

ESTUDIO GEOGRAFICO DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS DEL RIO CIRUELAS, HEREDIA-ALAJUELA. COSTA RICA

Eduardo Hernández Z.¹
Sigifredo Rodríguez F.²
Fernando Villalobos C.³

RESUMEN

Este artículo se deriva de una investigación más amplia sobre la contaminación de la cuenca del río Ciruelas, aplicando métodos y técnicas de investigación geográfica.

A partir de la definición de las características físico-naturales, del uso de la tierra, su dinámica y de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas, se procede a la precisión de áreas críticas.

Los resultados obtenidos se incluyen en una cartografía temática de rigurosa elaboración con base en la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIGs).

Finalmente, se entregan una serie de conclusiones y recomendaciones orientadas a mejorar la calidad ambiental de la cuenca del río Ciruelas.

-
1. Profesor-investigador. Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional.
 2. Licenciado en Geografía. Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional.
 3. Licenciado en Geografía. Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional.

ABSTRACT

This article derives from a broader research developed by the authors about the Ciruelas river watershed contamination, applying geographical research methods and techniques.

Critical areas are identified after the definition of physical and natural characteristics, land use determination, and the physical, chemical and bacteriological analysis of water and its dynamics.

Outcomes are included in a theme cartography of rigorous elaboration based on Geographical Information Systems application.

Finally, a series of conclusions and recommendations are given focusing on the improvement of the environmental quality of the Ciruelas river watershed.

I. INTRODUCCION

En este artículo se presenta una síntesis de una investigación más amplia sobre la contaminación del río Ciruelas, la que se desarrolló durante dos años.

Dicha investigación busca llenar un vacío en el campo de las interpretaciones eminentemente geográficas, en vista de que hay pocos estudios que se orientan a la búsqueda de soluciones a la contaminación de las aguas de las cuencas hidrográficas.

Se seleccionó la cuenca del río Ciruelas de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. La casi inexistencia a nivel nacional de investigaciones sobre contaminación fluvial desde una perspectiva geográfica.
- b. La ausencia de estudios sobre la contaminación del río Ciruelas.
- c. La importancia ecológica y socioeconómica de la cuenca del río Ciruelas, dada la zona por la que discurre.

En la actualidad, uno de los retos más importantes que enfrenta la humanidad es el creciente deterioro de los recursos naturales en general y el recurso agua en particular. Las fuentes de agua se ven cada vez más reducidas, las corrientes superficiales de los ríos y lagos son cada vez menos utilizables en términos de consumo humano, riego, recreo y pesca.

En Costa Rica, los procesos de urbanización y metropolización han conllevado a un deterioro cada vez mayor de los recursos tierra y agua. La expansión urbana de San José, así como de las ciudades de segundo orden como Alajuela, Heredia y Cartago han sobrepasado los límites naturales. Para su crecimiento, ríos como el María Aguilar,

Tiribí, Bermúdez y Ciruelas (entre otros afluentes del Virilla), todos componentes de la cuenca superior del Tárcoles, no han sido obstáculo para dicho fenómeno.

El trabajo de campo permitió precisar que la contaminación que sufre el cauce del río está presente desde las proximidades de la naciente, aunque las aguas se observen cristalinas.

La principal fuente de contaminación de la cuenca es la descarga de desechos sólidos, aguas servidas y negras. Las actividades agrícolas que se desarrollan en las márgenes del río aportan contaminación derivada del uso de agroquímicos.

II. OBJETOS DE LA INVESTIGACION

Hacer un análisis de las contaminaciones física, química y bacteriológica de la contaminación de las aguas de la cuenca del río Ciruelas, aplicando métodos y técnicas de investigación geográfica para definir las diferentes áreas críticas.

Realizar expresiones cartográficas de la contaminación considerando las relaciones causa-efecto de la misma.

Entregar una serie de conclusiones y recomendaciones tendientes al mejoramiento ambiental de la cuenca.

