

C.I.O
333.916.2
C759c

CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES
DE GUATEMALA



PROGRAMA MODELO DE DESARROLLO SOSTENIBLE REGIONAL (MDSR)

San Ramón - Palmares - Naranjo - Valverde Vega (Sarchí) - Grecia - Atenas



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN
DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE
(ProDUS)
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica

Financiado por el Convenio Bilateral para el
Desarrollo Sostenible Costa Rica - Holanda

BIOMASS USERS NETWORK
(BUN)
Oficina Regional para
Centroamérica y el Caribe

PROTEJA NUESTROS BOSQUES,
SON PARA NUESTROS Y LAS
FUTURAS GENERACIONES.

Este programa en el cual se enmarca la realización del proyecto: "Contaminación en los ríos de la Cuenca del Río Grande", es financiado por la Embajada de Holanda, mediante el Convenio Bilateral para el Desarrollo Sostenible Costa Rica-Holanda.

Coordinación y Dirección del Proyecto: Dr. Rosendo Pujol Mesalles
Ing. Luis Manuel Zamora González

Asistencia: *Procesamiento de datos:* Kattia L. Meza Monge
Coordinación de giras: Franklin Bonilla Calderón
Cálculo de caudales: Ileana Aguilar Aguilar

Toma de Muestras: Jonnathan Agüero Valverde Yanis Montoya Solórzano
Ileana Aguilar Aguilar Alvaro Morales Pérez
Franklin Bonilla Calderón Steve Rodríguez Abarca
Freed Corrales Ureña Juan Pablo Rojas Vargas
Greivin Jiménez Esquivel Jean Poll Ruiz Corrales
Juan Manuel Leiva Vargas Juan Carlos Salas Porras
Kattia L. Meza Monge Marcos Albán Sánchez Pérez
Iván Montero Fonseca Marcela Zamora Gamboa

Supervisión de aforos y de cálculo de caudales: Ing. Rafael Oreamuno

Aforos: Ileana Aguilar Aguilar Kattia L. Meza Monge
Franklin Bonilla Calderón Luis Manuel Zamora González

Perfiles del río en los sitios de medición: Topog. Mario Gamboa
Franklin Bonilla Calderón

Digitalización y clasificación de los mapas del uso de la tierra: Juan Carlos Salas Porras
Alvaro Morales Pérez
Freed Corrales Ureña

Elaboración de mapas: Yanis Montoya Solórzano
Kattia L. Meza Monge
José Antonio Campos Salas

Informe Agroquímicos: Juan Pablo Rojas Vargas
Luis Manuel Zamora González

Informe Detergentes: Kattia L. Meza Monge
Luis Manuel Zamora González

Scaneo de fotografías: Edgar Zamora Murillo

Diseño de portada: Edgar Zamora Murillo
Ana Lorena Bolaños Sedó

Colaboración: Ing. Rafael Oreamuno
Dr. Alexis Rodríguez y personal del CICA
Dra. María Laura Arias
Ing. Ana Lorena Arias
Ing. Irene Campos
Lic. Ana Lorena Bolaños Sedó



Indice General

1. Introducción.....	1
→ 2. Generalidades.....	3
→ 3. Contaminación.....	5
3.1. Autopurificación.....	6
3.2. Reutilización del Agua.....	6
→ 3.3. Fuentes de Contaminación.....	7
3.3.1. Fuentes Municipales.....	7
3.3.2. Fuentes Industriales.....	8
Beneficiado de café (Aguas mieles.).....	8
A. Agua para Despulpas.....	8
B. Aguas de Lavado.....	8
3.3.3. Fuentes No Puntuales.....	9
3.3.4. Descomposición de Residuos Sólidos.....	10
3.4. Control de la Contaminación.....	11
3.4.1. Consideraciones Legales.....	11
a. Agricultura.....	12
b. Contaminación Urbana.....	12
→ c. Beneficios de Café.....	12
d. Granjas Porcinas y Avícolas.....	13
→ e. Botaderos.....	13
f. Deforestación.....	13
f. Industrias.....	13
4. La Cuenca del Río Grande de San Ramón.....	14
→ 4.1. Principales Problemas.....	14
4.2. Cálculo de la Población en la Cuenca.....	16
5. Descripción Física de la Cuenca y las Subcuencas definidas a partir de los Puntos de Muestreo.....	20
5.1. Puntos de Muestreo.....	20
→ San Ramón (Punto 1).....	20
Naranjo (Punto 2).....	23
Palmares (Punto 3).....	26
Rosales (Punto 4).....	29
Tacaes (Punto 5).....	32
Garita (Punto 6).....	35
5.2. Aclaración sobre los mapas de uso del suelo.....	38
5.2.1. Industrias con Patente en Algunas Ciudades.....	39
5.2.2. Pruebas Exigidas en el Reglamento de Vertido de Aguas Residuales a las Aguas Residuales de las Industrias citadas anteriormente según el Código CIU.....	41

6. Las Pruebas Realizadas.....	43
6.1. Descripción de las Pruebas.....	43
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	43
Demanda química de Oxígeno (DQO).....	44
Relación entre la DQO y DBO.	44
Oxígeno Disuelto (OD).....	44
Nitrógeno Amoniacal.....	45
Bacterias Coliformes.....	46
Otras Bacterias Intestinales.....	47
Bacterias Patógenas	47
Virus.	47
Índice de Calidad de Aguas.	48
6.2. Procedimiento para la Toma de Muestras.....	49
6.2.1. Equipo.....	50
6.2.2. Procedimiento.....	50
Preparación de muestras para DBO.	50
Preparación de muestras para DQO y N (NH ₃).....	51
Preparación de muestras para O ₂ disuelto.	51
Muestra para Coliformes Fecales.....	51
6.3. Procedimiento para el cálculo de caudales.....	51
6.4. Resultados de las pruebas realizadas.....	59
6.4.1. Oxígeno Disuelto (OD).....	59
6.4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	60
6.4.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	61
6.4.4. Nitrógeno Amoniacal.....	62
6.5. Análisis de los Resultados.....	64
6.5.1. Índice de Calidad de Aguas (ICA).....	64
Ejemplo de Cálculo del ICA.	64
6.5.2. DBO.....	67
6.5.3. DQO.....	71
6.5.4. Poblaciones Equivalentes.....	71
6.5.5. Cargas de DBO y DQO.....	73
6.5.6. Relación DQO/DBO.	74
6.5.7. Nitrógeno Amoniacal.....	76
6.5.8. Oxígeno Disuelto.	76
6.5.9. Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto.....	77
6.5.10. Número Más Probable de Coliformes	77
6.5.1. Balance de Masas.....	79
✦ 7. Conclusiones.....	88
✦ 8. Bibliografía.....	90
Índice de tablas.....	93
Índice de mapas.....	95
Índice de figuras.....	96
Índice de fotografías.....	97

1. Introducción.

La visión de **Desarrollo Sostenible** implica sostenibilidad ambiental considerando dos factores importantes: la destrucción de los recursos naturales y la contaminación. La solución del problema de contaminación implica un conocimiento de las actividades humanas sean agricultura, industria, entre otros; regulaciones y la situación del medio en el cual se aplican.

El Programa Modelo de Desarrollo Sostenible Regional (MDSR) se dio a la tarea de analizar la **Cuenca del Río Grande de San Ramón** ya que es una zona actualmente en transición debido a las presiones de transformación del uso del suelo y a la expansión urbana e industrial que contribuyen a la contaminación de ríos, y por otro lado, el Ministerio de Salud (MS) que tiene una capacidad limitada para el control de la contaminación.

El presente trabajo hace un **inventario general de las industrias y el uso del suelo** de dicha cuenca para determinar su potencial aporte a la contaminación del río; también presenta una **descripción física de la cuenca** y ciertas áreas de interés, a partir de los mapas del uso del suelo, curvas de nivel y ubicación de las industrias que se consideran posibles fuentes de contaminación.

Dentro del campo de las regulaciones se presenta un resumen de las **consideraciones legales** en varias de las actividades de interés, como contaminación urbana, agricultura y deforestación.

La contaminación de recursos implica cuatro aspectos importantes: un impacto acumulativo, una capacidad de absorción, una capacidad de regeneración y los posibles usos posteriores. Por lo tanto en una zona donde se pretenden implementar regulaciones para proteger un recurso, en este caso: el río, debe evaluarse la **situación actual**. En este proyecto se evalúan seis puntos durante 8 meses por primera vez, cada uno representando una subcuenca con características diferentes que dan una idea global de la cuenca.

San Ramón (Después de la unión de las quebradas Estero y Gata con el río Grande): el río atraviesa predominantemente plantaciones de café (50%), recoge aguas de beneficiado y las aguas residuales de la ciudad de San Ramón.

Naranjo (Después de la unión de la quebrada Lucas con el río Colorado): el río atraviesa predominantemente plantaciones de café (78%), recoge aguas de beneficiado y las aguas residuales de parte de la ciudad de Naranjo.

Palmares (Después de la unión de las quebradas Santiago, Chilamate y El Alto): el río atraviesa plantaciones de café (88%), recoge aguas de beneficiado y chancheras.

Rosales (Río Rosales antes de la confluencia con el río Grande): el río atraviesa plantaciones de café (44%), caña (20%) y bosques (20%); aguas de beneficiado de café y procesamiento de caña, y las aguas residuales de parte de la ciudad de Grecia.

Tacares (Río Poás): el río atraviesa plantaciones de café (46%), pastos (24%) y bosque (13%), aguas de beneficiado de café y procesamiento de caña, y las aguas residuales de varios poblados entre ellos, San Pedro de Poás. (Esta subcuenca no se estudió a fondo pues no está incluida en la región de estudio sin embargo fue imposible acceder al punto de muestreo antes que se le uniera el río Poás al río Grande).

Garita (Río Grande): el río recoge las aguas de toda la cuenca de estudio del Programa MDSR e incluye la cuenca del río Poás (Tacares).

Las **pruebas realizadas** en los puntos incluyen: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda

Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD), Nitrógeno Amoniacal, Sólidos Sedimentables y Número más probable de Coliformes (NMP). Estas fueron realizadas en el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Escuela de Química y el Laboratorio de Microbiología de la Escuela de Microbiología, ambos de la Universidad de Costa Rica. Todo el procedimiento de muestreo, la determinación del Índice de Calidad de Agua (ICA), las mediciones de caudales y el análisis de resultados fue realizado por el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS) de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.

Este proyecto pretende ser útil para: **la región**, para saber su situación actual y fijar prioridades de mejoramiento; **los sectores productivos**, para la asignación de responsables y las potencialidades de reducción; para otras **cuencas con condiciones similares**, donde se pueden utilizar las metodologías desarrolladas, especialmente las que tienen similitudes en uso del suelo, topografía, precipitación y pendientes; y **el país**, para evaluar o modificar las regulaciones existentes.

2. Generalidades.

Según Chapman, el continuo crecimiento de las actividades socio-económicas en todo el mundo ha ido acompañado por un aumento aún más rápido en la contaminación del agua. Únicamente después de un lapso de tiempo considerable, luego de la percepción pública del deterioro en la calidad del agua, se toman las medidas respectivas. La evolución histórica del control de la contaminación del agua se refleja esquemáticamente en la figura mostrada, que ilustra el deterioro general en la calidad del agua sin control (A-B) que generalmente se acelera durante el proceso de industrialización (B-C). Si la concientización pública empieza temprano (punto B) toma cierto tiempo (B-C) para que las autoridades relevantes inicien las medidas de control. Si estas medidas son insuficientes, la tasa de crecimiento de la contaminación se disminuirá (C-D2), pero si la actividad económica continua creciendo, o si la capacidad de asimilación del medio ambiente (almacenamiento, dilución, auto - depuración) es limitada, la contaminación rápidamente alcanzará la concentración límite (C-D1) donde ocurrirían daños severos o irreversibles.

Si se toman las acciones correctas, la contaminación alcanza un máximo (E) después de un período que depende de la efectividad del control, del tiempo de residencia del agua (evaluación de la contaminación) y de la interacción del contaminante con "pozos o embalses" (incluyendo almacenamiento). Finalmente un tolerable nivel ambiental (F) puede eventualmente ser alcanzado aunque no generalmente equivalente a un nivel puro (O).

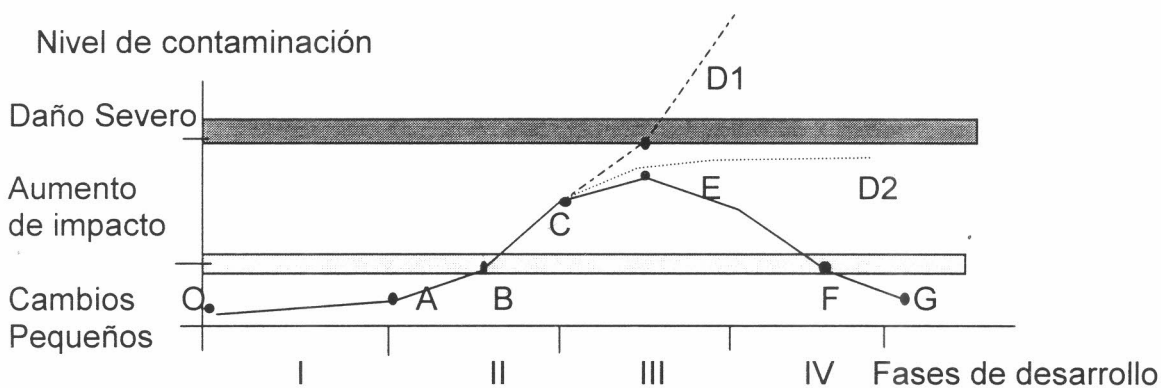


Figura No. 2.1. Impacto a largo plazo y control de la contaminación del agua

Fases de desarrollo:

Primera fase - un incremento lineal en un nivel de contaminación bajo (típica modelo de una sociedad agrícola tradicional)

Segunda fase - crecimiento exponencial de la contaminación con producción industrial, consumo de energía e intensificación de la agricultura (modelo típico de los nuevos países industrializados)

Tercera fase - contención de los problemas de contaminación debido a la implementación de estrategias de control (modelo típico de los países altamente industrializados)

Cuarta fase - reducción de los problemas de contaminación, principalmente en la fuente, a un nivel económicamente ecológicamente razonable y que no interfiera con el uso del agua (situación fundamental deseada)

Las cuatro fases del desarrollo de problemas ambientales (I a IV) pueden identificarse en relación al progreso del desarrollo socioeconómico. En general, esta secuencia de fases es aplicable no sólo a diferentes tipos de contaminación sino a países con diferentes niveles de desarrollo socioeconómico. Un esquema global simplificado con tres categorías de países puede ser utilizado para este propósito:

- Países altamente industrializados, que han enfrentado las cuatro fases durante un largo período de tiempo, empezando en aproximadamente en 1850.
- Nuevos países industrializados, que han enfrentado la mayoría de los problemas a partir de los 1950's o aún más recientemente.
- Países en vías de desarrollo, (predominantemente economías de agricultura tradicional) que han enfrentado muchos problemas con la calidad del agua además de la contaminación fecal y orgánica.

Para cada una de las tres categorías, la ocurrencia y control del problema de la contaminación por aguas cloacales ha seguido un patrón diferente. La extensión en la cual se han instalado los servicios de manejo ambiental y su proporción respecto a los problemas de contaminación, determinan el estado resultante de la calidad del agua en cada país. Además, los diferentes tipos de problemas de contaminación han ocurrido más rápidamente en países en desarrollo que en Europa debido al moderno comercio internacional de químicos, a la extensa dispersión de los contaminantes persistentes, y a las alteraciones en el ciclo hidrológico. Los países en desarrollo enfrentan y se enfrentarán con más y más situaciones de segundas y terceras generaciones de problemas de contaminación antes que se obtenga total control sobre los problemas "tradicionales".

3. Contaminación.

Contaminación es la introducción por parte del hombre de sustancias y energía en el ambiente, hasta un grado capaz de perjudicar su salud, atentar contra los sistemas ecológicos y organismos vivos, deteriorar la estructura y características del ambiente o dificultar las aplicaciones legítimas de los recursos naturales.

Según Palange, la contaminación es importante porque perjudica a los recursos de que dispone el hombre. Procede del hombre y de sus actividades, y este debería ser capaz de controlar sus efectos; sin embargo el control de la contaminación es muy caro, y los beneficios en forma de aumento de recursos pueden ser superados ampliamente por los costos ocasionados por el control.

El **tratamiento de los recursos hidrográficos** debe permitir que el agua sustente la vida de la población existente y las diversas actividades sociales, sin eliminar el potencial de crecimiento y expansión, es decir, favoreciendo el bienestar social por medio de la mejora de la calidad de vida.

Los consumidores domésticos, industriales y agrícolas generan grandes cantidades de productos de desecho, y las vías de agua son también un medio barato, eficaz y cultural para deshacerse de ellos.

Cuando los **materiales contaminantes** presentes en los residuos líquidos son descargados en un cuerpo de agua, se producen una serie de cambios, los cuáles pueden interferir con los usos previstos de estas aguas, corriente abajo del punto de descarga. Los efectos se miden en términos de los cambios que se producen en las características físicas, químicas y biológicas de las aguas receptoras.

Los residuos con un elevado contenido de **materia orgánica degradable** consumirán rápidamente el oxígeno disuelto presente en la corriente de agua, como resultado del proceso de descomposición-estabilización.

Los **sólidos suspendidos o disueltos**, también interferirán con los usos de los cursos de agua. La materia suspendida gruesa da apariencia turbia y restringe la penetración de la luz. Esta impenetrabilidad tiene a su vez un efecto nocivo sobre la vida acuática. La **contaminación térmica** tendrá el efecto de disminuir la concentración de oxígeno disuelto, acelerar el proceso de biodegradación y destruir ciertas formas de vida acuática.

Los productos residuales de **descargas industriales** son nocivos para los peces y para la vida acuática que les sirve de alimento. Los metales pesados, la contaminación térmica, los compuestos orgánicos sintéticos y los plaguicidas son frecuentemente responsables de la mortandad de peces. Tales materiales también pueden interferir con los procesos biológicos de tratamiento de las aguas residuales.

Las aguas superficiales, son frecuentemente enriquecidas por **los nutrientes** presentes en las aguas residuales. El nitrógeno, normalmente presente en las aguas residuales tratadas, y el fósforo proveniente del uso de ciertos **detergentes**, constituyen notablemente en el crecimiento de plantas acuáticas y algas (eutroficación). Estas plantas y organismos morirán, se descompondrán, producirán condiciones anaeróbicas y sépticas, tendrán efectos tóxicos en los peces e incrementarán los problemas en el tratamiento del agua de abastecimiento. Las algas microscópicas darán olor, sabor y turbiedad al agua. Las formas vegetales de mayor tamaño y las malezas pueden crecer tanto que lleguen a cubrir toda la superficie del cuerpo de agua.

La presencia de **organismos coliformes** denota la presencia de desechos humanos y animales, y posiblemente de organismos patógenos. Estos plantearán problemas de salud cuando las aguas se utilicen para abastecimiento doméstico, para deportes acuáticos, o para mantener la fauna y la flora silvestre.

El deterioro de la calidad del agua provocada por la contaminación puede tener, dependiendo de la intensidad y la calidad de dicha contaminación, serios efectos sobre la salud, vida silvestre, deportes, agricultura, productividad de la tierra, infraestructura, producción de insumos y otros usos legítimos del agua.

3.1. AUTOPURIFICACIÓN.

Los procesos de autpurificación existen en el agua natural en forma de un ciclo biológico que es capaz de autoajustarse, dentro de ciertos límites, a cambios en las condiciones ambientales.

Cuando en una corriente hay bajo contenido orgánico, existe poco material nutriente para mantener la vida y aunque estén presentes muchos tipos de organismos, solamente hay cantidades relativamente pequeñas de cada uno.

En las corrientes con alto contenido orgánico, se reduce el nivel de oxígeno disuelto (OD), lo que produce condiciones inadecuadas para animales y la vida vegetal superior. Sin embargo, como en estas circunstancias predominarán las bacterias, si se le da el tiempo suficiente, la materia orgánica se estabilizará, la demanda de oxígeno caerá y aparecerá nuevamente una cadena completa de formas de vida.

3.2. REUTILIZACIÓN DEL AGUA

Las aguas residuales disponibles para reuso deben ser consideradas como recursos hídricos adicionales. Existen dos tipos de reutilización - directa e indirecta. La reutilización directa consiste en el uso planificado y deliberado de las aguas residuales para algún propósito provechoso, incluyendo abastecimiento de agua, irrigación y recarga de acuíferos subterráneos. La reutilización indirecta se produce cuando el agua utilizada una o más veces para propósitos domésticos o industriales, es descargada en aguas dulces superficiales o subterráneas y utilizada nuevamente en forma diluida por el usuario ubicado aguas abajo.

La reutilización directa (o intencional) incluye comúnmente usos para propósitos agrícolas, industria, recreación, propósitos municipales, inyección subterránea para evitar la intrusión de agua salada y piscicultura.

La reutilización indirecta (o no intencional) se refiere a situaciones en las que los ríos y lagos que reciben aguas residuales tratadas o sin tratar, son usadas como fuentes de abastecimiento de agua por municipalidades ubicadas aguas abajo del punto de descarga. La reutilización indirecta también se produce en gran medida cuando fuentes superficiales conteniendo aguas residuales son usadas en la agricultura, la industria o para propósitos recreativos. El drenaje de las aguas de tanques sépticos y lagunas de estabilización hacia acuíferos, conduce también a una reutilización no intencional cuando posteriormente esta agua es extraída.

Existen ciertos riesgos para la salud en la reutilización de aguas residuales tratadas; éstos deben ser cuidadosamente evaluados en cada caso. Es necesario reglamentar el riesgo de cultivos vegetales, no sólo para proteger al consumidor sino también al trabajador agrícola. Cuando se utilizan aguas residuales en estanques piscícolas, existe la posibilidad de que microorganismos patógenos se transmitan de las vísceras de los peces a los consumidores. En el caso de la reutilización industrial, deben tomarse medidas para evitar conexiones cruzadas entre líneas de aguas residuales tratadas y la red de abastecimiento de agua potable.

3.3. FUENTES DE CONTAMINACIÓN.

En general, todas las aguas naturales contienen varios contaminantes que provienen de la **erosión** (que puede arrastrar agroquímicos colocados en el suelo o las plantas), la **lixiviación** y los **procesos de la intemperie**. Sin embargo, a esta contaminación natural se añade aquella causada por **aguas residuales** de origen **doméstico** o **industrial**.

Debido a los procesos de dilución y autopurificación, cualquier cuerpo de agua es capaz de asimilar cierta cantidad de contaminantes sin efectos serios. No obstante, si existe contaminación adicional, se altera la naturaleza del agua receptora y deja de ser adecuada para sus diferentes usos.

Los contaminantes se comportan de diferentes formas cuando se añaden al agua. Algunos materiales llamados **no conservativos**, dentro de los que se incluyen la mayoría de las sustancias orgánicas, algunas inorgánicas y muchos microorganismos, se degradan por procesos naturales de **autopurificación**, de forma tal que sus concentraciones se reducen con el tiempo. El tiempo que tardan en descomponerse este tipo de materia depende de cada contaminante en particular, de la calidad del agua en receptora, de la temperatura y de otros factores ambientales.

Otros materiales denominados **conservativos**, solo se pueden reducir por dilución, pues contienen sustancias inorgánicas que no se ven afectadas por los procesos naturales.

Las sustancias contaminantes, de acuerdo a sus propiedades, pueden clasificarse de la siguiente forma:

1. **Compuestos tóxicos** que causan la inhibición o destrucción de la actividad biológica en el agua. Usualmente este tipo de sustancias provienen de las descargas industriales e incluyen metales pesados, repelentes de polilla, entre otros. Se han presentado casos en que el ganado muere después de ingerir agua que contiene estas toxinas.
2. **Sustancias que afectan el balance del oxígeno** en el agua:
 - a) Compuestos que consumen oxígeno, las cuales pueden ser sustancias orgánicas que se oxidan bioquímicamente o agentes reductores inorgánicos.
 - b) Compuestos que entorpecen la transferencia de oxígeno a través de la fase aire-agua. Los aceites y los detergentes, por ejemplo, pueden formar películas protectoras en la interfase que reducen la capacidad de transferencia de oxígeno y amplifican los efectos de las sustancias que lo consumen.
 - c) El balance del oxígeno puede ser alterado por la contaminación térmica debido a que la concentración de saturación del OD se reduce al aumentar la temperatura.
3. En altas concentraciones los **sólidos inertes en suspensión** causan problemas. Por ejemplo la descarga de agua salobre por el drenaje de las minas puede hacer que un río sea inadecuado para propósitos de abastecimiento de agua.

3.3.1. Fuentes Municipales.

Los residuos municipales son comunes a todas las comunidades y centros poblacionales (sean urbanos, marginales y rurales). Generalmente consisten de una combinación de residuos domésticos mezclados con cantidades variables de efluentes industriales provenientes de industrias y comercios. En épocas de lluvia, diferentes cantidades de residuos líquidos, compuestos por una mezcla de aguas residuales sin tratar y agua de lluvia, se descargan directamente a los cursos de agua, causando un incremento efectivo en los niveles de contaminación de dicha corriente durante el período de avenidas. (**Ver anexo I.c, Detergentes**)

3.3.2. Fuentes Industriales.

Si bien las fuentes de contaminación industrial se concentran más frecuentemente en áreas muy pobladas, residuos de este tipo también pueden generarse en comunidades pequeñas y áreas aisladas. Debido a la gran variación que presentan la composición y el volumen de los residuos industriales (dependiendo de las materias primas, los procesos y productos finales), no es posible dar una definición general sobre la naturaleza de dichos residuos. Incluso en el efluente de una misma planta industrial pueden existir variaciones muy grandes de un día a otro.

Respecto a las fuentes, las aguas residuales industriales se originan de:

- a) Fabricación de productos intermedios o finales para su comercialización
- b) Operaciones mineras
- c) Mantenimiento y cuidado en general de máquinas, edificios y otras instalaciones utilizadas en la producción
- d) Contaminantes que escapan de los cúmulos de desechos industriales
- e) Otras fuentes relacionadas

Beneficiado de café (Aguas mieles.)

Las aguas residuales del café se producen en la parte del proceso conocido como lavado y despulpado. Las aguas residuales del despulpado son notables por su alta concentración en contaminantes orgánicos, al usar para transportar la pulpa desde la despulpadora hasta el lugar de almacenamiento, fracciones de la pulpa se mezclan con el agua, dándole un color café oscuro, olor penetrante y altos valores de demandas de oxígeno (DQO y DBO). Las aguas residuales que se originan en el proceso del lavado están contaminadas con los productos finales de la fermentación del café, en cuyo proceso se elimina el mucílago que cubre al grano. En la primera parte del lavado hay una alta concentración de materia disuelta y en suspensión.

A. Agua para Despulsar.

Los componentes orgánicos de la pulpa son: proteínas, sustancias pécticas, tañinas, ácido clorogénico, ácidos cafeicos totales, azúcares solubles, cafeína, lípidos y celulosa. Estos componentes son extraídos de la pulpa durante el proceso de despulpado y de esta manera forman la contaminación alta del agua.

B. Aguas de Lavado.

El mucílago que rodea al grano de café es un hidro-gel que contiene pectinas, azúcares y ácidos orgánicos, aparentemente no contiene taninas o cafeína. Durante el proceso de fermentación, el mucílago es descompuesto hasta que todo se dispersa en el agua.

La formación de ácidos pécticos y volátiles causa un descenso en el pH, y da lugar a que aumente la acidez del café. Las reacciones químicas que se producen durante la fermentación podrían resumirse así:

- Degradación de la pectina por las enzimas naturales
- Producción de alcohol etílico a partir de los carbohidratos (azúcares y productos reductores de la pectina)
- Producción microbiana de ácidos orgánicos (ácido acético, propiónico, butírico, láctico y valérico), bajo las condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

De acuerdo a estudios realizados, en el proceso húmedo del beneficio de café, se produce un agua

residual con una DQO mediana-alta, y fácilmente degradable, que debe ser depurada por los métodos de tratamiento de agua actuales. La producción de DQO se determinó por cantidad de café producida en +/- 130 kg DQO/ton. café oro.

Muchos investigadores mencionan la reducción del consumo de agua en el beneficiado de café como una de las posibilidades para reducir la contaminación. Se encontró que la cantidad total de DQO producida en el proceso de despulpado no se reducirá por el reciclaje de aguas de proceso: la concentración de DQO en el agua es proporcional a la cantidad de café tratado y la cantidad de DQO producida es constante. En el proceso de lavado se determinó que hay que lavar todos los productos de fermentación del café, lo que presenta una cantidad fija de DQO. Por esta razón no se puede esperar una reducción de la cantidad total de DQO por la aplicación de ahorro de agua. La reutilización es útil en casos de descargas de residuo sin tratamiento con el fin de ahorrar agua que podría utilizarse en otras aplicaciones o ahorrar volumen de almacenamiento de las lagunas que colectan el agua de proceso, en caso de poco abastecimiento de agua y en casos de tratamiento aeróbico de agua residual (donde altas concentraciones causan una eliminación de DQO más rápida).

3.3.3. Fuentes No Puntuales.

Las fuentes no puntuales son aquellas de naturaleza difusa y que descargan sustancias contaminantes sobre amplias zonas de terrenos. Las principales fuentes de este tipo son las actividades agrícolas, silvícolas, constructivas y de extracción de minerales, así como las escorrentías urbanas provenientes de áreas sin urbanizar o sin servicio de alcantarillado.

Los contaminantes provenientes de las actividades agrícolas incluyen sedimentos, nutrientes, plaguicidas, cargas orgánicas y organismos patógenos. Su transporte se realiza mediante:

- a) escorrentías hacia las aguas superficiales
- b) infiltración y penetración en aguas subterráneas
- c) vientos que los trasladan hasta las aguas superficiales

Los contaminantes provenientes de las actividades de silvicultura, como la tala de árboles, son similares a las agrícolas, siendo los principales los sedimentos. Los sedimentos tienen gran importancia, pues llevan hasta las aguas receptoras los residuos de plaguicidas y elementos nutritivos presentes en el suelo. **Ver anexo I.b (Agroquímicos)**. También pueden causar problemas de enlodamiento en los cursos de agua y reservorios. En cierta medida, se puede producir una contaminación térmica como resultado de la eliminación de la copa de los árboles que protegen a los cursos de agua de la energía solar.

El contaminante más grave que producen las actividades mineras, es el líquido que drena de ellas cuando existe oxidación de los compuestos de pirita con el aire en presencia de agua. Este drenaje consiste de una mezcla ácida de sales de hierro y de otro tipo de sales con ácido sulfúrico. El líquido que drena de las minas proviene tanto de las actividades subterráneas como superficiales. Los residuos de la extracción, los materiales residuales dejados cerca al lugar de extracción luego de haberse extraído los minerales, constituyen una fuente de contaminación. La lluvia que llega a estos cúmulos de residuos lixiviará parte de los contaminantes presentes y los drenará, ya sea hacia el subsuelo o hacia aguas superficiales existentes.

Las actividades de construcción también generan contaminación, estas incluyen proyectos relacionados con: a) transportes y comunicaciones; b) grandes proyectos de vivienda; c) sistemas de energía; d) desarrollo de recursos hídricos y e) obras de recreación.

Las cantidades y los tipos de contaminación generada por las actividades de construcción dependerán de a) tipo y tiempo de duración del proyecto; b) ubicación y tamaño del área de construcción; c)

resistencia de la superficie del terreno de deslizamiento y a la erosión por acción de la gravedad, el agua y el viento; d) propiedades químicas o la geología del suelo bajo la superficie del terreno; y e) número de personas y máquinas que participan en cada área de construcción.

Las escorrentías provenientes de áreas sin urbanizar o sin alcantarillado, pueden tener un papel significativo entre las denominadas fuentes no puntuales. Generalmente, en muchos países en desarrollo, estas áreas constituyen enclaves urbanos ocupados por invasores. Estos pobladores han migrado hacia los centros urbanos y no cuentan con recursos financiero ni de otro tipo. Estas áreas rara vez cuentan con alcantarillados u otras facilidades sanitarias, por lo que los desechos y otros tipos de residuos domésticos son descargados directamente, sin tratamiento alguno, en una corriente de agua o en el suelo, de donde pueden infiltrarse hacia el subsuelo, o ser arrastrados hacia las aguas superficiales.

3.3.4. Descomposición de Residuos Sólidos.

La descomposición de los materiales presentes en los residuos sólidos urbanos, puede liberar constituyentes químicos dentro del drenaje e infiltración asociada con otro tratamiento o disposición de dichos residuos. La principal ruta de contaminación de estas sustancias químicas será por lixiviación hacia las aguas subterráneas y superficiales.

Tabla No. 3.1. Composición de los lixiviados de un relleno sanitario.

Componente*	Rango	Valor típico
DBO ₅	2000 – 30000	10000
COT	1500 – 20000	6000
DQO	3000 – 45000	18000
SST	200 – 1000	500
Nitrógeno orgánico	10 – 600	200
Nitrógeno amoniacal	10 – 800	200
Nitratos	5 – 40	25
Fósforo total	1 – 70	30
Ortofósforo	1 – 50	20
Alcalinidad como CaCO ₃	1000 – 10000	3000
PH	5.3 – 8.5	6
Dureza total como CaCO ₃	300 – 10000	3500
Calcio	200 – 3000	1000
Magnesio	50 – 1500	250
Potasio	200 – 2000	300
Sodio	200 – 2000	500
Cloruro	100 – 3000	500
Sulfato	100 – 1500	300
Hierro total	50 – 600	60

* Unidades: miligramos/litro excepto el pH

Fuente: Corbitt, Robert, 1989.

3.4. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

El control de la contaminación del agua es de importancia no sólo por motivos de conveniencia y bienestar públicos, sino porque acusan sensibles deficiencias en el suministro de agua limpia para aplicaciones domésticas e industriales.

Las normas de calidad del agua generalmente toman una de la siguientes dos formas: normas para aguas receptoras y normas para efluentes.

Cuando se utilizan normas para aguas receptoras, las corrientes de agua se clasifican en diferentes categorías, según el uso más provechoso. Con este método es difícil garantizar el cumplimiento de las normas, pues no se puede asignar responsabilidad a una fuente específica cuando el efecto combinado de varias descargas excede la capacidad asimilativa del curso receptor, dando lugar a que las normas no se cumplan. De igual manera, es posible que la descarga ubicada en el punto más distante aguas arriba, aproveche un porcentaje mucho mayor de la capacidad de autopurificación de la corriente, dejando muy poca o ninguna para las descargas situadas aguas abajo.

Las normas para efluentes, como su nombre lo indica, son restricciones impuestas a los efluentes, que deben ser cumplidas por cada fuente específica en el punto de descarga. Las normas deben ser lo suficientemente estrictas para proteger la calidad de las aguas receptoras y, al mismo tiempo, poder ser aplicadas sin distinciones a cada uno de los vertimientos. Con este método, la institución reguladora puede delimitar más fácilmente la responsabilidad y tomar las medidas necesarias cuando se haya excedido la capacidad asimilativa de los cursos receptores.

En algunos casos, puede ser deseable contar con ambos tipos de normas, pero ellas deberán ser consideradas complementarias y de ninguna manera opuestas.

3.4.1. Consideraciones Legales.

Generalidad

El propósito básico de las leyes y reglamentos es proteger la calidad de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, y promover la conservación de los recursos hídricos de la nación. Existen diferencias, entre un país y otro que deben ser tomadas en cuenta. Por lo tanto, es necesario que estas leyes se enmarquen dentro de la estructura legal, política, social, cultural y económica del país.

La responsabilidad del control de la contaminación recae principalmente en el Estado.

Una legislación efectiva debe a) basarse en principios económicos y científicos sólidos y actualizados; b) suministrar el marco para fijar las normas, pero no establecerlas, pues esto último es parte del proceso de reglamentación; y c) estipular la institución de multas significativas para quienes no cumplan con las normas.

En vista de las diferencias sociales, políticas y de otro tipo entre las naciones, no es posible presentar un conjunto de disposiciones legales aplicables a todos los países. Debe evaluarse cada situación específica, de tal manera que la legislación formulada se adecue a las condiciones existentes.

El Caso de Costa Rica

Existen varias leyes y normas en relación con la calidad y la contaminación de las aguas superficiales. A continuación se hace referencia a las normativas relacionadas con las principales actividades de la zona en estudio según se cita en el Proyecto Sistema de Ordenamiento Ambiental de la Gran Área Metropolitana (SOAGAM): Normas de contaminación de agua.

a. Agricultura.

Con respecto a las actividades agrícolas, la Ley de Sanidad Vegetal (16/11/1961), establece la prohibición de contaminar las aguas con plaguicidas, fitohormonas y otros productos de uso agrícola. Luego el Reglamento de Seguridad sobre Empleo de Sustancias Tóxicas en la Agricultura (6/9/1968), prohíbe el derramar residuos y preparar mezclas de sustancias tóxicas en las proximidades de fuentes o corrientes de agua, así como el lavado de aparatos rociadores y sus accesorios. Estas mismas disposiciones se encuentran además en el Reglamento de Registro, Uso y Control de Plaguicidas y sus Coadyuvantes (27/4/1995).

b. Contaminación Urbana.

En relación a los desechos domésticos, la Ley General de Salud (30/10/1973), establece que la eliminación de excretas, aguas cloacales y servidas debe hacerse de forma tal que evite la contaminación de las fuentes naturales de agua para el uso y consumo humano.

La Ley de Vida Silvestre (30/10/1992) extiende esta disposición con el fin de proteger también la flora y la fauna silvestres. Esta exige que las diferentes instalaciones agroindustriales, industriales y demás se encuentren dotadas de sistemas de tratamiento de aguas contaminadas. En respuesta a esta ley, se estableció un decreto (16/2/1995) en que se estipula que la depuración es exigible a todos los conjuntos habitacionales, comerciales, turísticos, agroindustriales e industriales, y donde además, se fijan niveles de emisión aceptables para diferentes sustancias.

En lo que respecta a la contaminación industrial, el Reglamento de Higiene Industrial (22/4/1980), en ejecución de la Ley General de Salud, prohíbe que se de curso libre a las aguas de desecho industrial, cuando estas se consideren perjudiciales para el hombre, los animales, las plantas o las obras de infraestructura. Esto debe ser verificado por el Ministerio de Salud con el fin de poder otorgar el permiso sanitario de funcionamiento.

c. Beneficios de Café.

Esta actividad posee una normativa reguladora de los desechos líquidos y sólidos específica. Existen dos decretos que establecen varias medidas, entre las cuales se mencionan la obligación de depurar las aguas residuales cuando se viertan a cursos de agua de cuya calidad dependa la salubridad de las poblaciones.

Además, una ley (26/6/1995) estipula una desgravación del Impuesto sobre la Renta de las inversiones realizadas con el objeto de depurar los vertidos de desechos. Se promulgó incluso, un decreto (17/11/1989) que inició un proyecto que tiene como fin el lograr el aprovechamiento de los desechos sólidos y líquidos producidos por el beneficiado de café.

d. Granjas Porcinas y Avícolas.

