezuela. Se aplican diversas metodologías para el estudio de problemas geomorfológicos, inclusive de tipo hidrológico.
12. **TRICART, J. y KILIAN, J.** La ecogeografía y la ordenación del medio natural. Anagrama, Barcelona, 1982. 288 p.
 Manual de ordenamiento que se fundamenta en los enfoques geomorfológicos y pedológicos desde una óptica ecológica. Incluye esquemas explicativos y metodología para el ordenamiento rural.
13. **TRICART, J.** Géomorphologie applicable. Mason, París, 1978; 204.
 Texto de geomorfología que facilita metodológicamente la aplicación de la geomorfología a la fotogeología, estudios de suelos, hidrogeomorfología y, a las prácticas del ordenamiento del territorio.

14. WEYL, R. Geology of Central America. Gebruder Born Traeger, Berlin Stuttgart, 1980. 355 p.
Obra de gran erudición y sentido crítico de un especialista que es un pilar de la geología centroamericana. Notable esfuerzo que enriquece el conocimiento de la región. Luceje la geología por países, columnas estratigráficas para cada área y una excelente revisión bibliográfica.
15. WILLIAMS, H. y BIRNEY, A.R. Volcanic history of Honduras. Geological Science no. 85, Berkeley, 1969.
16. WOUTERS, R. Resultados de un proyecto de investigación de la erosión en la cuenca Los Laureles. COHDEFOR, sección cuencas hidrográficas, Tegucigalpa, 1980. 40 p.
Aunque se reconocen los errores de procedimiento para conocer los problemas de erosión por agua en parcelas experimentales, el trabajo de carácter general es valioso. Es conveniente realizar otro monitoreo que elimine los riesgos, señalados con honestidad por el autor.

ESTUDIO DEL USO DE LA TIERRA

*B. Komives*1, O. Lucke*2 y J. R. Pérez*3*

-
- *1. Especialista en Uso de la Tierra, CATIE*
 - *2. Asistente en Uso de la Tierra, CATIE*
 - *3. Coordinador Nacional, CATIE en Honduras*

PREFACIO

Este informe se basa en información existente, reforzada por visitas a la mayor parte de la cuenca del Río Guacerique, al área del Parque Nacional La Tigra, y con un sobre vuelo a todas las cuencas hidrográficas alrededor de Tegucigalpa y las discusiones en el Taller "Agua Potable para Tegucigalpa", 28-30 abril, 1986.

El actual informe incorpora algunos cambios al informe de abril, 1986 que fue distribuido en el Taller; no es un estudio profundo, sino más bien una presentación de los principales factores que relacionan uso de la tierra con el abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa. Se centra en la cuenca del Río Guacerique en donde se encuentran el embalse y planta de tratamiento de agua denominada "Los Laureles". Este estudio de caso se aplica, en términos generales, a la problemática que predomina en las cuencas cercanas a Tegucigalpa.

El Uso de la Tierra es sólo una de las variables importantes. Otros informes presentan análisis desde puntos de vista más específicos. Con este informe se pretende estimular una discusión que tenga como fin definir acciones que aseguren el abastecimiento del agua potable que requiere la población creciente de Tegucigalpa.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	97
II.	LA PROBLEMATICA EN GENERAL	100
III.	CRECIMIENTO URBANO	103
IV.	CRECIMIENTO SUBURBANO	104
V.	AGRICULTURA: PRODUCTOS – PRODUCTORES	109
VI.	SOBREUSO Y DEFORESTACION	112
VII.	AGUA: CALIDAD Y CANTIDAD	115
VIII.	SERVICIO DE AGUA POTABLE	116
IX.	NUEVAS FUENTES DE AGUA POTABLE	117
X.	CONCLUSIONES	119
	BIBLIOGRAFIA	120
	REFERENCIAS DE LOS MAPAS	120

LISTA DE CUADROS

	Página
1. CAMBIOS DEL USO DE LA TIERRA	106
2. UNIDADES DE MAPEO DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	111
3. PROBLEMATICA DEL USO DE LA TIERRA: CUENCA DEL RIO GUACERIQUE	115

LISTA DE FIGURAS

1. SISTEMA INTERACTIVO	101
------------------------------	-----

LISTA DE MAPAS

1. REGION DE TEGUCIGALPA	98
2. CUENCA RIO GUACERIQUE: USO ACTUAL DE LA TIERRA, 1982	105
3. CUENCA RIO GUACERIQUE: AREAS Y USOS CONTAMINANTES	108
4. CUENCA RIO GUACERIQUE: CAPACIDAD USO DE LA TIERRA	110
5. CUENCA RIO GUACERIQUE: PROBLEMATICA USO DE LA TIERRA	113
6. SOBREUSO POR SUBCUENCA	114

INTRODUCCION

Es conveniente presentar algunas conclusiones relacionadas con el uso de la tierra y el manejo de cuencas en las áreas de abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa.

- “Erosión causada por tala y quema afecta al Río Guacerique”. (Gilbert, 1974.)
- “Será necesaria una mayor coordinación interinstitucional para realmente ordenar la cuenca.” (Pérez 1981.)
- “La represa Los Laureles tiene serios problemas de sedimentación y contaminación tanto biológica como química.” (Honduras, Proyecto Manejo de Recursos Naturales, 1984.)
- “El agua del Parque Nacional La Tigra tiene la mejor calidad y es la fuente más importante durante los meses secos.” (Honduras, Proyecto Manejo de Recursos Naturales, 1984.)
- “Si la cuenca se mantiene en un estado mejorado se reducirá el costo de tratamiento.” (Segovia, Hearne, Lewandowski, 1985.)
- Al final lo que vale no es sabiduría sino acción. (Aristóteles, 350 A.C.)

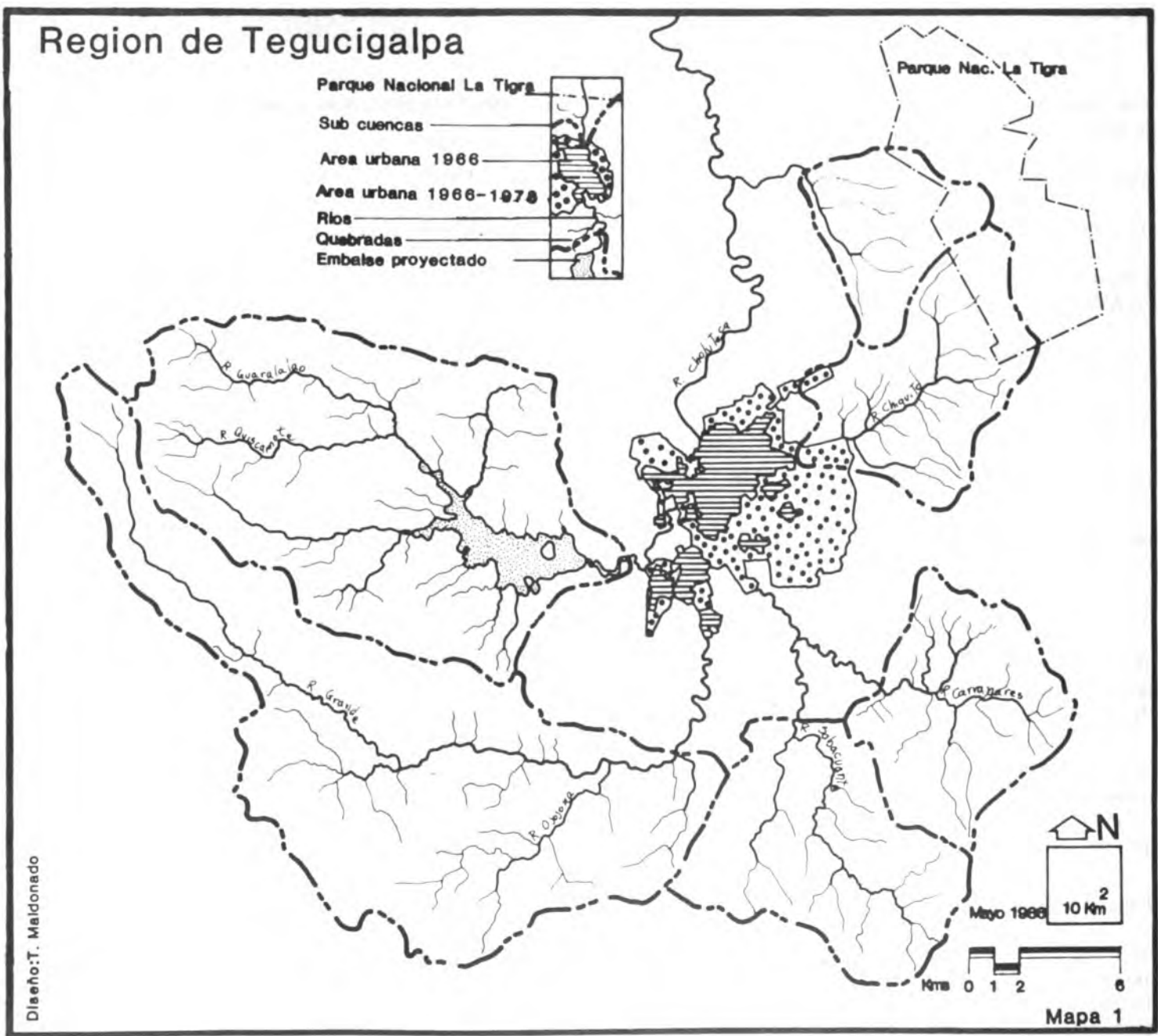
Estas son algunas de las conclusiones y recomendaciones que se encuentran en varios informes escritos durante los últimos 15 años, y una antigua cita de Aristóteles. Este informe se basa principalmente en los estudios existentes proporcionados por varias instituciones en Honduras. Hay buenos estudios y recomendaciones sobre la problemática del uso de la tierra, especialmente en la cuenca hidrográfica del Río Guacerique.

La mayor parte de la información está desactualizada, pero combinada con visitas al campo, sirve para los fines de este estudio. Las conclusiones de este informe concuerdan con muchas del pasado, la mayoría de las cuales no se han podido concretar en acciones para eliminar los problemas. Mientras tanto, el abastecimiento del agua para el área metropolitana de Tegucigalpa se torna cada vez más difícil.

En este informe se presenta la problemática de uso de la tierra y agua potable como un complejo sistema de acciones y procesos. No se debe trabajar en una parte del sistema sin entender como la misma afecta y es afectada por otras. También basándose en los datos existentes se hace un nuevo análisis del sobreuso de la tierra en la cuenca del Río Guacerique. Se identifican las subcuencas que actualmente tienen mayores problemas de contaminación del agua a causa de un uso inadecuado de la tierra.

La Región de Tegucigalpa:

En el mapa 1 se encuentra la ciudad de Tegucigalpa con las principales cuencas que actualmente abastecen de agua potable a la ciudad, o que están siendo consideradas para tal función en el futuro. La ciudad se representa en dos tonos de gris. La parte con líneas se representa en dos tonos de gris. La parte con líneas horizontales representa el área urbanizada antes de 1966, y el área con puntos representa el crecimiento entre 1966 y 1978.



Alrededor de la ciudad hay varias cuencas hidrográficas que forman parte de las cabeceras del río Choluteca. Las dos cuencas al noreste de la ciudad son las de los ríos Hondo y Chiquito, que reciben parte del agua que proviene del Parque Nacional La Tigra, cuyos linderos aparecen en el extremo noreste del mapa.

Al sur se encuentran tres cuencas en donde se proyectan futuros embalses: El Río Carranares (Río Tatumbra), el Río Sabacuante y el Río Grande. Las tres se encuentran a 5 kilómetros del área urbanizada de Tegucigalpa.

Al oeste se encuentra la cuenca del Río Guacerique. Incluida en esa cuenca en el mapa I está el embalse proyectado, Guacerique II, representando el área que cubriría una represa de 70 metros de altura. Aguas abajo de Guacerique II se encuentra el embalse Los Laureles. Se nota que, la cuenca y los embalses están inmediatamente fuera del perímetro del área urbanizada.

El uso del agua producida por fuentes superficiales es un uso que está estrechamente enlazado con los otros usos del entorno, especialmente vertiente arriba del punto de captación del agua. Los patrones de uso de la tierra que actualmente se encuentran en las dos principales áreas de abastecimiento presentan marcadas diferencias. En el área de La Tigra, las tomas de agua son pequeñas represas menores de una hectárea, situadas en la parte alta de la cuenca. De allí el agua es conducida a las plantas de tratamiento situadas en la periferia de la ciudad por medio de tubos subterráneos. La captación en sí ocupa poca superficie de la tierra. Las áreas que drenan hacia las tomas de agua, también son relativamente pequeñas. Ellas incluyen la mayor parte del Parque Nacional La Tigra, que es un bosque nublado protegido por acción del gobierno.

El patrón de uso de la tierra en La Tigra es sencillo, (no en el sentido de “fácil” pero en el sentido de “no complejo”). Mientras se conserve el bosque nublado y se mantengan las pequeñas represas y embalses, el patrón de uso debe seguir cumpliendo su función protectora sin problemas.

En la cuenca del Guacerique, el patrón es muy distinto. Actualmente hay un embalse, Los Laureles, que ocupa alrededor de un kilómetro cuadrado. El embalse proyectado Guacerique II cubrirá entre 5 y 10 kilómetros cuadrados dependiendo de la altura de la represa. La cuenca que drena hacia estos embalses abarca casi 200 kilómetros cuadrados. Los usos y cobertura de la tierra varían desde bosque nublado, hasta, explotación del bosque para leña, agricultura extensiva e intensiva, avicultura, recreación, instalaciones militares, urbanizaciones y otras. Es un patrón muy complejo y dinámico. Los usos están cambiando permanentemente en el tiempo y espacio.



Puntos Claves:

En los capítulos siguientes se presentan varios conceptos y análisis, entre los que sobresalen cuatro:

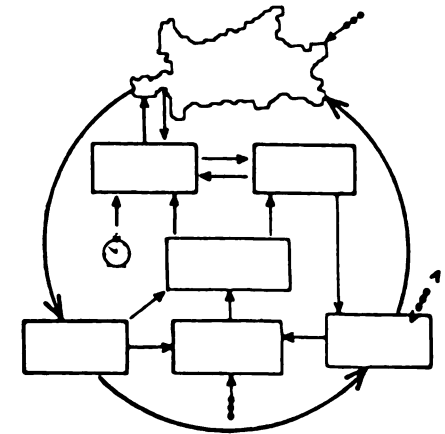
— Los problemas principales ya se conocen, aunque hacen falta datos más exactos. Entre otros problemas existe un sobreuso de la tierra en la cuenca del río Guacerique que por su distribución espacial y magnitud afecta significativamente la producción hídrica.

- La problemática y el manejo adecuado son más complejos y difíciles a medida que la captación de agua se hace a altitudes menores.
- La problemática tiene escala metropolitana, no está limitada a la ciudad de Tegucigalpa, y tampoco es típica de todo el país, aunque existe influencia socioeconómica a nivel nacional.
- El Agua no es el único producto beneficioso que ofrecen las cuencas alrededor de Tegucigalpa.

LA PROBLEMÁTICA EN GENERAL

Para entender mejor la problemática de uso de la tierra en las cuencas hidrográficas cercanas a Tegucigalpa es necesario entender las interacciones entre los recursos, personas e instituciones que son parte de la problemática. Hay miles de decisiones y acciones que se toman cada día, que en alguna forma afectan el uso de la tierra en la cuenca y potencialmente al recurso agua que proviene de la misma. Es necesario simplificar la presentación de estas miles de acciones y decisiones de alguna manera para que las mismas sean más comprensibles, teniendo el cuidado de no dejar interacciones importantes afuera. La simplificación puede facilitar el análisis del problema, así como la puesta en práctica de soluciones.

El sistema representado en la figura 1 pretende describir las principales interacciones que relacionan uso de la tierra con el abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa. El resto del informe sigue paso por paso este sistema para desarrollar el análisis. Aquí se presenta brevemente una descripción de lo que representa cada caja y cada flecha.



1. Tegucigalpa crece, no solo porque los nacimientos exceden las muertes, sino por:
 - a. Problemas socio-económicos en el resto del país que causan migración;
 - b. Agricultores en áreas cercanas que dejan su vida rural; y
 - c. La atracción de los servicios (incluyendo agua potable) que ofrece la ciudad.
2. Las cuencas cercanas a Tegucigalpa se vuelven cada vez menos rurales y más suburbanas por:
 - d. Servir las demandas metropolitanas.
3. Agricultura disminuye en partes de la cuenca por:
 - e. Factores económicos nacionales;
 - f. Cambios forzados por la suburbanización; y
 - g. Por nuevos embalses que inundan tierras y obras que estimulan la demanda para trabajadores en sectores no agrícolas.
4. El sobreuso de la tierra y la deforestación aumentan por:
 - h. Agricultores inmigrantes de zonas externas a la región;
 - i. Agricultores que se trasladan de otras partes de la misma cuenca; y
 - j. Usos suburbanos que sobreusan los recursos o desplazan agricultores a áreas aptas.