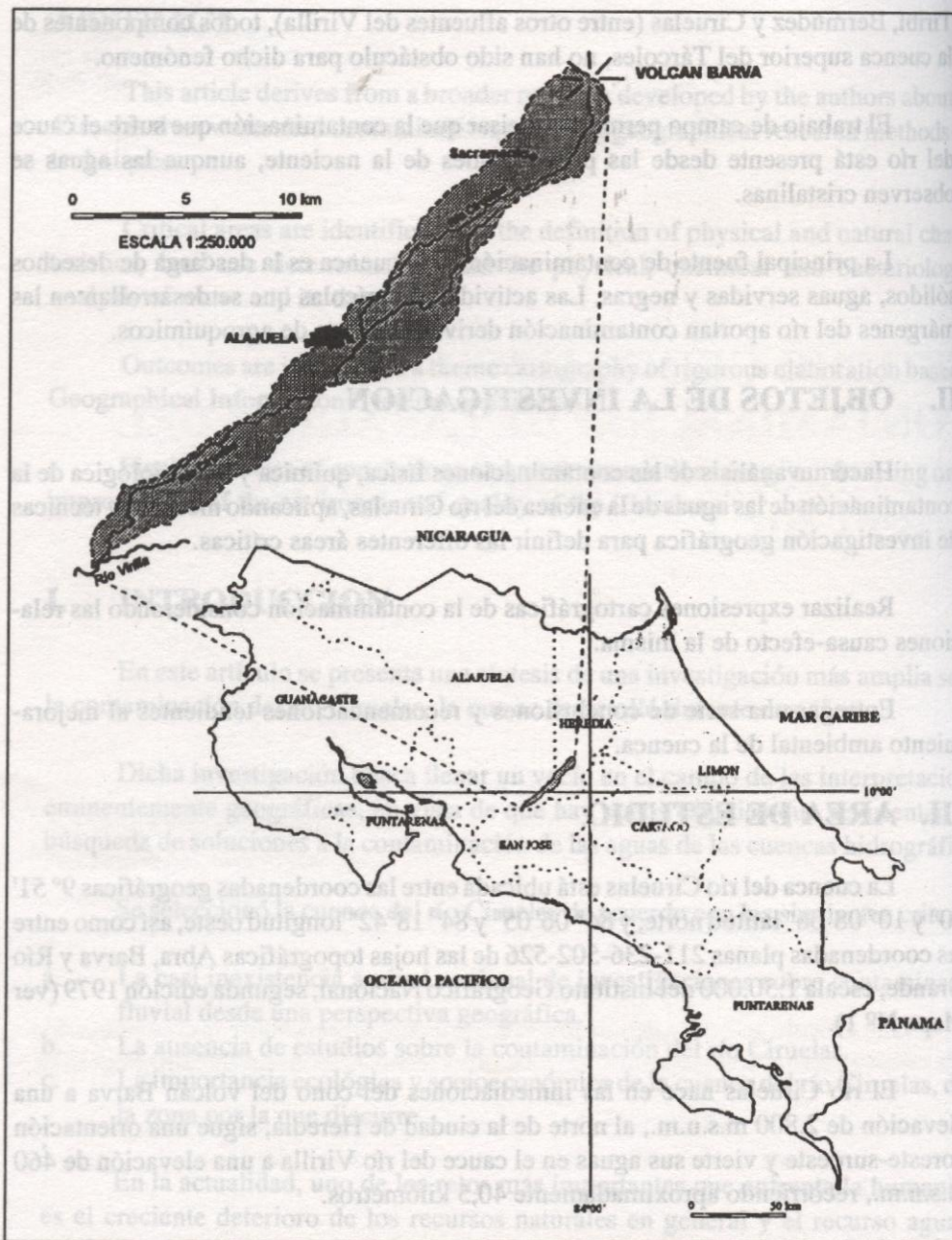
III. AREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Ciruelas está ubicada entre las coordenadas geográficas $9^{\circ} 51' 20''$ y $10^{\circ} 08' 06''$ latitud norte, y $84^{\circ} 06' 05''$ y $84^{\circ} 18' 42''$ longitud oeste, así como entre las coordenadas planas 211-236-502-526 de las hojas topográficas Abra, Barva y Río Grande, escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional, segunda edición 1979 (ver Mapa N° 1).

El río Ciruelas nace en las inmediaciones del cono del volcán Barva a una elevación de 2.800 m.s.n.m., al norte de la ciudad de Heredia, sigue una orientación noreste-suroeste y vierte sus aguas en el cauce del río Virilla a una elevación de 460 m.s.n.m., recorriendo aproximadamente 40,5 kilómetros.

La cuenca tiene un área aproximada de 85,6 km² y un perímetro de 72,5 kilómetros. Los afluentes principales son quebrada Honda, río Pacayas, río Guararí, río Cachazas y quebrada Barros.

Geológicamente, los materiales que constituyen el área de estudio son de naturaleza volcánica (tobas, lavas y piroclastos). El material de basamento proviene de los períodos eruptivos de los volcanes Poás y Barva.



Mapa N° 1. Ubicación del área de estudio. Cuenca del río Ciruelas.

Un rasgo estructural fundamental que caracteriza el área de estudio es la falla de Alajuela, que atraviesa transversalmente el río Ciruelas y su principal afluente el río Cachazas. La falla se extiende en dirección este-oeste desde San Pedro de Santa Bárbara hasta Grecia (Denyer et al., 1989), (OPSA, 1978).

En términos geomorfológicos, todas las estructuras del área de estudio están vinculadas a la actividad volcánica. El río Ciruelas discurre, básicamente, por dos formaciones:

1. Desde su nacimiento hasta Desamparados de Alajuela, por medio de conos volcánicos cuaternarios.
2. Desde Desamparados de Alajuela hasta la desembocadura, discurre a través de mesetas volcánicas (OPSA, 1978).