La actividad agropecuaria del porcino posee en este momento una reglamentación específica propia, el Reglamento de Granjas Porcinas (10/1/1994), el cual establece que la construcción, instalación, modificación o ampliación de las granjas porcinas deben contar con una serie de requisitos para poder recibir el permiso de parte del Departamento de Seguridad e Higiene Industrial de la División de Saneamiento Industrial del Ministerio de Salud (DSIMS) y del INVU. Dicho permiso, el cual es obligatorio para poder realizar el proyecto, depende de la existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales y eliminación de desechos orgánicos de las instalaciones en cuestión.

De forma similar, se desarrolla el Reglamento de Granjas Avícolas (10/1/1994).

e. Botaderos.

En este respecto el Reglamento sobre el Manejo de Basuras (20/6/1989), prohíbe la disposición o abandono de basuras, cualquiera que sea su procedencia, a cielo abierto, en vías o áreas públicas, en los terrenos y en los cuerpos de agua superficiales o subterráneas.

Este reglamento establece también, que la instalación de un relleno sanitario necesita un Estudio de Impacto Ambiental, el cual considere especialmente el efecto que ha de tener en la hidrología superficial y subterránea. Además, se estipula que el relleno debe ubicarse a distancia de zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural.

f. Deforestación.

Como producto de la deforestación se dan fenómenos de erosión de los suelos, de forma que la escorrentía superficial se encarga de llevar las partículas hasta los cursos de agua. En este respecto, la Ley de Conservación de Aguas y Suelos (5/3/1953), es el instrumento por el cual se regulan las actividades que conllevan a la erosión.

f. Industrias.

En el **anexo II** se presenta el Decreto sobre el Reglamento de Vertido y Reuso de aguas residuales (19/6/97). Se determinan los límites y pruebas requeridos para las aguas residuales de las industrias clasificadas de acuerdo al código CIU, además de la clasificación de las aguas de reuso y los límites máximos permisibles. El reglamento fue elaborado con la participación de profesionales de todo el país bajo la coordinación del Ministerio de Salud.

4. La Cuenca del Río Grande de San Ramón.

4.1. PRINCIPALES PROBLEMAS.

Los principales problemas que ocasionan la contaminación en las aguas de la cuenca del Río Grande de San Ramón se citan a continuación.

Fuentes Municipales

- No existe alcantarillado sanitario, las aguas cloacales se disponen en los patios de las casas mediante tanque séptico y drenajes o se descargan directamente al río.
- Casi la totalidad de las casas descargan las aguas jabonosas a la red de alcantarillado pluvial y, por lo tanto al río.
- El servicio de limpieza y mantenimiento de las márgenes y cauces de los ríos es casi nulo, lo que facilita el estancamiento de aguas residuales y desechos sólidos.
- El sistema de recolección, manejo y disposición de desechos sólidos no funciona correctamente, como consecuencia muchos desechos son depositados directamente al río.
- Gran cantidad de botaderos municipales y clandestinos por toda la cuenca. Al no existir capas impermeables los lixiviados drenan hacia las aguas subterráneas y superficiales pues la mayoría se ubican en los márgenes de los ríos.

Fuentes industriales

- La cuenca cuenta con 19 beneficios de café y 6 ingenios (Incluyendo al Río Poás).
- La planificación de las ciudades es casi nula y por lo tanto el crecimiento urbano es desordenado. Las industrias están dispersas y en muchos casos no tienen plantas de tratamiento.

Fuentes no puntuales

- La deforestación aumenta, este fenómeno puede ocasionar una disminución en los caudales y un aumento de la erosión de los suelos, que disminuye la capacidad de arrastre de los ríos y aumenta la contaminación por transporte de materia orgánica del suelo al agua durante las lluvias.
- La 50% de la cuenca es una plantación de café (aproximadamente 318 km²), hay grandes plantaciones de caña y alta producción de hortalizas (Incluyendo al Río Poás).
- En los campos de cultivo de café, caña, frutales y especialmente en tomate, chile y pepino se utilizan agroquímicos. Según García, la forma de acción de los plaguicidas está dirigida al conjunto plaga – ambiente, desde el momento de aplicación seguirán una dinámica de transporte y difusión. **(Ver anexo I.b).**

Problemas climáticos

- En verano la capacidad de arrastre de algunos ríos es mínima, lo que propicia el estancamiento de aguas residuales y desechos sólidos, creando focos de contaminación peligrosos para la salud humana.

Control de la contaminación

- Las instituciones y autoridades ejercen un control mínimo para evitar la contaminación de los ríos con aguas residuales.
- Existen grandes descargas de aguas cloacales, jabonosas, industriales e institucionales que caen directamente al río. El Ministerio de Salud tiene una capacidad limitada de control.
- Muchos de los beneficios de café y otras industrias de la cuenca tratan de construir plantas de tratamiento y cumplir con las normas de aguas residuales, pero es un proceso lento.

Falta de una educación adecuada

- Existe un desconocimiento casi total en la población de las leyes establecidas para evitar la contaminación del medio ambiente.

4.2. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN EN LA CUENCA.

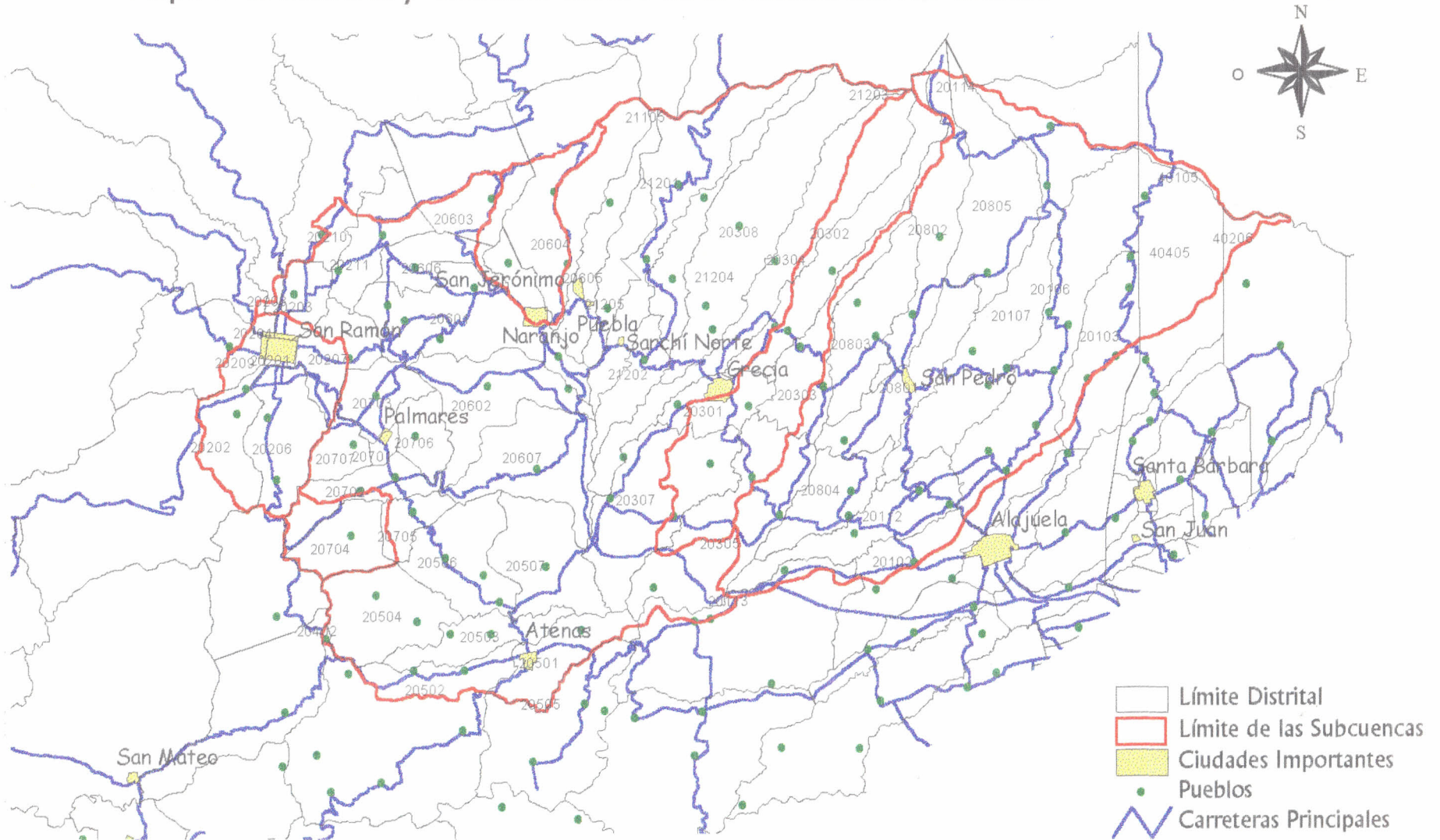
Para el cálculo de la población por distrito que se encuentra de la Cuenca del Río Grande, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se obtuvo el área total de cada distrito así como el área del mismo dentro de la cuenca a partir de las bases de datos de coberturas de ARC INFO y se calculó la relación de ambos como porcentaje.
2. A partir de mapas de los distritos y del borde de la cuenca se determinó el porcentaje por distrito de los pueblos que se encontraban dentro de la cuenca con respecto al total (ver mapa # 1).
3. Para los distritos que no se encuentran totalmente dentro de la cuenca, el porcentaje de la población por distrito que se encuentra dentro se calculó como el promedio de los porcentajes de área y de poblados dentro de la cuenca. Para los que se encuentran completos el porcentaje obviamente es de 100%.
4. Entonces la población por distrito se obtuvo mediante la aplicación de este último porcentaje sobre la población total de cada distrito según la proyección para julio de 1996 de la Dirección General de Estadística y Censos publicada en abril de 1997.

Los resultados de este análisis se muestran en la tabla No. 4.1.

NO

Mapa # 1. Distritos y Ciudades dentro de la Cuenca del Río Grande



0 5 10 15 20 km

Fuente: IGN y ProDUS
Enero 1998



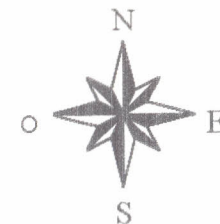
Tabla No. 4.1. Análisis de población en la Cuenca del Río Grande de San Ramón.





Código	Cantón	Distrito	Área Dentro	Área Total	% Área	% Pueblos	% Pob Calc	Pob. Total	Pob. Dentro
20102	Alajuela	San José	4.982	14.654	34.0%	50.0%	42.0%	12132	5095
20103	Alajuela	Carrizal	9.954	16.135	61.7%	75.0%	68.3%	2214	1513
20106	Alajuela	San Isidro	31.298	35.990	87.0%	100.0%	93.5%	6681	6246
20107	Alajuela	Sabanilla	31.522	43.087	73.2%	100.0%	86.6%	3328	2881
20112	Alajuela	Tambor	13.960	13.960	100.0%		100.0%	3671	3671
20113	Alajuela	Garita	5.105	33.685	15.2%	50.0%	32.6%	2544	829
20114	Alajuela	Sarapiquí	0.010	113.942	0.0%		0.0%	1114	0
20201	San Ramón	San Ramón	1.268	1.268	100.0%		100.0%	13426	13426
20202	San Ramón	Santiago	8.916	61.199	14.6%	100.0%	57.3%	2691	1542
20203	San Ramón	San Juan	5.128	5.129	100.0%		100.0%	8378	8376
20204	San Ramón	Piedades Norte	0.913	47.246	1.9%		1.9%	3613	70
20206	San Ramón	San Rafael	12.434	30.838	40.3%	66.7%	53.5%	6508	3481
20207	San Ramón	San Isidro	8.645	8.645	100.0%		100.0%	1822	1822
20208	San Ramón	Angeles	0.579	390.541	0.1%		0.1%	4933	7
20209	San Ramón	Alfaro	2.559	17.939	14.3%	0.0%	7.1%	2693	192
20210	San Ramón	Volio	2.807	20.517	13.7%	50.0%	31.8%	1467	467
20211	San Ramón	Concepción	6.550	9.543	68.6%	100.0%	84.3%	1598	1347
20301	Grecia	Grecia	7.523	7.523	100.0%		100.0%	16163	16163
20302	Grecia	San Isidro	17.119	17.141	99.9%		100.0%	3900	3900
20303	Grecia	San José	12.300	12.300	100.0%		100.0%	4892	4892
20304	Grecia	San Roque	26.739	26.739	100.0%		100.0%	7537	7537
20305	Grecia	Tacares	24.797	24.797	100.0%		100.0%	5289	5289
20307	Grecia	Puente Piedras	22.947	22.947	100.0%		100.0%	5642	5642
20308	Grecia	Bolivar	30.653	30.676	99.9%		100.0%	4815	4815
20402	San Mateo	Desmonte	0.036	20.909	0.2%		0.2%	352	1
20501	Atenas	Atenas	9.405	9.772	96.2%	100.0%	98.1%	6190	6074
20502	Atenas	Jesús	7.556	44.467	17.0%	31.3%	24.1%	3478	839
20503	Atenas	Mercedes	7.816	7.816	100.0%		100.0%	1760	1760
20504	Atenas	San Isidro	14.432	14.445	99.9%		100.0%	2500	2500
20505	Atenas	Concepción	0.021	21.793	0.1%		0.0%	2503	0
20506	Atenas	San José	13.569	13.569	100.0%		100.0%	1827	1827
20507	Atenas	Santa Eulalia	14.629	14.629	100.0%		100.0%	1312	1312
20601	Naranjo	Naranjo	25.281	25.281	100.0%		100.0%	16481	16481
20602	Naranjo	San Miguel	15.661	15.661	100.0%		100.0%	2244	2244
20603	Naranjo	San José	7.579	20.877	36.3%	100.0%	68.2%	2847	1940
20604	Naranjo	Cirrí Sur	20.710	32.012	64.7%	100.0%	82.3%	3348	2757
20605	Naranjo	San Jerónimo	9.129	9.129	100.0%		100.0%	2004	2004
20606	Naranjo	San Juan	6.743	6.743	100.0%		100.0%	3411	3411
20607	Naranjo	Rosario	17.203	17.203	100.0%		100.0%	2548	2548
20701	Palmares	Palmares	1.174	1.174	100.0%		100.0%	5335	5335
20702	Palmares	Zaragoza	8.370	8.412	99.5%		100.0%	5729	5729
20703	Palmares	Buenos Aires	6.951	6.951	100.0%		100.0%	4215	4215
20704	Palmares	Santiago	7.992	8.029	99.5%		100.0%	2492	2492
20705	Palmares	Candelaria	4.452	4.452	100.0%		100.0%	1376	1376
20706	Palmares	Esquipulas	5.443	5.443	100.0%		100.0%	2422	2422
20707	Palmares	Granja	4.378	4.378	100.0%		100.0%	2692	2692
20801	Poás	San Pedro	13.558	13.558	100.0%		100.0%	3485	3485
20802	Poás	San Juan	15.678	16.367	95.8%		100.0%	1053	1053

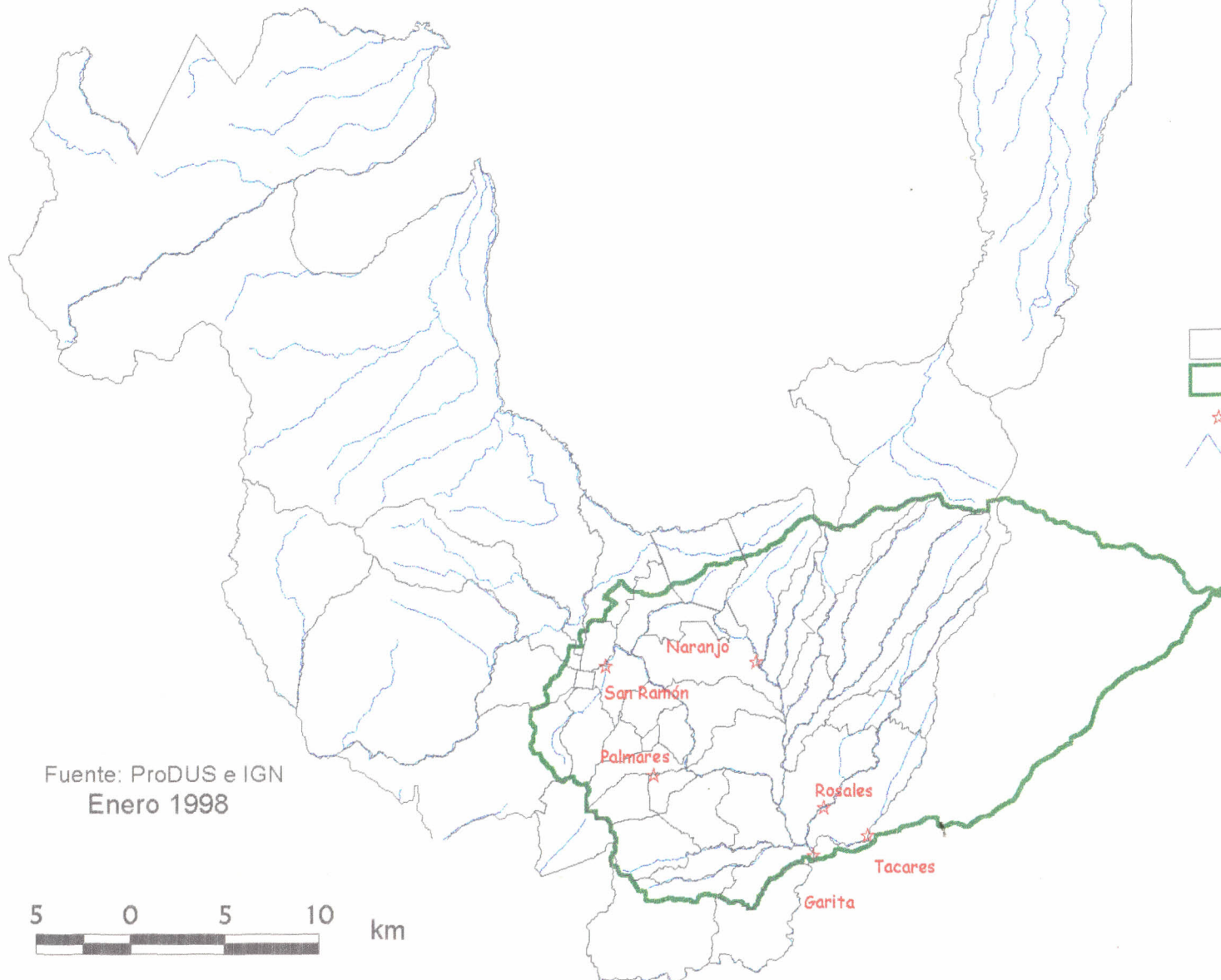
Contaminación en los ríos de la Cuenca del Río Grande

Código	Cantón	Distrito	Área Dentro	Área Total	% Área	% Pueblos	% Pob Calc	Pob. Total	Pob. Dentro
20803	Poás	San Rafael	14.225	14.225	100.0%		100.0%	1745	1745
20804	Poás	Carrillo	10.102	10.102	100.0%		100.0%	2653	2653
20805	Poás	Sabana Redonda	19.730	20.158	97.9%		97.9%	613	600
21105	Alfaro Ruiz	Palmira	0.021	30.562	0.1%		0.1%	520	0
21201	Valverde Vega	Sarchí Norte	21.146	21.216	99.7%		100.0%	6137	6137
21202	Valverde Vega	Sarchí Sur	6.443	6.443	100.0%		100.0%	4005	4005
21203	Valverde Vega	Toro Amarillo	0.124	91.179	0.1%		0.1%	421	1
21204	Valverde Vega	San Pedro	10.835	10.845	99.9%		100.0%	2540	2540
21205	Valverde Vega	Rodríguez	7.195	7.195	100.0%		100.0%	1968	1968
40105	Heredia	Varablanca	0.732	257.924	0.3%		0.0%	803	0
40206	Barva	San José de la Montaña	1.896	36.685	5.2%	0.0%	2.6%	3904	101
40405	Santa Bárbara	Santo Domingo	18.507	26.567	69.7%	33.3%	51.5%	2578	1328
<i>Total</i>			637.430	1882.614	33.9%				194778

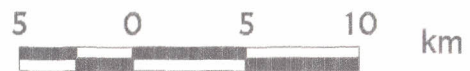
Mapa # 2 Ubicación de los Puntos de Medición



-  Límite Distrital
-  Cuenca del Río Grande
-  Puntos de Medición
-  Ríos Principales



Fuente: ProDUS e IGN
Enero 1998



5. Descripción Física de la Cuenca y las Subcuencas definidas a partir de los Puntos de Muestreo.

5.1. PUNTOS DE MUESTREO.

La elección de los puntos de muestreo se realizó con base en la ubicación de las principales ciudades de la región y de los posibles focos de contaminación. La idea es que cada uno de ellos represente condiciones diferentes tanto en cantidad como en tipo de cargas residuales, evaluar el estado de los ríos en distintos puntos dentro de la cuenca y el aporte de la Cuenca del río Grande de San Ramón al Río Grande de Tárcoles.

San Ramón (Punto 1).

(Coordenadas Lambert Norte: 486.15, 230.85)

Este punto se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de San Ramón, luego de la unión de la Quebrada Estero con la Quebrada Gata y el Río Grande. Comparando con las subcuencas de estudio es de tamaño medio y drena un área de 31.26 km² (Ver mapas # 3 y 4).

El río atraviesa predominantemente plantaciones de café y pastos (Ver tabla No. 5.2.), recoge aguas de beneficiado y procesamiento de caña (Ver tabla No. 5.1), y las aguas residuales de la ciudad de San Ramón. Estas últimas incluyen las aguas de industriales, comerciales, institucionales (el Hospital) y las aguas cloacales, entre otras.



Tabla No. 5.1. Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca San Ramón.

Fuente	Número
Ciudad de San Ramón y algunos pueblos	Ver mapa # 2
Beneficios	3
Ingenios	1

Fuente: ProDUS, 1997

Fotografía No. 5.1. Punto de muestreo en San Ramón

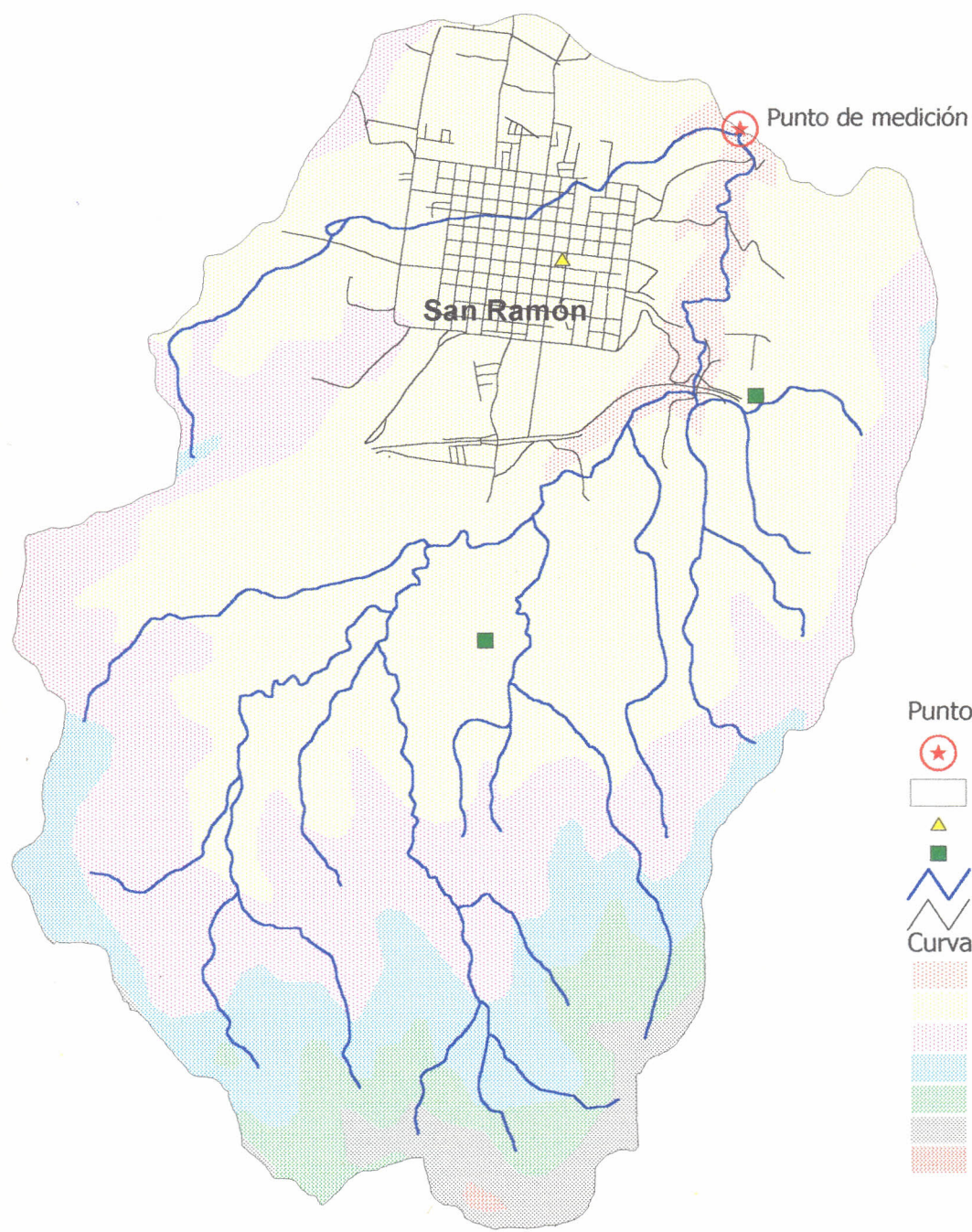
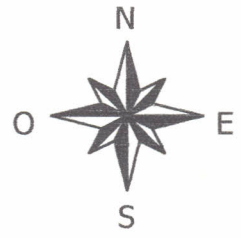
Tabla No. 5.2. Porcentajes de área en la subcuenca San Ramón según tipo de uso del suelo

Uso	Area (km ²)	%	Uso	Area (km ²)	%
Urbano	3.77	12.05	Charral	0.34	1.08
Café	15.42	49.34	Ornamental	0.36	1.16
Bosque	1.52	4.85	Frutas	0.01	0.02
Pastos	6.39	20.45	Otros	2.05	6.55
Caña	1.25	4.01	Area total:	31.26 km ²	

Fuente: MAG 1985, Costa Rica 1:200000; IGN 1989, Costa Rica 1:10000

Mapa # 3
 Cuenca del Río Grande de San Ramón
 Ubicación de posibles fuentes de contaminación
 Punto de medición #1: Subcuenca San Ramón

CIO
 333.916.2
 C759C



119547

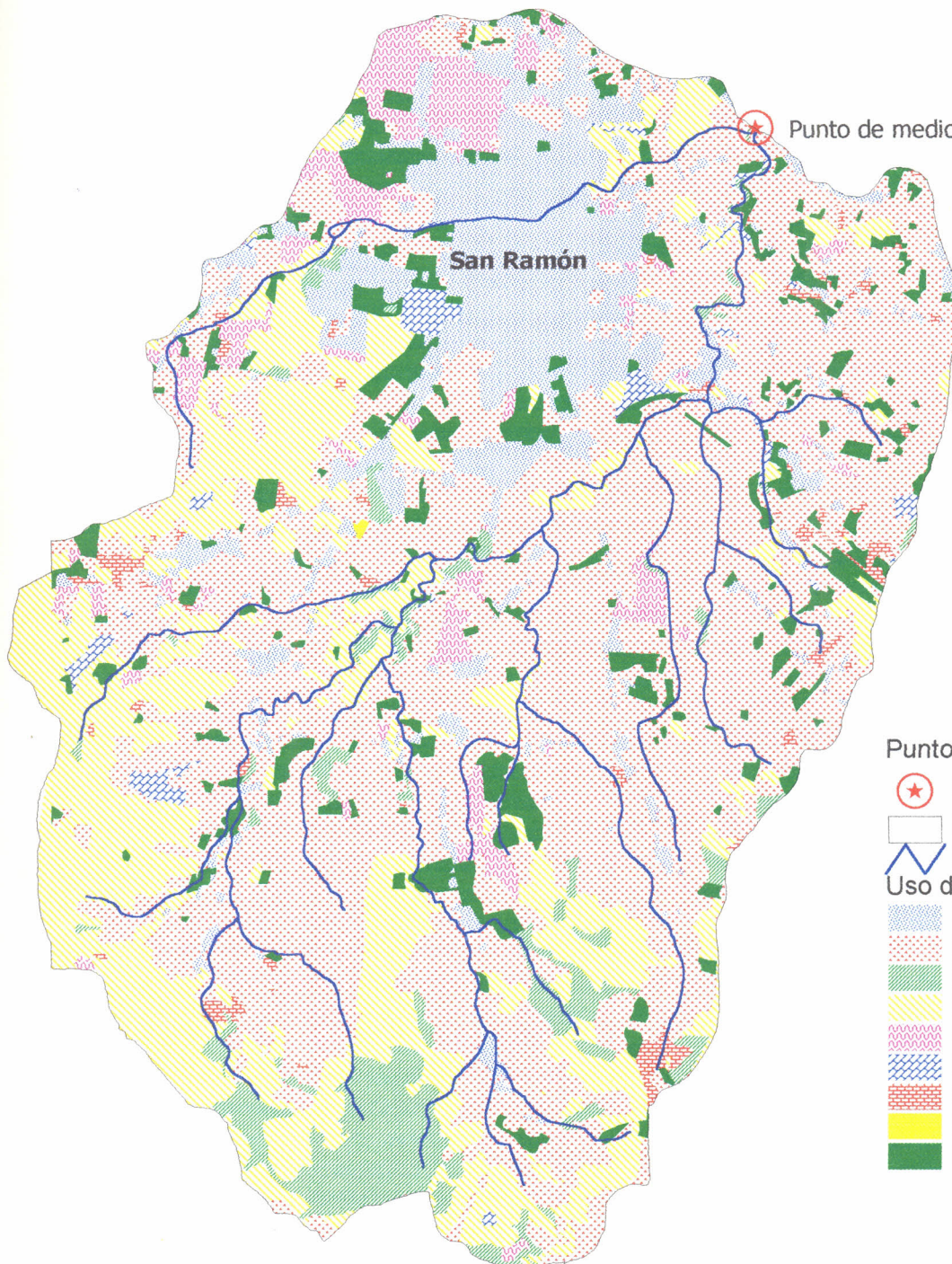
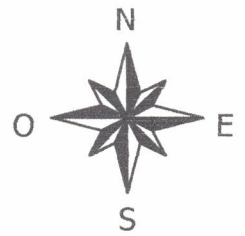
- Punto de medición
- San Ramón
 - Borde de subcuenca
 - Ingenios
 - Beneficios
 - Río Grande
 - Ciudades
- Curvas de nivel (msnm)
- 900 - 1000
 - 1000 - 1100
 - 1100 - 1200
 - 1200 - 1300
 - 1300 - 1400
 - 1400 - 1500
 - 1500 - 1600

0 1 kilómetros

Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.



Mapa # 4
 Cuenca del Río Grande de San Ramón
 Uso del suelo
 Punto de medición #1: Subcuenca San Ramón



- Punto de medición
- San Ramón
 - Borde de subcuenca
 - Río Grande
- Uso del suelo
- Urbano
 - Café
 - Bosque
 - Pastos
 - Caña
 - Charral
 - Ornamental
 - Frutas
 - Otros

0 1 kilómetros

Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.



Naranjo (Punto 2).

(Coordenadas Lambert Norte: 495.41,231.15)

Este está localizado al oeste de la ciudad Naranjo, luego de la unión de la Quebrada Lucas con el Río Colorado. El área que drena a este punto es 17.90 km², lo que indica que es una cuenca pequeña (Ver mapas # 5 y 6)

El río atraviesa predominantemente plantaciones de café (Ver tabla No. 5.4) y está ubicado aguas abajo de beneficios (Ver tabla No. 5.3), además recoge las aguas residuales de parte de la ciudad de Naranjo (industriales, comerciales, etc.).

Tabla No. 5.3. Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca Naranjo

Fuente	Número
Ciudad de Naranjo (Incluye industrias y comercios)	Ver mapa # 4
Beneficios	2
Botadero Municipal	1

Fuente: ProDUS

Tabla No. 5.4. Porcentajes de área en la subcuenca Naranjo según tipo de uso del suelo

Uso	Area (km ²)	Porcentaje
Urbano	0.96	5.34
Café	13.96	78.04
Bosque	0.42	2.37
Pastos	2.51	14.04
Caña	0.02	0.12
Charral	0.00	0.00
Ornamental	0.00	0.00
Frutas	0.00	0.00
Otros	0.02	0.09
Area total:	17.89 km²	

Fuente: MAG 1985, Costa Rica 1:200000; IGN 1989, Costa Rica 1:10000



Fotografía No. 5.2. Punto de medición. (Medición de Oxígeno Disuelto)



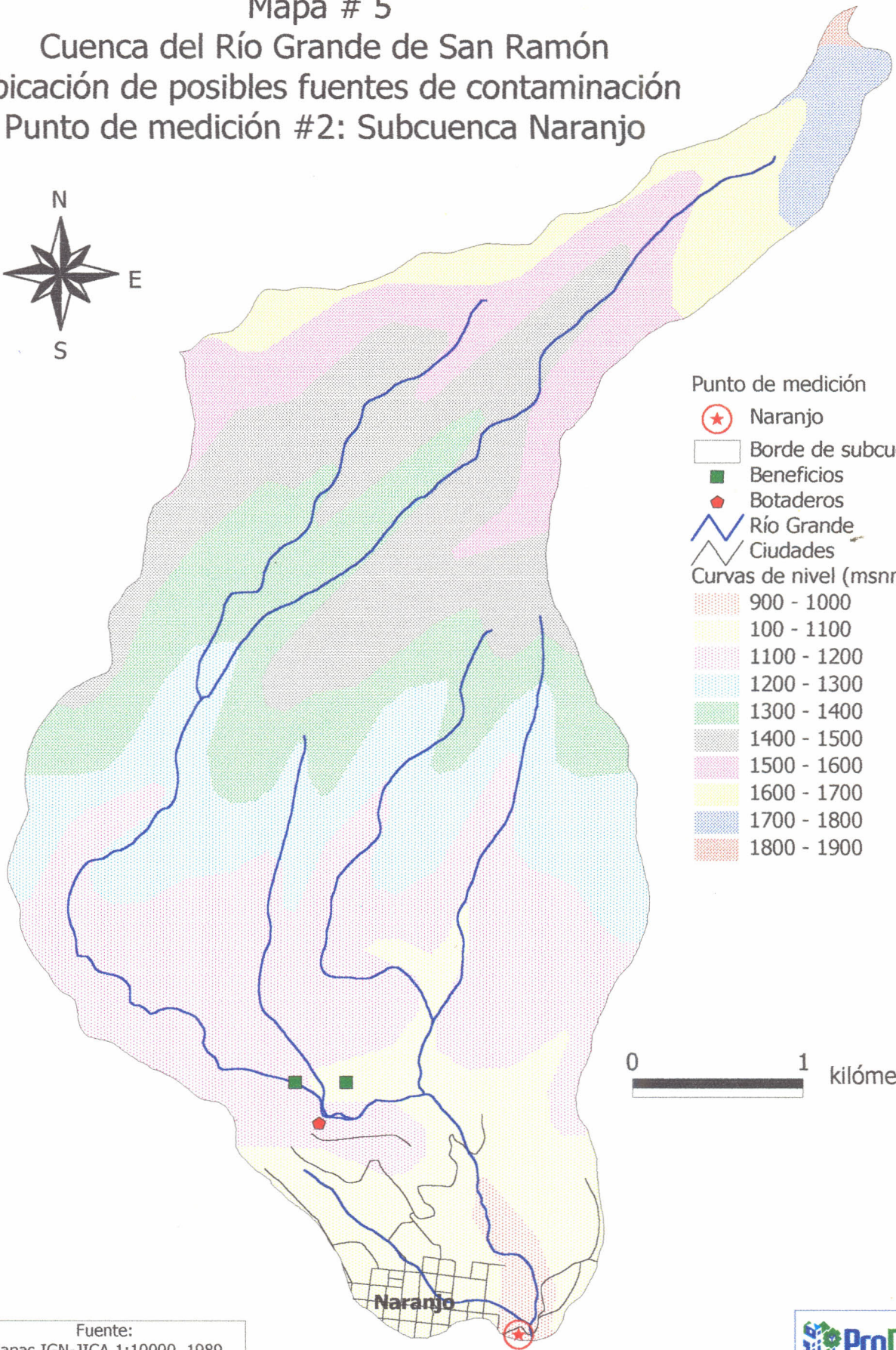
Fotografía No. 5.3. 200 m. antes del punto de muestreo en Naranjo

Mapa # 5

Cuenca del Río Grande de San Ramón

Ubicación de posibles fuentes de contaminación

Punto de medición #2: Subcuenca Naranjo



Punto de medición



Naranjo



Borde de subcuenca



Beneficios



Botaderos



Río Grande



Ciudades

Curvas de nivel (msnm)

900 - 1000

1000 - 1100

1100 - 1200

1200 - 1300

1300 - 1400

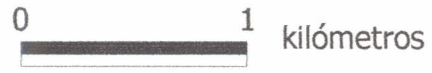
1400 - 1500

1500 - 1600

1600 - 1700

1700 - 1800

1800 - 1900

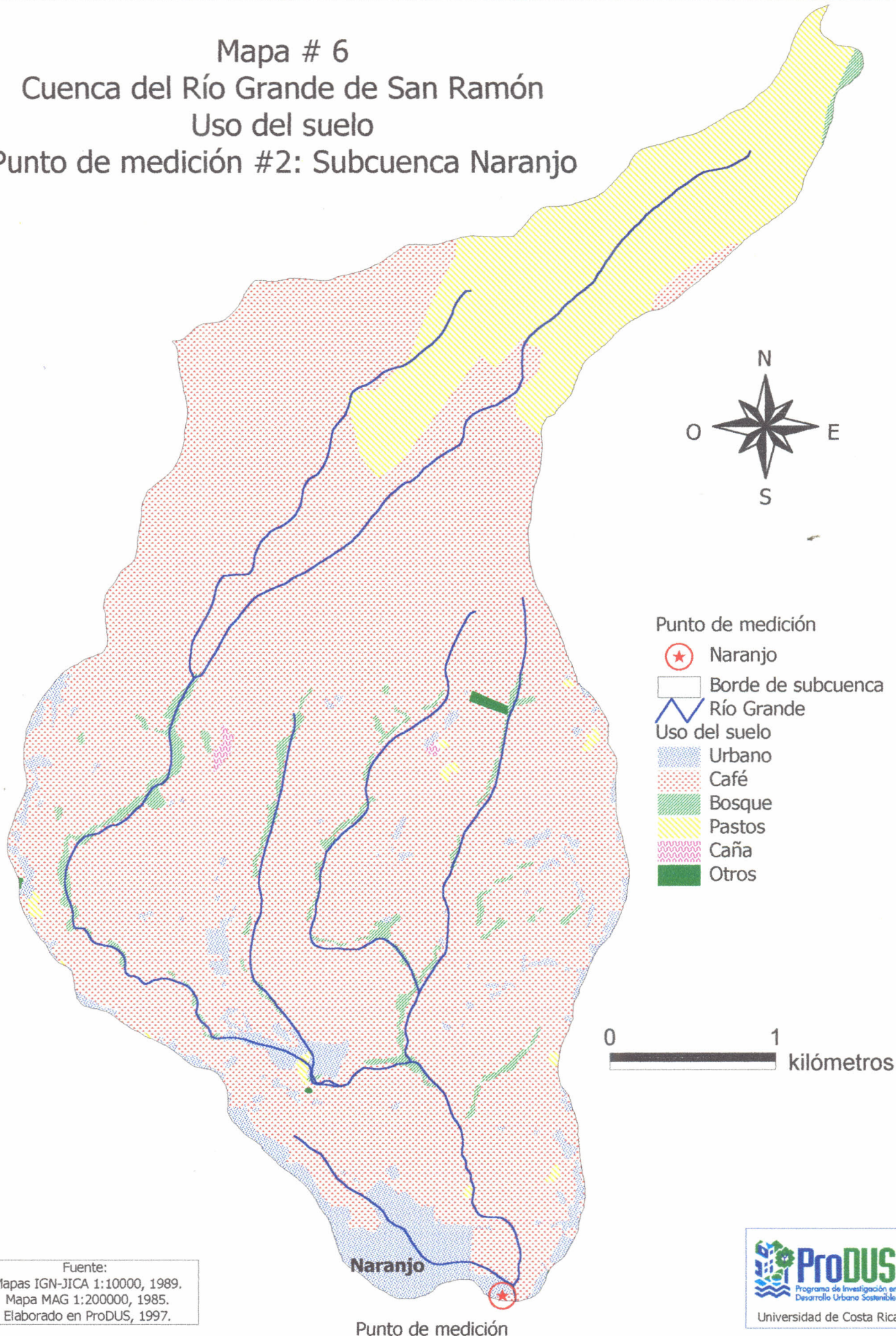


Fuente:
Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
Mapa MAG 1:200000, 1985.
Elaborado en ProDUS, 1997.