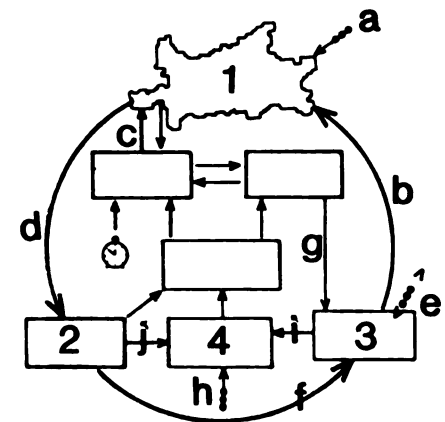
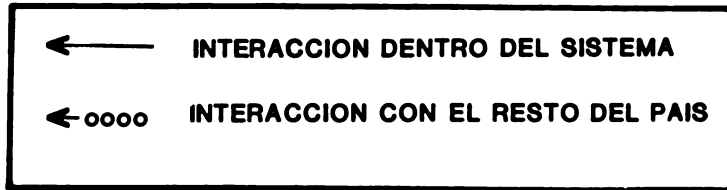
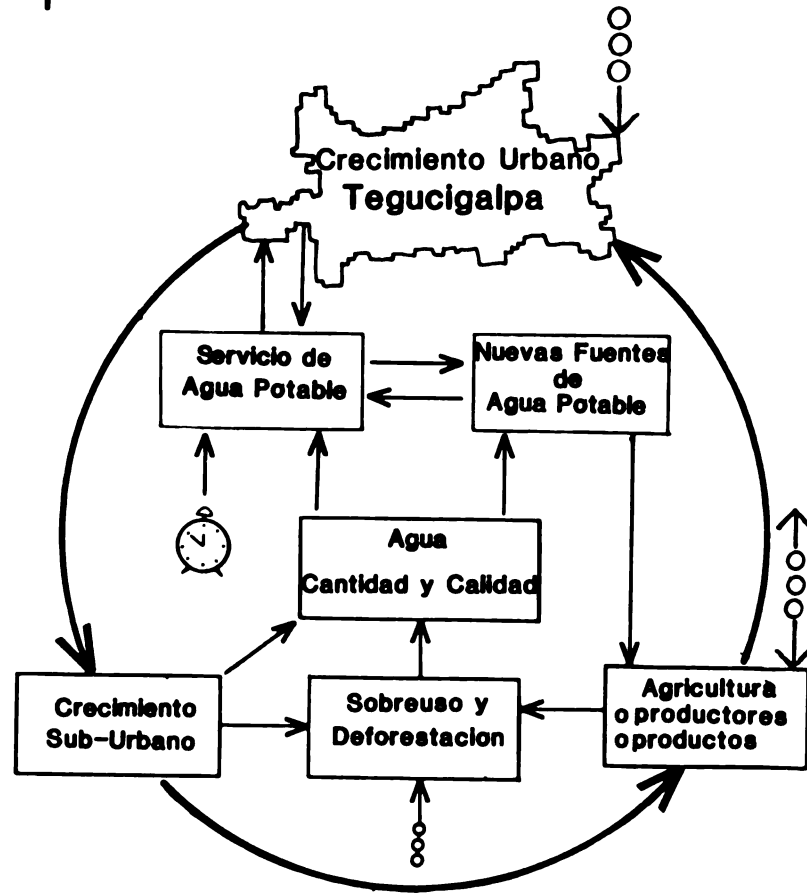


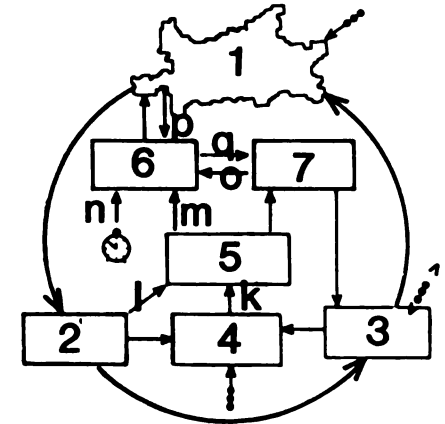
Figura 1



SISTEMA INTERACTIVO



5. La calidad de agua en la cuenca; así como el caudal mínimo en el verano disminuye por:
- k. Los efectos indirectos de sobreuso y deforestación.
 - l. Contaminantes introducidos directamente por industrias y otras instalaciones suburbanas.
6. La cantidad de agua potable disponible por cada familia en Tegucigalpa disminuye porque:
- m. Las plantas de tratamiento funcionan menos eficientemente con el deterioro en calidad y cantidad de agua en la cuenca;
 - n. Hay un proceso natural de deterioro de las instalaciones por el tiempo;
 - o. Nuevas fuentes se desarrollan tardíamente; y
 - p. El mismo crecimiento de Tegucigalpa aumenta la demanda.
7. Se desarrollan nuevas fuentes de producción y tratamiento de agua potable por:
- q. La escasez de agua potable



Las interacciones siguen. Para encontrar un equilibrio o mejorar el servicio de agua potable, hay que evaluar la posibilidad de mejorar el comportamiento de cada factor.

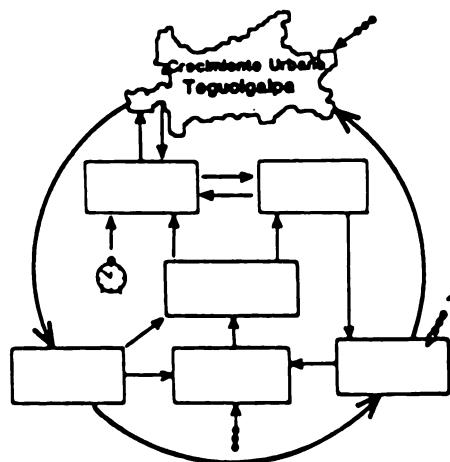
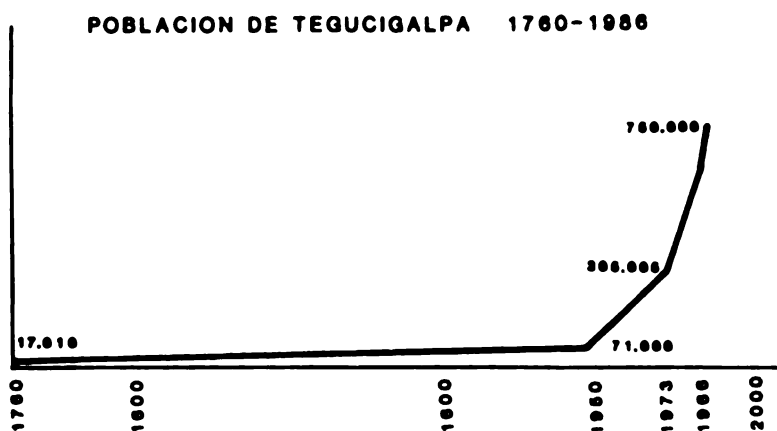
Es un sistema problemático muy difícil de combatir. La construcción de nuevos embalses y plantas de tratamiento solo son parte de la solución. Aún con toda la voluntad y recursos necesarios, la organización institucional para resolver los problemas puede ser difícil de lograr. La esperanza es que al entender mejor la problemática se puede descubrir la solución.

Los próximos capítulos discuten en más detalle cada parte del sistema, con énfasis en las partes directamente relacionadas con el uso de la tierra.

CRECIMIENTO URBANO

Desde 1760 cuando Tegucigalpa tenía una población de 17.016 hasta 1945 la ciudad experimentaba un crecimiento lento. “En 1945 el Distrito Central tenía 55.755 habitantes, en 1950 sumaban 71 mil, en 1973 eran 305.387, en 1983 pasó a 600 mil y en 1986 se calculan 750 mil”. (Funes de Torres, El Herald; 15/4/86). Estas cifras indican un crecimiento de casi 140 personas por día en los últimos años. A esta tasa de crecimiento la población se duplica en menos de nueve años.

Mucho de este crecimiento urbano se debe al crecimiento de la población y al deterioro de la economía en las áreas rurales del país. Las familias de campesinos llegan a la capital de áreas alejadas y de las áreas cercanas en busca de trabajo y mejores oportunidades para sus hijos.



Si la población urbana crece, el área urbanizada tiene que crecer. Se ve que el área total urbanizada en 1978 es alrededor de 4 veces mayor que el área en 1966. Eso significa que la extensión del área ha aumentado junto con el crecimiento de la población. Con los datos generales con que se cuenta se puede concluir que la densidad del área urbanizada se ha mantenido. Sin embargo, dentro del área urbanizada se encuentran muchos terrenos sin ser ocupados. Este fenómeno aumenta el costo de todos los servicios urbanos porque aumenta la distancia a la cual es necesario extender las calles, las líneas eléctricas, el alcantarillado, la red de agua potable, etc.

Este alarmante crecimiento urbano de Tegucigalpa es el factor más importante, pero también es, tal vez, el menos controlable. Si la calidad de vida en las otras ciudades del país, así como en las áreas rurales se mejora, la presión sobre Tegucigalpa podría ser menor.

Los cambios no solo ocurren en el área inmediata a la ciudad. Un proceso de suburbanización ocurre simultáneamente en las cuencas cercanas.



CRECIMIENTO SUBURBANO

Una ciudad depende de las áreas adyacentes para satisfacer las necesidades de productos que no se pueden producir dentro de la ciudad. Tegucigalpa requiere: energía en la forma de leña y carbón, hortalizas y otros productos agropecuarios; sitios para industrias que no pueden pagar el costo de terreno urbano; espacio para las casas de gente que prefiere vivir fuera de la ciudad, pero trabaja en ella; y un sinnúmero de otras actividades y funciones que tradicionalmente se encuentran cerca pero no dentro de las ciudades. En una u otra forma todas estas funciones y actividades son usos de la tierra.

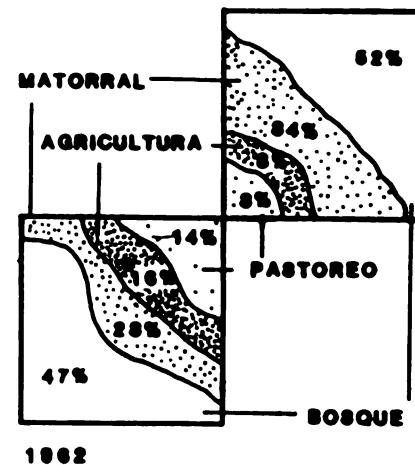
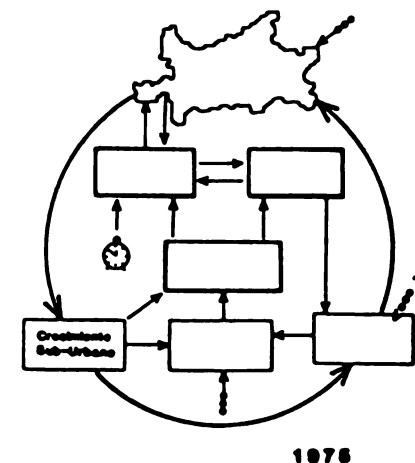
Mientras Tegucigalpa crece, la demanda por estos usos de la tierra aumenta. Gradualmente la economía en las áreas rurales se convierte en una economía que responde a la demanda de la población urbana. Aún la agricultura se convierte cada vez más al servicio de la ciudad. Por ejemplo, se ve un aumento en la producción de hortalizas en toda la región y también la oferta de leña ha crecido rápidamente para satisfacer la demanda.

Es importante recordar que las cuencas hidrográficas alrededor de Tegucigalpa producen mucho más que agua para la ciudad. El reto es buscar compatibilidad y sostenibilidad entre los productos y fuentes de producción.

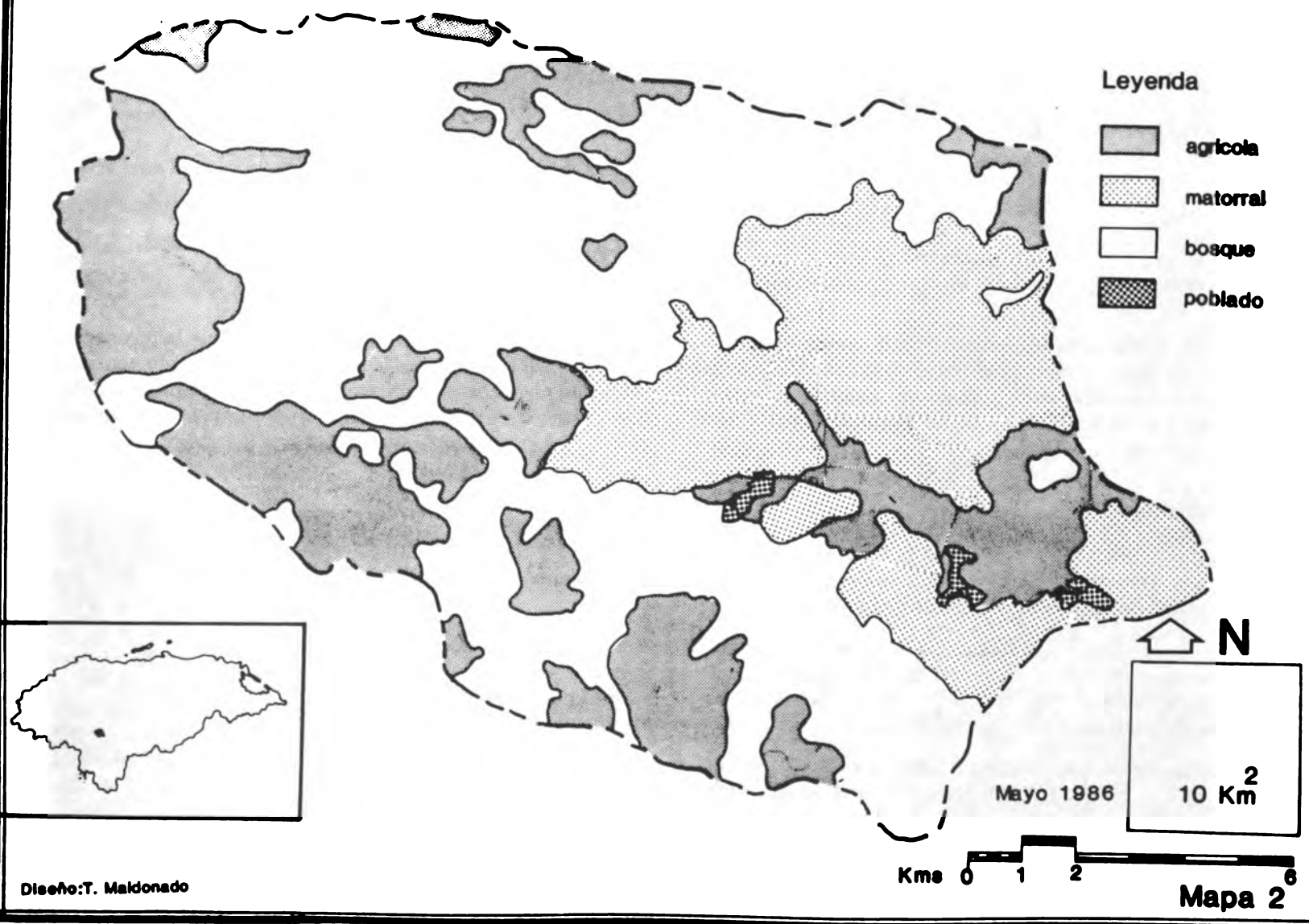
Uso Actual de la Tierra:

En el mapa 2 se puede observar el uso actual de la tierra en la cuenca del río Guacerique. El mapa se basa en la cartografía hecha por el Catastro Nacional usando fotos aéreas de 1982. El mapa es generalizado, presentando el uso o cobertura vegetal predominante en cada área. No muestra los usos industriales, públicos, ni todos los asentamientos. Sin embargo, identifica la importancia y ubicación relativa de agricultura, pastoreo, matorral y bosque. Se ve que el bosque todavía predomina aunque la mayor parte se trata de bosque ralo. Hay otro estudio de uso de la tierra en la cuenca del Río Guacerique, realizado por COHDEFOR (Pérez, 1981), en que el mapeo de uso actual se basa en fotos aéreas del año 1975. Es algo difícil comparar los usos de 1975 con los de 1982 por diferencias en escala y categorías de uso entre los dos estudios. Sin embargo, se pueden generalizar los cambios de uso durante ese período de siete años. El área de bosque (ralo o denso) bajó de aproximadamente 52o/o de la cuenca a 47o/o. El área de matorral bajó de 34o/o a 33o/o. Pastoreo y agricultura subieron en importancia: Pastoreo de 6 hasta 14o/o; agricultura de 8 a 16o/o. El cuadro 1 presenta los datos de 1975 y 1982, con los ajustes que se hicieron para poder hacer la comparación sobre la misma área y las mismas categorías. Las categorías de matorral y pastoreo son las más difíciles de interpretar. Mucho del pastoreo se presenta en áreas agrícolas en descanso. El matorral es, a menudo, una transición entre usos abandonados y bosque. Sin embargo, la comparación es válida en cuanto a las tendencias en general. El área dedicada a pastoreo y agricultura aumentó de menos de 15o/o en 1975 a 30o/o en 1982.

Visitando la cuenca, se puede observar que esta intensificación de uso continúa, pero no en toda la extensión. En el extremo occidental de la parte alta de la cuenca se observan procesos de deforestación, agricultura reciente y una industria de leña y carbón muy activa. Poco queda del bosque nublado que cubría las cumbres hace pocos años. La horticultura en las áreas planas a onduladas parece ser el uso de preferencia de los campesinos, que ocupan y están ocupando terrenos en el área.



Cuenca Rio Guacorrique : Uso Actual de la Tierra 1982



CUADRO No. 1 CAMBIOS DEL USO DE LA TIERRA

USO:	Kilómetros Cuadrados		Porcentaje	
	1975	1982	1975	1982
AGRICOLA	15.2	31.6	8	16
PASTOREO	11.6	26.7	6	14
MATORRAL	66.7	44.2	34	23
BOSQUE	101.5	92.5	52	47
TOTAL	<u>195.0</u>	<u>195.0</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

(Adaptado de Pérez, 1981, Proyecto de Manejo de Recursos Naturales, 1984)



En el norte de la cuenca alrededor de la comunidad de San Matías hay evidencia (sin comprobación) de que la regeneración del bosque va al mismo ritmo o más rápido que la explotación. Se está aprovechando el bosque para leña y resina, pero se encuentran muchos terrenos anteriormente explotados que ahora tienen la cobertura de un bosque joven. Se encuentran casas de campesinos abandonadas, unas quintas/granjas nuevas y un aserradero cerrado. Esta parte de la cuenca sí está experimentando cambios, pero no necesariamente hacia una intensificación de uso.

Usos Problemáticos

En “El Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua en la Cuenca del Río Guacerique” (1985), Segovia, Hearne y Lewandowski enumeran varias fuentes de contaminación y limitan el funcionamiento de la cuenca para fines de agua potable:

Tala Excesiva. Los pobladores cortan unos 416 metros cúbicos de madera al año, talando unas 12.25 hectáreas por año. En su estudio “Honduras y su Potencial Dendroenergético” (1985), Maradiaga habla sobre el mercado para leña en Tegucigalpa”. . . ha sido difícil de controlar el verdadero consumo de leña y de carbón, ya que en su mayor parte entran en forma ilegal. . .”

Contaminación por aguas negras. Segovia *et al.* (1985), informan que el 96o/o de las familias encuestadas por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) no poseen ningún tipo de instalación para la deposición de aguas negras. También se encuentran urbanizaciones, instalaciones militares y otras instituciones cerca del río y el embalse Los Laureles. Se espera comprobar con los resultados del estudio de monitoreo que dichas instalaciones contribuyen a la contaminación orgánica en el embalse. Segovia *et al* informa de descarga abierta al río de una base militar de 2000 soldados (CALFA), y posible contaminación del sistema de infiltración del Seminario Mayor.



Acueductos y Alcantarillado (SANAA) no poseen ningún tipo de instalación para la deposición de aguas negras. También se encuentran urbanizaciones, instalaciones militares y otras instituciones cerca del río y el embalse Los Laureles. Se espera comprobar con los resultados del estudio de monitoreo que dichas instalaciones contribuyen a la contaminación orgánica en el embalse. Segovia *et al* informa de descarga abierta al río de una base militar de 2000 soldados (CALFA), y posible contaminación del sistema de infiltración del Seminario Mayor.