En relación con las pendientes, desde su nacimiento y durante todo su trayecto, el río conforma un perfil relativamente homogéneo, donde la pendiente y el tipo de material del lecho, han impedido en su trayecto una mayor profundización de su cauce, no es sino en la desembocadura donde vierte sus aguas al río Virilla que se forma un cañón como producto de la existencia de materiales sedimentarios que son más blandos y menos consolidados, que los que se encuentran aguas arriba (Idem).

Desde un punto de vista edáfico el material parental es de origen volcánico, la característica climática sumada a las formas que en conjunto definieron el paisaje geográfico del área, crearon entre otras cosas, suelos derivados de cenizas volcánicas, estos son profundos, fértiles, de alta capacidad de retención de humedad, porosos, ricos en materia orgánica y bien drenados.

En la zona central del área de estudio y al oeste de la misma, las cenizas son un poco más antiguas, por lo que los suelos son de texturas moderadamente pesadas y de colores parduscos. Hacia el sur y suroeste los suelos son originados por arrastre y deposición de partículas sedimentarias que rodean al área de estudio, aquí son de texturas pesadas, de colores oscuros y moderadamente permeables (Idem).

El clima que caracteriza al área se puede clasificar como tropical húmedo alternado. Presenta una estación seca y otra lluviosa. El mes de abril es de transición de la estación seca a la lluviosa, mientras que noviembre es a la inversa. La época seca se extiende a lo largo de cinco meses (desde diciembre hasta abril).

La época húmeda presenta una precipitación promedio anual en el ámbito de los 1.800 a 2.800 mm, distribuida a lo largo de siete meses (mayo a noviembre) con valores máximos en los meses de junio, julio, agosto, setiembre y octubre. Hay una brecha o disminución relativa de la precipitación conocida como "veranillo", que se da generalmente en los meses de julio y agosto (Instituto Geográfico Nacional, 1981: 20-23).

Predominan los vientos del este y del noreste, los cuales soplan con más fuerza durante la estación seca, muy rara vez su velocidad sobrepasa los 20 km/h, siendo poco frecuentes las ráfagas y los tornados en esta área. El viento que sopla más fuertemente se da en los meses de diciembre, enero, febrero y abril, este es el viento que provoca la ausencia de precipitaciones y su consecuente definición de las estaciones.

IV. DINAMICA DEL PAISAJE DE LA CUENCA

4.1. Zonificación del uso actual

El conocimiento de la dinámica del paisaje de la cuenca, ayudó a dar una idea de la distribución de las fuentes puntuales de contaminación que existen en el área de estudio. Los mecanismos tradicionales de análisis en Geografía, cuando se han referido a una cuenca hidrográfica, generalmente, han partido de la clasificación de Alta, Media y Baja, ello como norma general en cuanto a metodología de trabajo. Sin embargo, para la investigación que nos ocupa y para cumplir con los objetivos planteados se buscó utilizar una concepción geográfica diferente.

Esto implicó analizar factores físicos, antrópicos y la dinámica en la formación de cuencas, para conocer su interrelación y su interior diferenciación. Con base en la observación en el campo, la fotointerpretación, las Hojas Topográficas 1:50.000, las Hojas 1:10.000 de Uso del Suelo se levantó el Mapa del Uso Actual de la Tierra (ver Mapa N° 2).