Punto de medición



Mapa # 6
Cuenca del Río Grande de San Ramón
Uso del suelo
Punto de medición #2: Subcuenca Naranjo



Fuente:
Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
Mapa MAG 1:200000, 1985.
Elaborado en ProDUS, 1997.

Naranjo
Punto de medición

Palmares (Punto 3).

(Coordenadas Lambert Norte: 489.11, 224.25)

Este se sitúa al sur de la ciudad de Palmares, luego de la unión de la Quebrada Santiago con la Quebrada Chilamate y la Quebrada El Alto. La cuenca es muy pequeña y drena un área de 11.61 km² (Ver mapas # 7 y 8)

Es subcuenca es importante pues trata de determinar el estado de las aguas de un río pequeño que drena aguas de una zona con área urbana residencial principalmente, atraviesa predominantemente plantaciones de café (Ver tabla No. 5.6.), recoge aguas de beneficiado de café y chancheras pequeñas (Ver tabla No. 5.5).

Tabla No. 5.5. Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca Palmares

Fuente	Número
Beneficios	2
Chancheras	2
Algunas zonas urbanas	Ver mapa # 6

Fuente: ProDUS, 1997

Tabla No. 5.6. Porcentajes de área en la subcuenca Palmares según tipo de uso del suelo

Uso	Area (km ²)	Porcentaje
Urbano	0.31	2.63
Café	10.28	88.57
Bosque	0.04	0.35
Pastos	0.71	6.08
Caña	0.01	0.09
Charral	0.00	0.00
Ornamental	0.02	0.20
Frutas	0.00	0.00
Otros	0.24	2.09
Area total:	11.61 km²	

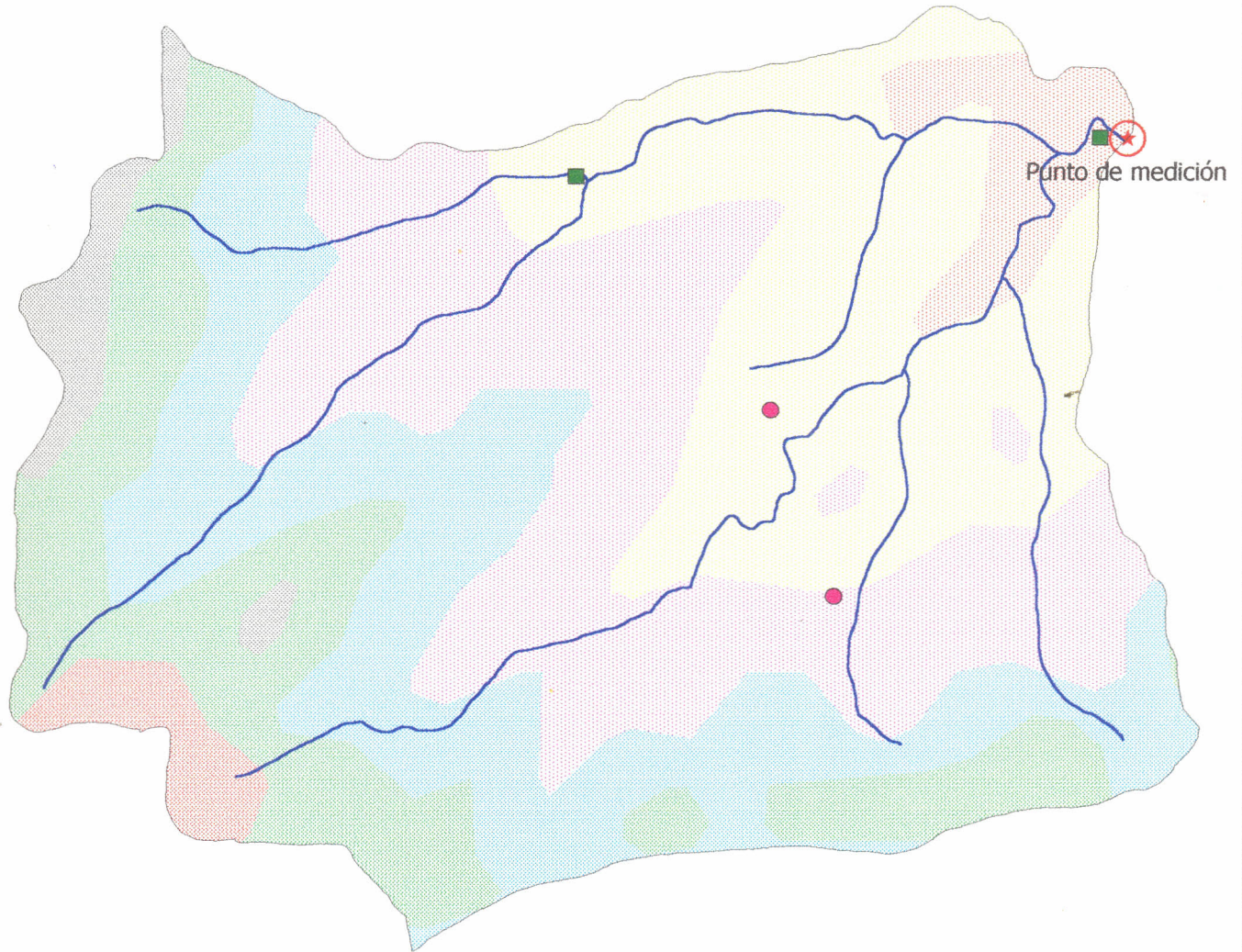
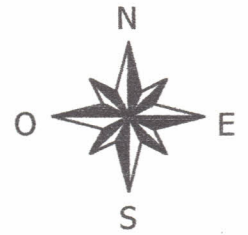
Fuente: MAG 1985, Costa Rica 1:200000;
IGN 1989, Costa Rica 1:10000



Fotografía No. 5.4. Punto de muestreo en Palmares

Mapa # 7

Cuenca del Río Grande de San Ramón Ubicación de posibles fuentes de contaminación Punto de medición #3: Subcuenca Palmares



Punto de medición



Palmares



Borde de subcuenca



Chancheras



Beneficios



Río Grande

Curvas de nivel (msnm)

900 - 1000

1000 - 1100

1100 - 1200

1200 - 1300

1300 - 1400

1400 - 1500

1500 - 1600

0 1
kilómetros

Fuente:

Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.

Mapa MAG 1:200000, 1985.

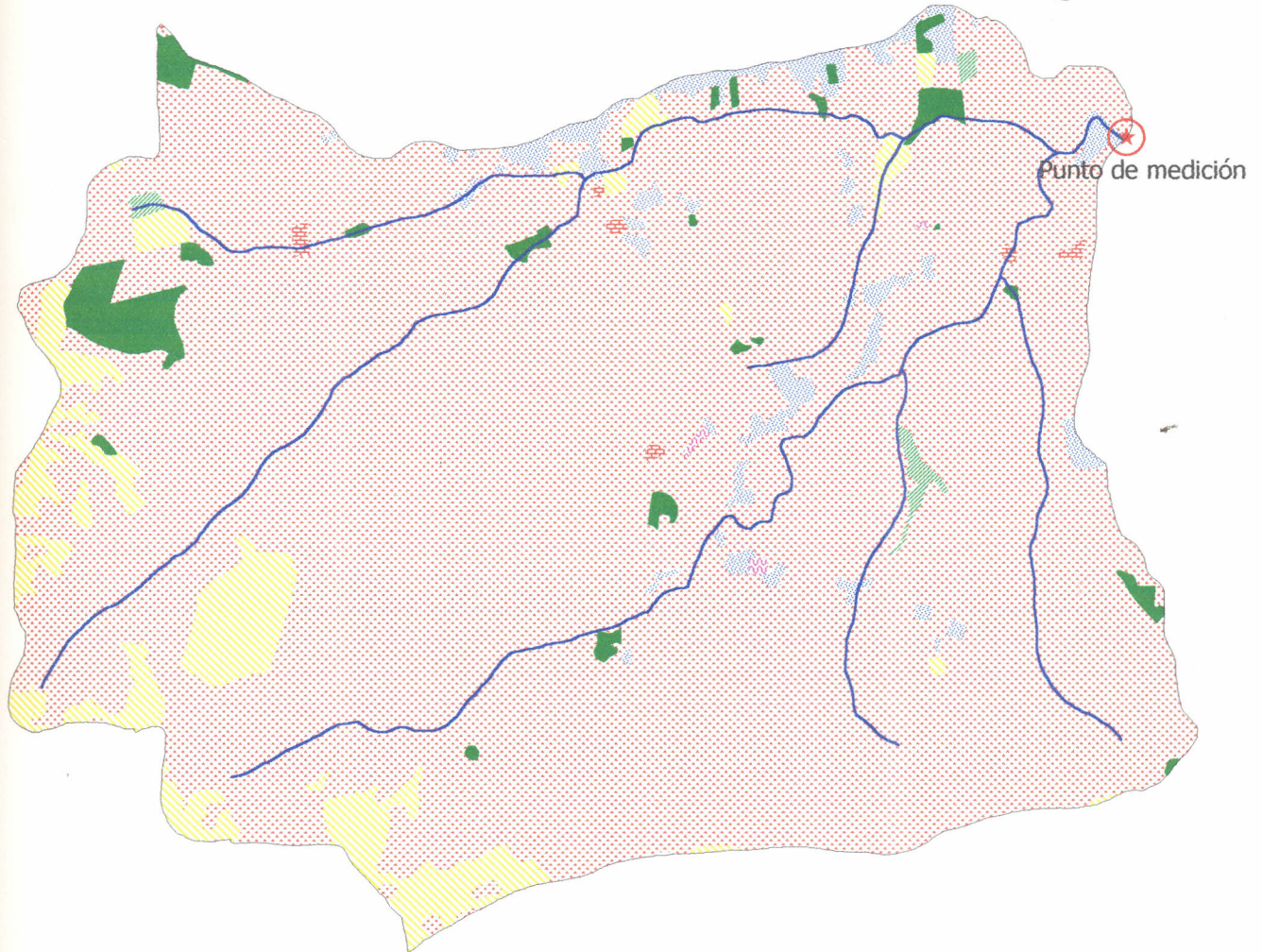
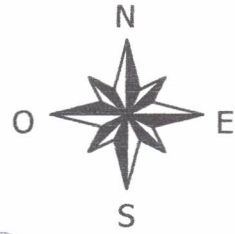
Elaborado en ProDUS, 1997.

Mapa # 8

Cuenca del Río Grande de San Ramón

Uso del suelo

Punto de medición #3: Subcuenca Palmares



Punto de medición



Palmares



Borde de subcuenca



Río Grande

Uso del suelo



Urbano



Café



Bosque



Pastos



Caña



Ornamental



Otros

Fuente:
Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
Mapa MAG 1:200000, 1985.
Elaborado en ProDUS, 1997.

Rosales (Punto 4).

(Coordenadas Lambert Norte: 499.59, 222.30)

Este punto está ubicado antes de la confluencia del Río Rosales con el Río Grande por donde pasa la Autopista Bernardo Soto, al sureste de la ciudad de Grecia. Esta subcuenca es de tamaño medio comparando con las otras y drena un área de 52.61 km² (Ver mapas # 9 y 10).

Al ser una subcuenca de forma alargada, tiene una gran variedad de usos del suelo (Ver tabla No.5.8.). El río atraviesa plantaciones de café, caña y bosques; recoge aguas de beneficiado de café y procesamiento de caña, y las aguas residuales de parte de la ciudad de Grecia (Ver tabla No.5.7.), incluyendo comerciales, industriales, institucionales y residenciales.

Tabla No. 5.7. Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca Rosales según tipo del uso del suelo

Fuente	Número
Parte de la ciudad de Grecia y varios pueblos	Ver mapa 8
Beneficios	2
Ingenios	1

Fuente: ProDUS, 1997

Tabla No. 5.8. Porcentajes de área en la subcuenca Rosales según tipo de uso del suelo

Uso	Area (km ²)	Porcentaje
Urbano	3.01	5.72
Café	23.38	44.43
Bosque	11.06	21.03
Pastos	2.85	5.42
Caña	11.52	21.90
Charral	0.39	0.74
Ornamental	0.02	0.03
Frutas	0.07	0.13
Otros	0.18	0.35
Area total:	52.61 km²	

Fuente: MAG 1985, Costa Rica 1:200000;
IGN 1989, Costa Rica 1:10000

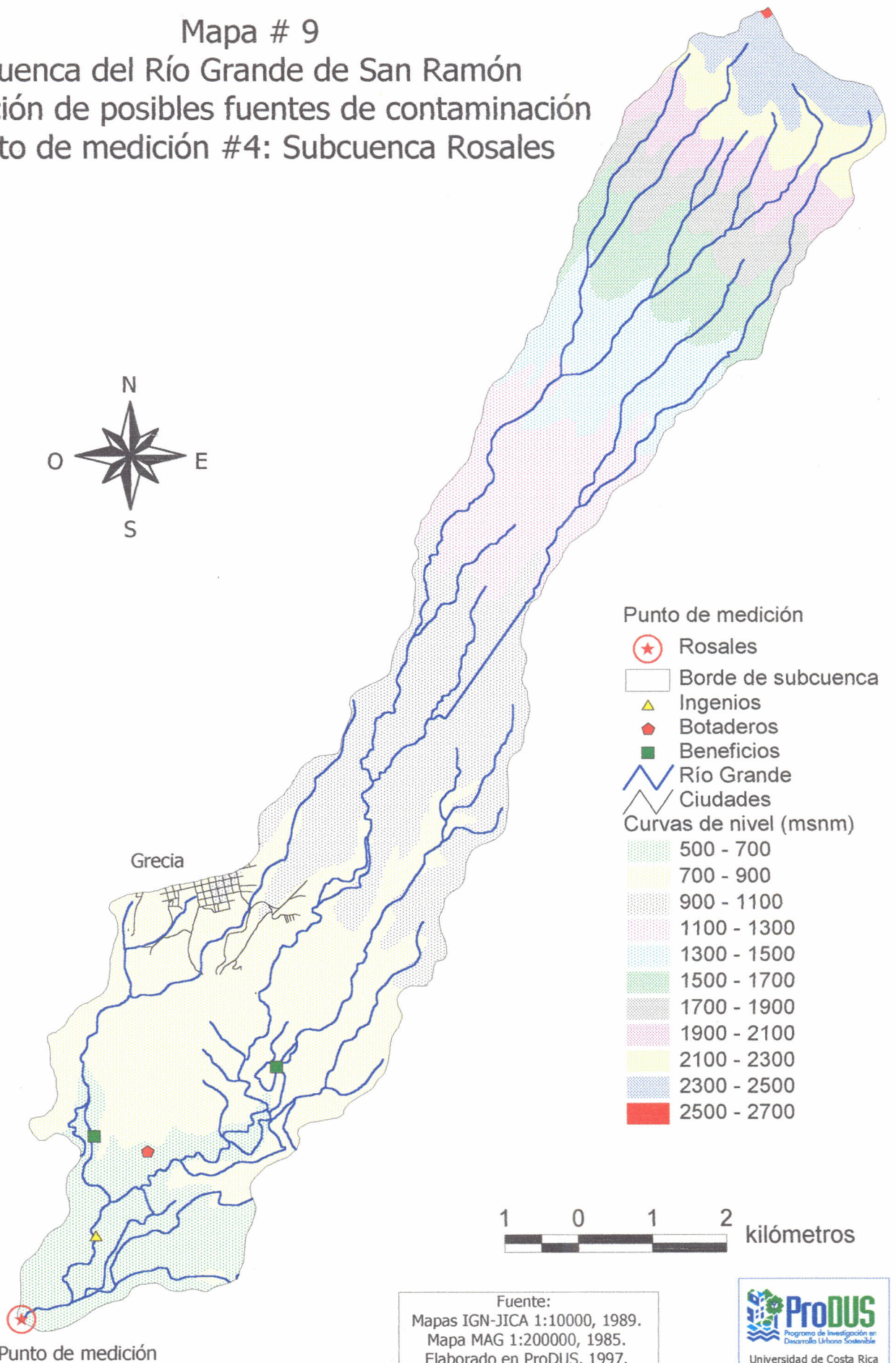
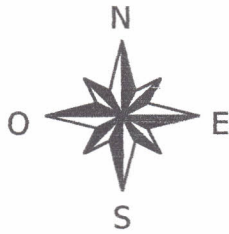


Fotografías No. 5.5 y 5.6. Punto de muestreo en Rosales



Mapa # 9

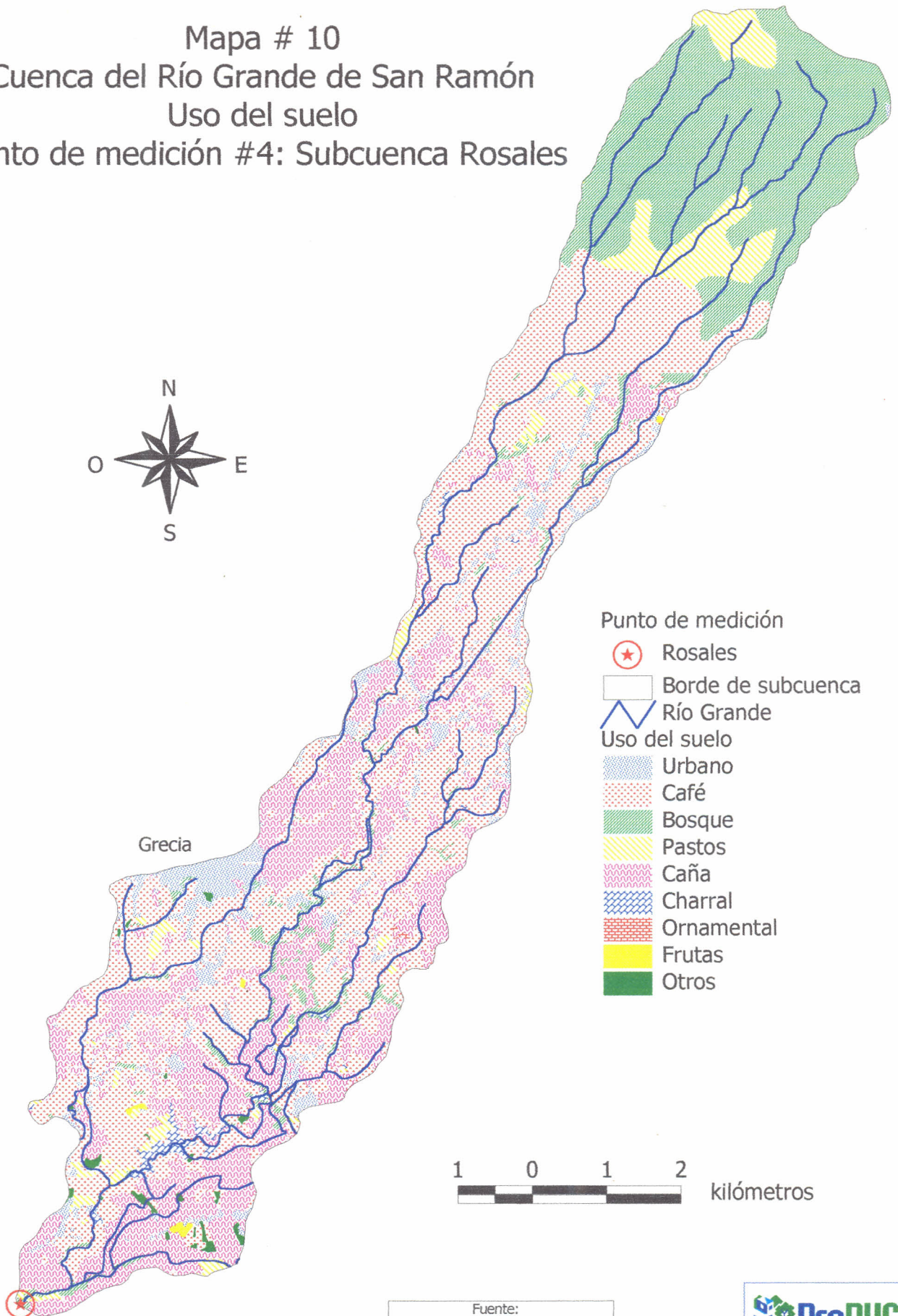
Cuenca del Río Grande de San Ramón Ubicación de posibles fuentes de contaminación Punto de medición #4: Subcuenca Rosales



Fuente:
Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
Mapa MAG 1:200000, 1985.
Elaborado en ProDUS, 1997.



Mapa # 10
 Cuenca del Río Grande de San Ramón
 Uso del suelo
 Punto de medición #4: Subcuenca Rosales



Punto de medición

Rosales

Borde de subcuenca

Río Grande

Uso del suelo

Urbano

Café

Bosque

Pastos

Caña

Charral

Ornamental

Frutas

Otros

Grecia

1 0 1 2

 kilómetros

Punto de medición

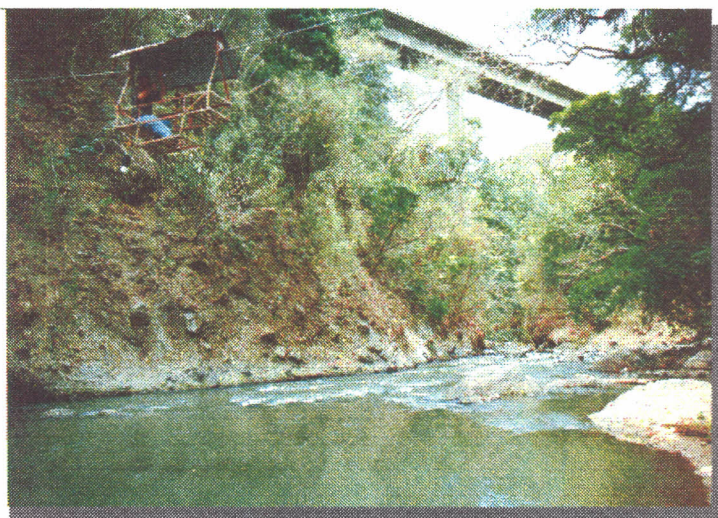
Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.

Tacares (Punto 5).

(Coordenadas Lambert Norte: 502.26, 220.60)

Este punto se sitúa en la estación Tacares del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la cual se encuentra sobre el Río Poás, específicamente dentro de la Finca La Planta en la Garita de Alajuela. Esta subcuenca es grande en comparación a las otras, el área que drena a este punto es 201.16 km² (Ver mapas # 11 y 12).

El motivo por el cual se escogió este sitio es para determinar, de una forma indirecta, la contaminación que llega a un punto al cual no se puede tener acceso. Fue imposible llegar, antes que se uniera el río Poás al río Grande, a un punto de muestreo por las condiciones del terreno.



Fotografía No. 5.7. Punto de muestreo en Tacares

A pesar de que esta subcuenca está fuera de la zona de estudio, parte del cantón de Grecia drena al río Poás, por esta razón en la tabla de posibles fuentes de contaminación aparecen ciertas industrias.

Al igual que la cuenca del río Rosales aunque en mayores dimensiones, la cuenca del río Poás es de forma alargada por lo que tiene una gran cantidad de usos del suelo. El río atraviesa plantaciones de café, pastos y bosque (Ver tabla No. 5.10), aguas de beneficiado de café y procesamiento de caña (Ver tabla No. 5.9), y las aguas residuales de varios poblados entre ellos, San Pedro de Poás, donde se incluyen aguas comerciales, industriales y residenciales.

Tabla No. 5.9. Algunos posibles fuentes de contaminación en la subcuenca Tacares (Río Poás)

Fuente	Número
San Pedro de Poás y muchos pueblos	Ver mapa 10
Tajos	5
Ingenios	2

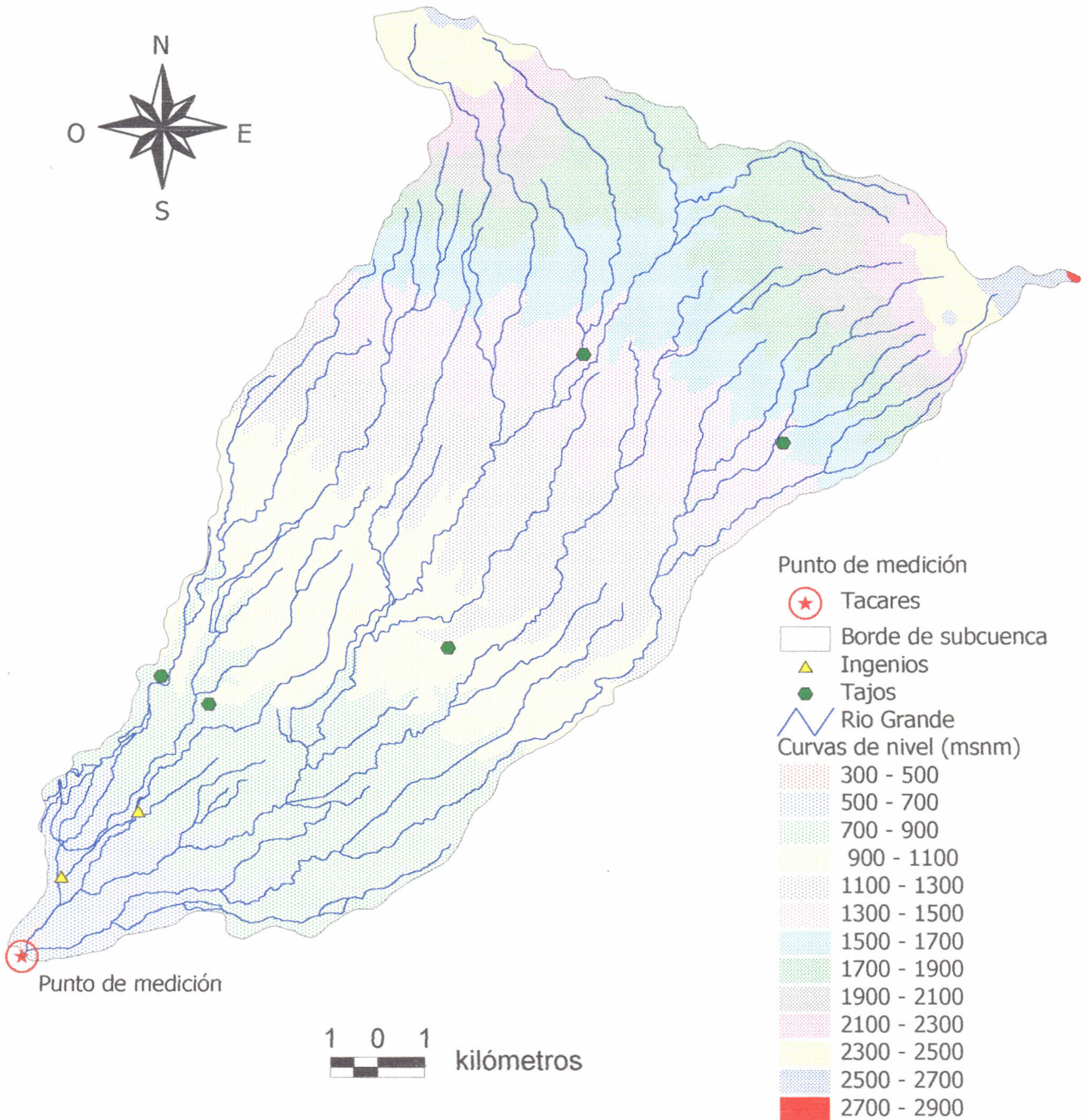
Fuente: ProDUS, 1997

Tabla No. 5.10. Porcentajes de área en la subcuenca Tacares (Río Poás) según tipo de uso del suelo

Uso	Area (km ²)	Porcentaje	Uso	Area (km ²)	Porcentaje
Urbano	6.06	3.01	Charral	0.59	0.29
Café	94.09	46.77	Ornamental	0.32	0.16
Bosque	25.63	12.74	Frutas	0.65	0.32
Pastos	48.17	23.94	Otros	1.92	0.96
Caña	16.62	8.26	Area total:	201.16 km²	

Fuente: MAG 1985, Costa Rica 1:200000; IGN 1989, Costa Rica 1:10000

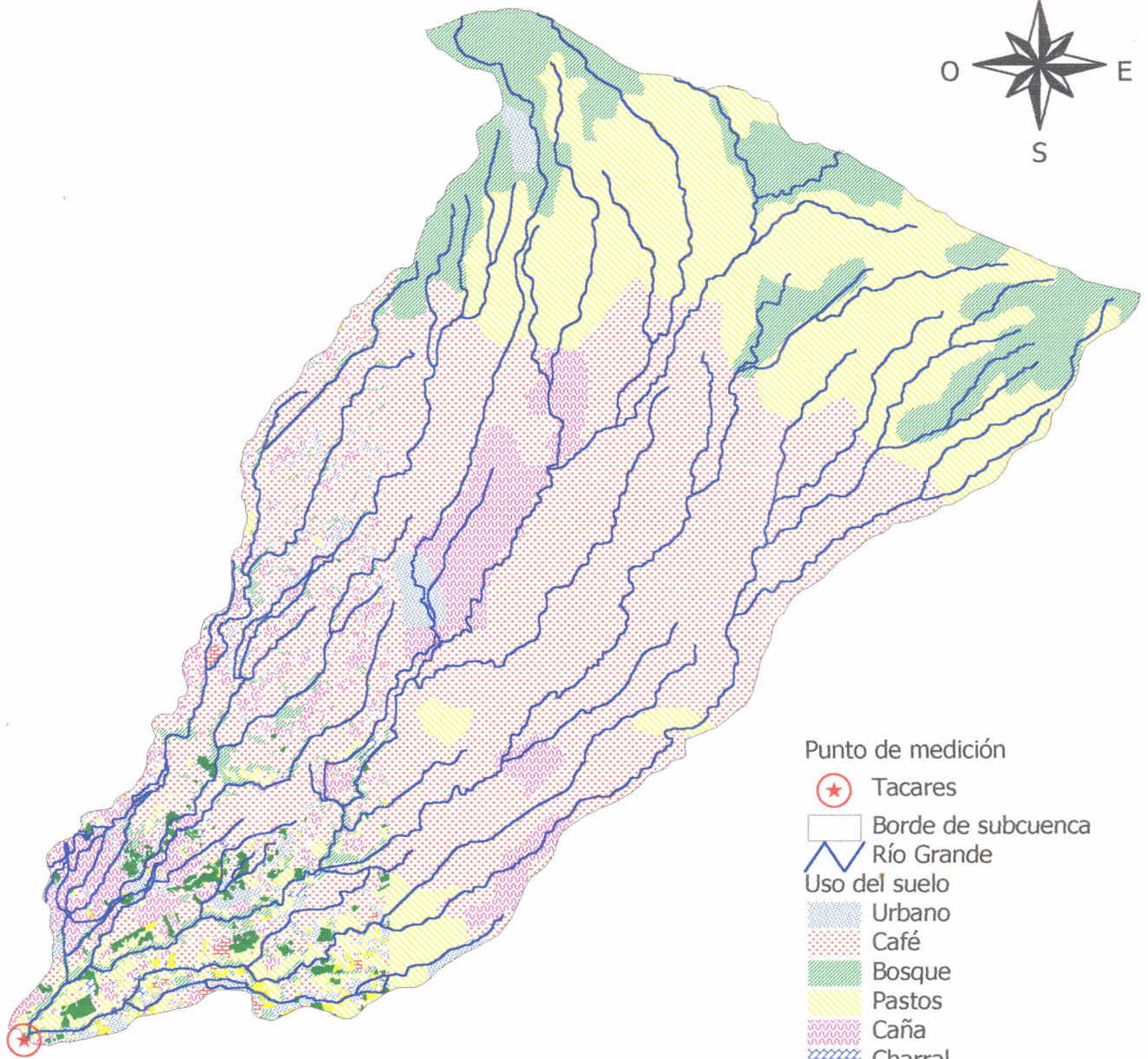
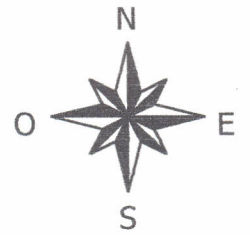
Mapa # 11
 Cuenca del Río Grande de San Ramón
 Ubicación de posibles fuentes de contaminación
 Punto de medición #5: Tacaes (Río Poás)



Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.



Mapa # 12
 Cuenca del Río Grande de San Ramón
 Uso del suelo
 Punto de medición #5: Tacares (Río Poás)



Punto de medición

Punto de medición

- Tacares
- Borde de subcuenca
- Río Grande
- Uso del suelo
- Urbano
- Café
- Bosque
- Pastos
- Caña
- Charral
- Ornamental
- Frutas
- Otros

1 0 1 kilómetros

Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.



Garita (Punto 6).

(Coordenadas Lambert Norte:498.90,219.40)

El sitio está ubicado a unos 800 metros aguas arriba de la presa de La Garita del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El área que drena a este punto es 636.46 km².

Al igual que el punto 5, se escogió para determinar, de una forma indirecta, la contaminación que llega a un punto al cual no se puede tener acceso. Comparativamente se puede asociar el aporte de la cuenca del Río Grande y si sabemos la contaminación en Garita y le quitamos Tacaes.

Tabla No. 5.11. Posibles grandes fuentes de contaminación en la cuenca del Río Grande (Contabilizando sólo algunas fuentes en la cuenca del Río Poás)

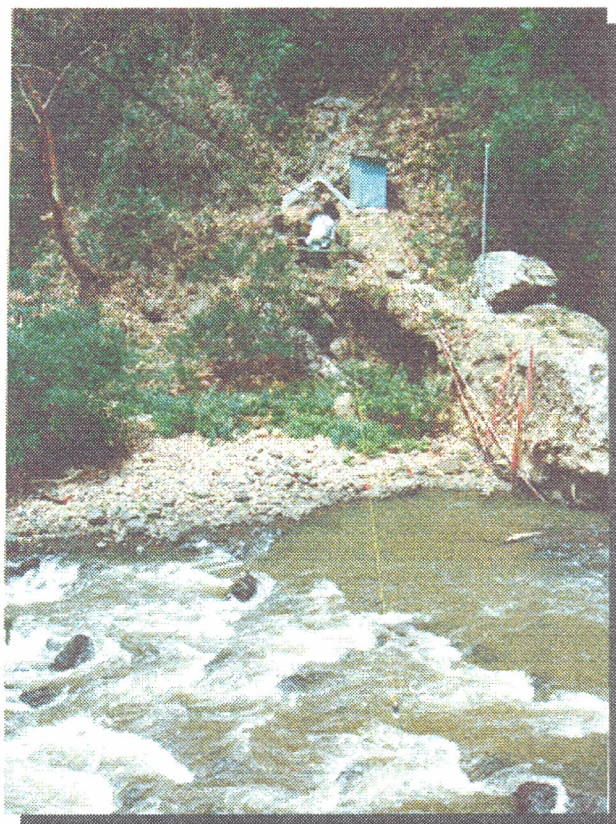
Fuente	Número
Todas las ciudades y pueblos ubicados dentro de la cuenca (incluye industrias y comercios)	Ver mapa 12
Beneficios	19
Ingenios	6
Botaderos Municipales	4
Tajos	10
Chancheras	No hay datos

Fuente: ProDUS, 1997

Tabla No. 5.12. Porcentajes de área en la cuenca del Río Grande según tipo de uso del suelo

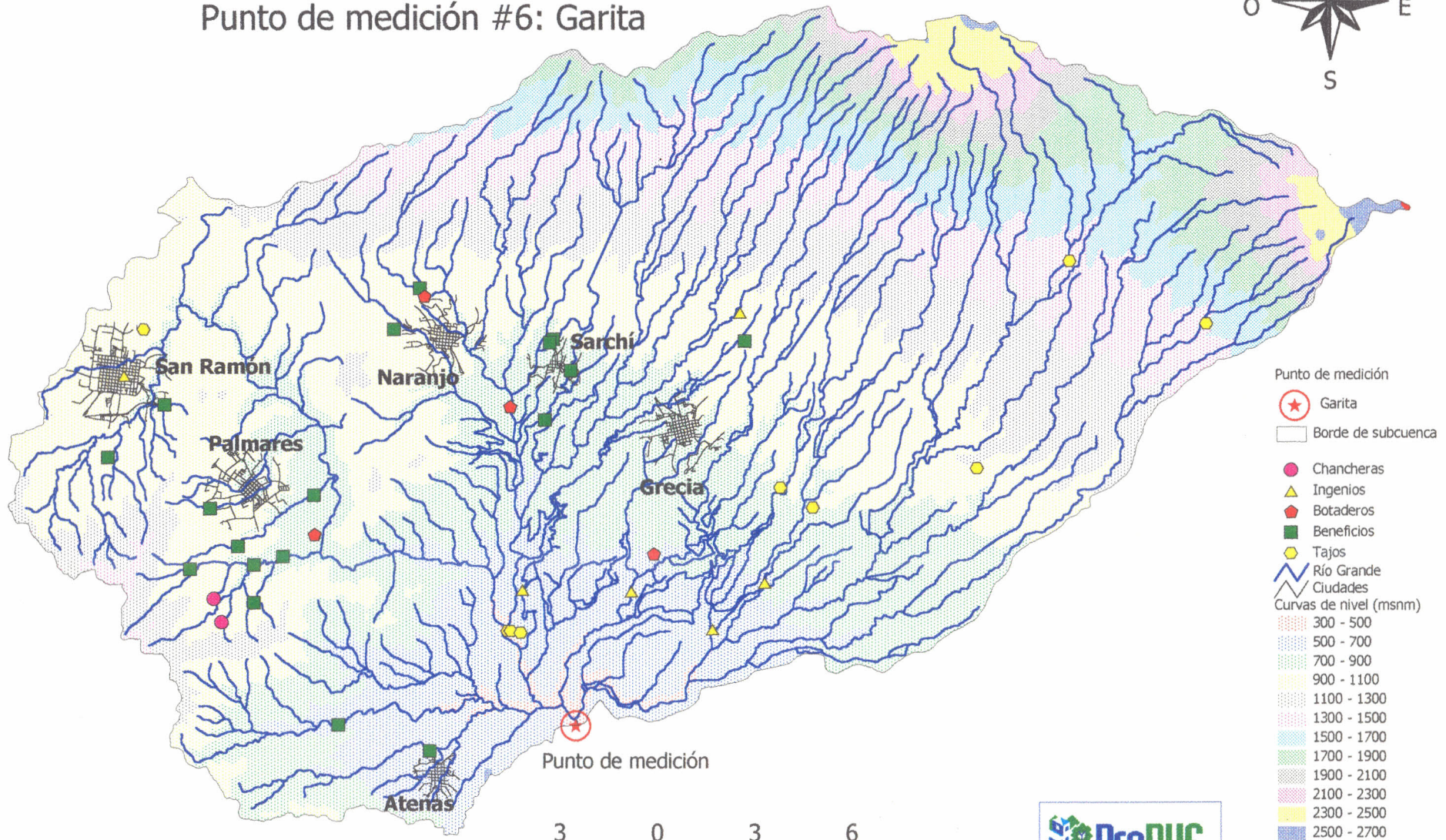
Uso	Area (km ²)	Porcentaje
Urbano	30.96	4.86
Café	328.17	51.56
Bosque	73.96	11.62
Pastos	117.17	18.41
Caña	58.65	9.21
Charral	2.80	0.44
Ornamental	1.84	0.29
Frutas	2.78	0.44
Otros	10.21	1.60
Area total:	636.46 km²	

Fuente: MAG 1985, Costa Rica 1:200000;
IGN 1989, Costa Rica 1:10000.