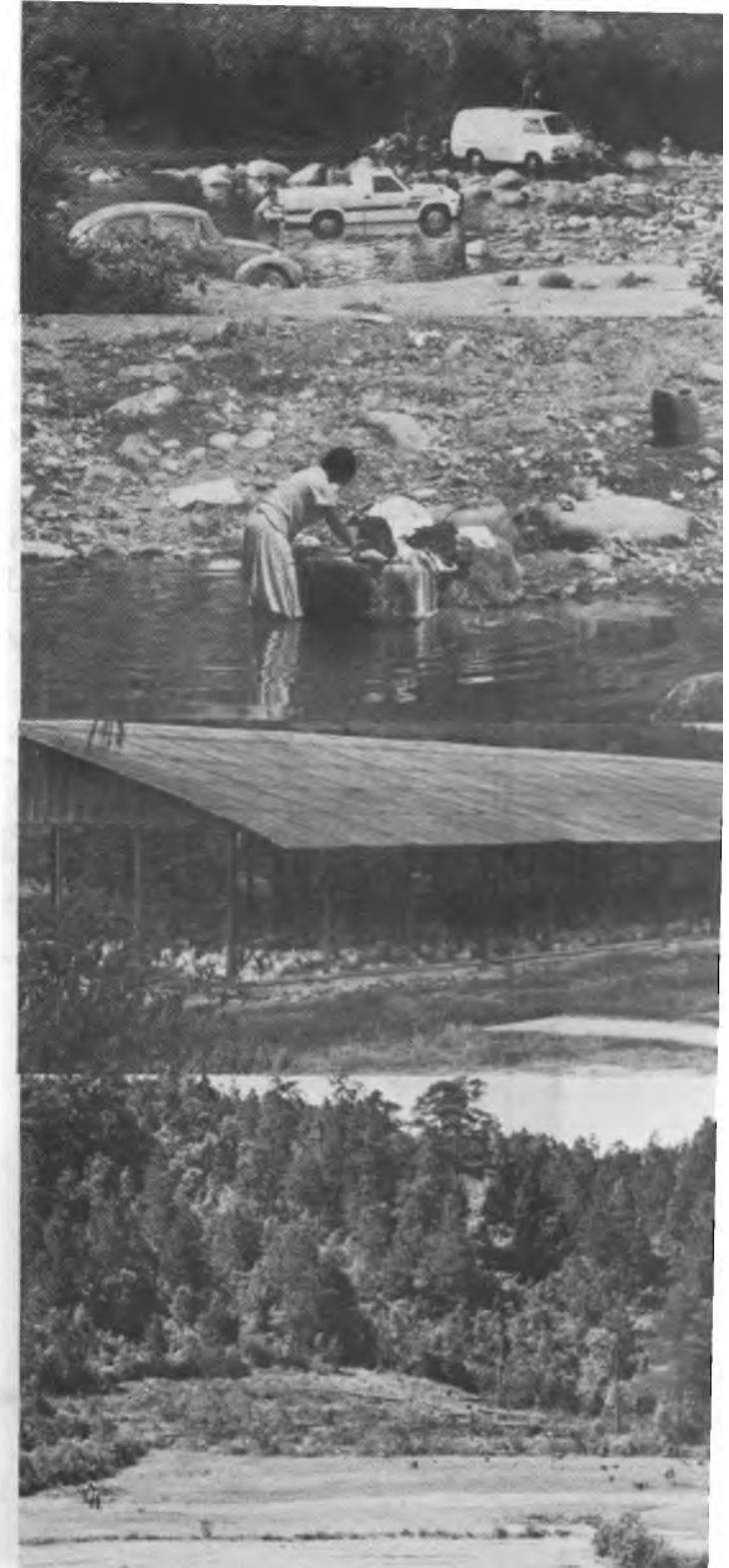
Lavado de ropa y vehículos en el río. Esto se encuentra a gran escala en varios trechos del río cerca del embalse. Visitando dos trechos en marzo 1986, se encontraron más de diez mujeres lavando ropa y cinco vehículos siendo lavados en pleno lecho del río.

Crianza de animales. En el valle aguas arriba del embalse Los Laureles se encuentran varias porquerizas a escala familiar. Hay 2 granjas avícolas de gran escala (CADECA). Mucho del estiércol se vende a los que cultivan hortalizas en la parte de la cuenca. Es posible que el estiércol que no se vende aporta contaminación al río.

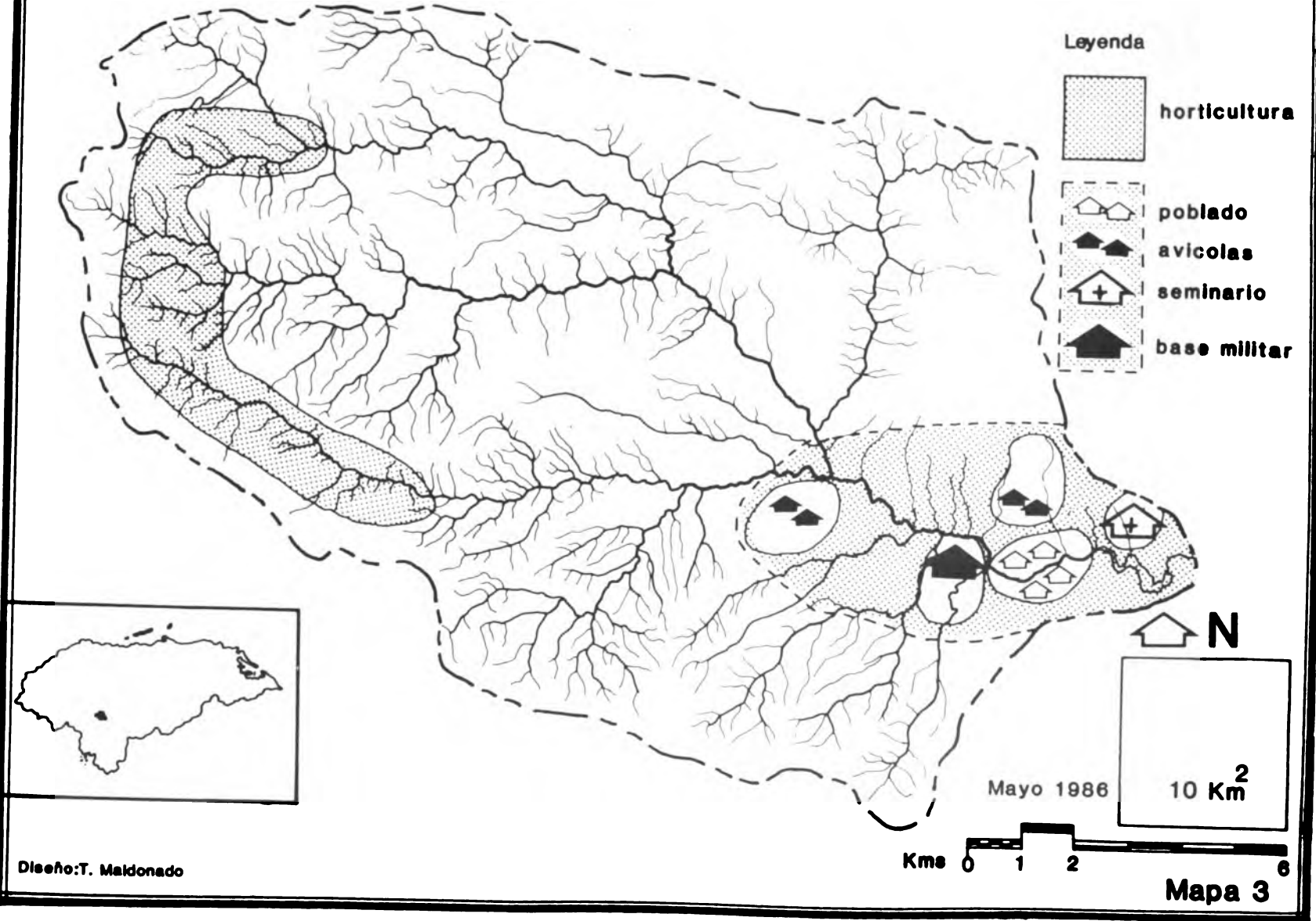
Contaminación química. Esta se debe principalmente al uso masivo de plaguicidas y fertilizantes en la horticultura, en la parte alta de la cuenca de los ríos. El riego directo de las hortalizas que se encuentran en los valles más o menos planos a orillas de los ríos y el lavado del equipo de aplicación, constituyen la fuente más importante de este tipo de contaminación. El mapa 3 combina las mayores fuentes de contaminación mencionadas por Segovia *et al* con el uso actual de la tierra.

Resumen del Capítulo

La cuenca sigue teniendo usos principalmente rurales. Bosques de diversos tipos que todavía ocupan más del 40o/o de la cuenca. Sin embargo, los usos van cambiando produciéndose cada vez más servicios a la ciudad. Industrias, agroindustrias, y urbanizaciones aparecen en la parte baja de la cuenca. Leña, carbón y horticultura en las partes media y alta aumentan en importancia, mientras el mercado para los productos sigue creciendo. Deforestación e inmigración se presentan en la parte occidental de la cuenca mientras que hay algunas evidencias de despoblamiento en la parte norte. La atracción de la cuenca para esparcimiento es evidente. Los cambios representan un peligro para el abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa, pero no se debe restar importancia a los servicios y productos destinados a la ciudad. En alguna forma, la mayor parte de esta descripción se aplica a las otras cuencas cercanas a Tegucigalpa. Hay presión sobre la actividad agrícola tradicional para que se ajuste a la realidad urbana y suburbana.

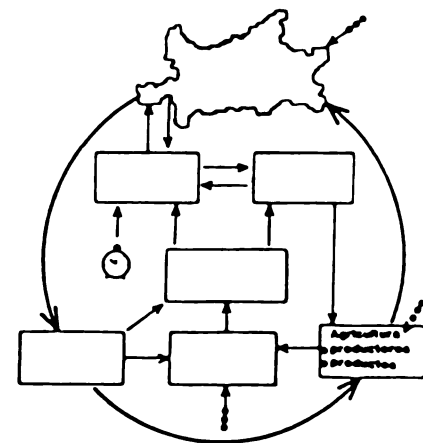


Cuenca Rio Guacerique : Arosas y usos contaminantes



AGRICULTURA PRODUCTOS – PRODUCTORES

El crecimiento suburbano de la ciudad de Tegucigalpa ha significado la ocupación de la cuenca ejerciendo intervenciones directas sobre la cobertura y el uso actual de la tierra. Los cambios que se producen, aunque empíricos, no son del todo espontáneos en su totalidad. Se pudo observar que algunos agricultores desarrollan sus actividades en los suelos más aptos que presenta el área de estudio. En las partes altas de la cuenca y en las márgenes de los ríos, estas actividades presentan un mayor nivel de productividad, lo cual es resultado de un manejo tecnológico más avanzado que el tradicional. En las partes altas, los suelos presentan condiciones relativamente favorables para el laboreo manual y el desarrollo de prácticas como: riego, uso de fertilizantes orgánicos, agroquímicos y otros. En las márgenes de los ríos las características físicas son favorables también para el cultivo de hortalizas, lo que no significa que las condiciones relativamente favorables de estas unidades de producción, nieguen la existencia de limitaciones muy importantes para su uso y manejo. El concepto de aptitud de los suelos se ha desarrollado en base a la experiencia de los agricultores más antiguos en el área. Ellos han hecho una clasificación empírica de la capacidad de uso de la tierra en la cuenca, definiendo aquellas áreas que presentan menos limitaciones para sus usos proyectados.



Capacidad de Uso de la Tierra

Se entiende por capacidad de uso de la tierra, aquel uso más intensivo que se puede dar a una unidad de tierra, sin que disminuya su capacidad productiva, es decir, estableciendo un rendimiento sostenido y estable. En el área de estudio se definieron en forma preliminar dos unidades de capacidad. Para la definición de dichas unidades se utilizó la información de suelos existente (Rosales, 1980 citado por Pérez, 1981 y Proyecto de Manejo de Recursos Naturales, 1984).

Con los datos de suelos y pendientes se elaboró una tabla de unidades de mapeo (cuadro 2) señalando las principales limitaciones para un uso más intensivo que el especificado por la capacidad de uso.

El resultado del análisis muestra una subdivisión de la unidad de suelos Milile, ya que parte de la misma presenta limitaciones de profundidad efectiva. Aunque el material parental se encuentra a una profundidad aproximada de tres metros, la capa arable con condiciones favorables para horticultura en pendientes de 15 a 50o/o es de solo 25 cm de profundidad. Considerando factores como el peligro de erosión y la capacidad de infiltración se definió a esta unidad de mapeo como de capacidad de uso forestal. Otra unidad que se subdividió fue la de suelos del valle debido principalmente a condiciones limitantes de déficit de humedad y drenaje excesivo.

Las dos unidades de capacidad de uso corresponden a uso forestal y a uso agrícola, predominando el uso forestal con un 81.6o/o del área total quedando el 18.4o/o restante bajo capacidad de uso agrícola. Es necesario señalar que, por el nivel de detalle de la información básica empleada en el análisis, no se subdividió la producción intensiva o extensiva o de protección. Por la misma razón no se subdividió la capacidad de uso agrícola en cultivos permanentes, semipermanentes y anuales o en limpio.

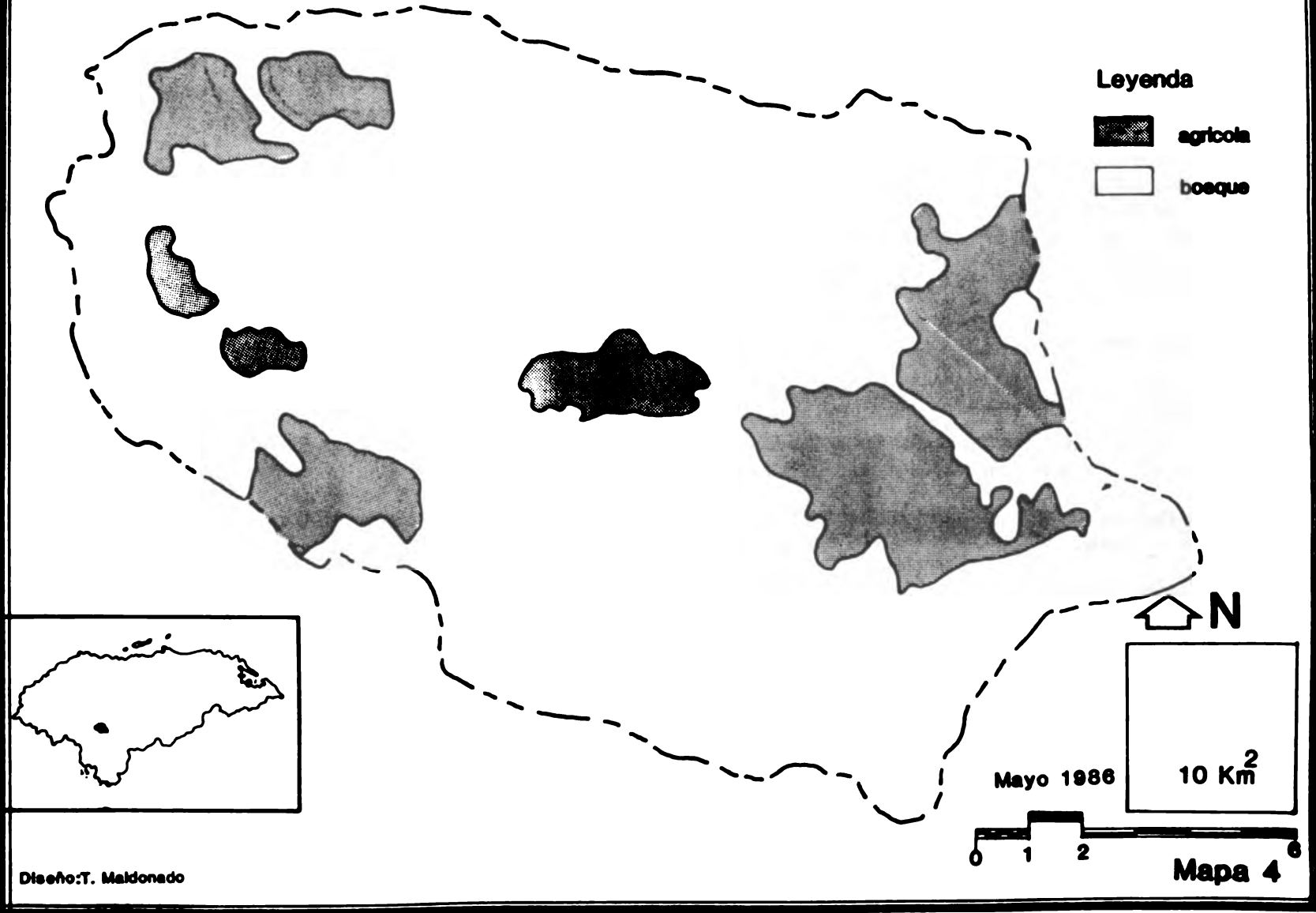


CATIE

PROYECTO REGIONAL DE MANEJO DE CUENCAS

AID/ROCAP

Cuenca Rio Guacerique : Capacidad uso de la Tierra



CUADRO No. 2 UNIDADES DE MAPEO DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

NUMERO DE UNIDAD	UNIDAD DE SUELOS	RANGOS DE PENDIENTE	PRINCIPALES LIMITACIONES PARA SU USO	CAPACIDAD DE USO
1	MILILE	10-15	PE/DR	AGRICOLA
2	MILILE	15-30	PE/PN/DR	FORESTAL
3	MILILE	30-90	PE/PN/DR	FORESTAL
4	OJOJONA	TODAS	PE/PD/PN EA/TA	FORESTAL
5	YAUYUPE	10-15	PE/DR	AGRICOLA
6	YAUYUPE	15-30	DR/PE/PN	FORESTAL
7	SALALICA	15-50	PN/TA/PD	FORESTAL
8	COYOLAR	10-50	DR/HD/PE	FORESTAL
9	SUELOS DEL VALLE	10-15	HD/DR†	AGRICOLA
10	SUELOS DEL VALLE	15-50	HD ⁻ /PN	FORESTAL

Fuente: Pérez, 1981. Proyecto de Manejo de Recursos Naturales, 1984

LIMITACIONES.
 EA - Estructura
 DR - Drenaje
 HD - Humedad
 PD - Pedregosidad
 PE - Profundidad Efectiva
 PN - Pendiente
 TA - Textura

Se debe señalar la necesidad de hacer una determinación de la capacidad de uso de la tierra más detallada, basándose en información básica con un nivel de detalle congruente con la escala de trabajo y del proceso de planificación que requiere el uso de la tierra en la cuenca. Considerando que la cuenca produce agua para abastecer a la ciudad de Tegucigalpa, este aspecto no debe perderse de vista en ninguna de las etapas del proceso de planificación mencionado.

El diagnóstico detallado del estado de la cuenca y su problemática debe ser la base para la definición de políticas institucionales que busquen en la medida de sus posibilidades eliminar los problemas, atacando las causas y procesos que los generan.