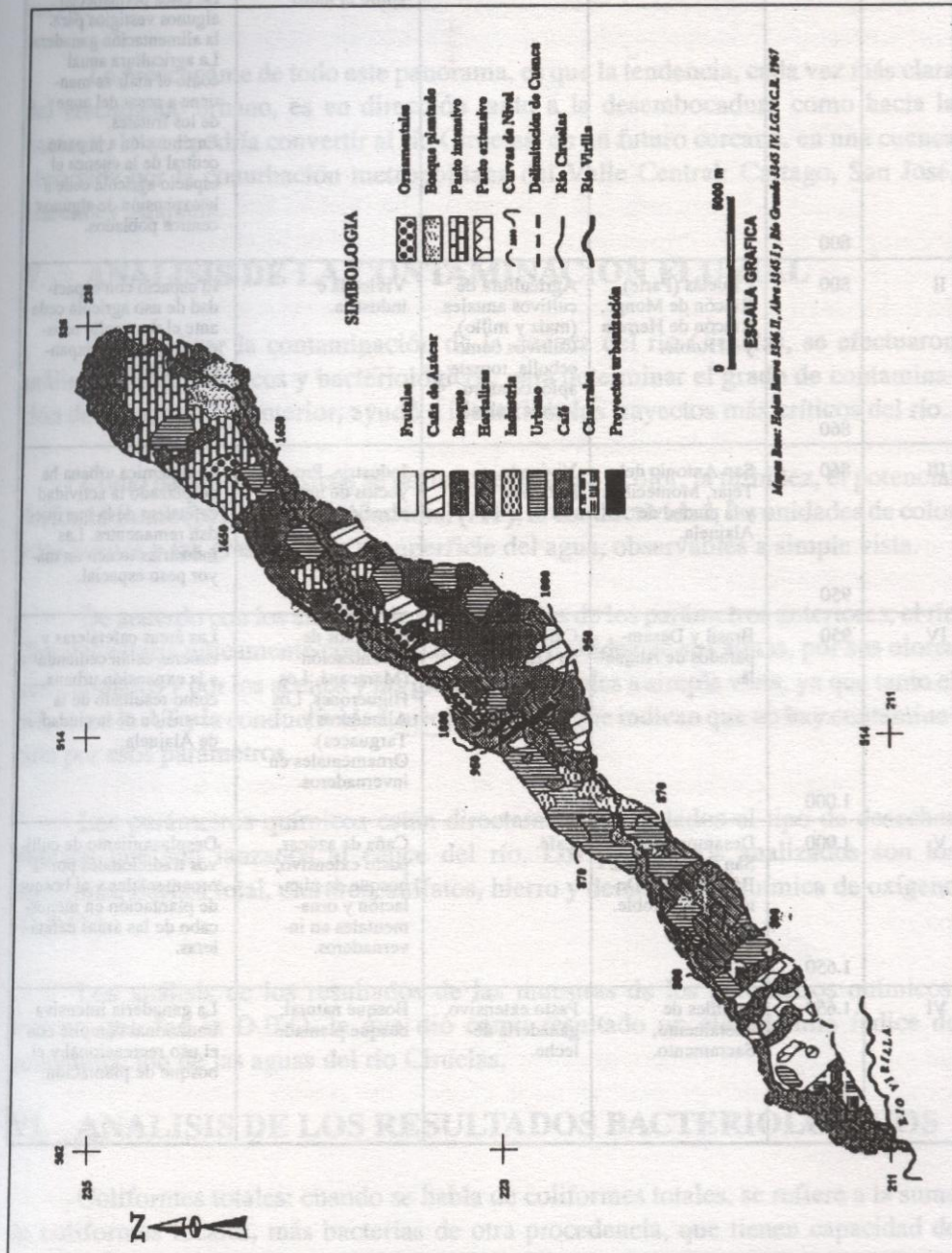
Efectivamente, para lograr una zonificación del uso actual, se elaboraron seis modelos que simplifican y sintetizan las complejas formas que se dan en la dinámica del uso del suelo, con el propósito de comprender y conceptualizar los procesos naturales presentes en la cuenca.

Las variables consideradas para la definición de esos modelos se aportan en la Tabla N° 1.

4.2. Principales tendencias

En relación con el uso del suelo hay actividades que son mayoritarias (bosque, café, pastos y urbano) y otras minoritarias (ornamentales, frutas, caña). Sin embargo, existe una marcada tendencia a que algunos usos mayoritarios se desarrollen más y otros disminuyan.

Por ejemplo, es de esperarse que en algunas áreas de la cuenca, el café y el bosque que son los usos dominantes, reduzcan su extensión, para darle paso al crecimiento urbano e industrial. Ciertos poblados, actualmente dispersos, pueden convertirse en centros de crecimiento urbano de alguna importancia.



Mapa Nº 2. Uso del suelo. Cuenca del río Ciruelas.

Tabla N° 1. Dinámica del uso actual de la Cuenca del río Ciruelas

<i>Modelos</i>	<i>Altitud m.s.n.m.</i>	<i>Centros poblados</i>	<i>Uso dominante</i>	<i>Usos asociados</i>	<i>Dinámica actual</i>
I	460 800	Rincón Chiquito, Las Vueltas, La Guácima, Ciruelas (Parte).	Pasto extensivo.	Bosque natural en márgenes del cauce. Frutales. Agricultura anual como el maíz.	Los frutales han ocupa- do terrenos que ante- riormente eran usados para pastos extensivos. De estos permanecen algunos vestigios para la alimentación ganadera. La agricultura anual como el maíz se man- tiene a pesar del auge de los frutales. En dirección a la parte central de la cuenca el espacio agrícola cede a la expansión de algunos centros poblados.
II	800 860	Ciruelas (Parte), Rincón de Monge, Rincón de Herrera y El Roble.	Agricultura de cultivos anuales (maíz y millo). Cultivos como cebolla, tomate apio, culantro y chile dulce.	Vivienda e industria.	El espacio con capaci- dad de uso agrícola cede ante el desarrollo urba- no. Hay alguna expan- sión industrial.
III	860 950	San Antonio del Tejar, Montecillos y la ciudad de Alajuela.	Vivienda (urbano).	Industria. Pro- yectos de urba- nización.	La dinámica urbana ha desplazado la actividad cafetalera de la que quedan remanentes. Las industrias tienen un ma- yor peso espacial.
IV	950 1.000	Brasil y Desam- parados de Alajue- la.	Café y caña de azúcar.	Proyectos de urbanización (Maracaná, Los Higuerones, Los Almendros y Targuaces). Ornamentales en invernaderos.	Las áreas cafetaleras y cañeras están cediendo a la expansión urbana, como resultado de la extensión de la ciudad de Alajuela.
V	1.000 1.650	Desamparados, San Pedro de Sta. Bárbara, Sto. Do- mingo del Roble.	Café.	Caña de azúcar, pasto extensivo, bosque de plan- tación y orna- mentales en in- vernaderos.	Desplazamiento de culti- vos tradicionales por ornamentales y el bosque de plantación en menoscabo de las áreas cafeta- leras.
VI	1.650 2.800	Lourdes de Sacramento, Sacramento.	Pasto extensivo, ganadería de leche.	Bosque natural, bosque plantado.	La ganadería intensiva tradicional compite con el uso recreacional y el bosque de plantación.