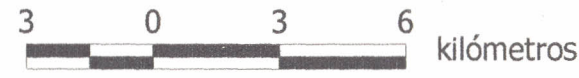


Fotografía No. 5.8. Punto de muestreo en Garita

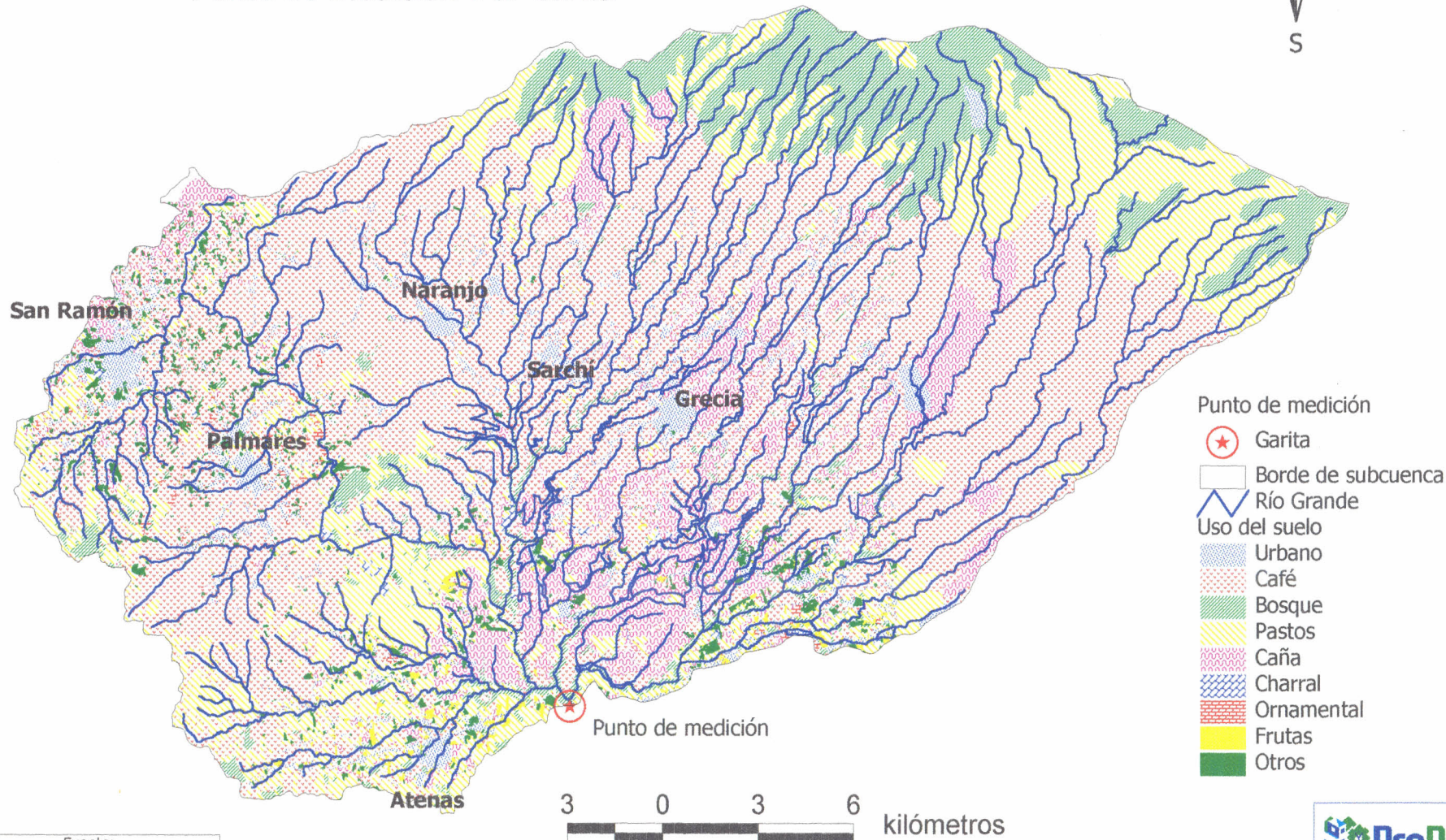
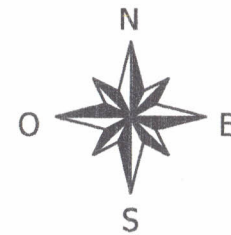
Mapa # 13
 Cuenca del Río Grande de San Ramón (Incluye Río Poás)
 Ubicación de posibles fuentes de contaminación
 Punto de medición #6: Garita



Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.



Mapa # 14
 Cuenca del Río Grande de San Ramón (Incluye Río Poás)
 Uso del suelo
 Punto de medición #6: Garita



- Punto de medición
- Garita
 - Borde de subcuenca
 - Río Grande
- Uso del suelo
- Urbano
 - Café
 - Bosque
 - Pastos
 - Caña
 - Charral
 - Ornamental
 - Frutas
 - Otros

Fuente:
 Mapas IGN-JICA 1:10000, 1989.
 Mapa MAG 1:200000, 1985.
 Elaborado en ProDUS, 1997.



5.2. ACLARACIÓN SOBRE LOS MAPAS DE USO DEL SUELO

Gran parte de la cuenca del río Grande está cubierta con los mapas 1:10000 del IGN digitalizados en ProDUS, sin embargo en las partes altas fue necesario recurrir al mapa 1:200000 del MAG para completarla. Las categorías del uso del suelo utilizadas en las tablas anteriores corresponden a los mapas 1:10000, las categorías de los mapas 1:200000 se agruparon de acuerdo a estas, como se detalla a continuación:

1. **Uso urbano:** transporte y/o comunicación (aeropuerto y área portuaria), energía (planta hidroeléctrica), recreativo y urbano mixto.
2. **Café:** cultivo permanente
3. **Bosque:** plantación forestal y/o vegetación natural.
4. **Pastos:** pastos con árboles dispersos, con bosque o con charral.
5. **Caña:** cultivo permanente.
6. **Charral:** charral y/o vegetación arbustiva.
7. **Ornamental:** plantas ornamentales.
8. **Frutas:** frutales.
9. **Otros:** otros cultivos.

Al analizar el uso del suelo en la cuenca del Río Grande y cada una de las subcuencas, no se especifican zonas de cultivo de chile dulce, tomate y pepino; y las de naranja dulce, piña y manga están incluidas en las de frutales. Las áreas de cultivo de las primeras son muy pequeñas o están combinadas con las de café, a continuación se muestra la producción por distrito en la zona para demostrar que estos cultivos son importantes en la cuenca de estudio y por lo tanto representativos al hablar de agroquímicos.

Tabla No. 5.13. Producción anual en toneladas de los Principales Productos Hortifrutícolas de los seis cantones dentro de la cuenca .

Código del Distrito		Chile Dulce	Naranja Dulce	Pepino	Tomate	Piña	Manga
20201	San Ramón	1836	2900	7400	92728	0	0
20203	San Juan	783	0	0	12759	0	0
20204	Piedades Norte	10377	870	0	191340	0	0
20205	Piedades Sur	15501	1450	15100	211696	0	0
20208	Angeles	3968	2900	0	6302	17712	0
20210	Volio	0	0	1360	7527	5543	0
20213	Peñas Blancas	0	4379	0	0	143976	0
20301	Grecia	1827	11890	2100	15498	0	1200
20302	San Isidro	0	5800	0	13008	0	0
20303	San José	392	0	0	3922	0	0
20304	San Roque	0	0	0	1333	0	0
20305	Tacares	124628	0	217080	649148	12180	0
20306	Río Cuarto	6767	32712	20420	11525	1183953	0
20307	Puente Piedra	0	0	0	6909	0	0
20308	Bolívar	0	0	2400	0	0	0
20501	Atenas	18472	543721	11782	236431	0	357850
20502	Jesús	1697	46400	3200	49820	0	16975
20503	Mercedes	261	33727	0	64978	0	27150

Código del Distrito		Chile Dulce	Naranja Dulce	Pepino	Tomate	Piña	Manga
20504	San Isidro	1013	29000	0	63399	0	9225
20505	Concepción	807	0	0	25589	0	0
20506	San José	563	0	0	15981	0	6030
20507	Santa Eulalia	2183	6235	0	19118	0	0
20601	Naranjo	13415	26390	0	30572	0	0
20603	San José	0	0	0	1350	0	0
20604	Cirrí Sur	0	1160	0	13636	0	0
20605	San Jerónimo	0	2610	0	3150	0	0
20607	Rosario	35766	4785	500	253810	0	0
20701	Palmares	7980	14964	1450	426224	0	0
20702	Zaragoza	5553	2900	0	104562	0	0
20703	Buenos Aires	0	0	0	14298	0	0
20704	Santiago	0	0	0	10322	0	0
20707	Granja	1993	0	0	58068	0	0
21201	Sarchí Norte	10818	10295	1440	144717	0	0
21202	Sarchí Sur	9821	0	0	78406	0	0
21204	San Pedro	38300	0	800	580688	0	0
21205	Rodríguez	522	0	0	3650	0	0
TOTALES		315242	785088	285032	3422459	1363363	418430

Fuente: CENADA, 1995.

5.2.1. Industrias con Patente en Algunas Ciudades.

En las tablas que describen cada uno de los puntos de muestreo se citan como posibles fuentes de contaminación a ciertas industrias que están en cada ciudad. Analizando la información de las patentes en las municipalidades de San Ramón, Palmares y Grecia, y tomando los distritos que están dentro de la cuenca (sea en un 100% o menos) y que drenan a los puntos de estudio, a continuación se citan las industrias que podrían ser contaminantes.

Tabla No. 5.14. Industrias con patente en el cantón de San Ramón

Distrito *	Industria	Código CIU	Distrito *	Industria	Código CIU
1	Fábrica de embutidos	3111	1	Molino de maíz	3116
1	Fábrica de embutidos	3111	1	Productos de maíz	3116
2	Fábrica de productos lácteos	3112	1	Fábrica de Tortillas	3117
3	Fábrica de productos lácteos	3112	1	Trapiche	3118
3	Fábrica de Helados	3112	1	Beneficio	3121
1	Molino	3116	2	Fábrica de Harina	3121
1	Molino de maíz	3116	3	Fábrica de bolis	3121
1	Molino de maíz	3116	2	Fábrica de gaseosas	3134

* Los distritos son los siguientes:

- 1 San Ramón
- 2 Santiago
- 3 San Juan
- 4 San Isidro

Tabla No. 5.15. Industrias con patente en el cantón de Palmares

Distrito*	Industria	Código CIU
1	Cafetal Lomas al Río, S.A.	3121
5	Cafetal La Tirrá, S.A.	3121
1	Taller Rafa	3819
4	Taller Hermanos Hidalgo	3819

* Los distritos son los siguientes:

- 1 Palmares
- 4 Santiago
- 5 Candelaria

Tabla No. 5.16. Industrias con patente en el cantón de Grecia

Distrito*	Industria	Código CIU
1	Fábrica de Helados	3112
1	Fábrica de Helados	3112
1	Fábrica de Productos Lácteos	3112
1	Fábrica de encurtidos	3113
1	Fábrica de barquillos	3117
1	Fábrica de barquillos	3117
1	Fábrica de Tamales	3117
1	Fábrica de Tortillas	3117
1	Fábrica de Tortillas	3117
4	Fábrica de barquillos	3117
2	Ingenio	3118
5	Ingenio	3118
5	Ingenio	3118
7	Ingenio	3118
1	Beneficio de café	3121
1	Iodizadora y empacadora de sal	3121
2	Beneficio de café	3121
3	Fábrica de alimentos	3121
1	Aguas gaseosas (embotelladora)	3134
1	Colchonería (fábrica)	3559
1	Fábrica de mosaico	3610
7	Fábrica de mosaico	3610
1	Bloquera	3699
2	Bloquera	3699
4	Bloquera	3699

* Los distritos son los siguientes:

- 1 Grecia
- 2 San Isidro
- 3 San José
- 4 San Roque
- 5 Tacares
- 6 Puente de Piedra

5.2.2. Pruebas Exigidas en el Reglamento de Vertido de Aguas Residuales a las Aguas Residuales de las Industrias citadas anteriormente según el Código CIU.

Las pruebas que se exigen en el Reglamento de Vertido de Aguas Residuales a las aguas residuales de las industrias citadas anteriormente de acuerdo al código CIU, se muestran a continuación. Si se quiere profundizar en las pruebas que deben realizarse a diferentes tipos de aguas residuales combinadas (**Ver anexo I.a**).

• **Se pide: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), a las siguientes industrias:**

3111: matanza de ganado y preparación y conservación de carne.

3112: fabricación de productos lácteos

3116: productos de molinería *

3117: fabricación de productos de panadería

3118: fabricas y refinerías de azúcar **

3121: elaboración de productos alimenticios diversos

3134: industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas

3559: fabricación de productos de caucho

3699: fabricación de productos minerales no metálicos

* Sólo exige DBO y DQO

** Además exige el control de sulfitos y plomo

• **Se pide: Control de metales pesados y fenoles:**

3819: fabricación de productos metálicos

• **No se pide ninguna prueba:**

1110: granjas avícolas

3220: fabricación de muebles y accesorios

3529: fabricación de productos químicos

3692: fabricación de cemento, cal y yeso

6218: estaciones de gasolina (combustibles)

9513: reparación de automóviles y motocicletas

Según un estudio realizado en el Seminario de Realidad Nacional I: Salud y Medio Ambiente (SR-0301) de la Universidad de Costa Rica en 1997, de un promedio de 275 gasolineras en Costa Rica sólo 59 cumplen con todos los requisitos de calidad y seguridad que exige el MINAE, 173 tienen un rango de aceptable a bueno (incumplen aspectos de aseo y tratamiento de aguas o aceites residuales), 43 gasolineras tienen una baja calidad y por lo tanto se les ha concedido un plazo de un año para ponerse al día.

Específicamente para San Ramón de las 4 estaciones de servicio estudiadas, 3 cumplen con las normas de mantenimiento, higiene y la mayoría de condiciones de seguridad.

Respecto a los desechos de talleres en donde se realizan cambios de aceite:

A) El aceite quemado se deposita en tanques y se vende a CEMPASA, CASTROL y SHELL.

B) En algunos casos el aceite derramado que se combina con agua se recoge en alcantarillas y se lleva hasta un sistema de tanques para su separación y luego enviar el agua a las alcantarillas municipales.

C) Los recipientes sucios son transportados y depositados en el botadero municipal.

En conclusión el aceite quemado no constituye un problema de contaminación de aguas superficiales, hay más control de los desechos producidos en las gasolineras que en los talleres de cambio de aceite, y aún las gasolineras no cumplen con todas las normas de seguridad, higiene y calidad.

6. Las Pruebas Realizadas.

6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es una medida del oxígeno requerido para la oxidación o estabilización biológica de la materia orgánica presente en un cuerpo de agua, en un intervalo de tiempo específico.

Toda la materia orgánica es biodegradable pero cuando se degrada lentamente es estable (orgánica estable).

Entre más grande sea la carga orgánica desechada a un cuerpo de agua, mayor será la necesidad de oxígeno para su descomposición, y por lo tanto, habrá una disminución en la concentración de OD, creándose condiciones que van en detrimento de la vida acuática y otros usos benéficos del agua.

Si la capacidad de recuperación del OD del río no fuera suficiente para satisfacer la DBO, se provocará la completa extinción del primero, formándose procesos de descomposición anaeróbicos.

Algunas de las formas naturales que aprovecha el río para recuperar el OD perdido por efectos de la DBO son: utilización del oxígeno atmosférico (aereación), afluencia de otras aguas con niveles mayores de OD (dilución), y acción de la luz solar sobre la flora acuática (fotosíntesis).

La DBO se considera un indicador de la carga orgánica desechada a un cuerpo de agua, pues entre más grande sea esta última, mayor será la necesidad de oxígeno para su descomposición.

Debe aclararse que la prueba **Carbono orgánico total** (COT) es muy cara y sofisticada, no se utiliza en la práctica y la prueba **Demanda teórica de oxígeno** (DTO) es muy complicada y cara, y para utilizarla se necesita tener la ecuación química de los compuestos orgánicos contaminantes.

Tabla No. 6.1. DBO promedio de ciertas aguas residuales.

Agua residual	DBO promedio (mg/l)
Suero	75000
Aguas cloacales	300
Viñasa	50000
Matadero	2000
Cerveza	8000

Fuente: López, Manuel, 1993.

Demanda química de Oxígeno (DQO).

La DQO es una prueba de laboratorio para caracterizar la concentración de materia orgánica. Mide el consumo de oxígeno efectuado en una reacción química para oxidar la materia orgánica presente en el agua.

- A) No es bioquímico, son reacciones en las que se consume oxígeno. (No son bacterias).
- B) Consume toda la materia orgánica, mientras que en la DBO es sólo la biodegradable.
- C) La DQO siempre es mayor que la DBO.
- D) Para aguas residuales con compuestos tóxicos o bacteriostáticos (sesgan los resultados) es preferible la DQO, ya que las bacterias son afectadas en la prueba de DBO.
- E) Para aguas residuales orgánicas que no cuenten con todos los nutrientes esenciales, también es preferible la DQO.
- F) La DQO se efectúa en no más de 3 horas, mientras que la DBO se realiza en 5 días.

Relación entre la DQO y DBO.

La DBO implica materia orgánica biodegradable, mientras la DQO implica materia orgánica.

Tabla No. 6.2. Relación DQO/DBO.

Relación DQO/DBO	Característica
1 a 2	Muy biodegradable
2 a 3	Moderadamente biodegradable
> 3	Poco biodegradable

Fuente: López, Manuel, 1993.

Oxígeno Disuelto (OD).

Según Tebbutt, el Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que se encuentra en estado de disolución en el cuerpo de agua. Sirve para establecer el tipo de transformaciones biológicas que tienen lugar por microorganismos aerobios o anaerobios, según haya presencia o ausencia de O.D. Es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua, pues su presencia es fundamental para mantener las formas superiores de vida biológica y el efecto de una descarga de desechos en un río se determina principalmente por el balance de oxígeno del sistema. Sin embargo, y por desgracia, el oxígeno es poco soluble en el agua.

Las variaciones que se presenten en las mediciones de OD se deben principalmente a tres factores que son: temperatura, presión atmosférica y salinidad o contenido de sólidos en disolución.

Los valores normales que se deben esperar en un efluente no contaminado, para este parámetro varían desde 14.6 mg/l a 0°C hasta 7.0 mg. / l. a 36° C bajo una atmósfera de presión.

Los microorganismos aeróbicos utilizan el oxígeno disuelto para la oxidación o descomposición de la materia orgánica, produciendo sustancias finales inofensivas, que no son susceptibles a posterior descomposición. Esta degradación, en forma aeróbica, se lleva a cabo sin desprendimiento de malos olores, manteniendo el curso de agua una apariencia estéticamente agradable.

Por el contrario, los microorganismos anaerobios efectúan la oxidación en ausencia de OD, tomando el oxígeno de ciertas sales inorgánicas como los sulfatos. En el proceso hay desprendimiento de malos olores, y la apariencia del curso de agua es desagradable. Por lo tanto es necesario garantizar en el agua un nivel mínimo de OD, para evitar los procesos de descomposición anaerobios.

Las aguas superficiales que se consideran limpias normalmente están saturadas con OD, sin embargo, la demanda de oxígeno de los desechos orgánicos puede llegar a consumirlo rápidamente. Los valores típicos que se pueden encontrar en un efluente de acuerdo a diferentes temperaturas se resume en la tabla No. 6.3.

Tabla No. 6.3. Valores típicos de OD en un efluente.

Temperatura (°C)	0	10	20	30
OD (mg/l)	14.6	11.3	9.1	7.6

Fuente: T.H.Y. Tebbutt en *Fundamentos de Control de la Calidad del Agua*

En las aguas que contienen niveles de OD por debajo de 5 mg/l no sobreviven los peces de pesca deportiva y por debajo de los 2 mg/l no existirían los peces ordinarios. En general se acepta un nivel de oxígeno disuelto de 3 a 5 miligramos por litro para sustentar un población equilibrada de flora y fauna. Puede tolerarse un nivel más bajo en canales de drenaje donde no viven peces, o viven muy pocos, pero debe mantenerse por encima de cero para evitar olores desagradables u otras molestias.

Dado que la solubilidad del oxígeno en el agua es función de la temperatura de la misma, existen valores máximos de concentración de oxígeno de las aguas para cada temperatura, por ejemplo a 15 °C el OD_{max} es 11.3 mg/l, a 20 °C es 9.2 mg/l y a 25 °C es 8.4 mg/l. El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%SOD) se define como la relación de OD existente a una determinada temperatura con el valor máximo de saturación correspondiente.

Nitrógeno Amoniacal.

El nitrógeno se considera un elemento importante, ya que las reacciones biológicas solamente pueden efectuarse en presencia de una cantidad suficiente del mismo. Una de las formas principales en que se encuentra es como nitrógeno amoniacal, esto es como sales de amoniaco o como amoníaco libre.

Las concentraciones relativas de las diferentes formas de nitrógeno se consideran una indicación de la naturaleza y concentración de la muestra.

En el proceso de oxidación de los compuestos de nitrógeno, llamado nitrificación, las primeras formas de nitrógeno que se presentan son las de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal. Por esta razón la presencia de estas formas de nitrógeno normalmente conducen a pensar que el agua es insegura, pues se encuentra recientemente contaminada.

Tabla No. 6.4. Características típicas de diferentes fuentes de agua respecto a puntos contaminantes.

Característica	Fuente	
	Cuenca en lo alto	Río en lo bajo
N amoniacal (mg/l)	0.05	0.5
OD (% saturación)	100	75
DBO	2	4
NMP/100ml	20	20 000

Fuente: T.H.Y. Tebbutt en Fundamentos de Control de la Calidad del Agua

Bacterias Coliformes.

Según Chapman, el análisis de muestras de agua para determinar microorganismos en relación a la salud humana está enfocado principalmente a los organismos patógenos. La evaluación y detección de todos los posibles patógenos puede ser costoso y durante un período largo de tiempo. Los métodos para su medición han sido desarrollados en organismos detectores que son indicadores de la presencia de contaminación fecal, como las bacterias intestinales normales. Si hay evidencia de materia fecal en una muestra de agua puede asumirse la presencia de patógenos fecales; si no hay evidencia, aunque no con total certeza, el agua es segura para el uso humano.

La prueba para determinar la presencia de bacterias fecales en una muestra de agua es una técnica muy sensitiva que indica una reciente contaminación fecal. Los organismos más comúnmente utilizados como indicadores de contaminación fecal son las bacterias coliformes, particularmente *Escherichia coli* y otros coliformes fecales. Una cuenta de toda la bacteria presente en una muestra de agua fresca puede distinguir entre las especies de agua fresca y aquellas de humanos y otros animales por su temperaturas óptimas de crecimiento. Bacterias acuáticas muestran un óptimo crecimiento de 15 °C a 25 °C (incubación a 22 °C) y las bacterias fecales a 37 °C. Un cuidadoso manejo de las muestras y métodos de análisis son necesarios para asegurar que no hay contaminación con otras fuentes y ayuda a prevenir cualquier crecimiento excesivo de cualquier bacteria presente en una muestra de agua. La ausencia de bacterias fecales en una sola muestra no garantiza la ausencia de contaminación fecal.

Las muestras para los análisis bacteriológicos deben tomarse en envases de vidrio esterilizado o de plástico no tóxico con tapa. Deben evitarse todas las posibles fuentes de contaminación tales como las orillas de los ríos, áreas estancadas, cañerías, tapas, y manos del que toma la muestra. Todos los pasos después de la toma de la muestra deben ser realizados bajo condiciones de esterilización. Idealmente las muestras deben ser analizadas inmediatamente (en la hora después de la toma de muestra) y antes de la muerte, crecimiento o depredación que pueda ocurrir en la muestra. La tasa a la que puede ocurrir depende de la temperatura y la cantidad de nutrientes en la muestra. Si es absolutamente necesario, las muestras deben ser enfriadas a 4 °C y almacenadas hasta por 30 horas. Las muestras nunca deben ser congeladas y cualquier presencia desinfectante debe ser neutralizada.

Las bacterias pueden ser consideradas por: el crecimiento de colonias directamente en un medio adecuado, el incremento de turbiedad en un medio líquido, el crecimiento de colonias en un filtro o medio, o, la evolución de gas después de la incubación en un medio especial de crecimiento. Con una adecuada escogencia de un medio, de un inhibidor o de un indicador para productos metabólicos específicos; es posible enumerar grupos de bacterias específicos o todas las bacterias. El método escogido depende de los organismos de interés, la naturaleza de las muestras de agua y la disponibilidad de equipo y experiencia. Para comparaciones posteriores es siempre necesario especificar el método utilizado.

Las bacterias coliformes se presentan en gran número en las heces humanas, y pueden ser detectadas

hasta en cantidades de una bacteria por cada 100 mililitros. Por lo que es un indicador muy sensitivo de contaminación fecal. La estimación del número de *Escherichia coli* en una muestra de agua es usualmente realizada por las técnicas de tubos múltiples o filtros de membrana. El método de los tubos múltiples da un estimado del número de organismos en un volumen de agua dado, basado en la inoculación de ese volumen en un número de tubos como medios de cultivo. Después de la incubación, el número más probable de organismos en la muestra original puede ser estadísticamente estimada del número de tubos con una reacción positiva. El método es barato y simple pero está sujeto a un error considerable. El método de la membrana de filtración determina el número de organismos en un volumen medido de muestra filtrado a través de una membrana de poros de $0.45 \mu\text{m}$ de diámetro e incubado "boca arriba" en un medio selectivo. El número de colonias formadas se cuenta. Esta técnica da resultados comparables con el método de tubos múltiples. De cualquier modo, no es conveniente para aguas altamente turbias, o donde haya muchos otros organismos con capacidad de crecer en el medio e interfieran con los coliformes. El número total de *Escherichia coli*, junto con otras variables, son incluidos en algunos índices de calidad de agua.

Otras Bacterias Intestinales.

Cuando otros organismos coliformes se encuentran sin la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli*, otros organismos indicadores pueden ser utilizados para confirmar la presencia de contaminación fecal. Los dos más comunes indicadores son *Streptococcus faecalis* y *Clostridium welchi*. *Streptococcus faecalis* raramente se multiplica en agua contaminada y son más resistentes a la desinfección que los organismos coliformes. *Clostridium welchi* son capaces de sobrevivir en agua por más tiempo que los organismos coliformes y resistir desinfección cuando es llevada acabo inadecuadamente. No son organismos aptos para monitoreos rutinarios pues su resistencia les permite sobrevivir por períodos largos y pueden ser transportados largas distancias después de una infección inicial. Los métodos de tubos múltiples y filtración de membrana pueden ser utilizados con medios adecuados y condiciones de crecimiento apropiados.

Bacterias Patógenas .

Análisis de bacterias patógenas no es comúnmente incluido en investigaciones rutinarias. Identificación positiva de *Salmonella*, *Shigella* o *Vibrio spp.* Puede ser complejo y requerir de varios métodos diferentes. Una investigación especial debe ser llevada acabo si se sospecha de una fuente epidémica, o si una nueva fuente de agua será evaluada. Como estos organismos usualmente están presentes en números muy bajos, es necesario concentrar las muestras por técnicas de filtración.

Virus.

Los virus están presentes en números muy pequeños en muestras de agua requiriendo concentración en la muestra antes de cualquier análisis. Aunque la metodología para la identificación de virus es constantemente mejorada y simplificada, todos los métodos requieren avanzados y caros equipos de laboratorio. Muchas autoridades locales y regionales responsables de la calidad del agua pueden no ser capaces de tener esas instalaciones. Con muestras correctamente recolectadas y preparadas pueden ser fácilmente transportadas, haciendo posible que un laboratorio nacional y regional haga el análisis. Guías para la recolección de las muestras han sido desarrolladas para estas situaciones.

Para la investigación del grupo coliforme se utiliza generalmente el "Método Normal de Diluciones", el cual expresa los resultados de las pruebas coliformes en base al índice del Número Mas Probable, referido a un volumen de 100 ml. de agua (NMP / 100 ml.).

Se utilizan dos tipos de prueba: La prueba presuntiva y la confirmativa:

En la primera se determina la presencia presuntiva del grupo coliforme en el agua, gracias a la fermentación de la lactosa con su consiguiente formación de gas, el cual es determinado visiblemente mediante técnicas especiales.

Si la prueba presuntiva arroja resultados negativos se puede asegurar que no existen bacterias coliformes en el agua, pero si los resultados son positivos hay que hacer la prueba confirmativa para poder asegurar la presencia del grupo coliforme, ya que la fermentación pudo deberse a bacterias "gram positivas".

La prueba confirmativa consiste en inocular tubos de fermentación con caldo lactosado, bilis de buey y verde brillante. Estas dos últimas sustancias inhiben el crecimiento de bacterias "gram positivas" en el agua, de tal forma que si existe fermentación y formación de gas se debe únicamente al grupo coliforme. En estos casos las pruebas serán positivas (no presuntivas sino confirmativas).

La prueba confirmativa se realiza de dos maneras diferentes. La primera es a 35 ° C de temperatura con un tiempo de incubación de 48 horas para determinar los coliformes totales, esto es, la presencia de todos los tipos de bacterias que constituyen el grupo coliforme. La segunda manera es a 44 ° C y 24 horas de incubación. A esta temperatura las bacterias coliformes de la naturaleza mueren y queda únicamente la *Escherichia Coli*, computándose de esta forma el NMP de coliformes fecales.

Índice de Calidad de Aguas.

Con el fin de determinar el grado de contaminación de las aguas a causa de las actividades de la región se pretende determinar un índice de calidad de aguas para diversos puntos en diferentes ríos de la región.

Las principales actividades que se considera contribuyen a la contaminación de las aguas de la zona son los beneficios, los ingenios, las granjas avícolas y porcinas y los desechos sólidos y líquidos generados por los asentamientos humanos.

El índice de calidad de aguas (ICA) se considera un instrumento de valoración para ser utilizado en la toma de decisiones acerca de las medidas que podrían tomarse como prevención o mitigación de la contaminación presente en un determinado río o región.

En las aguas de los ríos en los cuales la carga contaminante se compone especialmente de materia orgánica de origen doméstico y agroindustrial, se utilizan en el cálculo del ICA las siguientes variables:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto
- Contenido de Nitrógeno Amoniacal

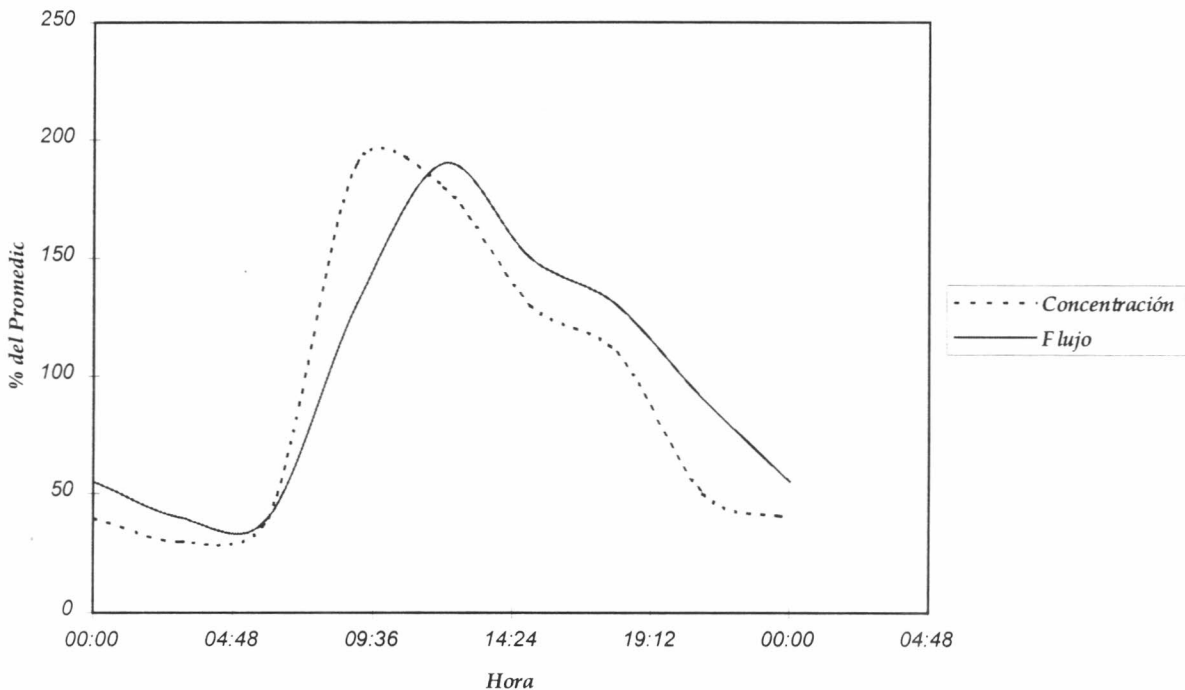
Para la obtención de este índice de calidad se deben llevar a cabo un número de mediciones mínimo que garantice la validez estadística del mismo. A pesar de que la metodología planteada por el CICA y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) establece que este límite inferior es de doce muestreos, de acuerdo a la opinión consultada del Master Alexis Rodríguez Ulloa, director del CICA y uno de los investigadores que desarrollaron el índice, ocho mediciones se consideran suficientes para lograr resultados estadísticamente válidos en este estudio. Las razones por las cuales se optó por disminuir esta cantidad son la escasez de la cantidad de recursos y dinero que hubiera requerido.

6.2. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS.

La toma de una sola muestra se considera suficiente si la calidad de la fuente de agua es uniforme o bien, si el propósito es simplemente saber de inmediato si se ha cumplido con una condición o límite particular.

Sin embargo, usualmente las aguas superficiales son muy variables tanto en calidad como en cantidad, por lo que es muy probable que con una muestra aleatoria no se obtenga un perfil significativo de las condiciones de las mismas. Esta situación se observa en la figura 6.1, la cual muestra la variación del flujo y de la concentración en un drenaje de estiaje durante un día de clima seco.

Figura 6.1. Variaciones típicas de flujo y de concentración de un alcantarilla durante clima seco.



Fuente: T.H.Y. Tebbutt en *Fundamentos de Control de la Calidad del Agua*

Para poder contemplar estas variaciones, es necesario obtener una muestra compuesta por todas las muestras tomadas a intervalos conocidos durante cierto periodo. Luego, al mezclar las muestras individuales en proporción con los flujos apropiados se obtiene una muestra compuesta integrada.

Idealmente, todos los análisis que se le han de practicar a las muestras deberían realizarse inmediatamente después de la recolección de las mismas, ya que entre más pronto se hagan, es más probable que los resultados se acerquen más a las condiciones reales del río.

Debido a las características inestables, como gases disueltos, presencia de sustancias oxidables o reducibles, entre otros., y a que los análisis no pueden ser llevados a cabo in situ, la muestra se debe tratar adecuadamente para fijar las concentraciones. Si se almacenan las muestras a una baja temperatura (4°C) y se tiene el cuidado de no exponerla a la luz, se pueden retardar los cambios que ocurren al transcurrir el tiempo en la composición de las mismas.

6.2.1. Equipo.

El equipo utilizado por cada persona para la toma de muestras en un día es el siguiente:

- una botella de 0.5 litros marcada a los 250 ml
- una hielera con bastante hielo
- una botella de un litro esterilizada
- cuatro botellas de 0.5 litros esterilizadas
- un recipiente para las muestras de los coliformes
- papel parafinado
- ácido sulfúrico y una solución antiácido de bicarbonato de sodio
- una regla métrica y un nivel
- un cuchillo o machete
- agua y jabón antibacterial para lavarse, y agua para tomar
- un botiquín
- guantes, botas de hule y pantalones de vinil

Se debe tener el cuidado de *mantener la muestra fría*, en un lugar a la sombra.

6.2.2. Procedimiento.

La recolección de las muestras se hizo a las 8 am, 11 am, 2 pm, y 5 pm del primer miércoles de cada mes, con los siguientes pasos:

1. Realizar una caracterización completa del sitio de muestreo (**Ver anexo III.d**).
2. Cada vez que se recolecta una muestra se deben tomar los siguientes datos:
 - Hora exacta
 - Condiciones meteorológicas (temperatura, luz solar, nublado o lluvia.).
 - Olor, color o sólidos suspendidos en las aguas del río.
 - Simultáneamente, se debe leer el nivel del agua y anotarlo. Leer las escalas colocadas en los puntos 1, 2, 3 y 4 sobre las estacas aguas arriba, en el sitio de muestreo y aguas abajo, en los puntos 5 y 6 se deben leer las escalas limnigráficas que tiene colocadas el ICE.