SOBREUSO Y DEFORESTACION

La comparación del uso actual de la tierra con la capacidad de uso, permite establecer con respecto al uso más intensivo permisible, las áreas en las que:

- Se ha sobrepasado dicha capacidad
- Las que se encuentran en uso a la capacidad o, dicho de otra forma, en uso correcto.
- Las que se encuentran en subuso, es decir, en un uso menos intensivo que la capacidad.

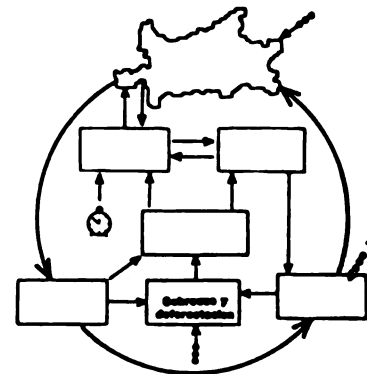
El uso a capacidad y el subuso de acuerdo a otros factores como los sociales, económicos, culturales, institucionales y otros, se pueden permitir o inclusive estimular. El sobrepasar la capacidad de uso debe ser desalentado principalmente mediante un plan de ajuste del uso de la tierra, el cual debe formar parte del proceso de planificación mencionado anteriormente. El sobreuso debe ser evaluado no sólo en lo que respecta a su magnitud, sino también en lo que a su distribución espacial en la cuenca se refiere.

Sobreuso

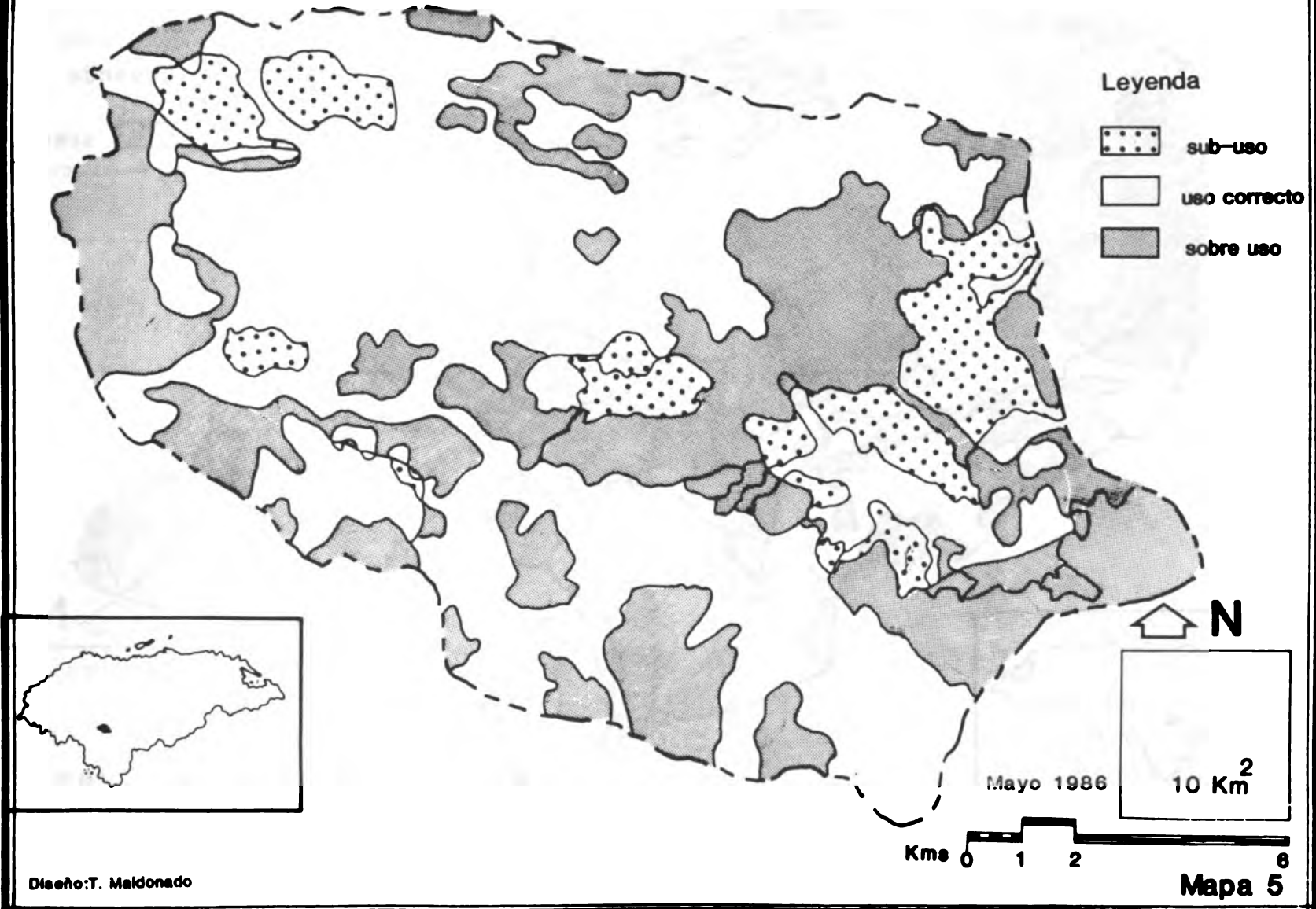
Mediante el análisis del uso actual de la tierra en la cuenca, utilizando fotografías aéreas del año 1982 efectuado por el Proyecto Manejo de Recursos Naturales en el año 1984 y la capacidad de uso de la tierra preliminar presentada en el capítulo anterior, se obtuvo un diagnóstico preliminar de la problemática del uso de la tierra.

Se determinó que las áreas de sobreuso ocupan alrededor de un 37.9 por ciento de la cuenca quedando un 62.1 por ciento bajo uso correcto y subuso, de los cuales únicamente un 10.4 por ciento corresponde al uso a capacidad (uso correcto). Aunque aparentemente las condiciones de uso de la cuenca parecen ser positivas, es necesario señalar los cambios y tendencias en el tiempo y en el espacio.

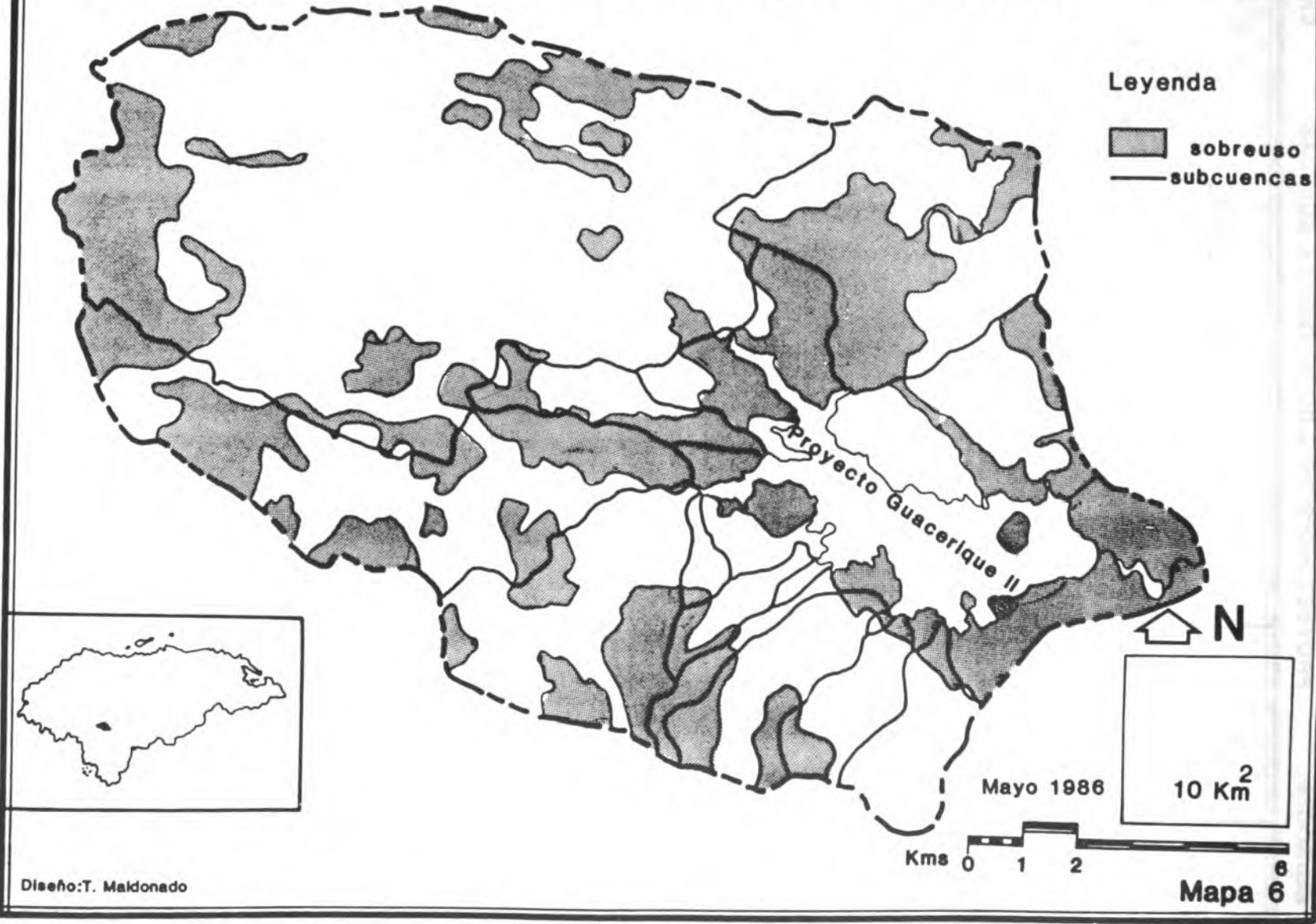
Debido, principalmente a las diferencias de análisis y mapeo del uso actual de la tierra de los años 1975 y 1982, no fue posible comparar la problemática del uso de la tierra de dichos años. Se presentan entonces limitaciones serias para realizar un análisis de los cambios y tendencias del sobreuso en el tiempo; aunque por los cambios analizados en el uso actual y basándose en las visitas al campo se puede inferir un aumento importante del sobreuso. Se observó que las áreas de sobreuso se ubican en las partes altas y bajas de la cuenca, en donde se producen importantes procesos de infiltración en las áreas adyacentes al embalse “Los Laureles” y al embalse proyectado “Guacérique II”. La distribución en la cuenca de esta modalidad de uso, afecta el régimen hídrico de la misma y consecuentemente la producción de agua (cantidad y calidad). Es necesario señalar que el sobreuso es la principal causa de la contaminación no puntual, la que no es posible controlar con acciones aisladas y a corto plazo. Se puede esperar un aumento de las áreas de sobreuso en el futuro debido principalmente al proceso de suburbanización, al mayor crecimiento de la ciudad de Tegucigalpa, al desplazamiento de agricultores por la inundación de tierras agrícolas y a otros problemas asociados a la problemática general aquí expuesta.



Cuenca Rio Guaoerique : Problematica uso do la tierra



Cuenca Rio Guacerique :Sobreuso por Subcuencas



Deforestación

El proceso de deforestación en la cuenca se origina principalmente por la demanda de leña y tierra agrícola. Esto puede regularse para manejar mejor y mantener la actividad en áreas aptas e introducir cambios en el uso de la tierra. Los cortes a tala rasa para introducir cultivos afectan los componentes del balance hídrico y exponen el suelo aumentando los procesos de erosión y sedimentación.

CUADRO No. 3
PROBLEMATICA DEL USO DE LA TIERRA
CUENCA DEL RIO GUACERIQUE

MODALIDAD	A R E A	
	Km ²	o/o
USO CORRECTO	100.7	51.7
SOBRE USO	74.0	37.9
SUBUSO	20.3	10.4
TOTAL	195.0	100.0



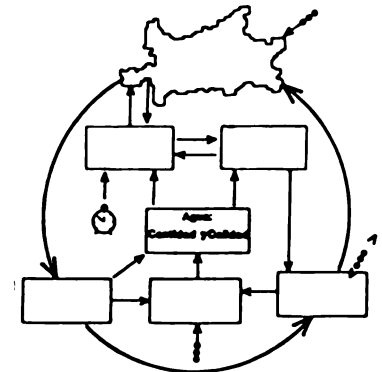
AGUA CANTIDAD Y CALIDAD

Este informe no pretende describir en detalle la problemática de cambios en el régimen hídrico y la calidad del agua que se presentan con la falta de manejo de la cuenca, ya que otros informes lo hacen. Se selecciona aquí los conceptos básicos relacionados con el estudio de uso de la tierra.

Uso Local

Gran parte del agua que produce la cuenca se usa más de una vez dentro de la misma antes de abastecer de agua potable a Tegucigalpa. Con captaciones altas en bosque nublado como el caso de La Tigra no se aprovecha casi nada del agua hasta que llega a las captaciones. En cambio, en una cuenca como Guacerique se aprovecha el agua, en una cadena de actividades desde las partes altas hasta el embalse en la parte baja.

Hay comunidades como la de Mateo que captan su agua potable de una fuente en la parte sur de la cuenca, la cual no es tratada.



Los 8.237 habitantes (Segovia et al, 1985) de la cuenca del Río Guacerique dependen directamente del agua superficial que corre por las quebradas y ríos de la cuenca (excepto los que viven cerca de la planta Los Laureles y reciben su agua de dicha fuente). Los agroquímicos, sedimentos, aguas negras, desechos y detergentes que entran al agua por las diferentes actividades que se desarrollan perjudican la salud de los mismos usuarios-habitantes de la cuenca.

Uso en Tegucigalpa

Tegucigalpa tiene que preocuparse por la calidad y cantidad del agua que llega a su sistema de captación y tratamiento. La cantidad de agua varía no tanto en la producción anual como en la diferencia de caudal entre el verano y el invierno. Con el sobreuso y deforestación la escorrentía aumenta y la infiltración disminuye. Los flujos máximos durante la época de lluvia aumentan complementados con menos caudal en la época seca. Esto disminuye la efectividad del sistema y aumenta el tamaño y costo de los embalses que se necesitan para regular el flujo. Las captaciones en el bosque nublado La Tigra aportan una cantidad de agua más constante que la planta Los Laureles.

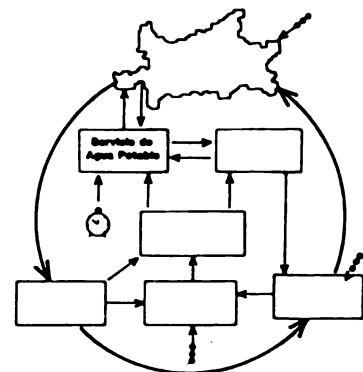


Las mismas actividades suburbanas que sirven para abastecer de bienes y servicios a Tegucigalpa pueden perjudicar su abastecimiento de agua. La turbiedad del agua aumenta con la erosión causada por sobreuso de la tierra; la capacidad de la planta de tratamiento disminuye porque toma más tiempo extraer los sedimentos del agua; la contaminación biológica requiere más cloro para desinfectar el agua; los contaminantes químicos son difíciles de detectar y combatir. Todo equivale a un aumento en el costo de producción del agua potable para Tegucigalpa.

SERVICIO DE AGUA POTABLE

Este sistema interactivo se evalúa por el servicio de agua potable resultante para Tegucigalpa, es decir, la cantidad de agua potable disponible por persona en el área metropolitana. En la figura 1 del capítulo dos (y en la figura al margen) se ve que seis flechas entran y salen de la caja denominada "servicio de agua potable".

1. Como fue discutido en el capítulo anterior el servicio depende mucho de la calidad y cantidad de agua que se capta en las cuencas hidrográficas. Con buen manejo de la cuenca aguas arriba, el servicio no se degrada. Puede mejorarse mediante prácticas adecuadas en cuanto al uso de la tierra. Un mal manejo produce lo contrario.
2. El tiempo es el enemigo de todas las obras humanas y es imperativo el mantenimiento de ellas. El Plan Maestro de 1983, mostró la importancia de la readequación de la tubería de conducción para controlar el incremento en demanda. Sin la readequación, las pérdidas de agua aumentaban más rápidamente que la demanda verdadera (Segovia et al, 1983).
3. El agua atrae gente. Aunque debe ser un factor poco importante en el crecimiento de la población de Tegucigalpa, la presencia de servicios hace el área urbana más atractiva. Si Honduras solo se preocupara por mejorar la calidad de vida en Tegucigalpa, dejando el res-



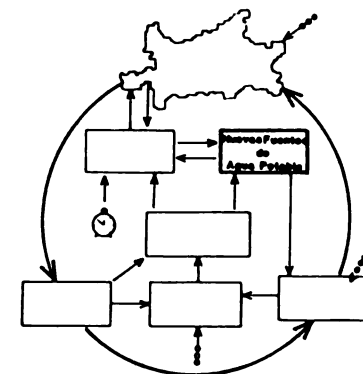
to del país deteriorarse, la migración hacia Tegucigalpa sería cada vez mayor. A largo plazo, la estrategia más eficaz para estabilizar el servicio de agua potable para Tegucigalpa sería aumentar los esfuerzos para mejorar la calidad de vida de los campesinos que son potenciales candidatos a la migración hacia la ciudad. El Proyecto de Manejo de Recursos Naturales ha trabajado sobre esta base.

4. La gente requiere agua. Esta es la parte más obvia del sistema. Cada mes SANAA encuentra miles de personas nuevas alrededor de Tegucigalpa que requieren agua. Aún eliminando otros problemas, es difícil responder a este aumento en la demanda.
5. El déficit requiere nuevas fuentes. Considerando el aumento en demanda, SANAA tiene que planificar el desarrollo de nuevos embalses, captaciones, pasos, plantas de tratamiento, etc.
6. Las nuevas fuentes aumentan la capacidad. Después de años de planificación, programación e implementación, las nuevas fuentes pasan a ser parte de la infraestructura, dando servicio cotidiano a la ciudad. Pero por el análisis anterior, la infraestructura no ofrece toda la solución. Con el deterioro progresivo de las cuencas, es cada vez más difícil encontrar nuevas fuentes adecuadas y es cada vez más difícil mantener la calidad de producción de las fuentes existentes.

NUEVAS FUENTES DE AGUA POTABLE

Según Segovia et al (1985), el SANAA contempla el desarrollo de cuatro nuevas fuentes de agua potable antes del año 2003. La primera sería Guacerique II en la cuenca del Río Guacerique con una capacidad de producción igual a toda la producción actual de todas las fuentes existentes. Fue programada para estar actualmente en operación, pero la construcción aún no ha empezado. Le seguiría, en 1995 una toma al Río Zinguizapa, a unos 30 kilómetros al norte de Tegucigalpa - fuera de la región mostrada en el mapa 1. Entre 1996 y 2003 estarían en producción tres embalses más en las cuencas cercanas a Tegucigalpa: Concepción, en la cuenca del Río Grande, 1996; Tatumbla, en la cuenca del Río Carranares y Tatumbla, 2002; y Sabacuante, en la cuenca del Río Sabacuante, 2003.