La cobertura del suelo bajo bosque se mantiene tanto en la naciente como en la desembocadura del río; lo anterior, como consecuencia de que esas áreas no han experimentado un proceso de expansión urbana como en el resto de la cuenca.

En las áreas centrales de la cuenca, algunos sembradíos de café, ya han sido desplazados por la actividad urbana, y a otros se les amenaza con correr la misma suerte.

Lo preocupante de todo este panorama, es que la tendencia, cada vez más clara del crecimiento urbano, es en dirección tanto a la desembocadura como hacia la naciente, lo que podría convertir al río Ciruelas, en un futuro cercano, en una cuenca absorbida por la conurbación metropolitana del Valle Central: Cartago, San José, Heredia y Alajuela.

V. ANALISIS DE LA CONTAMINACION FLUVIAL

Para analizar la contaminación de la cuenca del río Ciruelas, se efectuaron análisis físicos, químicos y bacteriológicos, para determinar el grado de contaminación de las aguas. Lo anterior, ayudó a identificar los trayectos más críticos del río.

Como parámetros físicos se definen: el caudal, el olor, la turbidez, el potencial del ion hidronio (pH), la alcalinidad total (AT), la conductividad, las unidades de color y los aceites y las grasas sobre la superficie del agua, observables a simple vista.

De acuerdo con los análisis de los resultados de los parámetros anteriores, el río Ciruelas estaría únicamente contaminado por la turbidez de sus aguas, por sus olores nauseabundos y por los aceites y las grasas observables a simple vista, ya que tanto el pH, como la AT y la conductividad, arrojaron datos que indican que no hay contaminación por esos parámetros.

Los parámetros químicos están directamente vinculados al tipo de desechos líquidos que son lanzados al cauce del río. Los parámetros analizados son los siguientes: dureza total, cloruros, sulfatos, hierro y demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.).

Los análisis de los resultados de las muestras de los parámetros químicos, indican que fue la D.B.O. la que dio como resultado un elevadísimo índice de contaminación de las aguas del río Ciruelas.

VI. ANALISIS DE LOS RESULTADOS BACTERIOLOGICOS

Coliformes totales: cuando se habla de coliformes totales, se refiere a la suma de coliformes fecales, más bacterias de otra procedencia, que tienen capacidad de fermentar la lactosa.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el río mostró valores bajos de contaminación, únicamente en su nacimiento. En el resto de la longitud del río, la contaminación es elevadísima.

Coliformes fecales: son un grupo de bacterias que se encuentra comúnmente en el intestino grueso humano y cuya presencia en el ambiente acuático sirve como índice de contaminación fecal. De acuerdo con los datos analizados se puede afirmar que el río Ciruelas es el principal recolector de desechos fecales de las zonas urbanizadas por donde discurren sus aguas.

VII. AREAS CRITICAS

Los residuos de la industria, por ejemplo, las fábricas de embutidos Cinta Azul y Zaragoza, la tenería Primenca, el Matadero Nacional de Montecillos, así como los desechos de las actividades vinculadas a la porcicultura localizadas principalmente en El Roble de Heredia y San Antonio del Tejar, aportan gran cantidad de contaminantes.

Sin embargo, los análisis de los muestreos realizados establecen con claridad la presencia mayoritaria de coliformes fecales. Esto es un indicativo de que la principal fuente de contaminación de la cuenca es por descarga de aguas negras.