Tener el cuidado de *mantener la muestra fría* (4 °C), en un lugar a la sombra.

Preparación de muestras para DBO.

Utilizar las 4 botellas de ½ litro para tomar una muestra cada tres horas. Estas botellas deben estar rotuladas y lavadas muy bien con agua caliente. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se debe tener el cuidado de no exponerlas a la luz solar.
2. La muestra de agua debe ser tomada en un sector donde las aguas sean tranquilas pero siempre en movimiento, de forma que la botella quede a una profundidad media dentro del río. El sitio no debe tener el agua muy empozada, sino más bien en movimiento.
3. Se enjuaga con agua de río unas tres veces antes de tomar la muestra.
4. Se llena la botella con agua totalmente. Se debe esperar unos segundos a que desaparezcan las burbujas. Luego se completa con agua utilizando la tapita, de modo que el menisco quede hacia arriba, se cubre rápidamente con papel parafinado y se coloca la tapa.
5. Se colocan inmediatamente en la hielera.

Preparación de muestras para DQO y N (NH₃).

La muestra compuesta total es de un litro, por lo que se toman 250 ml cada vez, utilizando la botella de ½ litro con la marca.

1. Se debe tener el cuidado de no exponer a la luz solar la botella de un litro donde se estará depositando la muestra total.
2. Igualmente, la muestra de agua debe ser tomada las aguas sean tranquilas pero siempre en movimiento, de forma que la botella quede a una profundidad media dentro del río. El sitio no debe tener el agua muy empozada, sino más bien en movimiento.
3. Se enjuaga la botella con agua del río unas tres veces antes de depositar la muestra.
4. Se le deben agregar 1,5 ml de ácido sulfúrico (30 gotas) a los 250 ml de agua con el fin de que el pH de la muestra sea menor de 2. Al final, la muestra compuesta tendría 6 ml de ácido.
5. Luego se pasan los 250 ml (½ botella), al recipiente de 1 litro procurando no sacarla de la hielera.

Preparación de muestras para O₂ disuelto.

La prueba de oxígeno disuelto se hace in situ mediante un equipo especial. Se debe buscar un sitio no muy cerca de la orilla ni con poca profundidad, pero donde el agua esté empozada. Se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Se debe calibrar el equipo en cada estación
2. Se libera el electrodo del recipiente utilizado para calibrarlo y se suelta en la poza. El electrodo debe "flotar" aproximadamente a ½ m.
3. Se efectúa la lectura en mg/l.
4. Se debe realizar una corrección por presión atmosférica, interpolando el valor del factor de corrección de una tabla adjunta al equipo, el cual se multiplica por la lectura obtenida.

Muestra para Coliformes Fecales.

La muestra que se debe recolectar a las 5 p.m. para el análisis de los coliformes tiene que tomarse con una botella pequeña color ámbar totalmente esterilizada. Se tiene que introducir en el centro del río lo más profundo que se pueda; se debe destapar, dejar que ingrese el agua y tapar de nuevo, todo bajo el nivel del agua.

Por ningún motivo se debe tocar la boca de la botella con las manos, ya que esto alteraría completamente el resultado de la prueba.

6.3. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES

Resultados en **Anexo III.a.**

Según Barnes, la ecuación de Manning para canales abiertos fue desarrollada para condiciones de flujo uniforme en que la superficie del agua y el gradiente de energía son paralelos al fondo del canal o, en este caso, el lecho del río. Para poder aplicar esta fórmula en la estimación de caudales se requiere de los siguientes parámetros:

- Rugosidad de la sección en estudio (η)
- Área de la sección transversal (**A**)
- Radio hidráulico (**R**)
- Pendiente del tramo de interés (**S**)

Para la determinación de las características del tramo del río se realiza un levantamiento topográfico. A partir de esta información es posible calcular el área de la sección, el radio hidráulico y la pendiente del río.

Cabe recordar que la rugosidad de un río depende de varios factores entre los que se pueden mencionar: la vegetación, condiciones físicas del sitio, irregularidades del perfil del cauce, alineamiento del canal, sedimentación, socavación, tamaño y forma del canal, entre otros. Por esta razón, se estima empleando la expresión de Manning que relaciona los parámetros anteriores con el caudal del río (Q):

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{\eta} \quad (1)$$

donde " η " cuantifica la rugosidad.

Despejando para " η " se tiene:

$$\eta = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{Q} \quad (2)$$

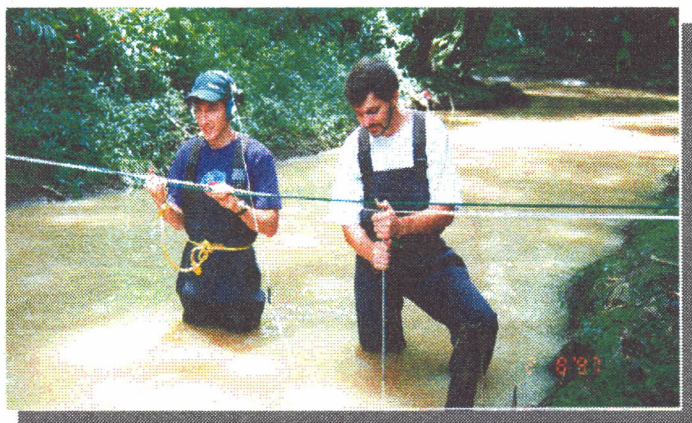
El caudal se mide, en forma directa, realizando un aforo sobre el río.

El caudal de un curso de agua está dado por:

$$Q = vA \quad (3)$$

donde v : es la velocidad del agua al pasar por la sección transversal
 A : área de la sección

El instrumento empleado para calcular la velocidad se conoce como molinete o correntómetro. El correntómetro más comúnmente utilizado es el correntómetro Price, que consiste en seis copas cónicas que rotan alrededor de un eje vertical. Los contactos eléctricos accionados por las copas cierran un circuito a través de una batería y el alambre eléctrico que soporta el correntómetro, produciéndose un "click" por cada vuelta (o cada cinco vueltas), que es transmitido a unos audífonos de los cuales dispone el operador. Para mediciones en aguas profundas, el correntómetro se



Fotografía No6.1. Aforo en el punto de muestreo de San Ramón

las aletas lo mantienen en dirección a la corriente y un lastre grande mantiene el cable en una posición casi vertical. En aguas poco profundas, el correntómetro se monta sobre una varilla y el observador vadea la corriente. Se utiliza un correntómetro Price-pigmeo para medir descargas en profundidades extremadamente pequeñas.

También están los correntómetros del tipo de Hélice, los cuales emplean como elemento de rotación una hélice que gira alrededor de un eje horizontal. El mecanismo de contacto del medidor de hélices es similar al del correntómetro Price y se utilizan sistemas similares para suspenderlo.

El correntómetro de eje vertical tiene la gran ventaja de que las balineras que sostienen el eje se pueden encerrar dentro de conos invertidos que se llenan de aire e impiden la entrada de agua cargada de sedimentos. Las balineras de los otros correntómetros no pueden protegerse de esta manera y por lo tanto están expuestas a daños por abrasión. Por otro lado las corrientes verticales o las componentes de la velocidad hacia arriba hacen rotar las copas de un correntómetro con eje vertical en la misma dirección que las corrientes aguas abajo. Un correntómetro Price que se mueve verticalmente hacia arriba en aguas estancadas indicará una velocidad positiva. De aquí que éste tienda a sobrestimar la velocidad de la corriente. Si la sección de medición está bien seleccionada con las líneas de corriente casi paralelas al eje del canal y con un mínimo de turbulencia, el error probablemente no será mayor del 2 %.

La relación entre las revoluciones por segundo " N " del correntómetro y la velocidad del agua v está dada por una ecuación de la forma:

$$v = a + bN \quad (4)$$

en donde " a " es la velocidad necesaria para vencer la fricción mecánica. Se pueden esperar algunas diferencias en estas constantes como resultado de las posibles variaciones en la fabricación y el desgaste. Por consiguiente, cada correntómetro debe ser calibrado individualmente y por lo tanto tienen sus constantes características.

Una medición de caudal requiere la determinación de un número suficiente de velocidades puntuales para permitir calcular una velocidad promedio en la corriente. El área transversal multiplicada por la velocidad promedio dará el caudal total. El número de puntos en los cuales se debe medir la velocidad debe limitarse a aquellos que se puedan realizar dentro de un tiempo razonable, especialmente si el nivel está cambiando rápidamente, puesto que es deseable completar la medición con un cambio mínimo en el nivel.

El procedimiento en la práctica consiste en dividir la corriente en un número de secciones verticales. Ninguna sección debe incluir más de aproximadamente el 10 % de la descarga total. La velocidad varía aproximadamente como una parábola, desde cero en el fondo del canal hasta un máximo en (o cerca de) la superficie del agua. Con base en muchos ensayos de campo, se determinó que la variación en la mayoría de los canales es tal que la velocidad promedio a 0.2 y 0.8 de la profundidad por debajo de la superficie del agua igual a la velocidad media de la vertical.

La determinación de la velocidad media en la vertical es como sigue:

- Se mide la profundidad total del agua mediante un sondeo con el cable.
- Se levanta el correntómetro hasta 0.8 de la profundidad y se mide la velocidad accionando el cronómetro en un impulso del correntómetro y parándolo en otro impulso aproximadamente 60 s después. El número de impulsos contados (tomando el primero como cero) y el tiempo recorrido permite el cálculo de la velocidad a partir de la curva de calibración del correntómetro , ecuación (4).
- Se levanta el correntómetro a 0.2 de la profundidad y se repite el paso anterior.

En aguas poco profundas, cerca a la orilla o menores de 1.00 m., se puede utilizar la determinación de la velocidad en un punto único a 0.6 de la profundidad.

Fotografía No6.2. Aforo en el punto de muestreo de Naranjo



La sección de medición no necesariamente tiene que ser la misma sección de control. Sin embargo, la distancia entre las secciones debe ser lo suficientemente corta para garantizar que los aportes intermedios no sean considerables.

La forma de la sección de interés se estima con ayuda del levantamiento topográfico. Generalmente, para realizar las medidas, se divide el perfil del cauce en tramos de igual ancho y en el centro de este tramo se toma el dato de velocidad (ver figura 1).

Los tramos de ancho “ a ” y profundidad “ y ” se aproximan a figuras trapezoidales y el área entonces, se calcula como:

$$A = (y_1 + y_2) a / 2 \quad (5)$$

El caudal total se obtiene sumando los caudales que pasan por cada sección calculados con la ecuación (3). De esta forma se puede aplicar la fórmula de Manning (2) para estimar la rugosidad del río.

Al ser la “ η ” de Manning un parámetro que depende de tantos factores, es necesario realizar este procedimiento varias veces al año para determinar el comportamiento de esta característica.

El valor obtenido se asigna como parámetro característico dependiendo del mes en estudio.

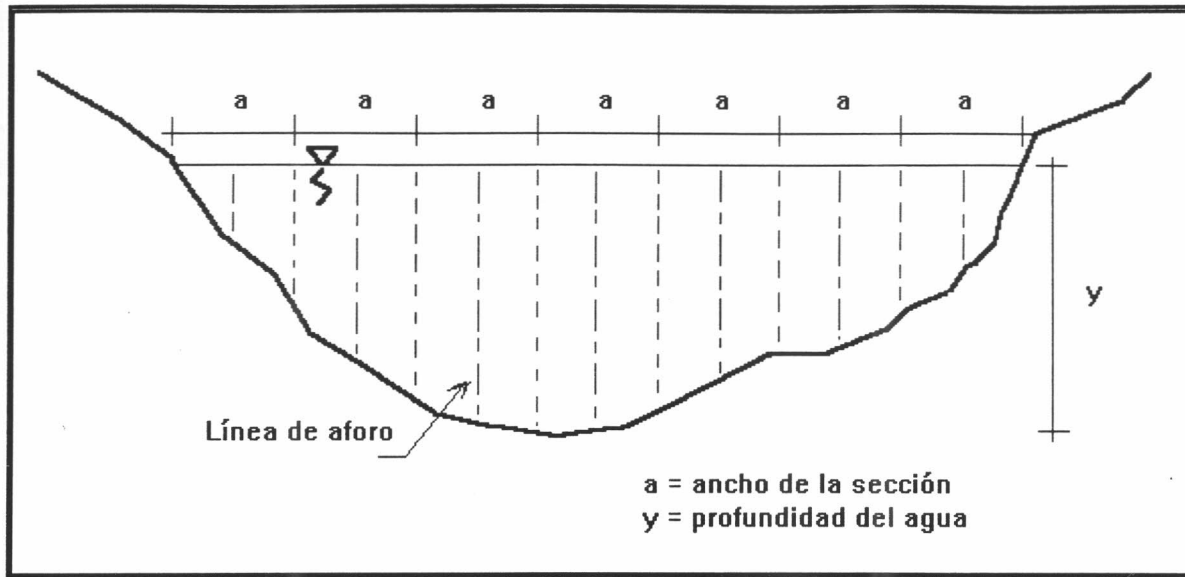


Figura 6.2. Cálculo del caudal utilizando la información de un aforo

Para cada río, se tienen tres diferentes estimaciones correspondientes a los meses que se muestran en la tabla No.6.5.

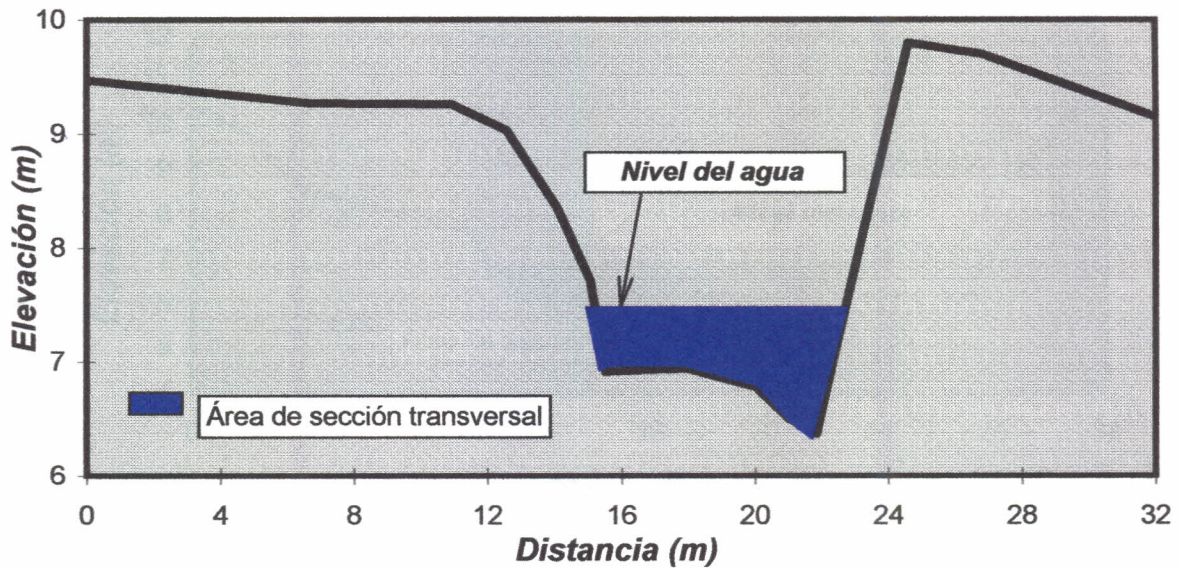
Tabla No.6.5. Fechas correspondientes al aforo de cada uno de los Ríos

Río	Fecha del Aforo		
	1	2	3
Rosales	13/03/97	12/06/97	30/07/97
Colorado	13/03/97	12/06/97	30/07/97
Quebrada Grande (Palmares)	4/05/97	23/06/97	1/08/97
Grande (San Ramón)	4/05/97	23/06/97	1/08/97

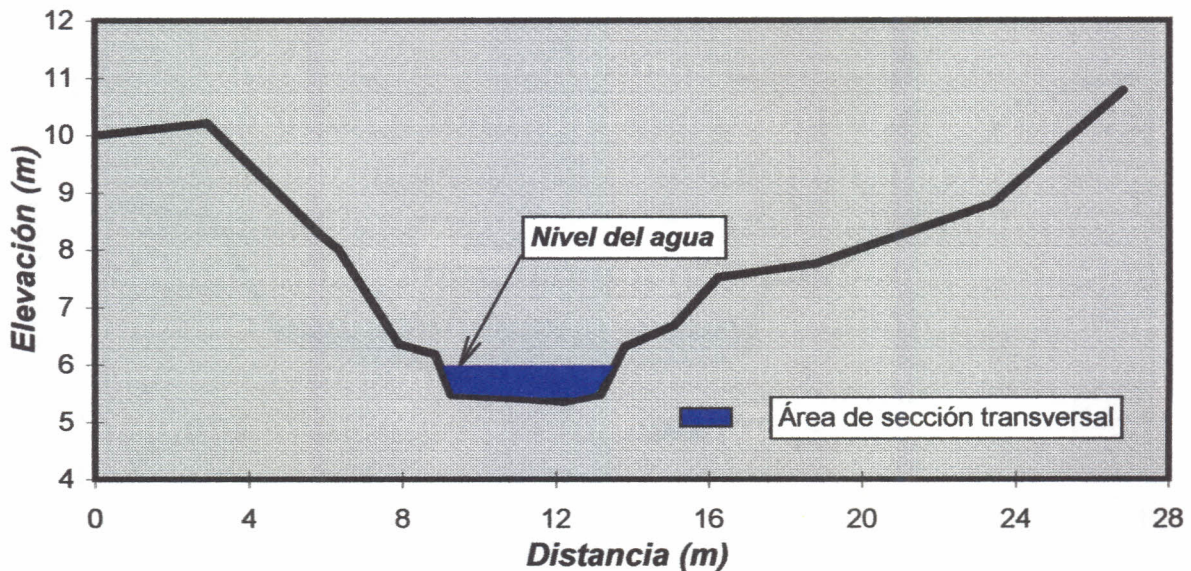
El caudal del río para los días de muestreo se estima utilizando la ecuación (1) donde:

- La " η " de Manning se escoge de acuerdo con el mes de muestreo.
- El área transversal es la que se obtuvo para el cálculo de rugosidad. El área no se corrige dependiendo de la profundidad debido a que la variación en el nivel del agua es muy poca con respecto a la fecha en que se realizó el aforo.
- El radio hidráulico está directamente relacionado con el criterio aplicado en la variación del área.
- La pendiente es el único parámetro que varía en la ecuación de Manning. Se calcula a partir de las lecturas del nivel en las estacas de topografía.

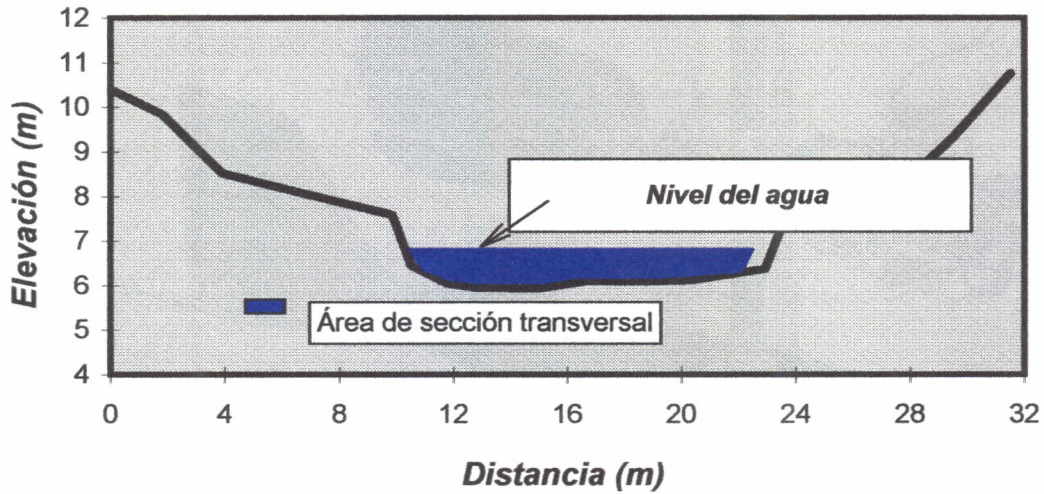
Sección Transversal del Cauce Quebrada Grande (Palmares)



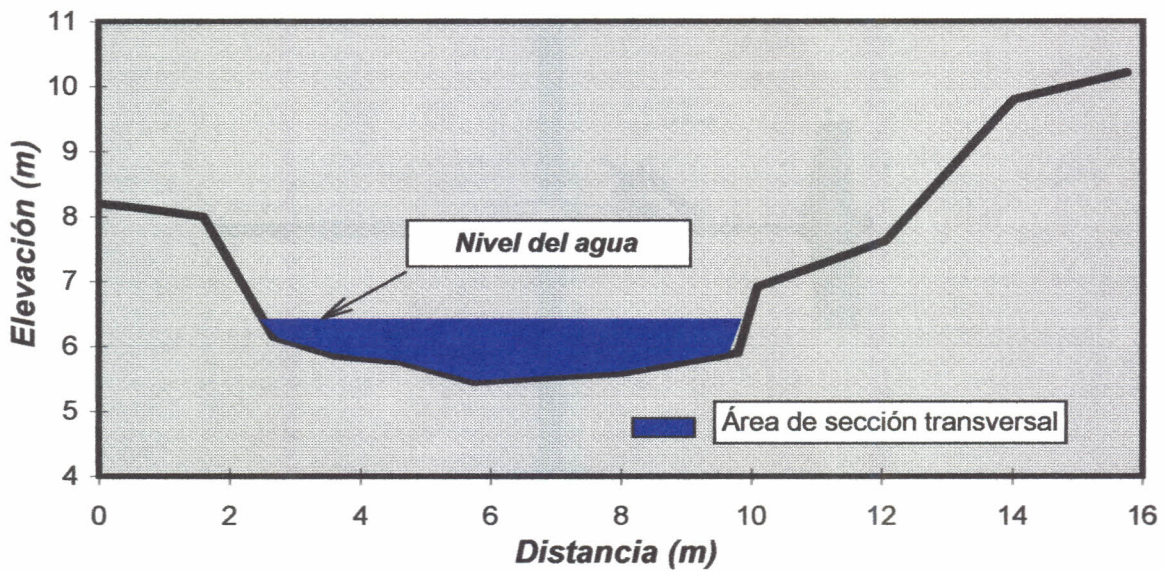
Sección Transversal del Cauce Río Grande (San Ramón)



Sección Transversal del Cauce Río Rosales



Sección Transversal del Cauce Quebrada San Lucas (Naranjo)



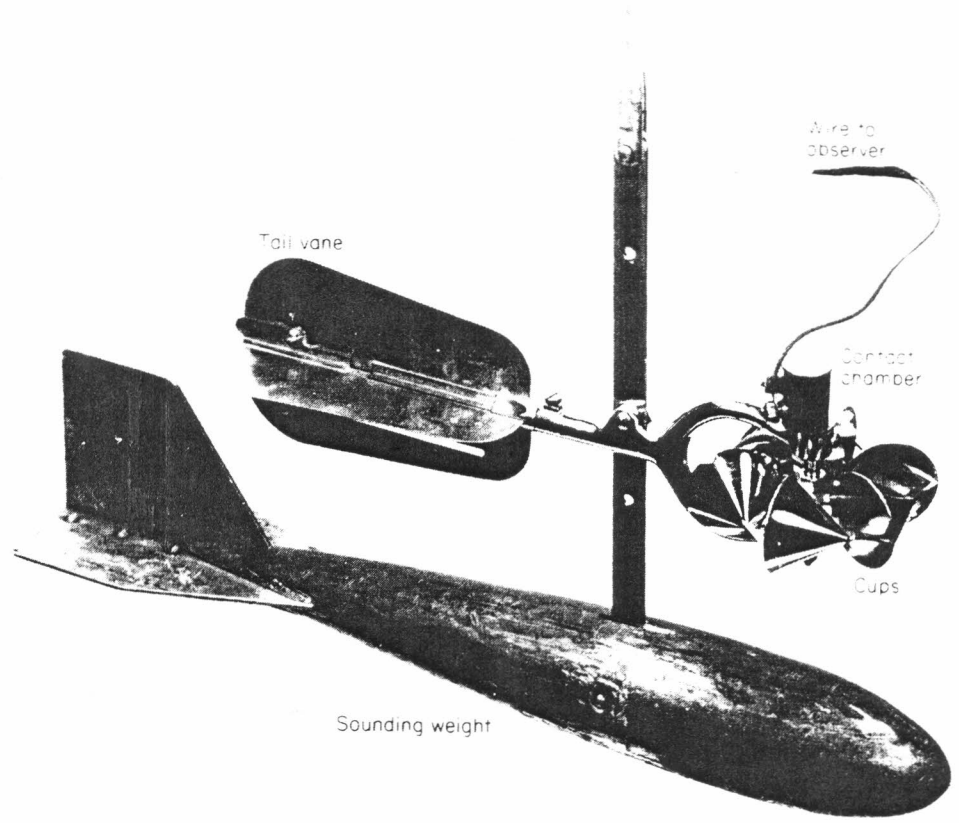
6.4

A co-
data
brem
aner

6.4

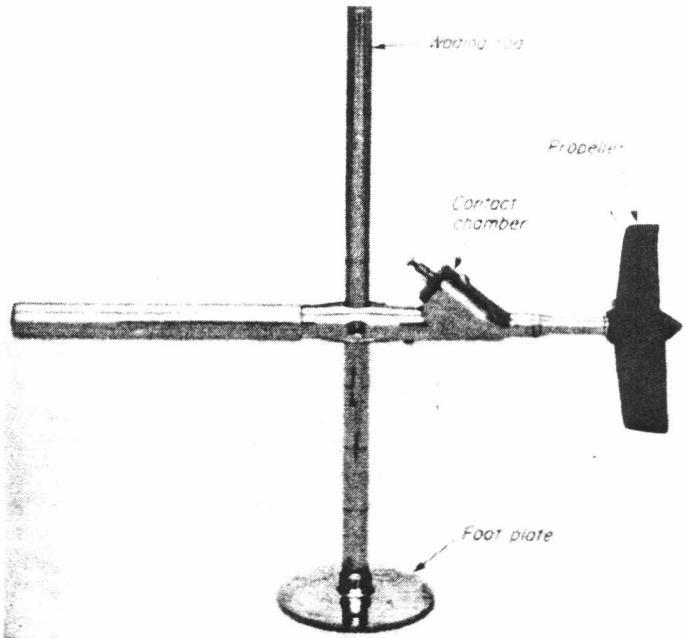
Los
esfu

Tabl



Los

Tabl



En
de

6.4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas en los puntos antes descritos. Los datos corresponden a ocho meses de medición de febrero a setiembre del año 1997. Los detalles de la metodología de toma de muestras se explica en el anexo I.a.

6.4.1. Oxígeno Disuelto (OD).

Los valores de OD obtenidos en cada uno de los muestreos realizados en los diferentes puntos de estudio de la cuenca, se resumen en la tabla No. 6.6.

Tabla No. 6.6. Cantidades de OD en los puntos de medición.

Fecha	Rosales (mg/l)	Naranja (mg/l)	Palmares (mg/l)	San Ramón (mg/l)	Tacares (mg/l)	Garita (mg/l)
5/02/97	5.94	7.29	1.60	2.48	7.71	-
5/03/97	5.75	5.33	0.89	4.96	7.62	7.37
9/04/97	6.31	7.02	4.63	5.23	7.43	7.84
7/05/97	6.77	6.93	4.19	5.85	7.06	7.94
4/06/97	7.24	6.76	6.24	6.02	7.45	8.13
16/07/97	7.42	7.16	6.77	6.29	7.82	8.13
6/08/97	7.05	7.02	6.42	4.78	7.73	7.84
3/09/97	7.61	7.51	5.17	5.14	8.01	9.26

Fuente: ProDUS.

Los %SOD se resumen en la tabla No.6.7.

Tabla No. 6.7. Porcentajes de Saturación de Oxígeno Disuelto.

Fecha	Rosales	Naranja	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
5/02/97	64.6%	75.9%	17.2%	26.4%	82.0%	-
5/03/97	62.5%	55.6%	9.6%	51.7%	81.0%	78.4%
9/04/97	69.6%	73.2%	49.5%	56.8%	77.7%	83.4%
7/05/97	72.8%	72.2%	45.0%	63.3%	75.1%	83.6%
4/06/97	78.3%	73.4%	67.8%	64.8%	80.1%	86.5%
16/07/97	79.0%	74.5%	71.3%	66.9%	83.2%	87.4%
6/08/97	74.2%	73.9%	69.7%	52.0%	80.5%	80.9%
3/09/97	85.4%	88.9%	62.4%	61.7%	88.7%	102.1%

Fuente: ProDUS.

En el gráfico de la figura No. 6.3. se muestra el comportamiento del %SOD, para cada uno de los puntos de medición.

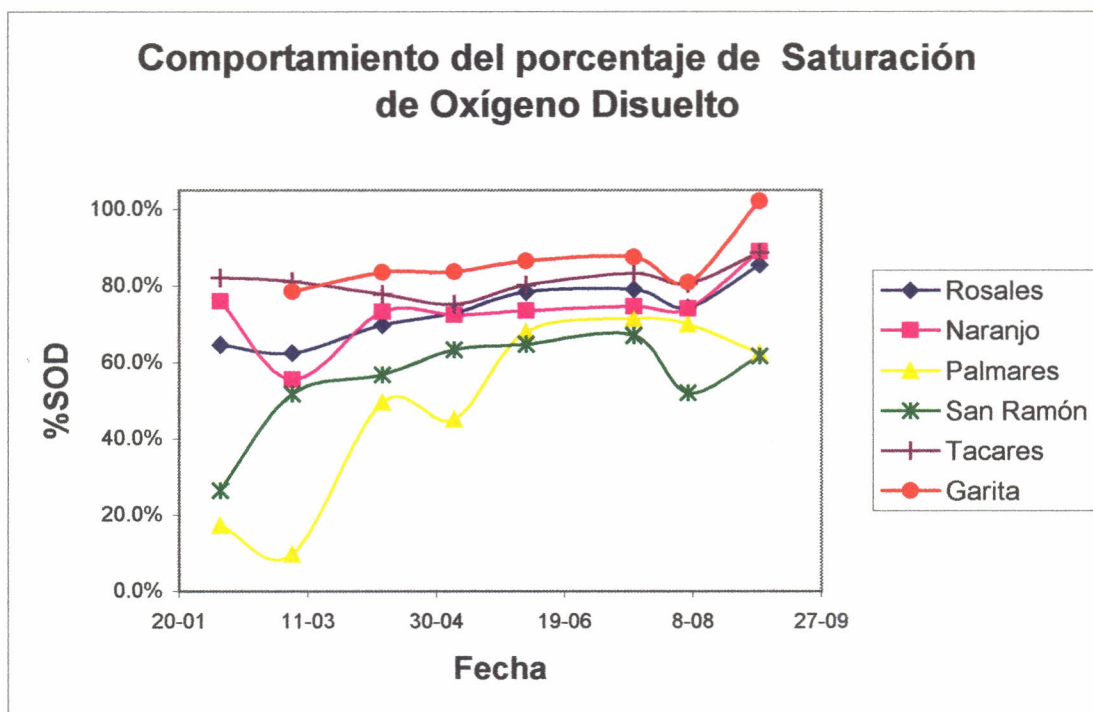


Figura 6.3. Comportamiento del Oxígeno Disuelto

6.4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Los resultados de las pruebas de DBO en los puntos de medición se muestran en la tabla No. 6.8.

Tabla No. 6.8. Cantidades de DBO en los puntos de medición.

Fecha	Rosales (mg/l)	Naranjo (mg/l)	Palmares (mg/l)	San Ramón (mg/l)	Tacares (mg/l)	Garita (mg/l)
5/02/97	<14	(116 ± 13)	(136 ± 13)	(120 ± 13)	<14	-
5/03/97	ND	(29 ± 2)	(58 ± 2)	(3 ± 2)	ND	ND
9/04/97	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7/05/97	(2.0 + 2)	< 0.2	(3.8 + 2)	(3.0 + 2)	(4.8 + 2)	(2.0 + 2)
4/06/97	(2.4 + 0.5)	(0.8 + 0.5)	(1.6 + 0.5)	(2.8 + 0.5)	(1.6 + 0.5)	(1.2 + 0.5)
16/07/97	(1.1 + 0.5)	(1.2 + 0.5)	(1.6 + 0.5)	(3.2 + 0.5)	(1.2 + 0.5)	(1.2 + 0.5)
6/08/97	(4.4 + 0.5)	(1.2 + 0.5)	(2.8 + 0.5)	(7.3 + 0.5)	(2.1 + 0.5)	(1.2 + 0.5)
3/09/97	ND	(1.2 + 0.5)	(2.1 + 0.5)	(3.1 + 0.5)	ND	(1.1 + 0.5)

Fuente: ProDUS.

ND: No detectable

El comportamiento de la DBO se muestra en el gráfico de la figura No. 6.4 para cada uno de los puntos de medición.

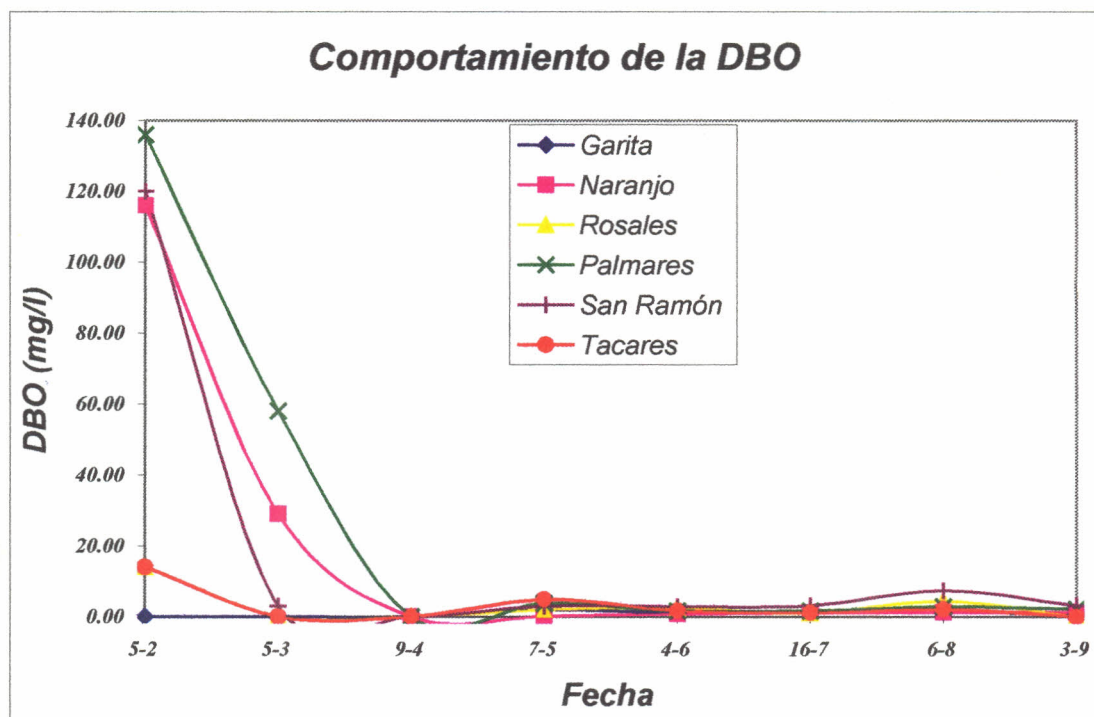


Figura No. 6.4. Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

6.4.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Los valores que se obtienen con esta prueba se consideran parámetros importantes y rápidos para estudios de corrientes fluviales. En el caso de ciertos desechos que contienen sustancias tóxicas, esta prueba es el único método para determinar la carga orgánica.

Los valores que se obtuvieron de DQO para los puntos de medición, se resumen en la tabla No. 6.9.

Tabla No. 6.9. Cantidades de DQO en los puntos de medición.

Fecha	Rosales (mg/l)	Naranjo (mg/l)	Palmares (mg/l)	San Ramón (mg/l)	Tacares (mg/l)	Garita (mg/l)
5/02/97	NR	NR	NR	NR	(17 ± 5)	-
5/03/97	NR	NR	NR	NR	(29 ± 4)	(17 ± 4)
9/04/97	NR	NR	NR	NR	(29 ± 4)	(17 ± 4)
7/05/97	(21.05 + 0.06)	(6.48 + 4)	(11.33 + 0.06)	(16.19 + 0.06)	(27.72 + 0.06)	(6.92 + 0.06)
4/06/97	NR	NR	NR	NR	(22 + 2)	(24 + 2)
16/07/97	(8.45 + 0.06)	(8.6 + 0.2)	(4.56 + 0.04)	(19.8 + 0.2)	(17.8 + 0.1)	(13.3 + 0.1)
6/08/97	(7 + 2)	(15 + 2)	(29 + 4)	(12 + 3)	(10 + 2)	(10 + 2)
3/09/97	(9 + 2)	(48 + 2)	(53 + 2)	(47 + 2)	(53 + 2)	(116 + 2)

Fuente: ProDUS.

NR: No realizada

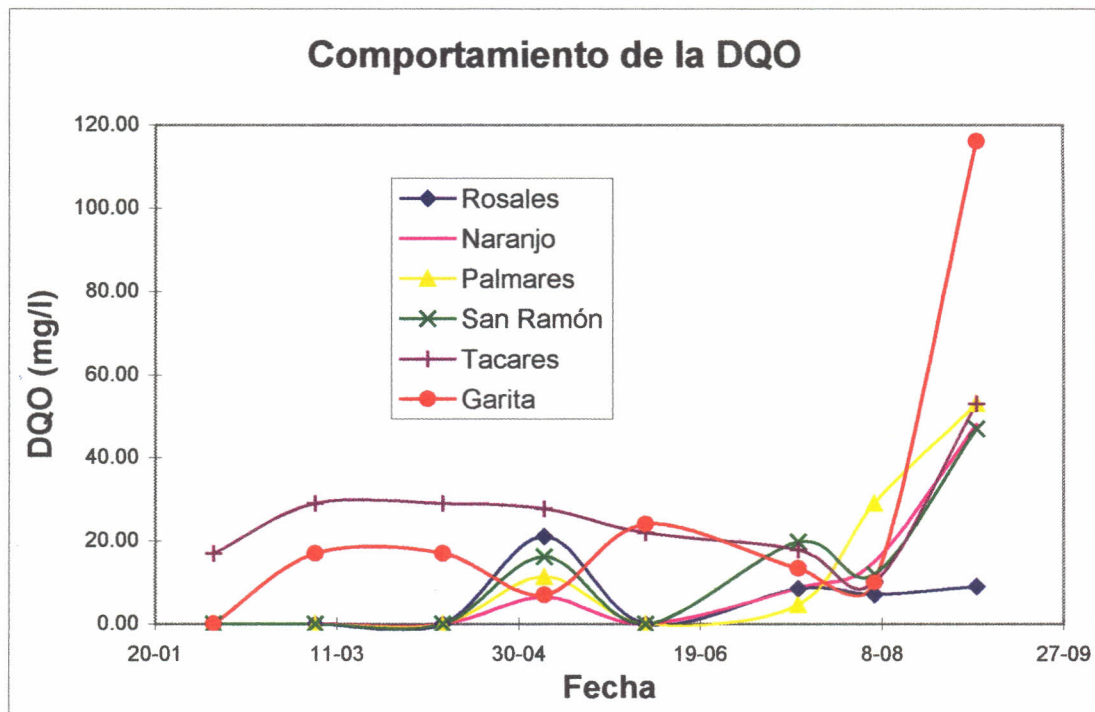


Figura No. 6.5. Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno.