En los 17 años que restan al año 2003, el promedio de producción de agua potable subiría de 1155 a 4273 litros por segundo. La producción actual se duplicaría dos veces durante los 17 años. Es un reto prodigioso y la falta de planificación podría resultar en una demora en la ejecución o cancelación de partes del plan. Los análisis de uso de la tierra pueden contribuir no solo a la protección de dichos embalses sino también a su planificación.



Protección de Fuentes

Identificar usos agropecuarios problemáticos y alternativas aceptables. Basado en lo anterior se pueden organizar programas de extensión y asistencia a agricultores para que mejoren su calidad de vida y disminuyan la contaminación del agua. Mediante un estudio adecuado, esto podría incluir ayuda a horticultores en la cuenca del Río Guacerique con técnicas de riego y control integrado de plagas.

Identificar áreas para reforestación y protección de bosques. El Parque Nacional La Tigra funciona eficazmente como protector del agua potable para Tegucigalpa. Es necesario identificar otras áreas en donde sea posible y adecuada la conservación de un bosque maduro. Hay pocas áreas adecuadas en la cuenca de Guacerique, pero áreas pequeñas pueden cumplir una función muy importante. El reto es proteger las áreas una vez identificadas.

Manejar la extracción de leña. Existen áreas donde se puede explotar el bosque sin dañar la cuenca. Mucho del bosque ralo en la cuenca del Río Guacerique se explota para extraer leña. Esto podría ser un uso de la tierra sostenible siempre y cuando se regule la cantidad y el método de extracción. El uso de animales para sacar la leña del bosque hasta los caminos principales es una tradición que favorece al pequeño leñero, al bosque y a las aguas ya que causan menos erosión que el uso de vehículos. Es un uso de la tierra que se debe estudiar con el fin de zonificar y manejar dichas áreas.

Zonificar la cuenca para usos que sean factibles para los dueños de la tierra y recomendables para la protección de la calidad del agua.

Planificación de Fuentes

Identificar áreas donde el sobreuso extendido hace difícil la futura protección de la cuenca para agua potable. El mapa 6 muestra que las áreas alrededor del embalse proyectado Guacerique II son severamente sobreusadas. Estas áreas que aportan escorrentía directamente al embalse, sin entrar primero a un río, son críticas en cuanto a calidad de agua en el embalse. Se podrían considerar varias opciones para evitar problemas: comprar el área de aporte directo además del área del embalse y convertirla en un parque con fines de recreación para Tegucigalpa y área de amortiguamiento para el embalse; limitar los usos privados a usos no intensivos; incluir en el proyecto un sistema efectivo de alcantarillado para captar todos los posibles contaminantes; postergar la construcción del embalse hasta que los problemas de sobreuso sean corregidos y controlados.

Identificar donde hay poco sobreuso. En el mismo mapa se ve que la subcuenca más extensa tiene menos sobreuso que otras subcuencas. Por ser menos accesibles y tener suelos menos fértiles el área ha sido menos explotada. Aun las cabeceras de esta subcuenca experimentan expansión de actividad agrícola y explotación del bosque para leña. Sin embargo, usando la problemática de uso de la tierra como la única consideración, esta subcuenca presenta potencial para un embalse. Los problemas de manejo no serían tan complejos como en la totalidad de la cuenca. La subcuenca presenta aproximadamente solo un 25o/o de sobreuso. Sería provechoso realizar con anticipación estudios de uso de la tierra y socioeconomía ya que complementarían los estudios técnicos para evaluar aquellos sitios más adecuados.

Evaluar el impacto de la inundación. Los terrenos, casas e industrias inundadas por el embalse tienen un valor para el público y mucho más para la gente afectada. Hay que pensar en que lugar los productores y la producción pueden reubicarse. ¿En Tegucigalpa? ¿Aguas arriba en la cuenca?

Anticipar usos y servicios inducidos y sus impactos. Un embalse como Guacerique II no sólo inunda usos actuales sino que también puede cambiar el patrón de uso de la tierra



en áreas adyacentes. El embalse puede atraer urbanizaciones tal como ya ha pasado con el embalse Los Laureles. Las carreteras, van a dar acceso a tierras nuevas, dando incentivos para el desarrollo de nuevas industrias. Hay que planificar como guiar estos cambios, y prevenir impactos negativos.

Colaborar con la planificación del uso urbano de la tierra. El crecimiento de población en sí y la ubicación de nuevas colonias en laderas donde es difícil extender el servicio de agua, caminos, etc., son también un problema. Un plan regional de uso de la tierra debe tratar de mejorar el patrón de uso rural, enfrentar el problema de migración, y también buscar un patrón de asentamiento urbano que evite al máximo los problemas de crecimiento desordenado.

CONCLUSIONES

1. La problemática de uso de la tierra en relación con el agua potable para Tegucigalpa es complejo porque involucra un anillo de cuencas alrededor de la ciudad que se encuentra inserto en una dinámica de cambio. Cualquier estructura para el abastecimiento de agua potable debe ser capaz de responder a tal situación compleja y dinámica. Por ejemplo, a nivel de campo los técnicos deben ser capaces de vigilar y enfrentar los problemas en forma amplia, en vez de actuar en un campo restringido. A nivel de administración, la coordinación interdisciplinaria debe ser lo cotidiano, siendo efectiva con las decisiones y que sean tan dinámicas como los problemas.
2. La solución a los problemas requiere de un manejo integrado de las cuencas abastecedoras, así como de un concepto regional para ordenar y gradualmente frenar el crecimiento urbano-suburbano.
3. Las tomas en la cuenca alta como en La Tigra funcionan bien si se puede mantener la integridad del área protectora. Es una solución difícil pero no compleja.
4. El agua es solo uno de los beneficios de las cuencas alrededor de Tegucigalpa. Cualquier esfuerzo por tratar de solucionar el problema de agua potable tiene que reconocer la importancia de la gente y otras actividades económicas productivas.
5. La cuenca del Río Guacerique se encuentra con una magnitud de sobreuso de aproximadamente 380%. El problema se encuentra en toda la cuenca, pero varía entre subcuencas. Hay oportunidades de frenar el deterioro en aquellas que presentan menor problemática y antes de que esta sea severa. El área inmediatamente alrededor del embalse proyectado, Guacerique II, es crítica por el alto nivel de sobreuso.
6. El manejo del sistema de producción en fincas hortícolas, así como el manejo de bosques productivos de leña son dos problemas/oportunidades que merecen atención inmediata.
7. La planificación tanto del uso de la tierra como socioeconómica debe ser parte del esfuerzo por garantizar una cantidad y calidad de agua óptimas para el consumo de la población de Tegucigalpa y su área metropolitana.
8. En cuencas grandes con problemáticas complejas se puede considerar el escoger aquellas subcuencas menos conflictivas y con mayor potencial para la producción de agua en cantidad y calidad. La construcción de represas pequeñas y el manejo de las subcuencas podría resultar más eficiente mientras se desarrolla la capacidad para manejar las cuencas más grandes y más complejas.



BIBLIOGRAFIA

1. HERNANDEZ, H. Plan preliminar de ordenación y manejo de la subcuenca del río Guacerique. Tegucigalpa, Proyecto de Manejo de Recursos de Manejo de Recursos Naturales, 1983. p. irr.
2. HONDURAS. Ministerio de Recursos Naturales. Proyecto de Manejo de Recursos Naturales. Plan de manejo de las cuencas de los ríos Choluteca y Sampile/Guasaule, Tegucigalpa, 1984.
3. Servicio Autónomo de Acueductos y Alcantarillados. Informe final de diseño. Plan de emergencia "Proyecto Los Laureles". Banco Centroamericano de Integración Económica, Tegucigalpa 1975. 155p. h mapas.
4. HUGHES—HALLET, P. Farmer's attitudes towards agriculturally caused erosion in the Choluteca river basin. Tegucigalpa, AID/HON., 1980. 98p.
5. KRAMER, J.M. and ARCOLEO, J. Management of the Choluteca river watershed. Tegucigalpa, AID/HON., 1980. 105p.
6. MARADIAGA, J.A. Honduras y su potencial dendroenergético. Tegucigalpa, OEA/HON., 1985. 53p.
7. PEREZ, J.R. Plan de trabajo tentativo para la ordenación y manejo de la cuenca "Los Laureles". Tegucigalpa, COHDEFOR, 1981. 18p.
8. SEGOVIA, J.L., HEARNE, P. y LEWANDOWSKI, A. El programa de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Guacerique. Tegucigalpa, SANAA/PMRN, 1985.

REFERENCIAS DE LOS MAPAS

	Página
1.- REGION DE TEGUCIGALPA, HONDURAS, INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. CARTAS GEOGRAFICAS 1:50.000, AREA DE TEGUCIGALPA, ACTUALIZADOS 1978 E INFORMACION VARIA POR COMUNICACION PERSONAL	98
2.- CUENCA RIO GUACERIQUE: USO ACTUAL DE LA TIERRA, 1982 HONDURAS, MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES, PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES, 1984	105
3.- CUENCA RIO GUACERIQUE: AREAS Y USOS CONTAMINANTES. ADAPTADO DE SEGOVIA ET AL., 1985	108
4.- CUENCA DEL RIO GUACERIQUE: CAPACIDAD USO DE LA TIERRA. BASADO EN INFORMACION SOBRE SUELOS Y PENDIENTES DE PEREZ, 1981 Y PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES, 1984	110

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RIO GUACERIQUE

Por: E. Seminario¹, R. Cabrera², I. Mora² y O. Oyuela²

1. Prof. Honorario, Prog. Manejo de Cuencas, Depto. Rec. Nat., CATIE
2. Estudiante de maestría, Prog. Manejo de Cuencas, Dept. Rec. Nat., CATIE.

CONTENIDO

INTRODUCCION	125
METODOS DE ANALISIS	126
RESULTADOS	127
DISCUSION	129
CONCLUSIONES	130
RECOMENDACIONES	130
BIBLIOGRAFIA	131

INTRODUCCION

La erosión es un fenómeno natural que ha existido normalmente, dando lugar a un equilibrio entre la velocidad de desgaste del suelo y la formación del mismo, pero en algunos casos el hombre ha roto ese equilibrio provocando procesos irreversibles, llegándose a perder en poco tiempo lo que ha tomado siglos en formarse.

Es evidente que la planificación y manejo del uso de la tierra pueden jugar un rol muy importante en el proceso de erosión; en este contexto se están desarrollando varias investigaciones en CATIE, que tienen como objetivo la búsqueda de alternativas para resolver la problemática de Manejo de Cuencas en algunos casos específicos. La figura 1 muestra el esquema conceptual de dichas investigaciones, donde se observa el énfasis en el análisis de las interacciones entre las variables biofísicas y las socioeconómicas; en el presente trabajo se analiza uno de los aspectos de este esquema (casilla achurada en la fig. 1).

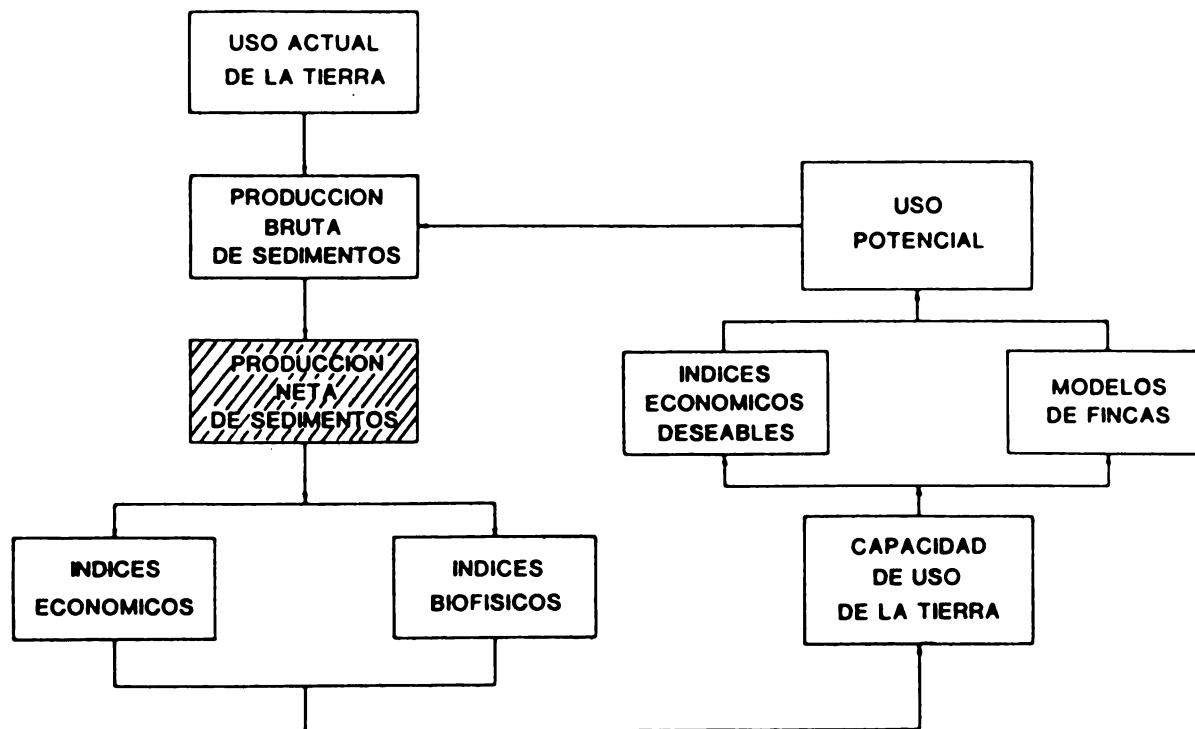


Fig. 1 Modelo Conceptual

La cantidad de sedimentos que se mueve dentro de una cuenca se denomina "erosión bruta", mientras que la cantidad de sedimentos medida en determinado punto, donde llegan después de haber sido erosionados y transportados, se denomina "erosión neta". El presente documento trata sobre la "erosión neta" en la cuenca Guacerique.

El transporte de sedimentos en escurrimientos de aguas naturales está determinado por varios factores: hidrológicos, fisiográficos, características hidráulicas, etc. El fenómeno de transporte es complejo por la interdependencia de estos factores; sin embargo, dada la gran importancia que reviste por su incidencia directa en grandes inversiones en infraestructura, durante las últimas década se han venido haciendo esfuerzos considerables en investigar el comportamiento de los sedimentos erosionados y transportados, llegándose a resultados importantes, aunque aun falta mucho por conocer.

El conocimiento de la ley que establece la descarga de sedimentos de un río en función del caudal líquido, $Q - f(Q1)$, es muy importante para prever la evolución del mismo, más aún cuando este sufrirá una modificación provocada por el hombre (la construcción de una presa, por ejemplo). Existen técnicas más o menos complementarias que hay que combinar con observaciones "in situ" para tener una buena confiabilidad de resultados, entre ellas se pueden mencionar: 1) modelos matemáticos de predicción basados en criterios puramente

hidráulicos (determinísticos) o en consideraciones de tipo probabilístico (estocásticos), 2) métodos directos y 3) utilización de modelos hidráulicos.

En el presente estudio se han utilizado dos modelos matemáticos de tipo determinístico para predecir la descarga de sedimentos en el río Guacerique, resultados que serán verificados próximamente con las mediciones directas que se efectuarán dentro del programa de monitoreo de la calidad de agua en la cuenca.

MÉTODOS DE ANALISIS

Los modelos escogidos para el análisis del presente estudio son aquellos que "a priori" se adaptarían mejor a las condiciones del río Guacerique; sin embargo, la comprobación mediante mediciones directas indicarán si es necesario probar otros modelos para escoger aquel que mejor se ajuste.

El primer modelo matemático aplicado es el modelo Laursen el cual basa sus consideraciones y cálculos en las características hidráulicas del curso de agua y las características del material del lecho del río. La relación utilizada es:

$$c = \sum p (d/y_0)^{7/6} \cdot (\tau'_0/\tau_c - 1) \cdot f(\sqrt{(\tau_0/\sigma)}/w) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{donde: } \tau'_0 = V^2 d_m^{1/3} / 30 y_0^{1/3} \dots \dots (2)$$

en la cual "c" representa la concentración media, "p" es la fracción del material del lecho de diámetro "d"; "y₀" es el tirante de agua; "τ'₀" que describe la fracción de la fuerza tractiva asociada a las partículas de sedimento la cual está expresada por la ecuación (2); "τ_c" que expresa la fuerza tractiva crítica; "τ₀" es la fuerza tractiva total actuando sobre el lecho; "σ" es la densidad del agua y "w" la velocidad de caída de las partículas. El gráfico de la figura 2 muestra la resolución de la ecuación (1), en base a la cual se trabajó a través de un programa de cómputo en Fortran IV.