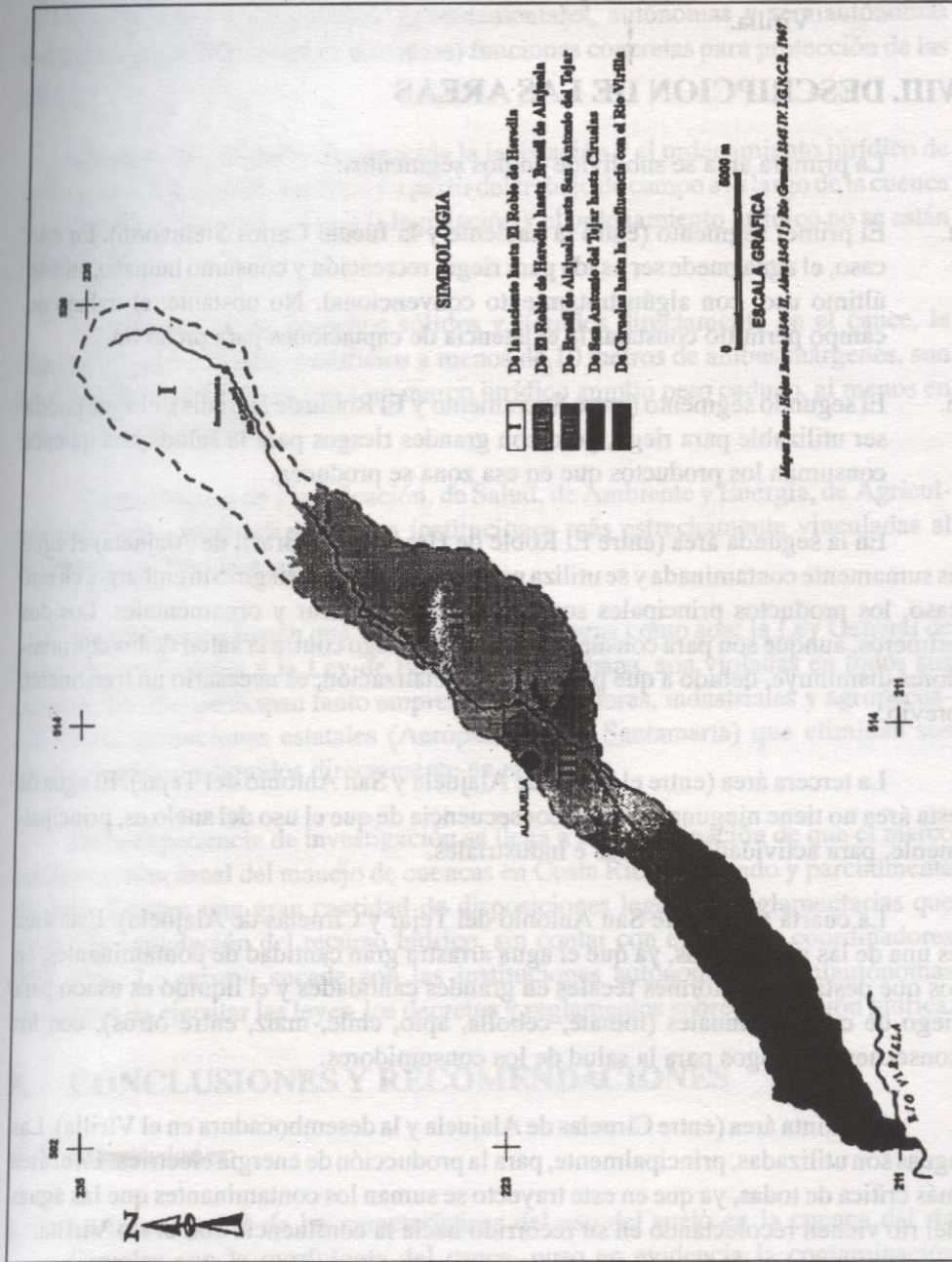
Ese deterioro es explicable, además, porque las actividades industriales y de otros tipos son minoritarias si las comparamos con los usos domésticos del suelo, que se desarrollan en las márgenes del río. La inconciencia de los residentes aledaños a la cuenca es tan grande, que en algunos lugares no se conforman con las descargas de aguas negras, sino que la basura es lanzada al cauce en bolsas plásticas, lo que puede ilustrar la concepción que pueden tener muchos de estos sectores poblacionales acerca de la importancia de la conservación de una cuenca hidrográfica.

Lo anterior, evidencia con nitidez, el estado de abandono en que se encuentra la cuenca del río Ciruelas en la actualidad. Lo más grave es que el avance de las actividades urbanas y la construcción de nuevas urbanizaciones residenciales agudizarán más su deterioro, si no se toman medidas urgentes a corto, mediano y largo plazos.

Después de conocidos los resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos, realizados desde el 27 de noviembre de 1989 hasta el 5 de julio de 1995 y luego de muchas visitas al campo, que fueron la base para conocer el uso del suelo y las características físico-geográficas de la cuenca, fue posible establecer cinco áreas críticas, a saber (ver Mapa N° 3):

A y B. Desde la nacimiento del río hasta El Roble de Heredia. Se divide en dos tramos, el A llega hasta la fuente Carlos Steinvorth y el B desde la fuente mencionada hasta El Roble de Heredia.

**Mapa N° 3. Arcas
críticas. Cuenca
del río Ciruelas.**



- C. Desde El Roble de Heredia hasta el Brasil de Alajuela.
- D. Desde el Brasil de Alajuela hasta San Antonio del Tejar.
- E. Desde San Antonio del Tejar hasta Ciruelas de Alajuela.
- F. Desde Ciruelas de Alajuela hasta la confluencia de los ríos Ciruelas y Virilla.