- Nótese que en los primeros tres meses y el quinto de medición sólo se midió en Tacares y Garita

6.4.4. Nitrógeno Amoniacal

Los valores de nitrógeno amoniacal que se encontraron en las muestras tomadas en los puntos de estudio que se muestran en la tabla No. 6.10.

Tabla No. 6.10. Cantidades de nitrógeno amoniacal en los puntos de medición.

Fecha	Rosales (mg/l)	Naranjo (mg/l)	Palmares (mg/l)	San Ramón (mg/l)	Tacares (mg/l)	Garita (mg/l)
5/02/97	ND	(0.25 + 0.06)	(0.39 + 0.07)	(0.38 + 0.07)	(0.18 + 0.07)	-
5/03/97	(0.22 + 0.06)	(0.55 + 0.07)	(1.03 + 0.07)	(0.65 + 0.07)	(0.62 + 0.07)	(0.59 + 0.07)
9/04/97	ND	(0.23 + 0.04)	(0.36 + 0.04)	(0.59 + 0.06)	(0.18 + 0.04)	(0.16 + 0.04)
7/05/97	ND	(0.28 + 0.04)	(0.42 + 0.04)	(0.55 + 0.04)	(0.20 + 0.04)	(0.22 + 0.04)
4/06/97	(0.12 + 0.04)	(0.26 + 0.04)	(0.52 + 0.04)	(0.47 + 0.04)	(0.14 + 0.04)	(0.10 + 0.04)
16/07/97	(0.03 + 0.01)	ND	ND	(0.19 + 0.01)	(0.07 + 0.01)	(0.08 + 0.01)
6/08/97	ND	ND	(0.034 + 0.005)	(0.654 + 0.005)	ND	(0.036 + 0.005)
3/09/97	(0.16 + 0.02)	(0.26 + 0.02)	(2.09 + 0.02)	(0.31 + 0.02)	(0.27 + 0.02)	(0.15 + 0.02)

Fuente: ProDUS.

ND: No detectable

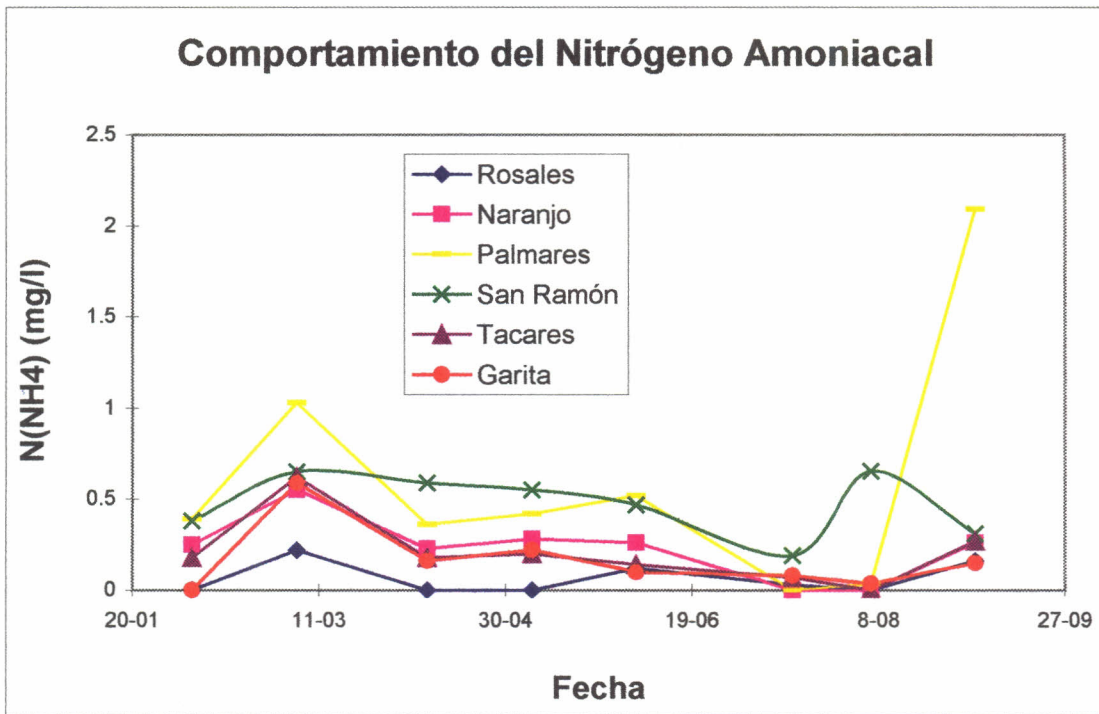


Figura No. 6.6. Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal.

En la tabla No. 6.11 se muestran los valores obtenidos para el NMP en los puntos de muestreo.

Tabla No. 6.11. Cantidades de NMP en los puntos de medición.

Fecha	Rosales /100 ml	Naranjo /100 ml	Palmares /100 ml	San Ramón /100 ml	Tacares /100 ml	Garita /100 ml
5/02/97	> 1600	380	> 1600	> 1600	920	-
5/03/97	540	210	1600	920	250	110
9/04/97	20	< 2	460	210	< 2	93
7/05/97	160000	2200	3100	4000	1400	> 160000
4/06/97	7900	2700	160000	17000	35000	4900
16/07/97	1700	-	800	920000	13000	2100
6/08/97	4900	7000	4900	28000	35000	9500
3/09/97	-	540	>1600	220	130	13

Fuente: ProDUS.

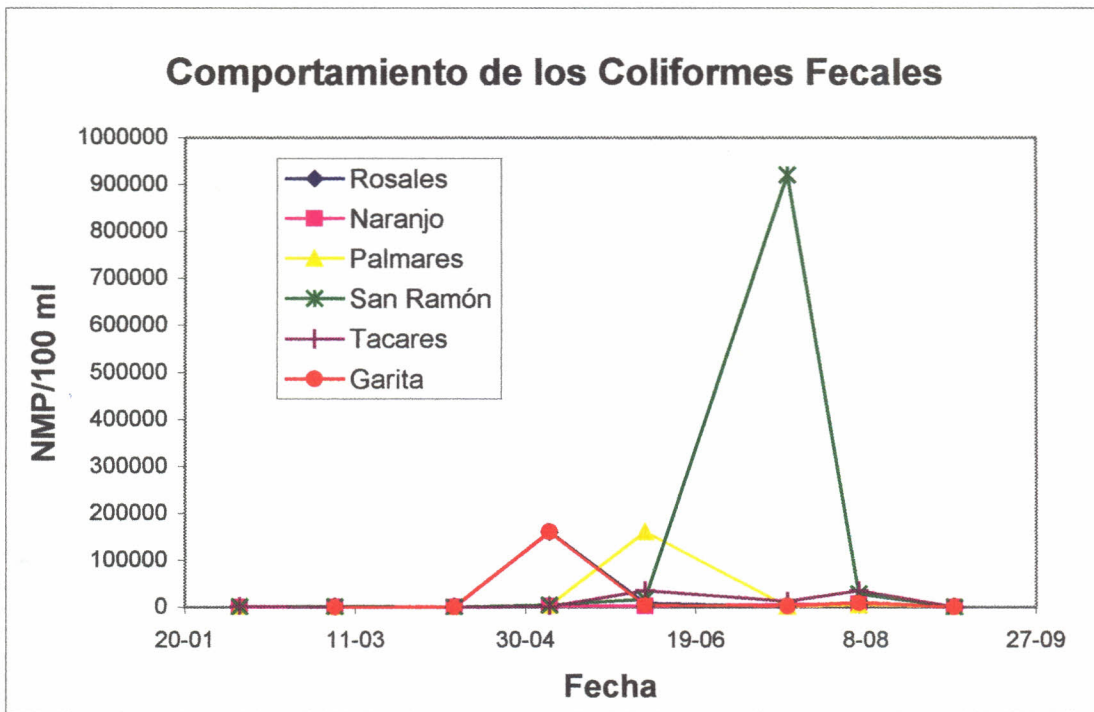


Figura No. 6.7. Comportamiento del Número más Probable de Coliformes Fecales.

6.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

6.5.1. Índice de Calidad de Aguas (ICA).

Ejemplo de Cálculo del ICA.

El ICA se calcula con base a una puntuación que se le asigna a los resultados obtenidos en cada una de las pruebas de DBO, Nitrógeno Amoniacal y OD. La asignación de los puntos se hace tal y como se muestra en la tabla No. 6.12.

Tabla No. 6.12. Sistema de valoración de la calidad del agua.

Puntos	%SOD	DBO (mg/l)	NH₄⁺ - N (mg/l)
1	91-110	< 3	< 0.5
2	71-90 111-120	3.1-6.0	0.5-1.0
3	51-70 121-130	6.1-9.0	1.1-2.0
4	31-50	9.1-15.0	2.1-5.0
5	< 30 > 130	> 15.0	> 5.0

Fuente: Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), Escuela de Química, UCR.

En el caso del punto en Naranjo, en Febrero se obtuvieron los siguientes resultados en las pruebas:

- DBO : 116 mg/l
- %SOD : 75.9%
- NH₄⁺-N : 0.25 mg/l

De modo que la puntuación de estos valores es de 5, 2 y 1, correspondientemente, para un total de 8 puntos.

Para calcular el índice se calcula el promedio de los puntajes obtenidos en cada una de las mediciones y se asigna un color que representa el nivel de contaminación, tal y como se muestra en la tabla No. 6.13.

Tabla No.6.13. Nivel de Calidad Orgánica del Agua

Clase	Promedio Puntos	Código de Color	Calidad
1	3.0-4.5	Azul	Sin contaminación
2	4.6-7.5	Verde	Contaminación incipiente
3	7.6-10.5	Amarillo	Contaminación moderada
4	10.6-13.5	Anaranjado	Contaminación severa
5	13.6-15.0	Rojo	Contaminación muy severa

Fuente: Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), Escuela de Química, UCR.

En Naranjo, se obtuvieron los siguientes puntajes: 8, 10, 4, 4, 4, 4, 4 y 4, en las mediciones realizadas entre febrero y setiembre. El promedio de estos fue de 42 que al dividirse por 8, que es el número total de muestreos, da un índice de 4.86. Este último valor corresponde a un color verde, es decir que se considera un nivel de contaminación orgánica incipiente para las aguas del río en este sitio.

Los resultados que se obtuvieron para el índice de calidad (ICA) en cada uno de los puntos, así como su correspondiente clasificación, se muestran en la tabla No. 6.14. **(Ver anexo III.c.)**

Tabla No. 6.14. Resultados del Índice de Calidad.

Sitio	ICA	Color	Clasificación
Rosales	4.43	Azul	Sin Contaminación
Naranjo	4.86	Verde	Contaminación Incipiente
Palmares	6.86	Verde	Contaminación Incipiente
San Ramón	6.14	Verde	Contaminación Incipiente
Tacares	4.29	Azul	Sin Contaminación
Garita	3.71	Azul	Sin Contaminación

Fuente: Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS).

Los valores obtenidos en este índice de calidad indican aguas cuya condición se considera sin materia contaminante o en niveles relativamente bajos. Estos resultados se pueden explicar mediante las siguientes razones:

- Este índice de calidad se calcula con base en los parámetros que se considera poseen mayor relevancia en cuerpos de agua cuya carga contaminante corresponde principalmente a desechos domésticos o agroindustriales y se seleccionó para este estudio considerando que se trata de una región predominantemente agrícola. Sin embargo, una de las actividades más importantes de la zona, el beneficiado de café, se desarrolla en un periodo del año específico, de modo que los niveles de contaminación por desechos agroindustriales puedan ser realmente significativos solo durante esta época.
- Por otro lado, los resultados obtenidos en las pruebas de DQO en relación con la DBO, indican que, fuera de la época de beneficiado, la contaminación de tipo orgánica no biodegradable es más significativa que la correspondiente a la materia orgánica biodegradable. De esta situación se deduce que la contaminación en estos meses puede estar siendo causada por fuentes que producen desechos del primer tipo.

Los puntajes mensuales calculados para el ICA en cada uno de los sitios de medición son relativamente más altos durante los primeros dos meses de medición (Ver tabla No. 6.15), los cuales aún se encuentran dentro de la época de beneficiado, y disminuyen notablemente en los siguientes meses. Palmares alcanza los niveles de contaminación severa; Rosales, Naranjo y San Ramón, una contaminación moderada. Probablemente el puntaje promedio del índice sería bastante más alto si se incluyera solamente el periodo de actividad de los beneficios e incluso, si se hubiesen tomado muestras durante todo el año.

Tabla No. 6.15. Resultado del ICA mensual en cada uno de los puntos muestreados

Sítio	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Rosales	8.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0
Naranjo	8.0	10.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Palmares	11.0	13.0	6.0	7.0	6.0	4.0	5.0	7.0
San Ramón	10.0	6.0	6.0	6.0	5.0	6.0	8.0	6.0
Tacares	7.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Garita	-	5.0	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0	3.0

Fuente: Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS)

- Azul: Sin contaminación
- Verde: Contaminación incipiente
- Amarillo: Contaminación moderada
- Anaranjado: Contaminación severa
- Rojo: Contaminación muy severa

Al observar los resultados de cada una de las pruebas para cada una de las fechas de muestreo, se observan dos periodos: en el primero (febrero-marzo) los valores de la DBO son más altos en relación al resto del año y en el segundo (abril-setiembre) estos disminuyen de forma que las relaciones de DQO/DBO son considerablemente más altas.

De acuerdo a consultas realizadas a varios de los beneficiados de la zona, la finalización de la época de beneficiado que se inició en 1996 se produjo aproximadamente entre los últimos días de febrero y la primera quincena de marzo. Los valores de DBO obtenidos para el mes febrero son los más altos de todo el estudio, seguidos por los del mes de marzo que, aunque son un poco más bajos, son también relativamente altos (Esto se refleja claramente en el ICA de febrero y marzo). En los siguientes meses de muestreo, en que no se había reiniciado la actividad en los beneficiados, se obtuvieron valores de DBO considerablemente más bajos.

Toda esta situación conduce a pensar que la actividad del beneficiado del café es la principal responsable de la carga orgánica biodegradable que llega a las aguas de los ríos en la zona de estudio y que cuando esta disminuye o se detiene, la contaminación por este tipo de materia decrece notablemente.

6.5.2. DBO.

Nótese que al igual que el Índice de Calidad de Aguas, la DBO en los meses de febrero y marzo es alta, respecto a los siguientes meses de medición, como resultado de la actividad del procesado de café en la región.

Tabla 6.16.

Primer Monitoreo sobre el Estado Actual de la Contaminación en la Cuenca 24: Virilla-Tárcoles
Periodo de Estudio: 27-28-29/01/97

Estación	Caudal	DQO	DBO	Relación	Carga DQO	Carga DBO	Pob. Equivalente	Pob. Equivalente	OD	T del agua	NMP
	(l/s)	(mg/l)	(mg/l)	DQO/DBO	(kg/día)	(kg/día)	DBO	DQO	(mg/l)	(°C)	(/100ml)
V-1	1252	2	0.72	2.78	216	78	1442	1803	8.0	20	
V-3	2432	44	16	2.75	9246	3362	62259	77046	6.6	21	1500000
V-5	ND	41	17	2.41					4.0	22	
To-4	1928	152	56	2.71	25320	9328	172749	211000	5.2	22	4300000
Ma-4	1096	152	59	2.58	14394	5587	103462	119946	1.2	22	930000
Ti-3	2228	51	33	1.55	9817	6352	117638	81812	5.9	18	3900000
Ti-4	3926	130	30	4.33	44097	10176	188448	367474	3.5	22	46000000
B-4	223	73	19	3.84	1406	366	6779	11721	3.8	21	
Ta-2	ND	27	23	1.17					7.7	24	2400000
S-1	1998	85	42	2.02	14673	7250	134266	122278	2.2	22	
C-1	1301	24	9	2.67	2698	1012	18734	22481	6.3	22	
Ga-1	ND	147	13	11.3*					7.0	24	430000
Ta-5	48325	61	24	2.54	254797	100248	1856448	2123312	8.0	22	43000
Ta-10	ND	45	23	1.96					5.9	20	75000

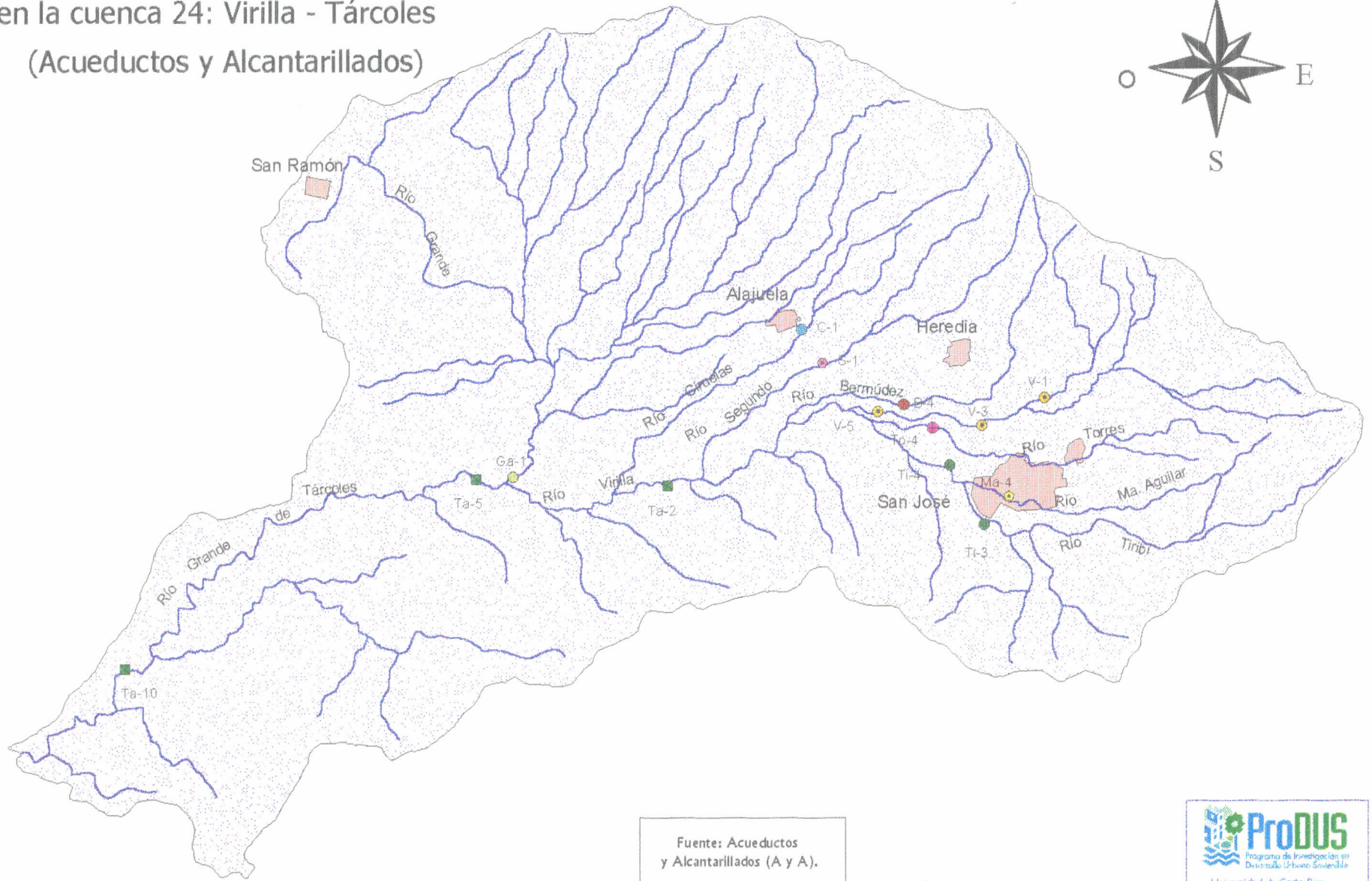
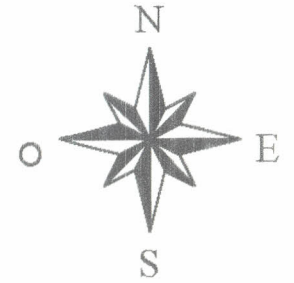
Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Enero de 1997

* Ocurría un evento especial: vaciado y limpieza de la represa durante el día de muestreo

ND : no determinado debido a condiciones de mucha corriente y topografía fuerte

Mapa # 15

Ubicación de puntos de monitoreo en la cuenca 24: Virilla - Tárcoles (Acueductos y Alcantarillados)



Fuente: Acueductos y Alcantarillados (A y A).

Durante los restantes meses la DBO es baja (Este fenómeno se ve claramente en el gráfico de DBO), si comparamos con los valores obtenidos en todos los puntos medidos por Acueductos y Alcantarillados (A y A) en la Cuenca 24: Virilla-Tárcoles (27-28-29/01/97). Para enero y febrero si son altas, comparadas con las mismas (Ver tabla No. 6.16) en el mismo período.

Nótese que la DBO para ciertos puntos en marzo y para todos en abril no es detectable. Esta situación se presentó pues los valores eran mucho más bajos que en el mes de febrero y se pensó que serían parecidos por lo que para las diluciones realizadas en el CICA, la DBO no era detectable. En realidad los valores deben ser parecidos a los de mayo.

La disminución de la DBO a partir de la finalización del procesamiento del café se debe principalmente a la disminución de las descargas de aguas residuales de los beneficios por lo radical del cambio en los datos obtenidos de marzo a abril. Es claro que el río al interrumpirse las descargas empieza a depurarse pues puede asimilar la carga restante. En el punto de Palmares es fácil observar la gran cantidad de lodos en el fondo del río, donde comienza a efectuarse la biodegradación de la materia orgánica. Sin embargo el daño al río es severo en esos meses, obsérvense los datos del índice de calidad de aguas para estos meses.

Los valores tan bajos de DBO en puntos como La Garita y Tacares en todos los puntos de medición se debe a ciertos factores entre ellos: la dilución (Ver caudales en la tabla No. 6.17); las bajas gradientes que favorecen la sedimentación y disminuyen la materia orgánica; y la distancia entre los puntos de descarga y estos puntos.

Tabla 6.17. Caudales promedio.

Fecha	Rosales* (m3/s)	Naranja* (m3/s)	Palmares (m3/s)	San Ramón (m3/s)	Tacares (m3/s)	Garita (m3/s)
05/02/1997	0.77	0.68	0.17	0.43	6.44	-
05/03/1997	0.75	0.67	0.16	0.37	4.93	16.00
09/04/1997	0.77	0.67	0.16	0.42	3.98	12.98
07/05/1997	0.69	0.68	0.16	0.44	5.60	16.13
04/06/1997	1.81	0.96	0.26	0.95	7.03	22.80
16/07/1997	1.85	1.01	0.26	0.92	7.29	22.20
06/08/1997	1.98	1.02	0.21	0.99	9.22	23.80
03/09/1997	2.01	1.01	0.21	0.97	5.92	21.70

*El caudal promedio real en este día debió ser más alto, pues en la última medición no se pudo tomar el nivel del río debido a una crecida originada por la lluvia.

Fuente: ProDUS.

Revisando el Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales se especifica el límite de $DBO_{5,20} \leq 40$ mg/l para los reusos 1, 6 y 7 (Ver anexo II). Comparando con los datos obtenidos, únicamente se sobrepasa el límite en los meses de febrero y marzo en Palmares, San Ramón y Naranja. Nótese que corresponde al verano, cuando se necesita el agua de los ríos para irrigar.

6.5.3. DQO.

Hay una limitación con los datos de DQO pues al inicio de la investigación se pretendía medir sólo la contaminación de la agroindustria. Además por motivos económicos se escogió medir únicamente en Garita y Tacares. Sin embargo al obtener valores tan bajos de DBO (una vez terminada la época de procesamiento de café) y observar que el río en ciertos puntos estaba contaminado visiblemente con detergentes (gran cantidad de espuma) y a la vez era una zona de cultivo donde probablemente residuos de agroquímicos estaban afectándolo, se decidió hacer una prueba en mayo y medir la DQO en todos los puntos. A partir de julio se midió continuamente en todos los puntos.

Con la información obtenida, en la mayoría de los casos medidos la DQO es mucho mayor que la DBO a excepción del mes de febrero en Tacares que sirve como parámetro para todo el mes pues es la única información disponible. Debe señalarse que esta situación no es tan marcada en febrero y marzo pues la DBO es alta. Una vez finalizado el procesamiento de café, la DBO disminuye, lo que coincide con nuestras mediciones en todos los puntos.

En general, la DQO se mantiene alta prácticamente en todos los meses de medición (Ver gráfico de DQO). Entre las principales fuentes de contaminación que podrían aumentar la DQO pueden citarse: los detergentes, las aguas residuales de las industrias de la zona y los agroquímicos aplicados en esta zona de cultivo (Léanse los apartados para cada uno de los temas).

Cabe destacar como se muestra en la tabla (tiempo), que la única vez en que se tomaron las muestras en un día bastante lluvioso fue en setiembre (Las lluvias de febrero, junio y julio en algunos puntos fueron leves). Todos los datos de DQO para ese mes son muy altos. Debe señalarse que Rosales es la única excepción pues no se tomó la muestra de las 5 de la tarde al ocurrir una "cabeza de agua". El incremento en los valores nos muestran el aporte de los agroquímicos a la contaminación de los ríos pues como se muestra en la tabla (descripción física), el río presenta gran cantidad de sedimentos provenientes de la erosión. Al lavarse los campos de cultivo se arrastran los residuos de los agroquímicos. En este caso el aporte de los detergentes y las aguas residuales de las industrias sería menor pues son cargas contabilizadas en todas las mediciones anteriores, aunque podría considerarse la posibilidad de ser aguas estancadas que son arrastradas por las lluvias. No se debe olvidar que la dilución es el factor que más influye en la reducción del grado de contaminación por detergentes.

Debe destacarse que los agroquímicos son contaminantes del ambiente pues su nivel de toxicidad es agudo o crónico para los seres vivos. Los residuos de estos compuestos están siendo arrastrados hasta los ríos, lo cuál está produciendo un considerable aumento de la contaminación que podría finalmente destruir los ecosistemas acuáticos.

6.5.4. Poblaciones Equivalentes.

Las poblaciones equivalentes con base en la DBO (utilizando 76 g/per.día) que se muestran en la Tabla No. 6.18 (Población equivalente DBO) son muy altos para el mes de febrero pues todavía se procesa café. Nótese como las poblaciones equivalentes en febrero son mucho más altas que la población que se ha calculado para cada una de las subcuencas, situación contraria a los siguientes meses de medición.

Tabla No. 6.18. Poblaciones Equivalentes con base en la DBO.

Fecha	Rosales	Naranjo	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
05/02/1997	12234	89491	25569	58195	102418	-
05/03/1997	NC	21958	10308	1250	NC	NC
09/04/1997	NC	NC	NC	NC	NC	NC
07/05/1997	1560	156	687	1492	30572	36663
04/06/1997	4937	869	476	3039	12787	31104
16/07/1997	2318	1374	468	3354	9942	30285
06/08/1997	9912	1391	666	8225	22012	32468
03/09/1997	NC	1378	508	3435	NC	27136

NC: No calculadas porque la DBO resultó no detectable

Fuente: ProDUS.

Tabla 6.19. Poblaciones Equivalentes con base en la DQO.

Fecha	Rosales	Naranjo	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
05/02/1997	NR	NR	NR	NR	73842	-*
05/03/1997	NR	NR	NR	NR	96407	183600
09/04/1997	NR	NR	NR	NR	77909	148888
07/05/1997	9749	2995	1216	4782	104828	75320
04/06/1997	NR	NR	NR	NR	104396	369360
16/07/1997	10571	5845	791	12323	87559	199301
06/08/1997	9363	10324	4099	8027	62235	160650
03/09/1997	12189	32738	7610	30918	211699	1699110

NR: No se realizó la prueba de DQO

Fuente: ProDUS.

Para la población equivalente con base en la DQO (utilizando 128 g/per./día) como se muestra en la Tabla No. 6.19 (Población equivalente DQO) se presentan valores altos principalmente en los puntos en Garita y Tacares. Calculando una población aproximada de 200000 personas en la cuenca incluyendo Tacares, se obtienen poblaciones equivalentes de 369360 y 1699110 en junio y setiembre respectivamente; los cuales son muy altos. El punto de Tacares también presenta poblaciones altas en casi todos los meses, mientras que todos los puntos restantes tienen un aumento notable hasta en el mes de setiembre.

Si se analiza la tabla (Diferencia de poblaciones equivalentes) nótese primero que Tacares muestra el comportamiento para los meses de procesamiento de café donde claramente la población equivalente de DBO es mayor que la de DQO. Para los restantes meses en prácticamente todos los casos en que se tienen ambas mediciones, la población equivalente de DQO es mayor, llegando a diferencias de hasta 1671973. Tacares y Garita siguen siendo los casos más notorios y el mes de setiembre debido a la lluvia es donde se presentan las diferencias más grandes.

Tabla 6.20. Diferencia de Poblaciones Equivalentes ($P_{DQO}-P_{DBO}$).

Fecha	Rosales	Naranja	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
05/02/1997	NR	NR	NR	NR	-28576	-
05/03/1997	NR	NR	NR	NR	NC	NC
09/04/1997	NR	NR	NR	NR	NC	NC
07/05/1997	8189	2839	529	3290	74256	38657
04/06/1997	NR	NR	NR	NR	91608	338256
16/07/1997	8253	4471	324	8968	77618	169015
06/08/1997	-549	8933	3432	-197	40223	128182
03/09/1997	NC	31359	7102	27484	NC	1671974

NC: No calculadas porque la DBO resultó no detectable

NR: No se realizó la prueba de DQO

Fuente: ProDUS.

Sólo en dos de los muestreos realizados mientras no se procesa café la población equivalente de DBO es mayor que la de DQO, pero las diferencias son mínimas (-549.11 y -197.16 en Rosales y San Ramón respectivamente).

6.5.5. Cargas de DBO y DQO.

Las cargas de DBO en kilogramos por día como se muestra en la Tabla 37 (tabla No. 6.21 de carga de DBO) tienen sus valores máximos en el mes de febrero, si consideramos las cargas en los ríos medidos por A y A a finales de enero andan por los mismos rangos. En el Grande varían entre 939.82 y 7783.78 sin tomar en cuenta Garita (pues no se midió), y en el Virilla varían entre 366 y 10176 sin tomar en cuenta el punto de control (V-1) y la medición en el Tárcoles pues son casos extremos. (Ver tablas No. 6.16 y 6.17 de Cuenca 24 y carga de de DBO)

Tabla No. 6.21. Carga de DBO*.

Fecha	Rosales (kg/día)	Naranja (kg/día)	Palmares (kg/día)	San Ramón (kg/día)	Tacares (kg/día)	Garita (kg/día)
05/02/1997	929.82	6801.29	1943.26	4422.80	7783.78	-
05/03/1997	ND	1668.83	783.44	95.02	ND	ND
09/04/1997	ND	ND	ND	ND	ND	ND
07/05/1997	118.56	11.83	52.22	113.42	2323.47	2786.40
04/06/1997	375.23	66.05	36.17	230.99	971.83	2363.90
16/07/1997	176.14	104.39	35.53	254.92	755.57	2301.70
06/08/1997	753.32	105.71	50.65	625.07	1672.88	2467.58
03/09/1997	ND	104.76	38.59	261.03	ND	2062.37

ND: No detectable, * DBOmedida x caudal .

Fuente: ProDUS.

Para los siguientes meses de medición las cargas de DBO en el Grande disminuyen bastante respecto al mes de febrero, pero no hay datos para comparar con el Virilla.

La carga de DQO de 9452 kilogramos por día (Ver tabla No. 6.22 de carga de DQO) de Tacares en el mes de enero (única medición de DQO en ese mes) tiene un valor similar a los valores intermedios medidos por A y A en la cuenca del Virilla, donde oscilan entre 2698 y 44097. Tanto en Tacares como en Garita, las cargas de DQO aumentan en los siguientes meses de medición hasta llegar a un máximo en setiembre de 27097 y 217486 kg./día respectivamente.

Tabla No. 6.22. Carga de DQO.

Fecha	Rosales (kg/día)	Naranjo (kg/día)	Palmares (kg/día)	San Ramón (kg/día)	Tacares (kg/día)	Garita (kg/día)
05/02/1997	NR	NR	NR	NR	9451.73	-*
05/03/1997	NR	NR	NR	NR	12340.08	23500.80
09/04/1997	NR	NR	NR	NR	9972.29	19057.68
07/05/1997	1247.82	383.30	155.69	612.11	13418.03	9640.94
04/06/1997	NR	NR	NR	NR	13362.62	47278.08
16/07/1997	1353.08	748.13	101.27	1577.30	11207.59	25510.46
06/08/1997	1198.47	1321.44	524.63	1027.51	7966.08	20563.20
03/09/1997	1560.23	4190.42	974.06	3957.53	27097.42	217486.08

NR: No realizada, * No fue posible medir.

Fuente: ProDUS.

En los meses de medición de los restantes puntos las cargas no son altas comparando con los datos del Virilla para enero, sin embargo si lo son para los caudales de cada uno de los puntos. (Ver tabla de caudales) Con excepción del punto B-4 del Virilla todos los caudales son mayores de 1250 l/s y en la cuenca para los meses en que se tienen datos oscilan entre 160 y 2000 l/s.

Comparando la carga de DQO del Río Grande (incluyendo Tacares) en febrero (5/2/97) con la carga del Río Tárcoles (27-28-29/1/97 que incluye al primero), 23501 y 254797 kg/l notamos que el aporte del primero es pequeño. Pero este mes no es el más crítico de los medidos, en setiembre el aporte del Río Grande es de 217486 kg/l, casi la carga total del Tárcoles en enero. (Ver tabla de Cuenca 24 y de carga de DQO)

6.5.6. Relación DQO/DBO.

Primero debemos recordar que no están los datos para todos los meses de medición y el problema de la DBO no detectable en abril y otros meses, lo que provoca que se indefina la relación DQO/DBO pues tendería a infinito.

Como se mencionó anteriormente en materia de contaminación, la relación entre DQO y DBO resulta normal para valores entre 1 y 3 unidades, pues la contaminación orgánica es mayoritariamente de tipo biodegradable o natural. Cuando la relación es mayor de 3, la influencia de la contaminación no

biodegradable se hace manifiesta.

Para los primeros tres meses de muestreo, únicamente se tiene el dato de 1.21 para Tacares en febrero que indica que la materia en el río es muy biodegradable.

Observando los datos de la tabla No. 6.23 (relación DQO/DBO), se nota una gran variabilidad en la materia que se encuentra en cada uno de los puntos según sea el mes. En mayo todas las relaciones son altas prácticamente mayores a 3 lo que indica que la materia es poco biodegradable, nótese en Naranjo una relación de 32.4.

Tabla No. 6.23. Relación DQO/DBO.

Fecha	Rosales	Naranjo	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
05/02/1997	NR	NR	NR	NR	1.21	-*
05/03/1997	NR	NR	NR	NR	ND	ND
09/04/1997	NR	NR	NR	NR	ND	ND
07/05/1997	10.53	32.40	2.98	5.40	5.78	3.46
04/06/1997	NR	NR	NR	NR	13.75	20.00
16/07/1997	7.68	7.17	2.85	6.19	14.83	11.08
06/08/1997	1.59	12.50	10.36	1.64	4.76	8.33
03/09/1997	ND	ND	25.24	15.16	ND	105.45

NR: No realizada la prueba de DQO

ND: No detectable la DBO

Fuente: ProDUS.

En abril únicamente se tienen los datos de Tacares y Garita, y en ambos las relaciones son altas (13.75 y 20 respectivamente). Para el mes de junio las relaciones se mantienen altas sin embargo disminuye de 20 a 11.08 en Garita pues la DQO bajó de 24 a 13.3 mg/l mientras la DBO se mantuvo constante (Debe tenerse presente que la dilución ayuda a disminuir a DBO, muchas veces puede confundirse con una recuperación aparente).

En julio, Naranjo y Palmares aumentan aún más la relación sin embargo Rosales y San Ramón tienen unas relaciones de 1.59 y 1.64. Tacares y Garita también disminuyen los valores respecto al mes anterior pero no tanto como los anteriores.

En setiembre debemos tomar en cuenta que llovió durante el día de muestreo, lo que hizo que "se dispararan" las relaciones en todos los puntos. Se obtienen valores de 15.16, 25.24, 40 y 105.45, este último en Garita que es el punto por donde drena toda la cuenca. Esto se explica únicamente por el arrastre de las zonas de cultivo de los restos de agroquímicos (La dilución es un factor que influye en la reducción del grado de contaminación por detergentes), pues estas relaciones muestran presencia de materia muy poco biodegradable.

Debemos recordar que todas las relaciones obtenidas del muestreo de A y A (ver Tabla No. 6.16 Cuenca 24) prácticamente son menores a 3, pero sólo muestran el mes de enero en el que Tacares también presenta relación baja. Sería interesante comparar los valores en los otros meses medidos.

6.5.7. *Nitrógeno Amoniacal.*

Según Tebbutt, el valor típico aceptable de nitrógeno amoniacal aguas abajo de fuentes contaminantes es de 0.5 mg/l. En general las mediciones realizadas en los diferentes puntos no son altas (Ver tabla No. 6.10 de NH₄).

El mes de marzo es el que presenta los valores más altos en los seis puntos de medición, a excepción de Palmares con 2.09 mg/l en setiembre.

Las mediciones en Rosales son muy bajas, están todas muy por debajo del límite propuesto por Tebbutt. En Naranjo, Tacaes y Garita sucede lo mismo pero sobrepasan los 0.5 mg/l en marzo.

Los casos más críticos son San Ramón y Palmares (Ver gráfico No. 6.6 de NA). San Ramón sobrepasa el límite cuatro veces (marzo, abril, mayo y agosto) y en junio está en el borde. Palmares sobrepasa el límite en tres ocasiones (marzo, junio y setiembre), siendo setiembre un valor muy alto comparativamente.