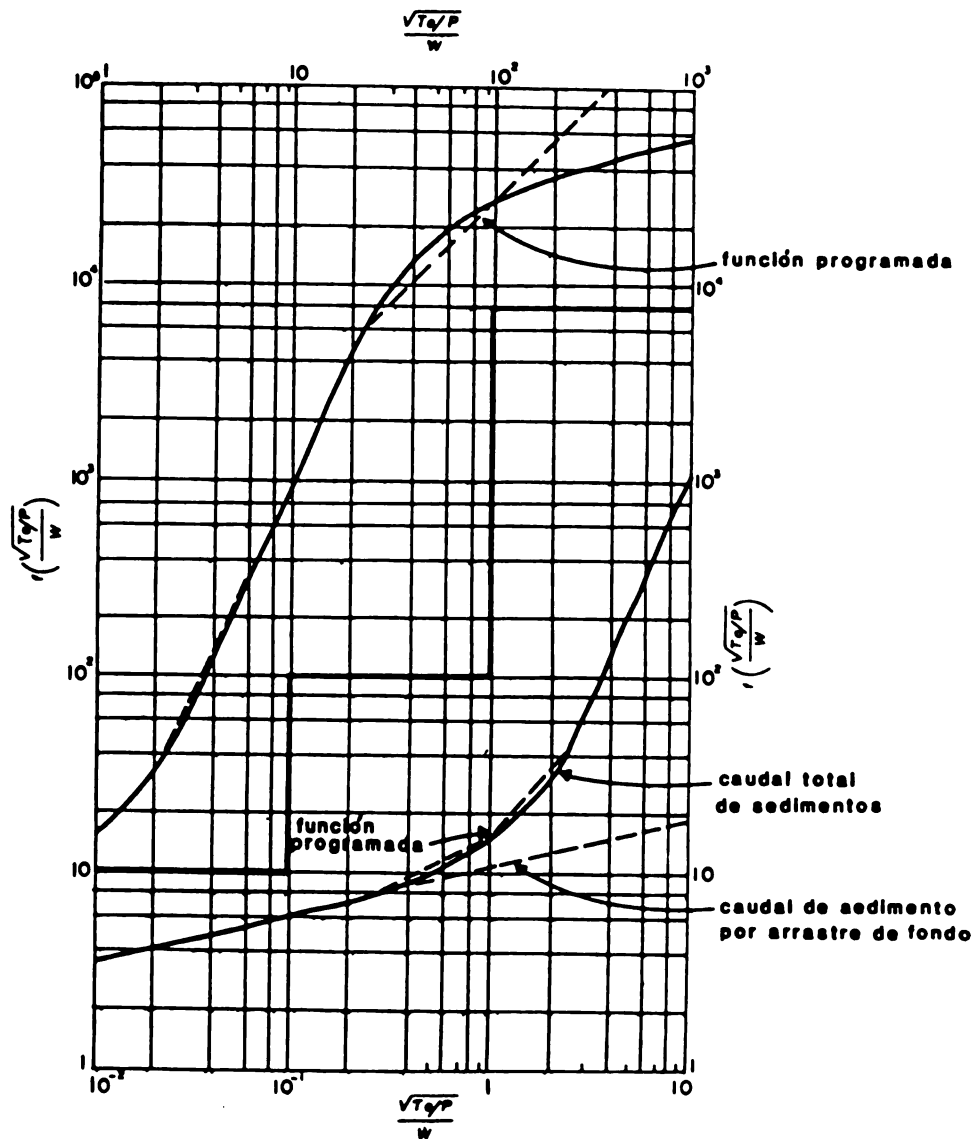


Fig. 2 Relaciones de transporte de sedimentos por el método Laursen

El segundo modelo es el de Peter-Meyer-Müller el cual también es un modelo determinístico que al igual que el de Laursen se basa en el análisis de las condiciones críticas, las cuales se han calculado mediante tres criterios diferentes: Shields, Meyer-Peter y Lane. La ecuación que traduce el modelo de Peter-Meyer-Müller es la siguiente:

$$q = K(\tau_0 - \tau_c)^{3/2} \dots \dots \dots (3)$$

con: $\tau_0 = \sigma g Q'_{1}/Q_1 (K= /K_r)^{3/2} R J \dots \dots \dots (4)$

$$\tau_c = A (\sigma = - \sigma) g d_{50} \dots \dots \dots (5)$$

$$K = [\sigma = /(\sigma = - \sigma)] \cdot [1/\sigma^{1/2}] \cdot [1/B^{3/2}] \dots \dots \dots (6)$$

- donde: q =: gasto específico
g : gravedad
Q'1 : fracción del caudal líquido (Q1) que disipa su energía en la parte erosionada del lecho
K = : coeficiente de Strickler (experimental)
Kr : coeficiente de Strickler (teórico)
R : radio hidráulico
J : pendiente de la línea de energía
A, B, K : constantes

Los demás símbolos son los mismos que están definidos en el modelo Laursen.

Para la aplicación de los modelos en el caso del Río Guacerique se tomaron muestras del material del lecho del río, cuya curva granulométrica se presenta en la figura 3. Asimismo se utilizó la información de caudales de la estación hidrométrica Guacerique II y se levantó la información complementaria a fin de determinar las características hidráulicas del curso de agua.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos por ambos métodos se presentan en el cuadro No. 1. Con estos valores se obtuvo el gráfico de la figura 4, que representa la función Q—f(Q1) que buscamos.

Para obtener la expresión matemática de Q—f(Q1) se ensayaron varias funciones, lográndose un mejor ajuste con la función Potencia en ambos casos; los resultados son los siguientes:

Caso del modelo Laursen:

$$Q_s = 3.76 \cdot 10^{-4} \cdot Q_1^{2.76} \dots \dots \dots (7)$$

$$13 < Q_1 < 53$$

con: coeficiente de correlación R= 0.999
 bondad de ajustamiento A= 0.999

Caso del método Peter-Meyer-Müller:

$$Q_s = 7.77 \cdot 10^{-4} \cdot Q_1^{4.04} \dots \dots \dots (8)$$

$$13 < Q_1 < 53$$

con: coeficiente de correlación R= 0.98
 bondad de ajustamiento A= 0.96

**CUADRO 1. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DEL RIO GUACERIQUE
 RESUMEN DE RESULTADOS
 MODELOS LAURSEN Y PETER-MEYER-MULLER**

H (m)	Q ₁ (m ³ /5)	Q _s		Q _s		Q _s	
		Q _s		Q _s		Q _s	
		Laursen	P-M-M	Laursen	P-M-M	Laursen	P-M-M
0.6	0.16	—	—	—	—	—	—
0.8	2.00	—	—	—	—	—	—
1.0	6.20	—	—	—	—	—	—
1.2	13.30	0.21	/	0.28	/	0.49	0.19
1.4	25.40	1.36	/	1.69	/	3.05	6.79
1.6	38.90	4.64	/	5.33	/	9.97	22.92
1.8	52.40	10.32	/	11.53	/	21.85	47.00

RIO GUACERIQUE
Estación Guacerique II

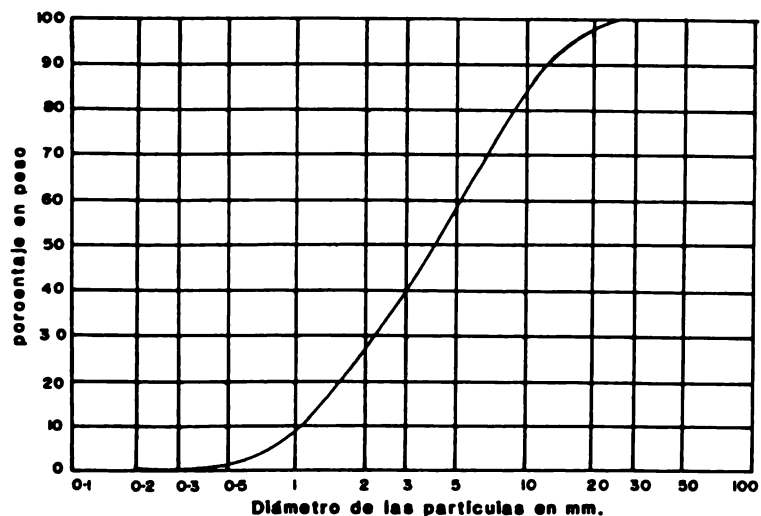


Fig.3 Curva granulométrica del material del lecho del rio Guacerique

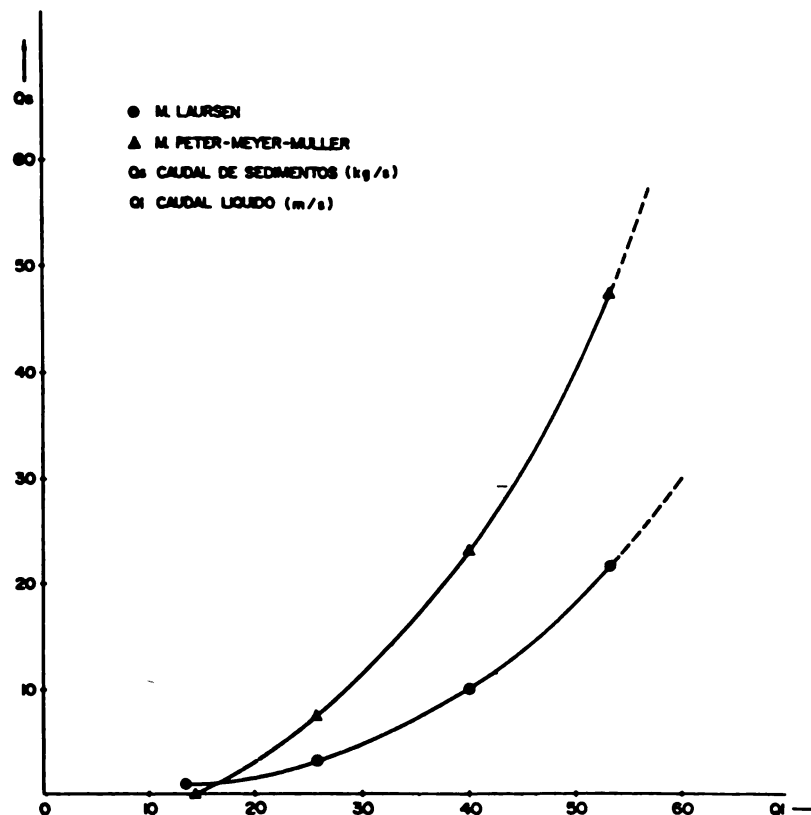


Fig. 4 CAUDAL DE SEDIMENTOS EN FUNCION DEL CAUDAL LIQUIDO

DISCUSION

Se observa que los caudales sólidos obtenidos por el método Laursen son menores que los calculados por el método de Peter-Meyer-Müller, este mismo efecto se produjo en el caso del río Muddy Creek en un estudio realizado por E. Laursen y E. Seminario, en el cual se detectó que el valor T^o/T_c era demasiado bajo, en consecuencia en la expresión (1), "c" devenía bajo, por lo que se necesita un factor de corrección, que ahora se comprueba la necesidad de estudiarlo con más detenimiento.

La ventaja del modelo Laursen es que permite obtener, como resultado adicional, el caudal sólido en suspensión Q_{susp} y el caudal de arrastre de fondo Q_{fondo} ; igualmente permite conocer la curva granulométrica del material transportado.

Las condiciones del lecho del río Guacerique son características de ríos de montaña, en los cuales el parámetro “E” de rugosidad del lecho es muy significativo $1/SE - 2 \log (R/K) + 1.74$ (NIKURADSE), que definitivamente es un factor a considerar en la corrección arriba mencionada.

Las mediciones directas serán el único medio de verificar, corregir y/o ajustar los resultados de este domicilio.

Estos modelos, como muchos otros, no consideran los caudales del material de lavado (“wash load”) que es el material fino ($d < 0.062$ mm) que se encuentre sobre todo en suspensión durante una avenida, el cual no se encuentra en suficiente cantidad en el material del lecho del río antes o después de dicha avenida y que proviene en gran parte de la erosión bruta. Este fenómeno es más intenso en las primeras lluvias de la estación húmeda.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares obtenidos deben tomarse como indicativos, su verificación con mediciones directas en el campo permitirá lograr un ajuste adecuado.

Por las condiciones de trabajo en que se realizaron las investigaciones originalmente (sobre todo el tipo de material), el modelo de Peter-Meyer-Müller se puede adaptar mejor al caso del río Guacerique.

Por los resultados preliminares obtenidos se observa que la sedimentación del embalse podría no ser un problema extremadamente preocupante, sin embargo es necesario medir el material de lavado para concluir en forma definitiva.

RECOMENDACIONES

Probar otros modelos en especial los estocásticos tipo Einstein y ver cual es el que mejor se ajusta (verificándolo con mediciones) para el caso de Guacerique.

Por las características del uso de la cuenca (agricultura y abastecimiento de agua potable) sería muy conveniente probar modelos para medir la contaminación debido a la utilización de agroquímicos, además de los modelos sedimentológicos; entre los que se pueden sugerir se tienen: CREAMS, EPIC, ANSWERS, entre otros.

Implementar urgentemente el plan de monitoreo y calidad de agua para la cuenca (elaborado por SANAA y el PMRN).

Tomar muestras durante avenidas para medir el “material de lavado”.

Retomar algunas parcelas de escorrentía para medir la erosión bruta y validar o corregir resultados anteriores.

Por la importancia de la cuenca, elaborar un plan de manejo, con proyectos operativos que avancen algunas acciones en las zonas críticas.

BIBLIOGRAFIA

- AKIYAMA J. and Stefan H., "Turbidity Current with Erosion and deposition", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. III No. 12, December, 1985.
- GRAF, W. H. "Hydraulics of Sediment Transport". Ed. Mc Graw Hill. 1971.
- LAURSEN, E.M., "The Total Sediment Load of Streams", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY 1, February 1958.
- LAURSEN, E. M., S. Ince and J. Pollack, "On Sediment Transport Through the Grand Canyon", Proceedings of the Third Federal Inter-Agency Sedimentation Conference, March 1976.
- LAURSEN, E., Seminario E., "Comments on measurement and computational of bed material discharge in a shallow sand bed stream, Muddy Creek, Wyoming", Civil Engineering Department, University of Arizona, August 1981.
- NOUGARO J., "Ecoulements a surface libre". Cours edite par l' Institut National Polytechnique de Toulouse (ENSEEIH). 1970.
- OUZIAUX R., Perrier J., "Mécanique des fluides appliquée", Dunod Université, 1978.
- RAUDKIVI, A. J., "Loose Boundary Hydraulics. Edition Pergamon Press. 1967.
- WIUFF R., "Suspended Material in Open Submerged Streams", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. III No. 5, May 1985.
- ZERNIAL, G. A., and E. M. Laursen, "Sediment — Transporting Characteristics of Streams", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 89, No. HY 1, January, 1963.

PROPUESTAS PARA MANEJO Y CONSERVACION DE CUENCAS

*Ing. M. A. Blair**

* *Ingeniero, M. Sc.*

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	137
II.	PROPOSITOS/OBJETIVOS DEL ESTUDIO	137
2.1	ANTECEDENTES	137
2.1.1	Definición del Problema	137
2.1.2	Identificación de Proyectos	138
2.2	JUSTIFICACION	139
III.	EL PROYECTO	139
3.1.	MARCO INSTITUCIONAL	139
3.2	FUNDAMENTO/ARGUMENTO CENTRAL	140
3.2.1	Deforestación	140
3.2.2	Erosión	140
3.2.3	Cantidad y Calidad de Agua	140
IV.	PLAN DE TRABAJO	141
3.1.	Reforestación	141
3.2.	Conservación de Suelos	142
3.3.	Cantidad y Calidad de Agua	142
V.	POLITICAS DE APOYO E INCENTIVOS	143
5.1	ASPECTO LEGAL Y DIVULGACION	143
5.2	INCENTIVACION	143
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	144

INTRODUCCION

El abastecimiento de agua para consumo humano es un grave problema en Honduras, particularmente en su ciudad capital Tegucigalpa, D.C., que alberga aproximadamente el 13.50/o de la población.

Tal como se describe en la primera parte de este trabajo, el SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS conciente de tal situación ha estudiado seriamente el problema y ha identificado claramente la solución del mismo a mediano y largo plazo.

La planificación y ejecución de las tareas definidas por el proyecto que presenta la solución para el problema del agua en Tegucigalpa, requiere de la participación conjunta de los diferentes organismos e instituciones del Estado entre sí en el uso del recurso (agua), en vista de la magnitud de las obras propuestas hasta el año 2010.

Como este tipo de proyectos, en Honduras, no son muy frecuentes (aún para la capital), y debido a que las inversiones que se requieren para su ejecución son enormes, uno de los objetivos principales del plan de trabajo propuesto es desarrollar acciones en torno a tres aspectos fundamentales que contribuyen muy significativamente al deterioro de las cuencas que resultan posteriormente en el acortamiento del período útil de embalses; y que finalmente resultan en sensación de frustración cuando un proyecto fracasa.

Las acciones como se presentan buscar intencionalmente evitar la elaboración de un nuevo plan de manejo de cuencas y si trata de urgir o motivar a la aplicación de soluciones inmediatas. El problema es evidente y la preocupación general; su solución puede ser más eficaz si se parte de un microsistema; deforestación, erosión, y, cantidad y calidad de agua.

II PROPOSITOS/OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1. *Definición del Problema*

Tegucigalpa, al igual que la mayoría de las capitales latinoamericanas ha observado un crecimiento acelerado de la población en su área metropolitana, con el consecuente agravamiento de los servicios de abastecimiento de agua potable, disposición de aguas residuales y evacuación de aguas lluvias.

Desde la urgente necesidad de solucionar tales problemas, el SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, mediante una Asistencia Técnica brindada por el Banco Interamericano de Desarrollo elaboró a través de un grupo consultor honduro-alemán el PLAN MAESTRO para TEGUCIGALPA, D. C., cuyos objetivos principales fueron presentar soluciones a corto, mediano y largo plazo para el mejoramiento de los sistemas de agua potable y saneamiento, en concordancia con el crecimiento de la ciudad, hasta el año 2010.

La ejecución del PLAN MAESTRO es una tarea compleja e involucra el desarrollo de programas y proyectos complementarios que son mutuamente dependientes como el manejo y ordenación de cuencas. Desde el punto de vista de abastecimiento de agua, el manejo y ordenación de una cuenca (SANAA, 1985) es el manejo de la tierra y el uso racional de sus recursos naturales para obtener una producción óptima de agua de buena calidad, la regulación del agua para un mejor rendimiento y la máxima estabilidad del suelo junto con otros productos de la tierra teniendo como objetivos principales mantener y/o incrementar el rendimiento del agua, regular el tiempo de la corriente controlar el escurrimiento excesivo y la erosión del suelo.

2.1 2. Identificación de Proyectos

El crecimiento poblacional en el área metropolitana del Distrito Central en los últimos años ha sido bastante alta y la tasa de crecimiento que se ha alcanzado (desde 1978), es del orden de 5.90/o (SANAA, 1980). La población actual de 530,000 habitantes aumentará a casi 1.88 millones de habitantes en el año 2010 y la demanda de agua potable actual de 120'000 m³/día aumentará hasta 550'000 m³/día

Para cubrir tales demandas en los próximos años es necesario tomar medidas urgentes que el SANAA ha reconocido y está trabajando en forma exitosa. La ejecución del PLAN MAESTRO PARA TEGUCIGALPA, D. C., significa el desarrollo de un proyecto grande y complejo en forma sistemática para cubrir paulatinamente la demanda de agua y disponer de las aguas negras por medio de las adecuadas obras de ingeniería. Implica, la participación (forzosa) de otras instituciones, reorganizaciones administrativas, serias decisiones políticas y estructuraciones tarifarias. Los Cuadros 1 y 2 muestran las proyecciones de población y las respectivas demandas a ser satisfechas mediante los proyectos definidos por el PLAN MAESTRO PARA TEGUCIGALPA, D. C.

La gráfica 1 muestra la ubicación de los proyectos propuestos cuya identificación es la siguiente:

Embalses: Concepción, Guacerique, Sabacuante, Tatumbla.

Proyectos de agua subterránea: Amaratca y Río Hondo.

Tomas superficiales de montaña: El Chile, Ziuguizapa.