VIII. DESCRIPCION DE LAS AREAS

La primera área se subdivide en dos segmentos:

- a. El primer segmento (entre la naciente y la fuente Carlos Steinvorth). En este caso, el agua puede ser usada para riego, recreación y consumo humano, en este último uso, con algún tratamiento convencional. No obstante, el trabajo de campo permitió constatar la existencia de captaciones para dicho fin.
- b. El segundo segmento (entre Sacramento y El Roble de Heredia), el agua podría ser utilizable para riego, pero con grandes riesgos para la salud, para quienes consuman los productos que en esa zona se producen.

En la segunda área (entre El Roble de Heredia y el Brasil de Alajuela) el agua es sumamente contaminada y se utiliza principalmente para riego. Sin embargo, en este caso, los productos principales son café, caña de azúcar y ornamentales. Los dos primeros, aunque son para consumo humano, el riesgo contra la salud de los consumidores disminuye, debido a que para su comercialización, es necesario un tratamiento previo.

La tercera área (entre el Brasil de Alajuela y San Antonio del Tejar). El agua de esta área no tiene ninguna utilidad, consecuencia de que el uso del suelo es, principalmente, para actividades urbanas e industriales.

La cuarta área (entre San Antonio del Tejar y Ciruelas de Alajuela). Esta área es una de las más críticas, ya que el agua arrastra gran cantidad de contaminantes, en los que destacan coliformes fecales en grandes cantidades y el líquido es usado para riego de cultivos anuales (tomate, cebolla, apio, chile, maíz, entre otros), con los consecuentes riesgos para la salud de los consumidores.

La quinta área (entre Ciruelas de Alajuela y la desembocadura en el Virilla). Las aguas son utilizadas, principalmente, para la producción de energía eléctrica. Es el área más crítica de todas, ya que en este trayecto se suman los contaminantes que las aguas del río vienen recolectando en su recorrido hacia la confluencia con el río Virilla.

IX. CONTEXTO POLITICO Y JURIDICO DE LA ADMINISTRACION DE CUENCAS Y EL CONTROL DE LA CONTAMINACION. EL CASO DEL RIO CIRUELAS

El marco jurídico de la legislación ambiental que tiene relación directa con el Manejo de Cuencas Hidrográficas y específicamente con el problema de la contaminación, le ha dado a instituciones gubernamentales, autónomas y semiautónomas (ministerios, municipalidades e institutos) funciones concretas para protección de las aguas.

Sin embargo, después de conocida la legislación y el ordenamiento jurídico de los recursos hídricos en Costa Rica y a partir del trabajo de campo a lo largo de la cuenca del río Ciruelas, fue evidente que la legislación y el ordenamiento jurídico no se están cumpliendo.

La eliminación de desechos sólidos y líquidos directamente en el cauce, la construcción de viviendas y edificios a menos de 10 metros de ambas márgenes, son ejemplos claros de la violación a un marco jurídico amplio pero caduco, al menos en su parte reglamentaria.

Los ministerios de Planificación, de Salud, de Ambiente y Energía, de Agricultura y las municipalidades, son las instituciones más estrechamente vinculadas al deterioro ambiental que sufre el río Ciruelas.

Tres leyes que tienen que ver con el recurso agua como son: la Ley General de Salud, la Ley Forestal y la Ley de Planificación Urbana, son violadas en todos sus artículos. En ello participan tanto empresas urbanizadoras, industriales y agropecuarias, como instituciones estatales (Aeropuerto Juan Santamaría) que eliminan sus desechos sólidos y líquidos directamente en el río.

De la experiencia de investigación se llega a la determinación de que el marco jurídico-institucional del manejo de cuencas en Costa Rica es variado y parcialmente obsoleto. Existen una gran cantidad de disposiciones legales y reglamentarias que regulan la explotación del recurso hídrico, sin contar con elementos coordinadores entre ellos. Lo mismo sucede con las instituciones autónomas y semiautónomas encargadas de ejecutar las leyes, los decretos y reglamentos sobre legislación hídrica.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

- a. La interrelación de las características del uso del suelo en la cuenca del río Ciruelas con la morfología del cauce, puso en evidencia la contaminación

general de la misma, detectándose niveles más críticos después de la localidad del Brasil de Alajuela, por cuanto el río discurre, por una gradiente menor, ya que transita por lahares o avenidas torrenciales de origen volcánico, dando como resultado terrenos planos y mesetas estructurales, cuya pendiente no sobrepasa el 15%.