Julio y agosto son los meses con valores más bajos. Los valores obtenidos en la cuenca del Tárcoles en enero varían dentro de un rango de 0.47 a 15 mg/l mientras que en el Grande varían de no detectable a 0.39 mg/l en enero, lo que muestra que los niveles de inseguridad en la calidad del agua son mucho mayores en el Virilla.

Las mediciones tan variables muestran lo reciente o no de las descargas contaminantes al río, se debe recordar que los puntos en Naranjo, Palmares y San Ramón están muy cerca de las fuentes de contaminación. Otro factor que podría explicar los valores tan bajos en Rosales, Tacaes y Garita, es que presentan los caudales más altos (Ver Tabla No. 6.17 de caudales) y se verían favorecidos con la dilución.

6.5.8. *Oxígeno Disuelto.*

Los resultados de las pruebas de Oxígeno Disuelto (Ver tabla No. 6.6 de Oxígeno disuelto) muestran los niveles más bajos en febrero en San Ramón y Palmares y marzo en Palmares únicamente. Estas mediciones coinciden con los valores más altos de DBO, sin embargo Naranjo que en enero presenta una DBO de 116 mg/l tiene una condición de oxígeno disuelto alta (7.29 mg/l). El OD no constituye una variable representativa para afirmar que un río está autodepurado.

En Rosales, Naranjo, Tacaes y Garita, las condiciones de oxígeno disuelto son totalmente aceptables (Son los más caudalosos de los ríos analizados y presentan condiciones de fácil oxigenación). Únicamente en Rosales y Naranjo en febrero y marzo ligeramente se obtienen valores menores a 6 mg/l y si recordamos Tebbutt considera que el límite para la pesca deportiva es de 5 mg/l.

El límite para que no existan peces ordinarios es 2 mg/l (Tebbutt), este sólo se alcanzó en Palmares, que es el punto donde se presentaron los valores más bajos durante las mediciones (El río tiene poco caudal y es bastante tranquilo). Recordemos que cerca de este punto se localiza un beneficio de café y durante el procesado de café que se presentan las condiciones críticas de OD.

Los valores obtenidos por A y A en la cuenca Virilla-Tárcoles para el mes de enero (27-28-29/01/97) (ver tabla No. 6.16 de cuenca 24) varían dentro de un rango de 1.2 a 8 mg/l mientras que el Grande en febrero (5/02/97) varía entre 1.6 y 7.71 mg/l. Lo que nos muestra un comportamiento muy parecido.

Los olores fétidos indican condiciones pobres de oxígeno disuelto, lo que perjudica la degradación eficaz de la materia orgánica por microorganismos aerobios. Si se revisa la tabla de condiciones físicas en el

Anexo III.d se nota que las condiciones de OD bajas en Palmares corresponden con olor a beneficiado de café en la mayor parte del tiempo de medición, luego a olor a materia fecal y a chanchera.

En San Ramón nótese que los valores bajos de OD coinciden con los olores a beneficiado de café y materia fecal, en febrero, agosto y setiembre, mientras en las otras no se detectan olores fuertes.

La misma situación se presenta en algunos casos en Naranjo.

6.5.9. Porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto.

Según Tebbutt, el valor típico de las aguas debajo de fuentes contaminantes es de 75%. Los valores de la Tabla No 6.7 (Resultados de %SOD) muestran que no hay problema en los puntos de muestreo en Tacaes y Garita, pero debemos recordar que valores como 100% de saturación no necesariamente indican que las aguas se están recuperando, sino que hay gradientes y características del río que permiten una alta tasa de aereación.

Rosales muestra valores de porcentaje de saturación menores de 75 de febrero a mayo, sin embargo conforme avanza el invierno sube los valores a más de 75% de junio a setiembre. Naranjo se mantiene prácticamente en el límite durante todo el tiempo de medición a excepción de marzo (55.6%).

Palmares y San Ramón en ninguna de las mediciones alcanzan el 75% de saturación de OD (Ver gráfico de % OD), teniendo las condiciones más críticas en febrero y marzo durante el tiempo de procesamiento de café. Sin embargo es necesario recalcar que siendo ríos pequeños les es más difícil recuperarse, a pesar de que aumentan los porcentajes de saturación al avanzar el invierno (al igual que los otros puntos) nunca logran llegar al valor límite (75%).

6.5.10. Número Más Probable de Coliformes .

Los desechos cloacales de una persona tienen una DBO de 54 g/día, calculando para una población de 200000 personas para la cuenca del Río Grande se tiene una carga de DBO de 10800 kg/día. Calculando una dotación de 250 l/pers*día de agua potable y un coeficiente de retorno de 7.5% que se convierte en agua negra, estaríamos calculando un total de 3750 metros cúbicos por día de agua negra en el río.

La dotación es el valor de agua potable por persona por día (utilizada y perdida) para el diseño. Será mayor entre mayor sea la población, para un área metropolitana se calculan 250 - 300 l/pers*día y para una población pequeña, 150 l/pers*día. En la siguiente tabla se muestran dotaciones para distintas poblaciones.

Tabla No. 6.24. Dotación de agua potable según la población.

Población (número de personas)	Dotación (l/pers*día)
< 5000	150
5000 – 10000	180
10000 – 50000	220
50000 – 250000	250
> 250000	300

Fuente: López, Manuel, 1993.

Las mediciones del número más probable de coliformes (Indicador de contaminación por materia fecal)

realizadas en la cuenca muestran la variación tan grande que puede haber en un sitio y reafirman la necesidad de tener una serie de datos pues uno sólo no representa la situación real de un río (Ver gráfico No. 6.7).

En la siguiente tabla se muestran los máximos y mínimos de cada uno de los puntos:

Tabla No. 6.25. Número más probable (NMP) máximos y mínimos en los puntos de medición.

Sitio de medición	Min. NMP/100ml	Max. NMP/100ml
Rosales	20	160000
Naranjo	<2	7000
Palmares	460	160000
San Ramón	210	920000
Tacares	<2	35000
Garita	13	>160000

Fuente: ProDUS.

A pesar de que el Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales (**Ver anexo II**) especifica que los análisis microbiológicos se practicarán en una muestra compuesta de al menos seis muestras simples distribuidas en el período diario de reuso y en el presente trabajo las mediciones corresponden a una muestra simple tomada a las 5 de la tarde (Recomendación de la Dr. María Laura Arias del Laboratorio de Microbiología de la UCR para fines prácticos del proyecto), los valores nos dan una idea de los máximos y mínimos que están ocurriendo en el río.

Si comparamos el límite de $NMP \leq 100 / 100 \text{ ml}$ para el reuso de aguas residuales tipo 1,3 y 8 con los valores obtenidos, de las 48 mediciones sólo 5 (10%) fueron menores, 4 de ellas en el mes de abril y la quinta en setiembre cuando llovió y favorecía la dilución (Ver tabla No. 6.11 de NMP). Si comparamos el límite de $NMP \leq 1000 / 100 \text{ ml}$ para el reuso de aguas residuales tipo 2, 4, 5 y 6 con los valores obtenidos, 18 (37%) mediciones fueron menores al límite, la mayoría en marzo, abril y setiembre (favorecido por la dilución). Los porcentajes obtenidos son bajos, sin embargo muchos de los valores aceptables se presentan en los meses de verano que es cuando más se utiliza el agua de los ríos para irrigar. Esto podría explicarse con tres aspectos que disminuyen la cantidad de coliformes en esta época: cantidades bajas de oxígeno disuelto, DBO muy altas y la toxicidad de las aguas mieles.

En la tabla de resultados (Ver tabla No. 6.11 de NMP) se observa que en febrero y marzo, las mediciones se mantienen relativamente bajas llegando a un mínimo en abril. A partir de mayo los valores empiezan a aumentar. La situación de setiembre es diferente pues la lluvia durante esa medición ayudó a la dilución.

Según Tebbutt, el valor típico de NMP aguas arriba de fuentes contaminantes es 20/100 ml. y aguas abajo es 20000/ 100 ml. Comparando con nuestros resultados sólo en 4 (8%) ocasiones se obtuvieron condiciones de aguas arriba, destacando setiembre (13/100 ml.) en Garita favorecido por la dilución. El límite aguas abajo se sobrepasa en 7 (15%) mediciones, lo que muestra que según Tebbutt, el río está en la mayoría tiempo en condiciones aceptables.

Los valores obtenidos en la cuenca según la literatura son comparables con los ríos de Djakarta o Nueva Delhi (10^6 coliformes /100ml) por ejemplo los 920000 coliformes/100ml. determinados en San Ramón y también en ciertos casos con niveles entre 100 y 10000 coliformes/100ml que representan los niveles actuales comunes en ciudades en donde se lleva acabo la recolección y tratamiento de aguas residuales desde finales de 1960 (Chapman, **ver anexo I.a**). Pero si comparamos con los valores obtenidos por A y A en la cuenca Tárcoles - Virilla (Ver tabla No. 6.16 Cuenca 24) en el mes de enero, realmente es alarmante que los datos muestren un rango de NMP de 43000 a 46000000/100 ml.

6.5.1. Balance de Masas.

El programa MDSR analiza la cuenca del Río Grande de San Ramón que abarca la parte más densamente poblada de los cantones de Atenas, Grecia, Valverde Vega, Naranjo, Palmares y San Ramón, sin embargo por problemas de accesibilidad no fue posible medir directamente el río en el punto donde drena toda la cuenca sin incluir al río Poás (subcuenca que no fue incluida en el MDSR) por lo tanto tuvo que medirse en dos puntos distintos, Garita y Tacares, para obtener indirectamente la contaminación en el Grande de San Ramón utilizando un balance de masas.

Al avanzar el proyecto se determinó que evaluar únicamente la contaminación en el Río Grande de San Ramón no era recomendable, pues en realidad la cuenca del río Grande que incluye al río Poás recoge todas las aguas de interés que drenan antes de unirse al río Virilla para formar el Grande de Tárcoles. Por ejemplo, el río Poás recoge aguas de procesamiento de los cultivos de la cuenca del Grande de San Ramón, nótese en la tabla 5.9 que esta subcuenca incluye dos ingenios. Por esta razón en los análisis realizados anteriormente se le da importancia al punto de Garita como referencia de toda la cuenca y a Tacares como subcuenca, y hasta ahora se presenta el análisis de balance de masas para analizar el área de estudio del MDSR.

En el mapa #16 se muestran la cuenca de río Grande, subcuenca del río Poás, subcuenca del río Grande de San Ramón (Grande sin el Poás) y la pequeña subcuenca que drena entre los puntos de medición Tacares y Garita.

Tabla No. 6.26. Áreas de las Subcuencas.

Subcuenca o cuenca	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Río Poás	201.16	31.61
Tacares-Garita	9.86	1.55
Río Grande	636.46	100

Fuente: ProDUS.

Para efectos del análisis no se tomará en cuenta el caudal escurrido de la subcuenca Tacares-Garita, pues en Hidrología el margen de error puede ser de un 10%, según el Ing. Rafael Oreamuno. Esta subcuenca tiene un área equivalente a 1.55% del área total analizada (Cuenca del río Grande), la cuál aportaría un caudal que estaría dentro del margen de error y no es necesario considerarla en el análisis.

Para calcular los valores de DBO y DQO en el punto de unión del río Grande con el río Poás, se utilizaron las siguientes ecuaciones, según Chapra:

$$DBO_x = DBO_{inicial} \cdot e^{\frac{-K_R}{Vel.Sed} \cdot x} \quad (1)$$

donde:

$$K_R = K_D + \frac{Vel.Sed.}{H} \quad (2)$$

y

$$K_D = 0.3 \cdot \left(\frac{H}{8}\right)^{-0.434} \quad (3)$$

Vel. Sed.: Velocidad de sedimentación (mg./h)

H: Profundidad promedio del río (m)

x: trayecto entre el sitio de medición y la unión del río Poás con el río Grande.

A partir de la información obtenida se calcularon los valores de DBO en el río Grande de San Ramón haciendo un balance de masas sin considerar el caudal de escorrentía de la subcuenca Tacares-Garita.

$$Q_{Garita} \cdot DBO_{Gar.i} - Q_{Tacares} \cdot DBO_{Tac.x} = Q_{Grande} \cdot DBO_{Grande} \quad (4)$$

Q_{Garita} : Caudal medido en Garita

$Q_{Tacares}$: Caudal medido en Tacares

Q_{Grande} : Caudal de la cuenca del río Grande de San Ramón obtenido a partir de la diferencia de caudales medidos en Garita y Tacares.

$DBO_{Gar.i}$: DBO del río Grande en la unión con el Poás, obtenido a partir de la ecuación 1.

$DBO_{Tac.x}$: DBO del río Poás en la unión con el Grande, obtenido a partir de la ecuación 1.

DBO_{Grande} : DBO del río Grande de San Ramón en la unión con el Grande y el Poás, obtenido a partir de la ecuación 4.

A continuación se presentan las tablas resumen del cálculo del balance de masas:

Tabla No. 6.27. Obtención de los valores de DBO y BQO en la unión del Río Grande de San Ramón y el Río Poás.

Tacares										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudal t (m3/s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)*	Prof. Prom.t (m)**	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)***	DQOxgr (mg/l)***
05/02/1997	14	17	6.44	ND	-	1	0.74	-	14	17
05/03/1997	ND	29	4.93	ND	-	1	0.74	-	-	29
09/04/1997	ND	29	3.98	ND	-	1	0.74	-	-	29
07/05/1997	4.8	27.72	5.6	0.3	0.3	1	0.74	1.04	4.80	27.70
04/06/1997	1.6	22	7.03	6.7	6.7	1	0.74	7.44	1.60	22.00
16/07/1997	1.2	17.8	7.29	6.7	6.7	1	0.74	7.44	1.20	17.80
06/08/1997	2.1	10	9.22	ND	-	1	0.74	-	2.1	10
03/09/1997	ND	53	5.92	ND	-	1	0.74	-	-	53
Garita										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m3/s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)*	Prof. Prom.g (m)**	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)***	DQOigr (mg/l)***
05/02/1997	-	-	-	-	-	1	0.74	-	-	-
05/03/1997	ND	17	16	ND	-	1	0.74	-	-	17
09/04/1997	ND	17	12.98	ND	-	1	0.74	-	-	17
07/05/1997	2	6.92	16.13	0.1	0.1	1	0.74	0.84	2.09	7.22
04/06/1997	1.2	24	22.8	2.2	2.2	1	0.74	2.94	1.21	24.16
16/07/1997	1.2	13.3	22.2	2.2	2.2	1	0.74	2.94	1.21	13.39
06/08/1997	1.2	10	23.8	ND	-	1	0.74	-	1.2	10
03/09/1997	1.1	116	21.7	ND	-	1	0.74	-	1.1	116

-: No hay datos

ND: No detectable

g: Punto de muestreo Garita (Río Grande)

t: Punto de muestreo Tacares (Río Poás)

gr: Río Grande de San Ramón (Unión del Río Grande de San Ramón con el Poás)

* La prueba para determinar los sólidos sedimentables fue realizada con el Cono Inhoff en una hora y un litro.

** Los datos de caudales de ambas estaciones fueron obtenidos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) a partir de las lecturas del grupo ProDUS, sin embargo no fue posible obtener la profundidad promedio de los ríos. Ante esta situación se hizo un análisis de sensibilidad (**Ver Anexo III.e**) utilizando profundidades aproximadas según nuestras observaciones de campo (0.5, 0.8, 1, 1.3 y 1.8 m) y se determinó que los datos no cambiaban mucho al variar la profundidad. Finalmente se determinó utilizar 1 metro en ambas estaciones.

*** En los meses en que no fueron detectables los sólidos sedimentables, se decidió utilizar los valores medidos en los puntos de medición en la unión del Río Grande de San Ramón y el Río Poás.

Fuente: ProDUS.

Tabla No. 6.28. Valores de DBO del Grande de San Ramón obtenidos en el balance de masas y comparado con los valores obtenidos en los puntos de muestreo (Tacares y Garita).

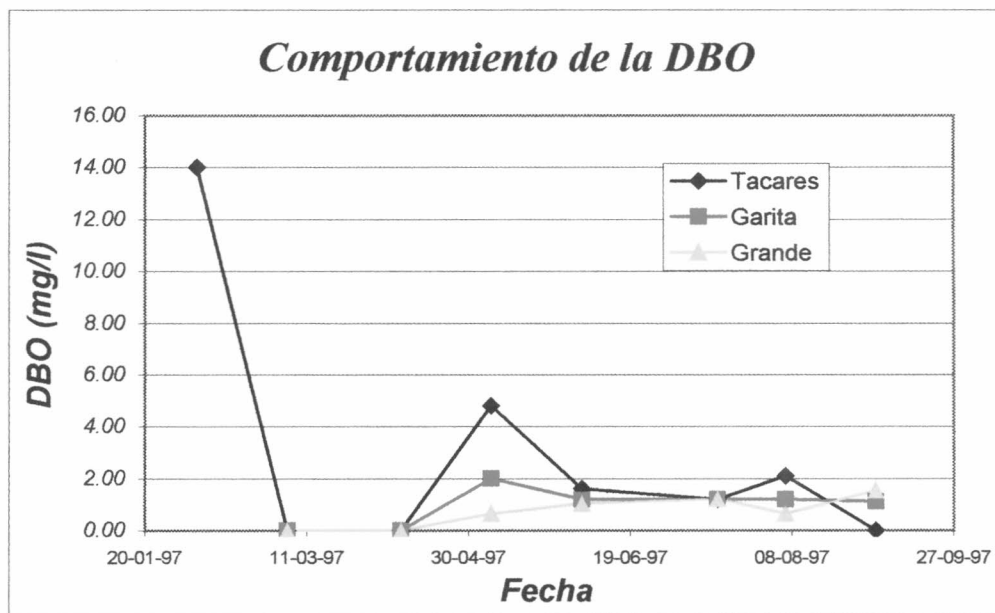
Fecha	DBO _{xgr} (mg/l)	DBO _{igr} (mg/l)	Caudal _g (m ³ /s)	Caudal _t (m ³ /s)	Caudal _{gr} (m ³ /s)	DBO _{gr} (mg/l)	DBO _t (mg/l)	DBO _g (mg/l)
05/02/1997	-	-	-	6.44	-	-	14	-
05/03/1997	ND	ND	16	4.93	11.07	-	ND	ND
09/04/1997	ND	ND	12.98	3.98	9	-	ND	ND
07/05/1997	4.80	2.09	16.13	5.6	10.53	0.65	4.8	2
04/06/1997	1.60	1.21	22.8	7.03	15.77	1.03	1.6	1.2
16/07/1997	1.20	1.21	22.2	7.29	14.91	1.21	1.2	1.2
06/08/1997	2.1	1.2	23.8	9.22	14.58	0.63	2.1	1.2
03/09/1997	ND	1.1	21.7	5.92	15.78	-	ND	1.1

Fuente: ProDUS.

g: Punto de muestreo Garita (Río Grande)

t: Punto de muestreo Tacares (Río Poás)

gr: Río Grande de San Ramón (Unión del Río Grande de San Ramón con el Poás)



Nótese que hay valores donde no hay datos o no fue detectable (Ver tabla 6.28)

Figura No. 6.8. Comportamiento de la D.B.O.

Tabla No. 6.29. Valores de DQO obtenidos del balance de masas y comparado con los valores obtenidos en los puntos de muestreo.

Fecha	DQO _{xgr} (mg/l)	DQO _{igr} (mg/l)	Caudal _g (m ³ /s)	Caudal _t (m ³ /s)	Caudal _{gr} (m ³ /s)	DQO _{gr} (mg/l)	DQO _t (mg/l)	DQO _g (mg/l)
05/02/1997	-	-	-	6.44	-	-	17	-
05/03/1997	29	17	16	4.93	11.07	11.66	29	17
09/04/1997	29	17	12.98	3.98	9	11.69	29	17
07/05/1997	27.70	7.22	16.13	5.6	10.53	-3.67*	27.72	6.92
04/06/1997	22.00	24.16	22.8	7.03	15.77	25.13	22	24
16/07/1997	17.80	13.39	22.2	7.29	14.91	11.24	17.8	13.3
06/08/1997	10	10	23.8	9.22	14.58	10.00	10	10
03/09/1997	53	116	21.7	5.92	15.78	139.63	53	116

* El valor de DQO obtenido para el 7 de mayo de 1997 no puede ser negativo y es dudoso por la disminución abrupta respecto a las mediciones en esa época sin ningún evento que lo justifique. Hay factores que pueden dar una explicación: condiciones de incertidumbre en los datos de DQO para esa medición (+/- 0.06), algún error en el laboratorio, un error al tomar la muestra, el no considerar el caudal de escurrimiento en la subcuenca Tacares-Garita y la probabilidad de error en el caudal obtenido (al leer la escala o al obtener los caudales de las curvas limnigráficas). Para no desechar el dato, se utilizó la información disponible. Asumiendo los errores de incertidumbre en los datos de DQO y variando los caudales en un 15% se hizo un análisis de los posibles valores que podrían darse (Ver anexo III.e). Al final, aumentando el caudal de Garita en un 15% y disminuyendo el caudal de Tacares en el mismo porcentaje, y manteniendo los valores de DQO medidos se obtuvo un valor de 0.15 mg/l. Para efectos de análisis se utilizará este valor.

g: Punto de muestreo Garita (Río Grande)

t: Punto de muestreo Tacares (Río Poás)

gr: Río Grande de San Ramón (Unión del Río Grande de San Ramón con el Poás)

Fuente: ProDUS.

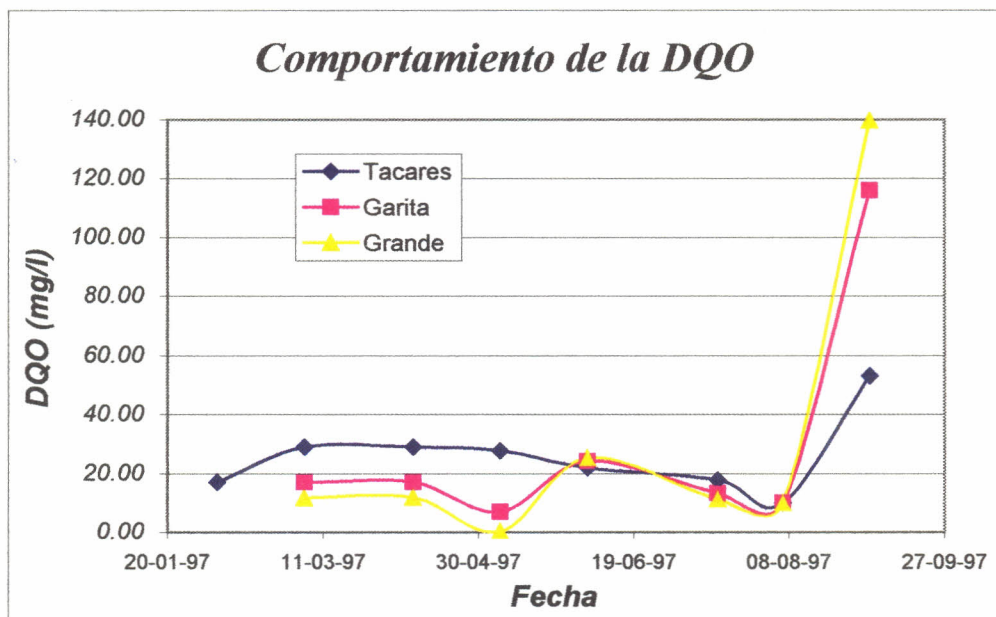


Figura No. 6.9. Comportamiento de la DQO.

Nótese que hay valores donde no hay datos o no fue detectable (Ver tabla 6.29)

Los valores de DBO para la Cuenca del Río Grande de San Ramón son menores que los valores obtenidos en Garita y Tacares en tres de los cuatro datos obtenidos, sin embargo están en el mismo rango que es considerado bajo pues se ven favorecidos por la dilución (Ver Tabla 6.28 y gráfico 3). La DQO es también en la mayoría de los casos menor que en los puntos de medición, sin embargo no son valores bajos ni constantes, nótese el valor obtenido en la medición de setiembre, día en que llovió. En los gráficos se observa que los tres puntos tienen un comportamiento muy parecido (figuras No. 6.8 y 6.9).

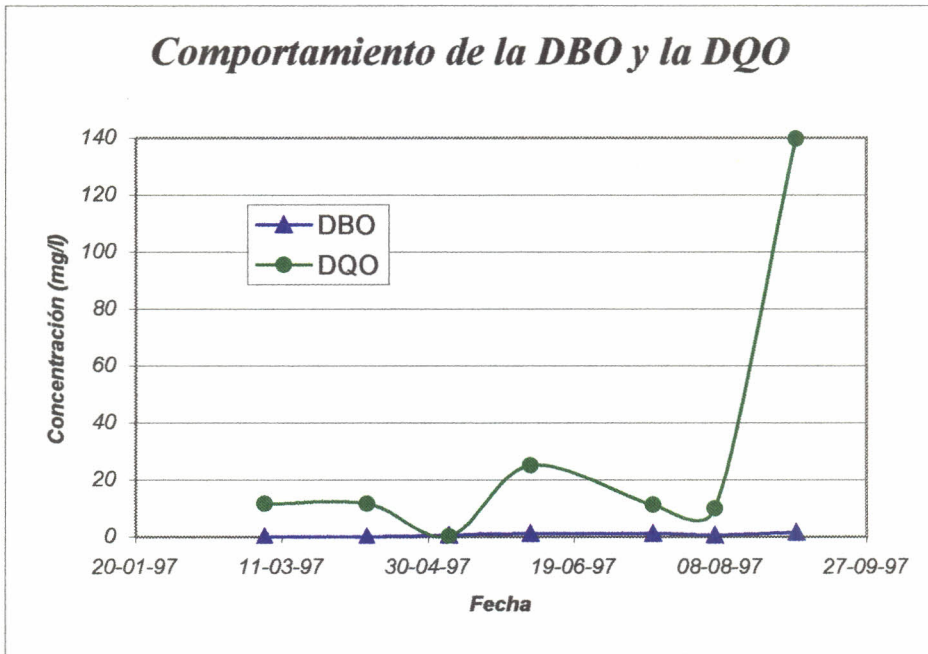


Figura No. 6.9. Comportamiento de la DBO y la DQO en el Río Grande de San Ramón .

Nótese que hay valores donde no hay datos o no fue detectable (Ver tablas 6.28 y 6.29)

Tabla 6.30. Cargas de DBO y DQO en el Río Grande de San Ramón.

Fecha	Caudalgr (m3/s)	DBO (kg/d)	DQO (kg/d)
05/02/1997	-		
05/03/1997	11.07	0.00	11148.19
09/04/1997	9.00	0.00	9092.74
07/05/1997	10.53	587.76	136.47
04/06/1997	15.77	1408.37	34240.09
16/07/1997	14.91	1561.70	14475.05
06/08/1997	14.58	794.71	12597.12
03/09/1997	15.78	2062.37	190377.22

Fuente: ProDUS.

Tabla No. 6.31. Cálculo de Poblaciones Equivalentes de DBO .

Fecha	DBOgr (mg/l)	Caudalgr (m3/s)	Pob. Equiv. DBO
05/02/1997	-	-	-
05/03/1997	ND	11.07	-
09/04/1997	ND	9	-
07/05/1997	0.65	10.53	7734
04/06/1997	1.03	15.77	18531
16/07/1997	1.21	14.91	20549
06/08/1997	0.63	14.58	10457
03/09/1997	1.51	15.78	27136

Fuente: ProDUS.

Tabla No. 6.32. Cálculo de Poblaciones Equivalentes de DQO.

Fecha	DQOgr (mg/l)	Caudalgr (m3/s)	Pob. Equiv. DQO
05/02/1997	-	-	-
05/03/1997	11.66	11.07	87095
09/04/1997	11.69	9	71037
07/05/1997	0.15*	10.53	1066
04/06/1997	25.13	15.77	267501
16/07/1997	11.24	14.91	113086
06/08/1997	10.00	14.58	98415
03/09/1997	139.63	15.78	1487322

* Utilizando el valor corregido de DQO para el análisis.

Fuente: ProDUS.

Las poblaciones equivalentes de DBO son realmente bajas para el Grande de San Ramón, recordemos que las mediciones en donde se dan los valores más altos son durante el procesamiento de café y no se tienen valores para esa época (Nótese en la tabla 6.33 como siempre predomina la población equivalente de DQO para los datos existentes a excepción de mayo). Los valores de las poblaciones equivalentes de DQO son parecidos a los obtenidos en la subcuenca del Río Poás (Tacaes) (Ver tabla 6.19) sin embargo las obtenidas en junio y especialmente en setiembre son muy altas, comportamiento parecido a Garita.

Tabla 6.33. Diferencia de poblaciones equivalentes (Río Grande de San Ramón).

Fecha	Pob. Equiv. DQO	Pob. Equiv. DBO	Diferencia
05/02/1997	-	-	-
05/03/1997	87095	-	-
09/04/1997	71037	-	-
07/05/1997	1066	7734	-6667
04/06/1997	267501	18531	248969
16/07/1997	113086	20549	92538
06/08/1997	98415	10457	87958
03/09/1997	1487322	27136	1460186

Fuente: ProDUS.

Tabla 6.34. Relación de DQO/DBO (Río Grande de San Ramón).

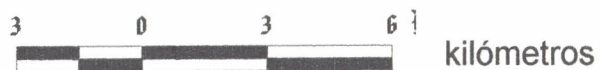
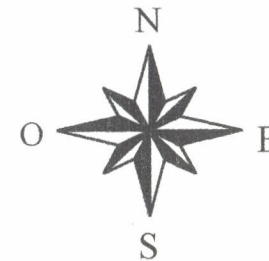
Fecha	DQOgr (mg/l)	DBOgr (mg/l)	DQO/DBO
05/02/1997	-	-	-
05/03/1997	11.66	ND	-
09/04/1997	11.69	ND	-
07/05/1997	0.15	0.65	0.23
04/06/1997	25.13	1.03	24.31
16/07/1997	11.24	1.21	9.27
06/08/1997	10.00	0.63	15.85
03/09/1997	139.63	1.51	92.31

Fuente: ProDUS.

De los cinco datos obtenidos de la relación DQO/DBO, sólo en mayo es menor que 3 y por lo tanto la materia en el río es muy biodegradable. En los otros casos la materia es muy poco biodegradable y se alcanzan valores muy parecidos a los obtenidos en Garita (Ver tabla 6.23).

A partir de los datos obtenidos del balance de masas se confirma que la Cuenca del Río Grande de San Ramón se comporta de manera similar a la del Río Grande, sin embargo los valores son menores pues no se incluye la subcuenca del Río Poás. A pesar de no tener suficientes datos de los meses de procesamiento de café en donde rige la DBO como se comprobó en las subcuencas pequeñas, si fue posible verificar que la DQO es bastante alta en algunos casos y que rige la contaminación en la otra época del año.

Mapa #16
Cuenca del Río Grande de San Ramón
Subcuencas de trabajo



7. Conclusiones.

Se pueden diferenciar **claramente dos fases en la contaminación de los ríos** de la región a partir del procesamiento o no del café, demostrado con el comportamiento de la DBO y el índice de calidad de aguas. Cambios inmediatos en los ríos se dan por descargas aleatorias de aguas residuales (cloacales, industriales, comerciales o institucionales) y por lluvias.

El período de **procesamiento de café** inicia en noviembre y finaliza en marzo aproximadamente. Los valores más altos de DBO (para el período de medición) se dieron en febrero y marzo, cuando ya finalizaba el procesamiento, sería conveniente medir en los meses restantes del período de cosecha pues los niveles de contaminación en los ríos seguramente serían mayores.

No se puede ignorar la **importancia del café en la región**, el 50% del terreno es utilizado en plantaciones de café y hay 19 beneficios. Controlar la contaminación generada por esa actividad disminuiría la contaminación en los ríos especialmente de noviembre a marzo. Es importante citar el esfuerzo que han realizado los beneficiadores de la cuenca, de hecho los niveles de contaminación en los años anteriores seguramente eran mayores. Se está transformando la broza en compost y se han instalado plantas de tratamiento en casi la totalidad de los beneficios llegando a grandes inversiones de dinero, aunque los resultados no llegan todavía a los objetivos.

Las mediciones fueron realizadas por primera vez, **no hay parámetros comparativos** para determinar si el grado de contaminación en los ríos ha disminuido desde que el Ministerio de Salud exige tratamiento a las aguas residuales de las industrias.

Es necesario tratar **las aguas cloacales** de las ciudades de la región, el nivel máximo alcanzado en las mediciones de 9.2×10^5 coliformes por cada 100 ml es preocupante al utilizarse el agua para riego sin las precauciones correspondientes y plantea la necesidad de investigar sobre los terrenos y productos que se irrigan en la cuenca.

Deben realizarse más pruebas en los ríos de la zona para determinar específicamente si los **valores tan altos de DQO**, se deben a plaguicidas, detergentes o industrias. Analizando el tipo de industrias de la zona y teniendo presente que las descargas de detergente en el río son continuas durante el año, la balanza se inclina hacia los agroquímicos pues los niveles alcanzados en setiembre son muy altos y coinciden con lluvias intensas.

Las **fuentes de contaminación no puntuales** son difíciles de controlar y tratar. En áreas agrícolas, las medidas que se deben tomar incluyen disminuir y mejorar los métodos de aplicación de agroquímicos, el manejo de la capa superficial del suelo, construcción de terrazas y desvío de escorrentías, y el empleo de coberturas vegetales para controlar la erosión.

Según la investigación, el mayor **uso de agroquímicos** se da en el cultivo de las hortalizas y el menor en la caña; aunque en el café se utilizan cantidades intermedias es muy importante en la región por lo extenso de las plantaciones.

Los **detergentes** no biodegradables (ramificados) siguen siendo los más utilizados en el país, son los que se degradan más lentamente y además constituyen un problema en el tratamiento de aguas (**Ver anexo I.c**), por lo que deben considerarse en el diseño de la plantas que se van a construir en la región.

El **Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales** basado en gran parte en el artículo 132 de la Ley de Vida Silvestre ha sido un gran paso del Gobierno de Costa Rica para el control de las industrias y los cuidados en el uso de las aguas de los ríos; ahora es necesario que se haga cumplir.

El **Ministerio de Salud** tiene una capacidad limitada para inspeccionar todas las industrias, normalmente funciona a partir de quejas. Por lo tanto, es sumamente importante la concientización de la problemática en los dueños de las industrias y la educación de la sociedad en general.

Es claro que **los casos más críticos** determinados en este estudio son las cuencas más pequeñas y las que tienen los caudales más bajos pues los otros se ven favorecidos por la dilución. Sin una ciudad con grandes industrias y comercios, la subcuenca Palmares alcanza altos niveles de contaminación, únicamente con beneficios y plantaciones de café. La subcuenca Naranjo alcanza niveles de contaminación más bajos que la de San Ramón, pues es más pequeña y sólo recoge parte de las aguas residuales de la ciudad de Naranjo; San Ramón es una ciudad mucho más grande y su situación en varios meses es más crítica.

No se deben confundir los datos obtenidos durante las mediciones en las cuencas más grandes con condiciones de contaminación bajas, la dilución es alta y las condiciones del río permiten porcentajes de saturación de oxígeno disuelto altas. Hay contaminación en los ríos de la región y como ejemplo están las subcuencas pequeñas.

La variabilidad de los datos es alta. Lo que confirma la necesidad de tener una serie de datos y no sacar conclusiones de una medición al azar, son frecuentes las descargas que hacen variar las mediciones. Debe destacarse que las mediciones muestran la condición del río durante el día, sería importante determinar la variación con las descargas nocturnas. Además el presente trabajo es una primera aproximación a la realidad de la cuenca, deben hacerse mediciones durante un lapso mayor.

A partir de los datos obtenidos del **balance de masas** se confirma que la Cuenca del Río Grande de San Ramón se comporta de manera similar a la del Río Grande, sin embargo los valores son menores pues no se incluye la subcuenca del Río Poás.

La cuenca del Río Grande aún no ha llegado al grado de contaminación de la cuenca del río Virilla si comparamos con el estudio de enero de 1997 del Laboratorio de Acueductos y Alcantarillados.

8. Bibliografía.

Acueductos y Alcantarillados (A y A). Resumen sobre la contaminación actual, Cuenca 24-Virilla-Tárcoles. Informe de Laboratorio, Cartago, 1997.

ALONSO, Miguel. Sistema de Ordenamiento Ambiental de la Gran Área Metropolitana (SOAGAM): Normas de contaminación del agua. PROGAM, San José, 1996.

BARNES, Harry. Roughness Characteristics of Natural Channels. U.S. Geological Survey, Washington, 1977.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Boletín de Tolerancias de Residuos de Plaguicidas. Turrialba, Costa Rica.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Guía para el Manejo Integrado de Plagas del Cultivo de Chile Dulce. Proyecto Manejo de Plagas, Turrialba, Costa Rica, 1993.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Guía para el Manejo Integrado de Plagas del Cultivo de Tomate. Proyecto Manejo de Plagas, Turrialba, Costa Rica, 1993.

CORBITT, Robert. Standard Handbook of Environmental Engineering. MacGraw-Hill. Nueva York, 1989.

CORTÉS, G. Florida Institute. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Editorial UNED. Florida/Costa Rica, 1994.

CHACÓN, Bernardo y SEQUEIRA, Marco. Comportamiento de la carga orgánica en la Cuenca 24: Virilla-Tárcoles, Costa Rica. Tecnología en marcha, Vol. 7, No. 3, 1984.

CHAPMAN, Deborah. Water Quality Assessments (A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring). Chapman and Hall, London, 1992.

CHAPRA, Steven. Surface Water Quality Modeling. McGraw Hill. Nueva York, 1997.

CHAVARRÍA, Silvia et al. Informe Final: Problema de Impacto Ambiental Ocasionados por los Talleres de Cambio de Aceite y Gasolineras, Seminario de Realidad Nacional I, San Ramón, 1997.

FAIR, Gordon y otros. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Editorial Limusa. México D.F., 1994.

GARRO AGUILAR, Minor. Contenido y Contaminación de Detergentes Aniónicos en Aguas Superficiales del Área Metropolitana. Proyecto de Graduación. Escuela de Química, UCR. 1982.

GOBIERNO DE COSTA RICA, La Gaceta. Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. Jueves 19 de junio de 1997.

GÓMEZ, Rocío et al. Eutroficación del Río Grande de Tárcoles. Tecnología en marcha, Vol. 7, No. 7, 1984.

Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México. Estudio del Impacto de los Detergentes en el Recurso Hidráulico. Tercera Etapa. Subsecretaría de Planeación. México, 1974.

LINSLEY, Ray et al. Hidrología para Ingenieros, California, 1968.

LÓPEZ, Manuel. Contaminación de los ríos en el Area Metropolitana: Río Ocloro.

MASON, C.F. Biología de la contaminación del agua dulce. ALHAMBRA, Madrid, 1984.

Ministerio de Economía Industria y Comercio, Dirección General de Estadística y Censos, Sección de Estadísticas Vitales. Proyección de Población para julio 1996. Abril, 1997.