CUADRO 1 PROYECCION DE POBLACION

RED DE PRESION	A Ñ O		
	1990	2000	2010
Baja	107'000	130'000	155'000
Media	215'000	366'000	563'000
Alta	200'000	367'000	637'000
Superior I	82'000	138'000	256'000
Superior II	34'000	78'000	136'000
Superior III	13'000	32'000	79'000
Superior IV	4'000	7'000	15'000
Fuera Superior IV	10'000	18'000	27'000
TOTAL	665'000	1,136'000	1'868'000

FUENTE: SANAA. PLAN MAESTRO PARA TEGUCIGALPA, D. C. II Reunión de Gerentes y Directores de Instituciones de Agua Potable y Alcantarillado de Centroamérica y Panamá, Tegucigalpa, D. C., Honduras, C. A.

CUADRO 2 – DEMANDA DE AGUA (m³/día)

RED DE PRESION	A Ñ O		
	1990	2000	2010
Baja	33'240	49'233	66'619
Media	51'145	104'580	175'870
Alta	46'411	103'334	188'862
Superior I	12'071	25'853	63'956
Superior II	3'189	9'537	28'426
Superior III	1.054	3'835	15'641
Superior IV	451	1'200	3'524
Fuera Superior IV	1'385	3'113	6'936
T O T A L	148'946	300'685	459'834

2.2 JUSTIFICACION

La Cuenca Nor-oriental (Montaña San Juancito) constituye la fuente primaria por excelencia para el abastecimiento del agua de Tegucigalpa tanto por su cantidad como por su calidad. En ella se encuentran localizadas 25 tomas superficiales que proporcionan el 43o/o del total de abastecimiento. Actualmente se está haciendo una inversión del orden de 14 millones de lempiras para mejorar los sistemas de conducción hasta los centros de distribución El Picacho y El Lindero. La Cuenca del Río Guacerique aporta actualmente el 36o/o del agua destinada al consumo humano, y con el nuevo embalse a ser construido dentro de la misma cuenca a un costo de cerca de 350 millones de lempiras para ampliar el sistema actual, dicha cuenca se convertirá en la mayor abastecedora del agua para el abastecimiento de la capital.

Los proyectos para abastecimiento de agua, tanto el mejoramiento de los existentes como la construcción de nuevos, para el Distrito Central, se han vuelto cada vez más complejos, tal como lo demuestran los estudio del PLAN MAESTRO PARA TEGUCIGALPA, D. C. y las enormes inversiones para su desarrollo obligan a que las mismas sean planificadas debidamente considerando períodos largos para su vida útil.

Los embalses y lagos son el reflejo final del comportamiento humano y se vuelven la materia principal de estudio (Blair, 1984) especialmente cuando su uso está orientado al consumo humano. Los habitantes de la cuenca son factores fundamentales que deben ser considerados, fijando como metas principales su bienestar personal puesto que ello significará “factores favorables” en los esfuerzos que se realicen por lograr que las obras ejecutadas alcancen al máximo posible el total del período de vida para el cual hayan sido proyectados. (Blair, 1984).

III. EL PROYECTO

3.1 MARCO INSTITUCIONAL

Tegucigalpa es la primera ciudad del País y la más importante. Además de ser la Capital de la República es la sede del Gobierno Central y de las principales oficinas del Estado. En ella se concentra aproximadamente el 31.5o/o de la población total del País, misma que cuenta con las mejores y mayores oportunidades de superación. En ella se encuentra el centro de la economía nacional y es el asiento de las oficinas matrices de la mayoría de los bancos que operan en Honduras.

No obstante la importancia ya destacada anteriormente, el Gobierno de la República ha dado realmente poco apoyo a los proyectos relacionados con la preservación y protección de los recursos hídricos que influyen en la problemática del agua potable de la Capital.

La magnitud de las tareas involucradas y la naturaleza del manejo y ordenación hace necesaria la participación (forzosa) del Gobierno en forma integrada a través de los siguientes organismos e instituciones.

Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal
Corporación Municipal del Distrito Central
Fuerzas Armadas de Honduras
Secretaría de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte
Secretaría de Gobernación y Justicia
Secretaría de Recursos Naturales
Secretaría de Salud Pública
Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

3.2 FUNDAMENTO/ARGUMENTO CENTRAL

No obstante la serie de problemas reconocidos como consecuencia del mal uso/manejo inadecuado de las cuencas, el proyecto enfoca únicamente el tratamiento de tres parámetros con el fin de crear un (micro) modelo. El estudio de dicho modelo y su comportamiento darán las bases sobre estudio para generar políticas y estrategias para manejo y ordenación planificada de cuencas.

Los aspectos a considerar son:

- Deforestación
- Erosión
- Calidad y cantidad de agua.

3.2.1 Deforestación. El problema de la deforestación es quizás el principal de los problemas que conduce a la degradación de la cuenca. Cualquiera que sea la forma en que ésta se practique: cortes para leña, cortes para madera comercial, limpieza y/o quemas para fines agrícolas, etc.

Montaña San Juancito. Existen dos zonas claramente definidas en función de la altura que presentan diferencias en relación con la deforestación: la zona comprendida arriba de la cota 1700 msnm que comprende la zona boscosa 'nublada' del Parque Nacional La Tigra que no presenta problemas de deforestación debido a la morfología de la zona que hace difícil el acceso motorizado y a la vez desalienta al campesino a residir dentro de la misma; y la zona localizada por debajo de la cota anterior, dentro de la cual se encuentran ubicadas las pequeñas obras que el SANAA ha construido para la captación de agua, que sí presenta problema de deforestación.

Cuenca Guacerique. A diferencia de la Montaña San Juancito, la cuenca del Río Guacerique presenta problemas graves de deforestación. Aproximadamente el 90o/o de la cuenca, equivalente a 170 km² se encuentra seriamente dañada, dificultándose cada vez más la capacidad de retención/producción de agua del suelo en la cuenca, modificando cada vez en mayor grado el ecosistema y reduciendo la efectividad posible reversión del proceso de degradación. Existe una única zona que constituye tal vez el 10o/o, es decir, 19 km² que representa menor grado de deterioro, que es la montaña de Azacualpa. La vegetación escasa facilita los aspectos de evaporación y escorrentías instantáneas.

3.3.2 Erosión. La erosión dentro de la cuenca resulta en cargas de sedimentos en los embalses, reduciendo su capacidad de almacenamiento y consecuentemente su período de vida útil, especialmente en áreas que han perdido su cobertura vegetal debido a quemas o prácticas agrícolas inadecuadas.

Montaña San Juancito. No obstante la situación no extrema de deforestación antes explicada existe alguna razón considerable de arrastre de sedimentos originado por erosión de canal que provoca desprendimiento y movimiento de material de suelo procedente de la zona boscosa más alta, favorecida por las pendientes fuertes que son característica de esta zona. Este arrastre es luego fuertemente influenciado por la zona alledaña actualmente deforestada que incrementa esta tasa mediante aportación adicional.

Cuenca Guacerique. A diferencia de la Montaña San Juancito, la situación en esta cuenca es totalmente diferente tanto en lo relacionado con la cantidad como la calidad del agua. La pobre calidad del agua cruda obliga a su tratamiento para que logre la condición de potabilidad. Desafortunadamente la calidad del agua cruda tiende a empeorar con el tiempo debido al desmejoramiento cada vez mayor de la cuenca y al incremento de la contaminación en la misma. En cuanto a la disponibilidad del agua, la capacidad bastante baja de producción de la cuenca conduce inevitablemente a la ejecución de embalses para aprovechar las épocas de lluvias que producen escorrentías hasta del orden de 135'000 m³/d para posteriormente ser regulados a través de dichos embalses.

IV. PLAN DE TRABAJO

El equilibrio ecológico debe tomar en consideración al habitante de la cuenca como protagonista principal (del mismo), quien depende directamente del ecosistema para su subsistencia. En consecuencia, uno de los fundamentos y metas de cualquier plan debe perseguir su bienestar teniendo siempre en cuenta sus necesidades, costumbres y tradiciones para el mejoramiento de su nivel de vida. Las herramientas para el cumplimiento de las metas requieren de asistencia técnica y económica para el habitante de la cuenca por parte del Gobierno Central; y la respuesta positiva hacia el plan en ejecución lo constituirán los siguientes indicadores, en todo caso medibles:

- (i). Reducción de la inmigración rural hacia el área urbana de la Capital.
- (ii) Mejoramiento del nivel de vida y reducción del índice (rural) de morbilidad.
- (iii) Detención y posterior reversión del proceso de deterioro de la cuenca.

En el caso de la Cuenca Guacerique, antes de poner en acción cualquier plan orientado al manejo y ordenación se requiere lograr la declaratoria de zona de reserva de la cuenca, puesto que se requiere de (alguna) base legal para que las acciones a tomar sean efectivas.

Cuenca Guacerique. La erosión tipo superficial presente en el área es tan elevada que de acuerdo con mediciones aproximadas efectuadas por el SANAA para estimar el volumen de sedimento actual en el embalse. Los Laureles se encontró que dicho embalse ha alcanzado en la mitad del tiempo el volumen de sedimentos estimados para el total de su período de vida útil. La existencia de un mayor número de caminos facilita la movilización de población dentro de la cuenca contribuyendo en forma directa con los factores que estimulan la degradación de la cuenca. El volumen estimado de arrastre de sedimentos por causa de la erosión se ha estimado teóricamente ser del orden de 500t/km²/año. Un alto porcentaje de estos sedimentos se debe a las carreteras de tierra que cruzan la cuenca.

3.2.3. Cantidad y Calidad de Agua.

Montaña San Juancito. Los estudios del Plan Maestro y los análisis de registros históricos han demostrado que las aguas de la cuenca nor-oriental son de buena calidad, reduciéndose levemente la misma al inicio de la época lluviosa. En cuanto a la cantidad ésta ha presentado una variación (histórica) muy pequeña puesto que a diferencia de hace algunos años, en la actualidad la producción registrada en esta área es del orden de 110'000m³/d durante la época lluviosa, reduciéndose hasta cerca de 22'700 m³/d durante la época seca, cuyo pico más bajo se presenta en el mes de Abril. En realidad, la producción promedio (65'000 m³/d) alta de esta cuenca se atribuye a que la zona boscosa nublada que constituye la mayor aportante de fuentes posee una capacidad alta de retención y producción de agua (fenómeno de infiltración-exfiltración) que en su trayecto hasta las captaciones sufre los efectos adversos del área deforestada.

3.1 Reforestación.

Montaña San Juancito. Es de particular interés el manejo de la vegetación en las áreas de recolección de agua, especialmente en los terrenos elevados con el fin de aumentar la recolección de agua disponible. En términos de cantidad, la recolección puede aumentarse o al menos sostenerse en un régimen constante por medio de tratamientos de la vegetación (MAB, 1981). El manejo de la vegetación, en las inmediaciones de las áreas de influencia directa bosque productor-área/obras de captación, como ser corte de la copa elevada de los árboles para reducir la evapotranspiración y permitir que una mayor cantidad del agua de la atmósfera (lluvia, rocío) pase a formar parte del caudal de las quebradas y/o ríos. La aplicación de lo anterior en la cuenca de la Montaña San Juancito significaría manejar aproximadamente 1000 Has. Las restantes áreas actualmente bajo explotación continuarían bajo el 'status actual', tratando en lo posible evitar su expansión. Esto significaría labores de vigilancia en la zona a cargo de un Cuerpo de Guardia Forestal bajo la dirección de la COHDEFOR; los integrantes de este cuerpo de vigilancia deberán poseer, al menos, preparación escolar y/o conocimientos agrícolas.

Cuenca Guacerique. Dadas las características críticas de la cuenca, se considera necesario la reforestación pero inicialmente en las inmediaciones de las fuentes de captación de agua y las áreas de influencia directa (aguas arriba), especialmente en las inmediaciones de la Montaña de Azacualpa que constituye la zona principal de nacimiento de las fuentes aportantes. Esto significaría reforestar aproximadamente 3'000 Has que representan casi un 16o/o del área de la cuenca, (ver Anexo 2) evitando el establecimiento de bosques de copas altas con el fin de no dar lugar a la disminución en la recolección de agua. Las áreas circunvecinas a los diversos centros poblados actualmente destinados a la siembra de plantas hortalizas pueden continuar cumpliendo su función actual bajo vigilancia para evitar que otras áreas sean destinadas a esta actividad sino es bajo la orientación y supervisión de la Oficina correspondiente de COHDEFOR. La labor de vigilancia podría ser encargada al mismo cuerpo de guardias que trabajen para la Montaña San Juancito.

3.2 *Conservación de Suelos*

Montaña San Juancito Debido a las pendientes fuertes de la zona y al tipo de suelo que dan lugar a escorrentías instantáneas en la zona deforestada con arrastre de sedimentos, hacia las captaciones originadas principalmente por el tipo de erosión que es de canal o desagadero, la medida inmediata sería la construcción de pequeñas presas porosas, inicialmente en la parte media de cada corredor tributario de los cuerpos receptores mayores con el fin primario de formar barreras para el arrastre de sedimentos primario de formar barreras para el arrastre de sedimentos pero no del agua. Esto implicaría la construcción de aproximadamente entre 25 y 30 presas pequeñas con mantenimiento preventivo anual mínimo. El fin último de esta actividad es el manejo y control del agua cuando está disponible para su regulación posterior cuando su cuantía es menor (balance de masas) a través de procesos naturales. Estas presas deberán disponer de algún dispositivo para la medición de sedimentos para posterior aplicación de resultados. La acción necesariamente deberá ser complementada con técnicas de cultivo que incluyan la conservación de suelos; lo cual puede ser desarrollado por extensionistas de la dependencia respectiva de la Secretaría de Recursos Naturales.

Cuenca Guacerique. Debido al alto grado de deterioro se hace urgente la práctica de cultivos permanentes que fomenten o estimulen el crecimiento y mantenimiento de la cubierta vegetal, así como la introducción de técnicas de conservación de suelos en las actividades de siembra. Ambas actividades sería competencia de Extensionistas de la correspondiente dependencia de la Secretaría de Recursos Naturales puesto que la acción de reforestación es una actividad con resultados a mediano y largo plazo, y tomando en consideración la (geo) morfología de la zona, se recomienda la construcción de barreras sumergidas en los cauces principales en las áreas inmediatas a las zonas muy deforestadas, especialmente las carentes de la cubierta vegetal por uso extensivo de pastoreo, quemas, agricultura migratoria, y las sujetas al cultivo de plantas hortalizas. Debido a la reducción considerable del flujo en la época de estiaje, se facilitaría la remoción de sedimentos en las mismas. Lo anterior representará la construcción inicial de 12 barreras debidamente equipadas con algún sistema de medición de sedimentos. (Ver Anexo 2).

3.3 *Cantidad y Calidad de Agua.*

Montaña de San Juancito. Los registros del SANAA indican la existencia de un régimen de flujo casi permanente con medianas variaciones en la cantidad de agua entre la época de lluvia y la época de estiaje. Esto indica que dicho régimen de flujo se encuentra influenciado por la transición existente entre la zona de producción y la captación, puesto que las mediciones de caudal efectuados así lo reflejan. En consecuencia, la acción fundamental deberá ser orientada al sostenimiento de dicho régimen para tratar de continuar brindando servicio a una población aproximada de 110'000 habitantes que representan el 43o/o de la población conectada al sistema.

En cuanto a la calidad del agua, de acuerdo con análisis efectuados por el SANAA, la misma es muy buena. Sin embargo, la actividad fundamental sería establecer un programa de muestreos periódicos en las fuentes de captación con el fin de establecer un control adecuado de carácter cualitativo que se encamine a mantener dicha calidad. Esto se podría lograr con la ejecución de un proyecto de monitoreo de duración extensa los primeros años, y posteriormente periódica con el fin de conocer, en forma continua, la variabilidad de la calidad del agua cruda; la ejecución de este proyecto estaría a cargo de la Unidad de Laboratorios de Análisis de Agua del SANAA.



Cuenca Guacerique. El manejo de la vegetación y los aspectos de conservación de suelos en la forma planteada constituyen las acciones iniciales orientadas a mejorar el régimen de flujo en esta cuenca, cuyas variaciones son muy profundas entre la época de lluvias y la época de estiaje. Tales actividades buscarían fijar y mantener un volumen medio de 2.5 m³/s para beneficiar a una población actual 195'000 habitantes que representan casi el 37o/o de la población conectada al sistema.

En relación con la calidad del agua, urge la aplicación de medidas correctivas, de carácter legal o coercitivas, con el fin de suprimir las aportaciones de descargas puntuales de contaminantes en las áreas aledañas al embalse actual (Los Laureles) y futuro (Guacerique).

La completación de un Programa de Monitoreo de la Calidad del Agua en esta cuenca, actualmente en ejecución por parte de la Secretaría de Recursos Naturales y el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados permitirá establecer la variabilidad de la calidad del agua y tomar acciones oportunas en los lugares correspondientes cuando se encuentre algún desmejoramiento de la calidad del agua cruda.

V. POLITICAS DE APOYO E INCENTIVOS

Las políticas de apoyo manifestadas como incentivo por parte del Gobierno Central juegan un papel muy importante en el logro de los objetivos en proyectos de naturaleza similar al presente.

5.1 ASPECTO LEGAL Y DIVULGACION

Existen artículos en las leyes orgánicas de cada institución involucrada en la problemática del manejo de cuencas que deberían ser del conocimiento público, especialmente los que tratan de sanciones para el ciudadano que infringe algunas de esas leyes, Igual debería ocurrir con cualquier nueva ley que sea promulgada para la preservación y protección de los recursos. Esta acción debería ser a través de la radio para el habitante de la cuenca, y mediante carteles al habitante del área urbana.

5.2 INCENTIVOS

Acciones de condonación de impuestos para todo propietario que convierta las tierras en áreas productivas especialmente con árboles frutales deberían ser desplegadas por el Gobierno Central; así como reconocimiento de subsidios para las comunidades que conviertan sus áreas desoladas en bosques permanentes. Las acciones de condonación de deudas o subsidios podrían ser revertidas en Asistencias Técnicas o Económicas tanto para los propietarios individuales como para las comunidades. Sin embargo, para evitar acciones dolosas por parte de los posibles beneficiarios al amparo de esta política de incentivación, deberá crearse algún sistema de fiscalización y control o inventario.

BIBLIOGRAFIA

1. BLAIR, M. A. Catchment management for the control of aquatic macrophytes in reservoirs. University of Newcastle Upon Tyne. 1984.
2. CASTAGNINO, W. Comunicación técnica sobre nódulos de acción en control de polución de agua. Organización Panamericana de la Salud, Guatemala. 1976.
3. COHDEFOR. Propuesta de estudios básicos para la elaboración del proyecto "Ordenación, Planificación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas que drenan hacia el área metropolitana de Tegucigalpa, Tegucigalpa. 1978.
4. ENEE. Anteproyecto plan integral cuenca El Cajón. División de Ecología, Secc. Manejo del Embalse, Proyecto El Cajón, Tegucigalpa. 1982.
5. MAB. Manejo de Cuencas y monitoreo ambiental. Curso Entrenamiento AID/ROCAP/ESNACIFOR, Siguatepeque. 1981.
6. SANAA. II Reunión de gerentes y ductores de instituciones de agua potable y alcantarillados de Centroamérica y Panamá. Tegucigalpa. 1980.
7. Plan maestro para Tegucigalpa. Lahmeyer International—CONASH, Tegucigalpa. 1980.
8. Informe diagnóstico del SANAA. Plan Maestro para Tegucigalpa, Tegucigalpa. 1985.
9. Plan maestro para Tegucigalpa, Proyección de demanda. Lahmeyer Internacional - CONASH, Tegucigalpa. 1980.
10. SAVAGE, R. Una revisión y evaluación de sesenta cuencas comunales. SANAA/CARE/Cuerpo de Paz, Tegucigalpa. 1982.
11. Conservación de pequeñas cuencas hidrográficas. Plan multianual 83-86 CARE, Tegucigalpa. 1982.