- b. A pesar de que el caudal es considerable todo el año, este no es suficiente para arrastrar y diluir la carga de desechos que le caen.
- c. Aunque en algunos tramos el agua del río es utilizada para consumo humano, riego y producción eléctrica, a partir de los resultados obtenidos, desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico se concluye que las aguas del río Ciruelas no son aptas para esos usos. Lo anterior, lo corrobora el hecho de que solamente el 5% de la longitud del río (primeros 2.000 metros de la naciente hacia aguas abajo) puede, con algún tratamiento convencional, utilizar sus aguas para consumo humano.
- d. El río Ciruelas a causa de la contaminación ha perdido su atractivo como belleza natural y la permanencia cerca del cauce es desagradable, contrario al escenario presente décadas atrás.
- e. Este artículo revela la importancia de los estudios integrados de factores físico-naturales y socioeconómicos para explicar la problemática de la contaminación del río Ciruelas en particular y de otras a nivel nacional.
- f. Los resultados de este trabajo constituyen elementos de apoyo para la elaboración de un Plan de Manejo de la Cuenca del río Ciruelas.

10.2. Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos y en correspondencia con las conclusiones planteadas, se establecen las siguientes recomendaciones:

- a. Para validar la metodología utilizada en la investigación es necesario que la misma sea aplicada en el estudio de otras cuencas, con el propósito de comparar resultados y poder demostrar que los mismos obedecen a una dirección correcta.
- b. En el caso del río Ciruelas es necesario realizar investigaciones a nivel de microcuencas, para determinar con mayor exactitud de dónde proceden los mayores niveles de contaminación al cauce principal.
- c. Se recomienda un monitoreo sistemático y periódico para determinar la calidad bacteriológica (carga contaminante de coliformes) y físico-química de las aguas del río Ciruelas, que permitan acciones permanentes de control de la contaminación.

- d. Es necesario complementar los análisis realizados de las muestras de agua con otros, como residuos de plaguicidas, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (D.Q.O.) y sólidos en suspensión, para completar la investigación.
- e. Después de conocida la problemática general de la contaminación de las aguas del río Ciruelas, se recomienda que el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) en coordinación con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), realicen una zonificación del uso del suelo para un mejor aprovechamiento de este recurso.
- f. Aprovechando la fuerte inyección económica que significa el cobro del impuesto territorial, se recomienda que las municipalidades de Alajuela, Santa Bárbara y Barva, elaboren en conjunto con la Sección de Conservación y Manejo de Cuencas del Departamento de Reservas Forestales, Zonas Protectoras y Cuencas Hidrográficas del MINAE, un plan de manejo integral de la cuenca del río Ciruelas.
- g. Crear un organismo ejecutivo a nivel superior de administración, con el propósito de concentrar, vigilar, controlar y ejecutar la política de protección del recurso hídrico del país. Lo anterior, debido a que el agua es cada vez más necesaria para el abastecimiento de poblaciones, sector agrícola, uso industrial, recreación y producción hidroeléctrica.
- h. El Ministerio de Salud en su División de Saneamiento Ambiental, debe desarrollar programas conducentes a la eliminación de las fuentes orgánicas e industriales de contaminación, cumpliendo así con lo establecido en el artículo 30 de la Ley Orgánica del Ministerio de Salud.
- i. El Ministerio de Educación Pública (MEP), el MINAE en conjunto con las universidades nacionales y otras organizaciones, deben desarrollar proyectos de educación ambiental, dirigidos a los diferentes segmentos de la población inmersa dentro de la cuenca.

XI. BIBLIOGRAFIA

- CORDERO, A. 1977. Un caso de contaminación fluvial: río Bermúdez, metodología para evaluar el impacto agroeconómico y ecológico. Tesis de grado. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Universidad de Costa Rica.
- DENYER, P. et al. 1989. Notas explicativas: mapa geoestructural y sismos del Valle Central. Instituto Geográfico Nacional.
- Instituto Geográfico Nacional. 1975. Hojas Topográficas: ABRA, BARVA y RIO GRANDE. Escala 1:50.000. San José, Costa Rica.

- _____. 1981. Informe semestral. Enero-junio de 1981. San José, Costa Rica.
- _____. 1992. Hojas Uso del Suelo. Escala 1:10.000. San José, Costa Rica.
- OPSA. 1978. Mapa Geológico. Escala 1:200.000. San José, Costa Rica.
- _____. 1978. Mapa Geomorfológico. Escala 1:200.000. San José, Costa Rica.
- _____. 1978. Mapa de Pendientes. Escala 1:200.000. San José, Costa Rica.
- _____. 1978. Mapa de Suelos. Escala 1:200.000. San José, Costa Rica.
- RODRIGUEZ, S. y VILLALOBOS, F. 1996. Análisis geográfico de la contaminación de las aguas del río Ciruelas, Heredia-Alajuela, Costa Rica. Tesis de grado. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- SALAZAR, R. 1991. Legislación y ecología en Costa Rica. Asociación Libro Libre. San José, Costa Rica.
- _____. 1993. Normativa ambiental sobre la contaminación de las aguas. Euroamericana de Ediciones. San José, Costa Rica.