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION ASPECTO LEGAL E INSTITUCIONAL

CONSIDERANDO QUE:

Aspecto Legal

- Existen leyes y proyectos de ley que han estudiado y regulado en forma específica diversos aspectos de uso y preservación de los recursos.
- Que dichas leyes se encuentran dispersas bajo la responsabilidad de diversas instituciones, mencionándose entre dichas leyes la Ley de Aguas (1927); el anteproyecto de la nueva ley de Aguas, en cuya formulación han participado 26 instituciones; el Código Civil; la Ley de Municipalidades; la Ley Constitutiva de las diferentes instituciones involucradas como COHDEFOR, SANAA, ENEE, etc.; Ley de Creación de Parques y Recursos Forestales; Anteproyecto de Ley del Medio Ambiente, etc.

Aspecto institucional

- Se reconoce que existen instituciones estatales con funciones definidas y específicas autorizadas para ejercer las acciones pertinentes a la preservación, uso, manejo y apropiación de los recursos naturales.
- La procedencia, origen y propósitos de las diversas leyes, por su carácter y alcance restringido, genera conflicto, interferencia y choques de intereses entre las instituciones responsables de su aplicación.
- Taxativamente en el Artículo 8 de la Ley Constitutiva de COHDEFOR, se crea y se le asigna funciones a un organismo interinstitucional.

Aspecto abastecimiento de agua para Tegucigalpa

1. Se reconoce que existe un organismo especializado para que atienda con eficiencia este problema (SANAA) .

SE RECOMIENDA:

- **Exhortar al gobierno central para que apoye y promueva irrestrictamente la inmediata y debida aplicación de las leyes respectivas, conducentes a la conservación de los recursos naturales y su aprovechamiento racional a nivel nacional.**
- **Que se promulgue al plazo más corto posible, la Ley del Medio Ambiente**
- **Exhortar al gobierno central a través del Señor Presidente de la República, para que tome las medidas necesarias a efecto de dar cumplimiento al Artículo 8 de la Ley de la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal, para que organice la Comisión Interinstitucional, y que efectivamente cumpla la labor de coordinación que le compete.**
- **Exhortar al Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados, como organismo encargado por ley, de la distribución del agua potable, con el propósito de establecer los controles de calidad para que éstos reúnan los requisitos sanitarios que garanticen la salud del pueblo hondureño.**
- **Que de inmediato se busque la unidad de criterio para clasificar y aplicar las sanciones penales y administrativas, contra las acciones y omisiones en perjuicio de los recursos naturales y el medio ambiente y específicamente sobre la protección de las cuencas hidrográficas.**
- **Que el Señor Presidente de la República asuma la responsabilidad del suministro de agua para Tegucigalpa, tomando las decisiones de emergencia que se requieran.**
- **Que se apoye en forma más decidida a las instituciones privadas que han venido realizando acciones en pro de la conservación de los recursos y el mejoramiento del ambiente.**

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION SOCIO - ECONOMICA

CONSIDERANDO QUE:

- Cuando una población excede los límites de los sistemas que la abastecen, las soluciones a los problemas socio-económicos se tornan más difíciles y que éstas deberán encontrarse dentro de un marco global del conjunto de factores políticos y sociales a nivel nacional del desarrollo.
- Existe falta de decisión de los organismos gubernamentales para dar funcionamiento e integralidad a los planes de desarrollo urbano de los gobiernos locales
- Hay ausencia de una política nacional de urbanización que planifique armónicamente el crecimiento y desarrollo de las ciudades
- El último censo de población fue realizado en 1974, y que hay escasa e inadecuada información relativa a la dinámica demográfica y migratoria del país.
- La ineficiencia de la concientización y educación sistemática, orientada al manejo y conservación de los recursos naturales en función de la crítica situación imperante
- La incapacidad actual del sistema hidráulico y del suministro de agua en la cantidad y calidad requeridas para la ciudad capital
- La solución de largo plazo del problema de inmigración a la ciudad capital reside en gran parte en un desarrollo de las áreas rurales y en un desarrollo económico territorialmente equilibrado

SE RECOMIENDA

- **Que se constituye un Comité Nacional integrado por CONSUPLANE, Dirección General de Estadística y Censos, INVA, INA, BANMA, UNAH, SANAA, Gobernación Política e instituciones como las alcaldías municipales y otras que se estime conveniente, para atender coordinadamente los problemas de urbanización y que en apoyo a dicho comité se elabore y obtenga información detallada sobre las características de los migrantes, en cuanto a:**
 - **Aspectos del emigrante**
 - estructura de edades, sexo, hogar y familiar
 - motivación del traslado
 - origen y destino
 - ocupación, nivel de educación, ingresos
 - **Aspectos socioeconómicos del lugar de origen**
 - actividad económica
 - desarrollo físico
 - infraestructura de servicios
 - vías de comunicación
 - tenencia de la tierra
potencial agroecológico de la tierra

Dicha información deberá ser incluida en el censo a realizar en el futuro cercano.

- **Realizar análisis y estudios referentes a:**
 - **Descentralización de las actividades y oficinas administrativas del gobierno central y de los organismos autónomos**
 - **Descentralización de las actividades económicas, específicamente la industria manufacturera relacionada con la agroindustria y otros procesos industriales que utilizan materia prima de origen nacional.**
 - **Mejoramiento y aumento de los servicios públicos en las áreas rurales**
 - **Medidas y políticas fiscales referentes a las tarifas de los servicios públicos y de transportes que se cobren en las diferentes regiones del país.**
 - **La conveniencia de dar mayor participación de la población en el manejo, control y uso de los recursos naturales locales y en la solución de los problemas que la afectan.**
 - **La creación de incentivos específicos a los municipios y gobiernos locales tendientes al mejoramiento de sus capacidades administrativas y los niveles de vida de los habitantes.**
 - **Las áreas circundantes, aldeas y caseríos que conforman el municipio de la capital, con el propósito de detectar las necesidades y mejorar los servicios municipales en dichas áreas, y promover la participación activa de sus habitantes en las tareas de protección, manejo y control del medio ambiente y de las cuencas hidrográficas de la región metropolitana.**

- **Actualizar y cumplir estrictamente los lineamientos del Plan Maestro de Desarrollo Metropolitano (METROPLAN), particularmente lo referido al uso de la tierra.**
- **Fortalecer y dotar con mayores recursos financieros a los cuerpos de vigilancia y control de los recursos naturales para que las leyes existentes tengan mayor operatividad y efectividad de ejecución en las áreas rurales de la zona metropolitana.**
- **Revisar y modificar, si es necesario, el sistema económico-social y administrativo-institucional, de tal manera que los esfuerzos que se realicen en la planificación del desarrollo y en particular en el manejo y conservación de los recursos naturales se hagan dentro de la orientación de los ritmos de ejecución acordados.**
- **Reforzar la asesoría técnica de las municipalidades en materia de planificación del desarrollo urbano y en el manejo y control de los recursos naturales locales, a través de la realización de seminarios dictados por profesionales y funcionarios del sector público y gobiernos locales, experimentados en la materia.**

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION DE MANEJO DE CUENCAS

Se contemplan acciones concretas para lograr dos objetivos complementarios:

1. Aumentar la cantidad y mejorar la calidad de agua para la ciudad de Tegucigalpa.
2. Mejorar la calidad de vida de los campesinos que viven en las cuencas y se hacen sacrificios para que Tegucigalpa tenga agua suficiente

CONSIDERANDO QUE:

- Las cuencas que proveen agua no sólo están constituida por los elementos naturales, sino que también los hombres y mujeres que en ellas habitan
- Los campesinos son un factor principal en la producción de alimentos
- Los campesinos tienen que llevar a cabo muchas de las acciones de manejo de cuencas

SE RECOMIENDA:

- Que los campesinos se beneficien de un programa integral de extensión con el doble propósito de aumentar la productividad sostenida de la tierra y de aumentar la infiltración de agua y reducir el arrastre de sedimentos por la erosión, tomando como ejemplo el programa actual de manejo de la cuenca del Río Choluteca.

- **Que los programas de extensión en la producción agrícola y agro-forestal y de subsidios conservacionistas enfoquen la finca como unidad de manejo integral donde convivan prácticas como silvicultura, agroforestería, agricultura, producción de pasto de corte, cría de ganado menor y la pequeña industria rural, incorporando la participación de hombres y mujeres.**
- **Que se urbanice el agro con servicios de salud, educación y recreación similar a los que gozan la población urbana.**
- **Que la participación activa en programas de conservación se estimule por reducción en impuestos de renta y tierras incultas, tarifas reducidas para la energía eléctrica y programas para aumentar la producción de leña con especies de rápido crecimiento.**
- **Que en los programas de adjudicaciones de tierras del Instituto Nacional Agrario se respeten las normas de capacidad de uso otorgando terrenos solamente en áreas de vocación agrícola o agroforestal.**
- **Que los extensionistas agrícolas lleven a los campesinos los beneficios del sistema de manejo integral de plagas con el propósito de reducir el uso de plaguicidas y herbicidas, manteniendo la producción agrícola.**
- **Que se estimule el uso de abonos verdes cuyo uso ha sido probado en el proyecto de manejo de la cuenca del Río Choluteca como menos costoso y más productivo que los abonos químicos y que además contaminan los ríos.**
- **Que se reactive el programa de acueductos rurales con el doble propósito de mejorar la calidad de vida de los campesinos y reducir el uso directo de las aguas superficiales con la resultante contaminación.**
- **Que el Ministerio de Salud activamente promueva el uso de letrinas y tanques sépticos evitando su construcción próxima a los cursos de agua.**
- **Que toda agua servida de fuentes domésticas o de pequeña industria se conduzca a un sistema de filtración natural antes de infiltrar o entrar a las corrientes de aguas superficiales.**

CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES DE LA COMISION ASPECTO FORESTAL

CONSIDERANDO QUE:

- Los bosques y otra vegetación natural tienen valores múltiples como fuentes de productos forestales, agua, habitats de fauna, turismo y otros; y que los bosques de producción han sido mal utilizados y parcialmente destruídos con la consecuente disminución de ingreso rural, producción de agua, y la diversidad de flora y fauna.
- La construcción de caminos y senderos facilita la penetración humana de áreas frágiles y que también constituye un factor en la desestabilización topográfica, y que su construcción y mantenimiento resulta necesario de considerar en el Plan de Manejo.

SE RECOMIENDA:

- Que en las áreas de vocación agroforestal y forestal los campesinos participen directamente en los beneficios y responsabilidades del manejo del recurso forestal.
- Que las áreas con vocación forestal sean designadas como reservas forestales con un manejo apropiado de extracción selectiva moderada. Tales áreas deberán mantenerse como áreas de regeneración forestal y no convertirse de uso agrícola.
- Que se declare zona de reserva forestal el área de la cuenca alta del Río Guacerique.
- Que se declaren, según las atribuciones legales de COHDEFOR, áreas de vocación forestal protectora todos los bosques situados sobre los 1800 metros, aquellos situados en las cuencas altas y en áreas con pendientes de más de 30o/o. Además establecer una franja protectora de bosques de 50 metros en ambas riberas de los cursos de agua, ya sea con bosques actualmente existentes o que deban ser plantados.

- **Que se forme un comité de protección de las fuentes de energía de Tegucigalpa; que tal comité sea interinstitucional con participación gubernamental y no gubernamental.**
- **Que se establezca un fondo para la protección de las fuentes de agua de Tegucigalpa en base de un porcentaje de la tarifa pagado sobre el consumo de agua, por usuarios domésticos e industriales, administrado por SANAA.**
- **Que se restrinja la construcción de caminos y senderos en áreas frágiles, con pendientes por encima de 15o/o y en áreas de cuencas altas y de bosques de protección.**
- **Que la construcción de caminos y otras obras estén sujetos a estudios geotécnicos precisos que garanticen la mínima desestabilización de la tierra y protección de desagües para minimizar la erosión.**
- **Que la extracción de trozas de los bosques de producción se haga con tracción animal y no mecánica hasta los sitios de acopio apropiados.**
- **Que no se permita la construcción de industrias, urbanizaciones, centros recreativos u otras obras de infraestructura en las áreas de mayor sensibilidad determinada en el Plan de Manejo.**
- **Que cuando se permita la construcción de obras, éstas deben incluir en su diseño y construcción, un sistema de tratamiento de las aguas servidas y desechos orgánicos e inorgánicos, cuyas características deben ser reguladas por el SANAA.**

DISCURSO CLAUSURA SEMINARIO "ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA TEGUCIGALPA"

*Mark Halle**

* *Director Adjunto, Centro de Conservación para el Desarrollo, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Suiza.*

El seminario era un evento hondureño y trató de problemas hondureños. Pero esos problemas no se encuentran únicamente en Honduras. Se los encuentra en muchos países y en algunos han tenido resultados catastróficos. La UICN está trabajando o ha trabajado en más de cien países, cada vez más con problemas multi-sectoriales, como el tema de este seminario, donde la conservación - o la ausencia de conservación - es el factor decisivo. Por eso quería ofrecer a esta audiencia distinguida unas observaciones desde un punto de vista internacional.

Primero, no puede existir duda que estamos frente a un problema crítico para el país; un problema que no va a desaparecer. Al contrario, sin acción concreta y sostenida, el problema se empeorará cada año. No es un problema que puede ser resuelto solamente con acciones técnicas. No se puede solucionar tampoco solamente con dinero. Sí hay soluciones, pero requieren cooperación entre diversas instituciones y por eso no se solucionará sin apoyo político adecuado y sostenido.

Segundo, como resultado de este seminario, es evidente que el agua para Tegucigalpa es un tema que atrae interés considerable de parte del público. Me parece ser el tipo de problema sobre el cual el gobierno será juzgado. Además es un problema bien analizado y bien comprendido a nivel técnico. Hay lagunas de datos en ciertos aspectos, especialmente en la esfera socio-económica, pero la ausencia de datos no puede ser la excusa para no definir acciones desde ahora. El problema es demasiado urgente y podemos ya realizar mucho con los datos existentes.

Tercero, es obvio que el problema de abastecer agua en el Distrito Central está íntimamente vinculado con el nivel de manejo de recursos naturales y las prácticas de utilización de la tierra en todo el país. La tasa de crecimiento de Tegucigalpa, más de el doble de la tasa nacional, indica que el problema de Tegucigalpa es un problema nacional. La gente no viene porque aquí hay trabajo, porque existe una deficiencia de empleos en la capital. No viene para disfrutar de mejores servicios disponibles en la ciudad porque muchos viven sin estos servicios. Muchos vienen porque han degradado las tierras y los recursos en su región natal o porque las tierras no son suficientes para sostener un nivel de vida adecuado. Estos "refugiados ecológicos" vienen a Tegucigalpa, pero de aquí no hay otra salida. La capital es para ellos el fin del camino. Es aquí donde debemos ofrecer un nivel de vida aceptable, porque si no, el refugiado ecológico de hoy puede ser la oposición de mañana.

¿Qué hacer? por supuesto la solución es acelerar el desarrollo, el crecimiento económico y hacerlo sin destruir los recursos naturales, el medio ambiente del cual depende el éxito del desarrollo. Eso es lo ideal. Es para mí un placer y un honor decir de parte de mi institución, la Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN), unas breves palabras al final de este seminario. La misión de la UICN es la ejecución de la estrategia mundial para la conservación, una estrategia elaborada en 1980 por la UICN (en cooperación con el PNUMA, el WWF, y en colaboración con la FAO y UNESCO). La estrategia mundial, adoptada por más de 30 países y apoyado por la Asamblea General de la Organización Mundial, tiene el subtítulo "La conservación de los recursos vivos por el logro de un desarrollo sostenido" y define tres objetivos para la conservación:

- el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales.
- la preservación de la diversidad genética, y
- la utilización sostenida de las especies y de los ecosistemas

Me parece que el abastecimiento de agua potable para Tegucigalpa es un ejemplo perfecto de como la conservación - es decir la utilización sostenida de los recursos naturales - puede contribuir directamente y de manera fundamental a las necesidades básicas del ser humano. Pero es evidente también que sin conservación no puede haber desarrollo y no podemos asegurar las necesidades básicas de una población creciente.

Por suerte, el seminario fue más práctico. Honduras y Tegucigalpa, se enfrentan a un problema mayor hoy : dos meses sin lluvia, el bosque quemado en todas partes. Un déficit de agua que va creciendo a pesar de los ingenieros. El seminario ha identificado muchas accio-

nes que se pueden ejecutar ahora mismo, en el campo legislativo/institucional, en el campo socio-económico, en el campo de manejo de cuencas. Ahora está en las manos de ustedes.

- los actores han sido identificados
- los actores están listos y llenos de buena voluntad
- el público espera

Lo que falta es el apoyo político, el compromiso definitivo del gobierno y de sus instituciones.

¿Cuál es el papel de organizaciones como la UICN o CATIE?

Podemos dar apoyo técnico, aunque no creo que eso sea el problema por ahora. Podemos canalizar fondos para acciones específicas. Ayer alguien me preguntó ¿cuál es el factor más esencial para conseguir apoyo internacional?. Yo le contesté que es el compromiso del país de realmente realizar algo. Donde hay voluntad se puede obtener fondos. Donde hay voluntad determinada, se puede obtener fondos sin dificultad.

No quiero concluir sin reconocer el papel crítico que ha jugado la Asociación Hondureña de Ecología. Ha sido de mucho valor y de alta calidad. Es un grupo sin intereses sectoriales o institucionales que defender. Puede jugar un papel vital como catalizador del gobierno y de sus instituciones, para coordinar y facilitar la acción, pero también para criticar en forma constructiva y prender la alarma cuando sea necesario. Se puede y debe servir como conciencia pública cuando estamos demasiado preocupados con asuntos y visiones de corto plazo.

Estamos particularmente orgullosos porque como miembro de la UICN, Ecología representa, de una cierta manera, nuestra organización aquí en Honduras.

En conclusión, quiero reiterar que las posibles soluciones están en las manos de ustedes y la UICN queda enteramente dispuesta a apoyar y colaborar con sus esfuerzos.