OBANDO FONSECA, Eduardo. Modificaciones al Proceso de Producción de Detergentes en Polvo por Medio de una Torre de Secado. Proyecto de Graduación. Escuela de Química, UCR. 1983.

ORTIZ, Edgar. Microbiología de Aguas. Universidad de Costa Rica, San José, 1977.

PALANGE, Ralph y ZAVALA, Alfonso. Control de la contaminación del agua (Guías para la planificación y financiamiento de proyectos). Banco Mundial, Washington, D.C., 1987.

PRADO CARVAJAL, Alcides. Los Detergentes Sintéticos y su Efecto Polucionante en el Agua. Proyecto de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil, UCR. 1971.

PROGAM. Sistema de Ordenamiento Ambiental de la Gran Área Metropolitana (SOAGAM), Normas de Contaminación del Agua, Informe final. Mayo, 1996.

RODRIGUEZ, Alexis et al. Aplicación de un índice de calidad simplificado a las aguas de los ríos Virilla y Grande de Tárcoles, Costa Rica. Ing. Cienc. Quim. Vol. 10, Nos 1-2, 1986.

SANABRIA UGALDE, Mario. Situación de la Industria de los Detergentes en Costa Rica. Proyecto de Graduación. Escuela de Química, UCR. 1983.

SEQUEIRA, Marco y CHACÓN, Bernardo. Contaminación de las aguas superficiales de la cuenca 24: Grande de Tárcoles. Tecnología en marcha, Vol. 7, No. 2, 1984.

TEBBUTT, T.H.Y. Fundamentos de control de la Calidad del Agua. LIMUSA, México, 1990.

UNESCO, WHO y UNEP. Water Quality Assessments. Chapman y Hall. Gran Bretaña, 1992.

VEN TE CHOW. Hidrología Aplicada. Mc Graw-Hill, Colombia, 1994.

Datos de Caudal obtenidos de las curvas de descarga y suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), a partir de los niveles leídos por el personal de ProDUS.

Entrevistas:

Arias, Ana Lorena. Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, 1997.

Arias, María Laura. Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Costa Rica, 1997.

Borbón, Ólger. Centro de Investigación del Café (CICAFE), 1997.

Campos, Irene. Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, 1997.

Carazo, Elizabeth. Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), 1997.

Cháves, Marcos. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 1997.

Loría, Carlos Luis. Estación Experimental Fabio Baudrit, 1997

Moreira, Marcos. Estación Experimental Fabio Baudrit, 1997.

Obando, Eduardo. Unidad de Servicio a la Industria, Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica, 1997.

Oreamuno, Rafael. Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, 1997.

Rodríguez, Alexis. Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA), 1997.

Curso:

López, Manuel. Curso "Ambiental II" de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, 1993.

Índice de tablas

Tabla No.	Contenido	Página
3.1	Composición de los lixiviados de un relleno sanitario	10
4.1	Análisis de población en la Cuenca del Río Grande de San Ramón	18
5.1	Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca San Ramón	20
5.2	Porcentajes de área en la subcuenca San Ramón según tipo de uso del suelo	20
5.3	Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca Naranjo	23
5.4	Porcentajes de área en la subcuenca Naranjo según tipo de uso del suelo	23
5.5	Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca Palmares	26
5.6	Porcentajes de área en la subcuenca Palmares según tipo de uso del suelo	26
5.7	Posibles grandes fuentes de contaminación en la subcuenca Rosales según tipo de uso del suelo	29
5.8	Porcentajes de área en la subcuenca Rosales según tipo de uso del suelo	29
5.9	Algunos posibles fuentes de contaminación en la subcuenca Tacares (Río Poás)	32
5.10	Porcentajes de área en la subcuenca Tacares (Río Poás) según tipo de uso del suelo	32
5.11	Posibles grandes fuentes de contaminación en la cuenca del Río Grande (Contabilizando sólo algunas fuentes en la cuenca del Río Poás)	35
5.12	Porcentajes de área en la cuenca del Río Grande según tipo de uso del suelo	35
5.13	Producción anual en toneladas de los Principales Productos Hortofrutícolas de los seis cantones dentro de la cuenca	38
5.14	Industrias con patente en el cantón de San Ramón	39
5.15	Industrias con patente en el cantón de Palmares	40
5.16	Industrias con patente en el cantón de Grecia	40
6.1	DBO promedio de ciertas aguas residuales	44
6.2	Relación DQO/DBO	44
6.3	Valores típicos de OD en un efluente	45
6.4	Características típicas de diferentes fuentes de agua respecto a puntos contaminantes	46
6.5	Fechas correspondientes al aforo de cada uno de los Ríos	55
6.6	Cantidades de OD en los puntos de medición	59
6.7	Porcentajes de Saturación de Oxígeno Disuelto	59
6.8	Cantidades de DBO en los puntos de medición	60
6.9	Cantidades de DQO en los puntos de medición	61
6.10	Cantidades de nitrógeno amoniacal en los puntos de medición	62
6.11	Cantidades de NMP en los puntos de medición	63
6.12	Sistema de valoración de la calidad del agua	65
6.13	Nivel de Calidad Orgánica del Agua	65
6.14	Resultados del Índice de Calidad	66
6.15	Resultado del ICA mensual en cada uno de los puntos muestreados	67
6.16	Primer Monitoreo sobre el Estado Actual de la Contaminación en la Cuenca 24: Virilla-Tárcoles. Periodo de estudio: 27-28-29/01/97	68
6.17	Caudales promedio	70
6.18	Poblaciones Equivalentes con base en la DBO	72
6.19	Poblaciones Equivalentes con base en la DQO	72
6.20	Diferencia de Poblaciones Equivalentes ($P_{DQO}-P_{DBO}$)	73
6.21	Carga de DBO	73
6.22	Carga de DQO	74
6.23	Relación DQO/DBO	75
6.24	Dotación de agua potable según la población	77

Tabla No.	Contenido	Página
6.25	Número más probable (NMP) máximos y mínimos en los puntos de medición	78
6.26	Áreas de las Subcuencas	79
6.27	Obtención de los valores de DBO y BQO en la unión del Río Grande de San Ramón y el Río Poás	80
6.28	Valores de DBO del Grande de San Ramón obtenidos en el balance de masas y comparado con los valores obtenidos en los puntos de muestreo (Tacares y Garita	81
6.29	Valores de DQO obtenidos del balance de masas y comparado con los valores obtenidos en los puntos de muestreo	82
6.30	Cargas de DBO y DQO en el Río Grande de San Ramón	84
6.31	Cálculo de Poblaciones Equivalentes de DBO	85
6.32	Cálculo de Poblaciones Equivalentes de DQO	85
6.33	Diferencia de poblaciones equivalentes (Río Grande de San Ramón)	86
6.34	Relación de DQO/DBO (Río Grande de San Ramón)	86

Indice de mapas

Mapa No.	Contenido	Página
1	Dstritos y Ciudades dentro de la Cuenca del Río Grande	17
2	Ubicación de los Puntos de Medición	20
3	Ubicación de las posibles fuentes de contaminación en la subcuenca de San Ramón	21
4	Uso del suelo en la subcuenca de San Ramón	22
5	Ubicación de las posibles fuentes de contaminación en la subcuenca de Naranjo	24
6	Uso del suelo en la subcuenca de Naranjo	25
7	Ubicación de las posibles fuentes de contaminación en la subcuenca de Palmares	27
8	Uso del suelo en la subcuenca de Palmares	28
9	Ubicación de las posibles fuentes de contaminación en la subcuenca de Rosales	30
10	Uso del suelo en la subcuenca de Rosales	31
11	Ubicación de las posibles fuentes de contaminación en la subcuenca de Tacaes (Río Poás)	33
12	Uso del suelo en la subcuenca de Tacaes (Río Poás)	34
13	Ubicación de las posibles fuentes de contaminación en la cuenca del Río Grande (Incluye Río Poás)	36
14	Uso del suelo en la cuenca del Río Grande (Incluye Río Poás)	37
15	Ubicación de los puntos de monitoreo en la cuenca 24: Virilla - Tárcoles	69
16	Subcuencas de trabajo en la cuenca del Río Grande de San Ramón	87

Índice de figuras

Figura No.	Contenido	Página
2.1	Impacto a largo plazo y control de la contaminación del agua	3
6.1	Variaciones típicas de flujo y de concentración de un alcantarilla durante clima seco	49
6.2	Cálculo del caudal utilizando la información de un aforo	55
	Sección Transversal del Cauce, Quebrada Grande (Palmares)	56
	Sección Transversal del Cauce, Río Grande (San Ramón)	56
	Sección Transversal del Cauce, Río Rosales	57
	Sección Transversal del Cauce, Quebrada San Lucas (Naranjo)	57
	Figuras de correntómetros	58
6.3	Comportamiento del Oxígeno Disuelto	60
6.4	Comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	61
6.5	Comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno	62
6.6	Comportamiento del Nitrógeno Amoniacal	63
6.7	Comportamiento del Número más Probable de Coliformes Fecales	64
6.8	Comportamiento de la D.B.O.	82
6.9	Comportamiento de la D.Q.O.	83
6.10	Comportamiento de la DBO y la DQO en el Río Grande de San Ramón	84

Indice de fotografías

Fotografía No.	Contenido	Página
5.1	Punto de muestreo en San Ramón	20
5.2	Punto de medición. (Medición de Oxígeno Disuelto)	23
5.3	200 m. antes del punto de muestreo en Naranjo	23
5.4	Punto de muestreo en Palmares	26
5.5 y 5.6	Punto de muestreo en Rosales	29
5.7	Punto de muestreo en Tacares	32
5.8	Punto de muestreo en Garita	35
6.1	Aforo en el punto de muestreo de San Ramón	52
6.2	Aforo en el punto de muestreo de Naranjo	54

Pruebas y variables que deben ser incluidas en un análisis general de aguas residuales en casos tales como: escorrentía urbana, actividades de la agricultura, disposición final de desechos sólidos municipales y peligrosos, fuentes atmosféricas, efluentes industriales y emisiones. Esta información es importante, pues son los tipos de aguas residuales que están contaminando los ríos de la cuenca del Río Grande de San Ramón. La lista fue tomada del libro "Evaluación de la Calidad de Agua", de Deborah Chapman.

Anexo I.a

Análisis de Aguas Residuales

Examen de Aguas Residuales.

Las pruebas incluidas en el análisis de aguas cloacales o crudas, efluentes de planta de tratamiento y aguas contaminadas, están dentro de alguna de las siguientes categorías que se superponen en mayor o menor grado.

- 1) Pruebas que miden o reflejan la concentración de las aguas cloacales: a) pruebas para materia sólida en sus varios estados; de aquí la ofensividad de las aguas cloacales al sentido de la vista -sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables, grasas, y en el caso de los efluentes de plantas, turbidez; b) pruebas para materia orgánica, y en vista de la putrescibilidad de la materia orgánica, para ofensividad potencial de las aguas residuales al sentido del olfato - componentes volátiles de los sólidos totales en suspensión, disueltos y sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfuros, nitrógeno orgánico, olor, surfactantes y grasas. En conjunto, estas pruebas miden o reflejan la concentración de las aguas cloacales en relación con los sólidos y materia orgánica.
- 2) Pruebas que miden la composición de las aguas cloacales con respecto a las sustancias o tipo de sustancias específicas, además de las incluidas en el párrafo anterior: a) pruebas para las diversas formas de nitrógeno amoniacal, orgánico, nitritos y nitratos; b) pruebas para fosfatos y otras sustancias fertilizantes; c) pruebas de oxígeno disuelto, cloruros, sulfuros, acidez y alcalinidad; d) pruebas de radiactividad y sustancias radiactivas, y e) bioensayos para residuos tóxicos agudos.
- 3) Pruebas que miden la condición de las aguas cloacales y que explican el progreso de la descomposición de las sustancias orgánicas en las aguas residuales, efluentes y aguas receptoras: a) pruebas físicas, químicas y bioquímicas, OD, DBO (incluyendo estabilidad relativa) DQO, sulfuros, olor, nitrógeno en sus diversas formas, valor de pH, y temperatura; y b) pruebas biológicas -crecimiento de indicadores microscópicos y macroscópicos de contaminación y bacterias (incluyendo organismos coliformes).
- 4) Pruebas referentes a los procesos de tratamiento: a) más comúnmente pruebas para la remoción de sólidos en suspensión y sedimentables, y para DBO y DQO, y otras pruebas como las del nitrógeno en sus diversas formas; b) en conexión con la desinfección, y más significativamente, pruebas para demanda de cloro, valor de pH, y cloro activo, así como pruebas bacteriológicas, y c) para los efluentes, y de mayor utilidad, pruebas para sólidos en suspensión, OD, DBO y DQO y, posiblemente, en lugar de DBO, la estabilidad relativa.
- 5) Pruebas funcionales, entre ellas, por ejemplo, a) pruebas para demanda de cloro; b) pruebas para DBO, que es, en sí, misma, una prueba funcional que predice los requerimientos de oxígeno de los efluentes y la degradabilidad de sustancias específicas como detergentes sintéticos, especialmente cuando se emplean muestras del agua receptora para hacer las diluciones necesarias; c) pruebas para la velocidad de la demanda de oxígeno de las aguas cloacales, crudas o clarificadas, es decir, a continuación del tratamiento primario; d) pruebas para la coagulación óptima y e) pruebas de adsorción o desalinización por intercambio iónico en renovación de aguas.

Selección de Variables en Relación a las Fuentes de Contaminación.

Para determinar la calidad del agua frecuentemente se examinan los efectos de actividades específicas en el agua. La determinación es llevada a cabo en relación a las descargas de efluentes, erosión, escorrentía o contaminaciones accidentales. La selección de variables de acuerdo al conocimiento de las fuentes de contaminación y los impactos esperados en el cuerpo de agua receptor. Es conveniente saber la calidad del agua antes de las descargas antropogénicas. Esto puede obtenerse, por ejemplo, monitoreando "aguas arriba" en el río o antes de la construcción de un sitio de disposición de desechos sólidos. Cuando esto no puede hacerse, puede tomarse agua de una fuente adyacente sin contaminar.

Aguas Cloacales y Aguas Residuales Municipales.

Las aguas residuales municipales consisten en efluentes de aguas cloacales, drenajes urbanos y otras aguas residuales recolectadas. Usualmente contienen altos niveles de materia fecal y materia orgánica. Por lo que es recomendable medir variables indicadoras de desechos orgánicos como DBO, DQO y compuestos de cloro, amonio y nitrógeno. Si los desechos contienen aguas cloacales, los indicadores fecales son importantes. Dependiendo de los sistemas de recolección y tratamiento en operación, los desechos municipales pueden contener contaminantes orgánicos e inorgánicos de origen industrial. Efluentes del procesamiento de alimentos contienen grandes cantidades de materia orgánica y hasta patógenos, las variables para monitorear las operaciones de procesamiento de alimentos son similares a las de aguas cloacales y aguas residuales orgánicas.

Contaminación Fecal.

Contaminación fecal es la uno de los aspectos más importantes para evaluar la calidad del agua en ríos, especialmente en países en desarrollo donde desechos humanos y animales no son adecuadamente recolectados y tratados. Aunque esto se aplica a áreas rurales y urbanas, la situación es probablemente más crítica en ciudades con un rápido crecimiento donde la tasa de crecimiento de la población excede la tasa de desarrollo de las obras de recolección y tratamiento de aguas residuales. Como resultado las bacterias de coliformes fecales pueden ser encontrados en números de 10^6 por cada 100 ml para algunos ríos que atraviesan ciudades como Djakarta, Nueva Delhi y muchos otros.

Donde se lleva a cabo la recolección y tratamiento de agua residual desde finales de 1960, los conteos de bacterias coliformes fecales se han estabilizado o han disminuido. Los niveles actuales más comunes oscilan entre 100 y 10000 coliformes por cada 100 ml.

Las comunidades naturales de bacterias en agua fresca son las principales responsables de los procesos de autodepuración que degradan la materia orgánica biodegradable. Son particularmente importantes con respecto a la descomposición de aguas cloacales y pueden ser indicadores de niveles muy altos de materia orgánica formando "la comunidad del hongo de aguas cloacales". Las aguas cloacales domésticas agregan a los cuerpos de agua un gran número de ciertas especies de bacterias que provienen de los intestinos humanos. Estas bacterias (en particular *Escherichia coli*) puede ser utilizada como indicador de la presencia de materia fecal humana y otros patógenos posiblemente asociados a él. Como la presencia de materia fecal humana en los cuerpos de agua representa riesgo para la salud humana cuando es utilizada para beber, higiene personal, recreación o procesamiento de comida, es frecuentemente la más básica e importante razón para evaluar la calidad del agua, especialmente en países donde el tratamiento de agua es inadecuado.

Indicadores Microbiológicos.

El riesgo más común para la salud humana asociado al contenido del agua es la presencia de microorganismos que causan enfermedades. Muchos de estos microorganismos se originan del agua contaminada con excremento humano. Las heces humanas contienen una variedad de patógenos intestinales que causan enfermedades que van desde gastroenteritis a una disentería, cólera o tifoidea. Dependiendo de la prevalencia de ciertas enfermedades en la comunidad, otros virus o parásitos pueden presentarse. El agua fresca también contiene otros microorganismos que incluyen bacterias, hongos, protozoos (organismos unicelulares) y algas (organismos con pigmentos fotosintéticos), algunos de los cuales son conocidos por producir toxinas y transmitir o causar enfermedades.

Patógenos intestinales bacteriales están distribuidos por todo el mundo, los más comunes son: Salmonella, Shigella, Escherichia coli, Campylobacter, Vibrio y Yersinia. Otros que pueden encontrarse ocasionalmente incluyen: micobacterias, Pasteurella, Leptospira y Legionella y los enterovirus. Adenovirus, reovirus, rotavirus y la hepatitis pueden estar en cuerpos de agua y todos son altamente infecciosos. Las especies de salmonella, responsables de la tifoidea, paratifoidea, gastroenteritis y alimentos envenenados, pueden ser excretados por una persona aparentemente saludable actuando como un portador, también pueden ser llevados por animales y pájaros. La contaminación de los cuerpos de agua por excremento de animales y humanos introduce un riesgo de infección para aquellos que utilizan el agua para beber, preparación de comida, higiene personal y hasta recreación.

Aguas cloacales, escorrentía de la ciudad y de la tierra, y aguas domésticas residuales son descargadas a los cuerpos de agua, particularmente a ríos. Patógenos asociados a estas descargas posteriormente se distribuyen por todo el cuerpo de agua presentando un riesgo para el uso del agua "aguas abajo". La típica agua negra municipal puede contener de 10 a 100 millones de bacterias coliformes (bacterias originadas en el intestino) por cada 100 ml y de 1 a 50 millones de Escherichia coli o streptococci faecal por cada 100 ml. Diferentes niveles de tratamiento pueden reducir esta factor de 10 a 100 y estas concentraciones se reducirían más después de la dilución en las aguas receptoras.

Las prácticas de aplicación de aguas residuales a la tierra, particularmente las poco tratadas, puede llevar a una contaminación patógena de las aguas superficiales y subterráneas. La contaminación del agua superficial es usualmente un resultado del riego y escorrentía, y la contaminación del agua subterránea se debe a la rápida percolación a través de los suelos. Otras fuentes de patógenos son escorrentía y lixiviados de rellenos sanitarios y sitios de disposición de desechos sólidos urbanos donde se deposita material fecal animal y humano. El uso de cuerpos de agua por ganado doméstico y salvaje es también una fuente de patógenos.

La supervivencia de los microorganismos patógenos al ser descargados en un cuerpo de agua, es muy variable dependiendo de la calidad de las aguas receptoras, particularmente turbiedad, niveles de oxígeno, nutrientes y temperatura. Los bacilos de Salmonella han sido reportados 50 millas aguas abajo del punto de descarga, indicando su habilidad para sobrevivir, bajo condiciones óptimas por varios días. Una vez en el cuerpo de agua, los microorganismos son adsorbidos sobre arena, arcilla y sedimentos. El depósito de estas partículas resulta en la acumulación de los microorganismos en los sedimentos del río o lago. La velocidad de deposición depende de la velocidad y turbulencia del cuerpo de agua. Alguna remoción de microorganismos de la columna de agua ocurre de la predación de los microzooplancton al alimentarse.

Conteos de bacteria de origen fecal en ríos y lagos alrededor del mundo que sufren poco impacto humano varían entre <1 a 3000 organismos por cada 100 ml. En cuerpos de agua en áreas con poblaciones altamente densificadas pueden darse conteos hasta de 10 millones de organismos por cada 100 ml. Aguas subterráneas naturales no deben contener bacterias fecales a menos que estén contaminadas, mientras que para aguas superficiales aún en zonas montañosas remotas,

pueden contener hasta 100 por cada 100 ml. Para evitar infecciones en humanos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda concentraciones para el agua de consumo humano de 0 por cada 100 ml. La Salmonella ha sido encontrada en concentraciones 10 ó 20 veces menor que los números de coliformes fecales. La detección de otros patógenos, particularmente virus, no es tan común por la falta de metodologías apropiadas, rutinarias y disponibles. Donde los conteos de bacterias coliformes son altos, los virus pueden ser detectables, pero sólo en volúmenes de 20 a 100 litros de agua. Los enterovirus típicamente se encuentran en aguas negras crudas a una concentración menor que las bacterias de patógenos, medidos como unidades formadas en placas raramente ocurren más de 1000 unidades por litro.

Monitorear para determinar la presencia de bacterias patogénicas es un componente esencial de cualquier evaluación de la calidad del agua donde su uso, directo o indirecto, lleve a una ingestión humana. Estos usos incluyen beber, higiene personal, recreación (nadar, andar en bote, etc.), irrigación para cultivos, y lavado y procesado de alimentos. Monitorear para detectar patógenos puede llevarse a cabo sin mediciones físicas y químicas, por lo tanto puede ser barato.

Antes de utilizar una nueva fuente de agua para el consumo humano debe ser examinada para determinar la presencia de bacterias fecales. Los lugares de muestreo deben ser escogidos cuidadosamente para identificarse y eliminarse la fuente de contaminación. Aunque las fuentes de agua para consumo humano estén sujetas a tratamiento y desinfección, es importante hacer un examen semanal o diario en casos donde la población en riesgo sea muy grande (miles o cientos de personas). Donde el agua es utilizada principalmente para higiene personal o recreación, hay un riesgo de ingestión accidental de patógenos intestinales así como otras infecciones, particularmente en los ojos, oídos y nariz. Menos de 1000 coliformes por cada 100 ml. presentan menor riesgo de enfermedades intestinales aunque el riesgo de infecciones por virus siempre se mantiene.

Cuando se irriga con agua residual sobre plantaciones de cultivos es recomendable analizar las bacterias fecales pues hay riesgo de contaminar a aquellos que se alimentan de los cultivos. El riesgo es menor cuando cesa la irrigación cierto tiempo antes de la cosecha, pues muchas bacterias no sobreviven largos periodos a menos que tengan condiciones ideales de temperatura y nutrientes. El uso de agua contaminada en cualquier etapa del procesamiento de alimentos presenta un serio riesgo a la salud humana en la medida que el cultivo provea un medio ideal de crecimiento. Toda el agua que podría estar en contacto con alimentos debe examinarse por contaminación fecal. En el caso en que el agua se almacene en un tanque debe examinarse antes de ser utilizada.

Cuando no se está monitoreando específicamente para un uso deseado, la contaminación fecal pueda ser medida para indicar la presencia de contaminación orgánica de origen humano. La presencia de ciertos microorganismos como comunidades de algas o protozoos pueden ser útiles para dar una idea del nivel de contaminación. Métodos para la detección de materia fecal han sido desarrollados basándose en la presencia de organismos indicadores por ejemplo la bacteria intestinal *Escherichia coli*. Estos métodos son baratos y sencillos de realizar y se han desarrollado equipos de campo, en países en desarrollo.

La identificación positiva de las bacterias patógenas *Salmonella*, *Shigella* o *Vibrio* spp. Puede ser complicado, requiriendo de varios métodos diferentes. Una investigación especial puede hacerse si se sospecha de una fuente de epidemia o si se evalúa una nueva fuente de agua potable. Como estos organismos aparecen en pequeñas cantidades en muestras de agua, es necesario concentrar las muestras por técnicas de filtración antes del análisis.

Escorrentía Urbana.

Ríos que atraviesan o lagos adyacentes a grandes ciudades están inevitablemente sujetos a la escorrentía urbana durante periodos de lluvia. En algunas ciudades, el agua de lluvia es

recolectada en drenajes y conducidas a recolectores de aguas cloacales o a plantas de tratamiento antes de descargar al río o al lago. En otras ciudades, el agua de lluvia es canalizada directamente al cuerpo de agua más cercano. Aún cuando la escorrentía urbana es recolectada en el sistema de aguas cloacales, altas precipitaciones pueden llevar a una sobrecarga en las plantas de tratamiento. Las variables asociadas a la escorrentía urbana son prácticamente las mismas seleccionadas para las aguas residuales municipales. Los problemas particularmente asociados a la escorrentía urbana son altos niveles de productos de petróleo y plomo (ambos del uso de automóviles) así como una variedad de metales y contaminantes asociados a actividades locales industriales.

Actividades de la Agricultura.

Los impactos relacionados a las actividades de la agricultura están principalmente relacionados a la materia orgánica e inorgánica (proveniente del cría intensiva de ganado y de la erosión asociada a la limpieza de terrenos) y aquellos químicos incorporados en fertilizantes y pesticidas. La irrigación especialmente en áreas áridas, pueden llevar a una salinización de la superficie y aguas subterráneas, y por lo tanto, debe incluirse en un programa de determinación de la calidad del agua en algunas áreas: conductividad, alcalinidad, cloruro, sulfato, fluoruro y sodio.

Disposición Final de Desechos Sólidos Municipales y Peligrosos.

En la mayoría de los países, los desechos sólidos municipales son depositados en botaderos. Sitios similares son utilizados para desechos específicos industriales peligrosos que son tóxicos para lanzarse al ambiente y son colocados en contenedores sellados. Los sitios de disposición no son usualmente planeados ni controlados, resultando en formación de lixiviados con riesgo a contaminar las aguas subterráneas cercanas. Los lixiviados pueden contener muchos contaminantes, incluyendo patógenos, metales y químicos orgánicos, dependiendo de los materiales depositados en el sitio. Lixiviados de los desechos municipales son usualmente ricos en materia orgánica biodegradable. Recientemente, se ha determinado que es importante incluir el monitoreo de metano en las aguas subterráneas cercanas a los sitios de disposición de desechos.

Fuentes Atmosféricas.

Estudios de contaminantes atmosféricos constantemente incrementan el número de variables necesarias para incluirse en los programas de determinación de la calidad del agua. Depositiones ácidas llevan a una pérdida de la capacidad de neutralización ácida y alcalinidad, que lleva a disminuciones del pH y afecta el balance normal químico de los cuerpos de agua. Para lagos en regiones muy susceptibles deben incluirse variables tales como alcalinidad, pH, sulfato y nitrato. La determinación del impacto atmosférico respecto a contaminantes depende de las fuentes de emisión locales y regionales, aunque se ha probado el transporte extendido en la atmósfera de plomo, cadmio, arsénico, algunos pesticidas y otros compuestos orgánicos.

Efluentes Industriales y Emisiones.

Son pocas las industrias que no utilizan el agua, directamente como parte de la manufactura del producto o indirectamente para el enfriamiento, limpieza o circulación. Muchas de estas actividades generan efluentes líquidos que contienen muchos químicos, así como materia orgánica, dependiendo de la naturaleza de los procesos envueltos. La evaluación de la calidad del agua de un cuerpo que recibe aguas residuales de una industria o está cerca de desarrollos industriales debe indicar la calidad de agua de fondo y la de los procesos industriales locales, especialmente de contaminantes que pueden causar daño al ambiente o hacer al agua no apropiada para otros usos. La escogencia de contaminantes debe basarse en el inventario de químicos utilizados y descargados durante el proceso industrial.

Casos Más Específicos.

Miles de compuestos orgánicos individuales entran a los cuerpos de agua como resultado de las actividades humanas. Estos compuestos tienen significativas diferencias físicas, químicas y toxicológicas. No es posible monitorear cada uno de los compuestos. Pero es posible seleccionar los principales contaminantes orgánicos basándose en la prevalencia, toxicidad y otras características. Aceite mineral, productos de petróleo, fenoles, pesticidas, bifenilos policlorinados (PCB) y surfactantes son ejemplos de esta clase de compuestos. Estos compuestos no son universalmente monitoreados, porque su determinación requiere de instrumentación sofisticada y personal altamente entrenado. En un futuro más esfuerzo será necesario para monitorear esa clase de compuestos pues su uso es cada vez mayor y tienen efectos adversos en humanos y el ambiente acuático.

Cuando se selecciona una lista de variables para investigar contaminantes orgánicos, los parámetros generales Carbono Orgánico Total (COT), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) deben incluirse. Adicionalmente, en investigaciones preliminares y en emergencias, la gama total de compuestos orgánicos individuales de deben identificar. Esto requiere de sofisticados métodos instrumentales (incluyendo Cromatografía gaseosa (CG), cromatografía líquida (CL) y cromatografía gaseosa/espectrometría de masa (CG/EM) en combinación con concentraciones previas efectivas. En investigaciones muy profundas, las siguientes clases de contaminantes orgánicos deben identificarse: Hidrocarburos (aromáticos y poliaromáticos), Halocarbonos purgables, hidrocarburos clorinados, diferentes grupos de pesticidas, fenoles, ftalato esters, nitrosaminas, nitroaromáticos, haloethers, derivados del bencidina y dioxinas.

En este anexo se presenta una descripción de los agroquímicos y su uso en cada uno de los principales cultivos en la cuenca del Río Grande de San Ramón para tener una idea de su potencial contribución a la contaminación de las aguas superficiales.

El muestreo en setiembre se realizó en un día lluvioso y las mediciones de DQO (Demanda Química de Oxígeno) obtenidas en todos los puntos de medición fueron muy altas (Ver tablas y gráficos de resultados). Como posible explicación a esta situación son los residuos de agroquímicos arrastrados por la lluvia.

A n e x o I . b

A g r o q u í m i c o s

Justificación.

En análisis de laboratorio realizados a muestras de agua tomadas en la cuenca del río Grande de San Ramón se encontraron altos porcentajes de contaminación inorgánica (no biodegradable). Debido a que los cauces en esta zona atraviesan áreas de cultivo de pepino, chile dulce, tomate, rábano, naranja, mango, piña; café y caña (principalmente) surgió la necesidad de investigar si los agroquímicos aplicados a estos cultivos están entre los responsables más importantes de los altos grados de contaminación que presentan las aguas de esta cuenca.

Antecedentes.

Los plaguicidas son compuestos químicos tóxicos para ciertos organismos, desde bacterias y hongos hasta plantas más grandes e inclusive mamíferos. La mayoría de los plaguicidas no se encuentran naturalmente en el ambiente, por lo tanto, concentraciones detectables indican contaminación. Actualmente hay aproximadamente 10 000 diferentes plaguicidas. Los más ampliamente usados son los insecticidas, herbicidas y fungicidas. El modo de acción de un pesticida es determinado por su estructura química. Estas estructuras son similares para los compuestos que comprenden clases separadas de plaguicidas como los organoclorados (POC), los "organofosforados" (POF), los carbamatos, las triazinas (herbicidas) y los ácidos clorofenólicos.

El monitoreo de plaguicidas presenta dificultades considerables, sobre todo para aguas subterráneas. Hay un amplio rango de plaguicidas en el uso agrícola común y muchos de ellos se descomponen en productos tóxicos. El rastreo en muestras de agua de todos los compuestos es muy caro; por lo tanto, es necesario estudiar previamente el uso local de plaguicidas para así reducir el número de compuestos que serán objeto de búsqueda.

En el ámbito internacional hay una gran variación entre las normas sobre concentraciones permisibles de plaguicidas en agua potable. Sin embargo, los valores más comúnmente usados son del orden del microgramo por litro, éstos, para la mayoría de los compuestos tóxicos, se acercan a los límites de la detección analítica. Se necesitan procedimientos analíticos altamente sofisticados, que normalmente requieren la combinación de un cromatógrafo de gas (CG) y un espectrómetro de masa (EM) directamente unidos. Algunos plaguicidas son muy polares y no pueden ser extraídos directamente del agua para inyectarse en un CG. Además, algunos otros plaguicidas son muy inestables químicamente para ser calentados en un CG. La cromatografía de líquidos a alta presión promete ser un medio para aislar los compuestos de estas dos categorías. Un alto grado de limpieza es necesario para manipular las muestras en todos los pasos.

Clasificación de Plaguicidas por su Estructura Química.

Plaguicidas Organoclorados

Los niveles de plaguicidas organoclorados en el ambiente tienden a ser mayores que los de otros plaguicidas debido a su bien difundido y prolongado uso, combinado con su gran estabilidad química. En la década de 1950, el DDT fue empleado libremente alrededor del mundo, pero al principio de los setentas la mayoría de los países limitaron seriamente, e incluso prohibieron, su uso. De todas formas, las concentraciones de DDT y sus metabolitos (DDD, DDE) son todavía altas en muchos ambientes, especialmente en lugares áridos.

Los plaguicidas organoclorados son derivados de cloro de hidrocarburos polinucleares (p.e., DDT), las cicloparafinas (p.e., hexaclorociclohexano (HCH)), los compuestos de la "serie diena" (p.e., heptacloro) y los ácidos carbónicos alipáticos (p.e. "propanido"). La mayoría de los compuestos son hidrofóbicos (insolubles en agua) pero altamente solubles en hidrocarburos y grasas. Tienen la capacidad de acumularse en tejidos biológicos, llegando a alcanzar niveles más altos en ciertos seres vivos que en el agua y los sedimentos circundantes. La afinidad de los plaguicidas para la absorción por materia mineral suspendida y coloides orgánicos es importante para su distribución y movilidad en cuerpos acuosos. Los sedimentos depositados en el fondo también juegan un papel significativo en el almacenamiento y transformación de plaguicidas organoclorados.

Donde están presentes, las concentraciones de los POC en los cuerpos acuosos tienden a estar en el rango de 10^{-5} – 10^{-3} mg/l. Estos compuestos y sus metabolitos han sido encontrados en sitios tan distantes como las regiones árticas y antárticas, debido al transporte atmosférico de largo alcance. Éstos se encuentran algunas veces en aguas subterráneas donde se lixivian desde los sitios de disposición de sustancias nocivas, o desde terrenos agrícolas. Como estos compuestos son hidrofóbicos, su presencia en las aguas subterráneas puede ser el resultado de la "solubilización" en materiales ácidos "fúlvicos".

Debido a su toxicidad, las máximas concentraciones permisibles de los POC son estrictamente controladas en las aguas importantes para las comunidades de peces o usadas para suministro de agua potable.

Plaguicidas Organofosforados

Los plaguicidas organofosforados (POF) son complejas ésteres de fosfóricos, tiofosfóricos, y otros ácidos fosforosos. Son ampliamente aplicados como insecticidas, acaricidas y defoliantes. Su relativamente baja estabilidad química y bioquímica es una ventaja, porque muchos se descomponen en el ambiente en el plazo de un mes.

Los plaguicidas organofosforados, al igual que los POC, son fácilmente absorbidos por la materia suspendida. La fotólisis, así también como los procesos hidrolíticos de oxidación y descomposición de enzimas, son los principales procesos de descomposición, resultando en destoxificación. Cuando se encuentran, las concentraciones de los POF en aguas superficiales están en el rango de 10^{-3} – 10^{-2} mg/l.

Las muestras no filtradas para la determinación de POC Y POF deben ser recolectadas en contenedores de vidrio con tapón PTFE. Las muestras pueden almacenarse por un corto

tiempo a baja temperatura. De todos modos, extracción inmediata seguida por almacenaje a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ es preferible. En este caso, las muestras pueden almacenarse hasta por tres semanas.

Bipiridilos

Son compuestos catiónicos de amonio cuaternario de la piridina, muy solubles en agua. Los productos mayormente conocidos son el paraquat y el diquat. El uso más corriente del diquat es como herbicida acuático. Para contrarrestar el alto número de intoxicaciones producidas por el paraquat como consecuencia de su uso inadvertido o con fines suicidas, algunas compañías han optado por adicionarles sustancias de olor nauseabundo, eméticos y colorantes, para diferenciarlos de los productos caseros. Las soluciones concentradas de paraquat corroen algunos metales, se inactivan y acumulan en el suelo, especialmente con los minerales arcillosos. Por otra parte, es necesario destacar que existen preocupaciones con respecto a los posibles riesgos ambientales a mediano y largo plazo que estos residuos puedan causar como consecuencia de su capacidad de acumulación y persistencia en los suelos.

Carbamatos

Son derivados del ácido carbámico. Se emplean como insecticidas (p.e. carbaril, cartap, metomil, propoxur), fungicidas (p.e. thiram), herbicidas (p.e. tiobencarb) o nematicidas (p.e. aldicarb, carbofurán, oxamil). Los carbamatos insecticidas poseen una alta toxicidad para las abejas. Su mecanismo de acción está relacionado con la transmisión de los impulsos nerviosos.

Clorados

Son productos orgánicos sintéticos que contienen cloro en su molécula. La mayoría son insecticidas. Entre las características más sobresalientes se encuentra el ser muy persistentes en el ambiente y su tendencia a acumularse en los tejidos grasos de los organismos. Los plaguicidas clorados presentan una toxicidad aguda baja. La mayoría de estos se encuentra prohibido o restringido en el país, debido a las características de persistencia y tendencia a la acumulación y biomagnificación en la cadena alimentaria. Sin embargo, aún quedan algunos productos que se comercializan libremente en el país, tales como los insecticidas declorano, endosulfán, mirex y el fungicida PCNB.

Clorofenoxiacéticos

Son derivados del ácido fenoxiacético. Los productos más conocidos en nuestro medio son el 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) y el MCPA (ácido 2-metil-4-cloro-fenoxiacético). Estos productos tienen una fuerte actividad herbicida y selectiva contra malezas de hoja ancha, por lo que tienen gran aplicación en cultivos de gramíneas. Actúan por contacto y traslocación. Si no se aplican adecuadamente, los vapores de estos pueden alcanzar los terrenos colindantes y causar daños severos sobre cultivos de dicotiledóneas. Del mismo modo, si el equipo utilizado para la aplicación de estos productos no es limpiado cuidadosamente y se utiliza para la aplicación de otros productos en cultivos de dicotiledóneas, los residuos pueden ocasionar daños severos sobre estos.

Fosforados

Son derivados orgánicos del ácido fosfórico. La mayoría son insecticidas y nematocidas (p.e. azinfós-metil, clorpirifós, diazinón, diclorvós, dimetoato, disulfotón, edifenfós, etoprop, fenamifós, fensulfotión, fentiión, forato, foxim, malatión, metamidofós, paratión-metil, monocrotofós, naled, oxidimetón-metil, pirimifós-metil, terbufós, tiometón, triclorfón). Son degradados en el ambiente rápidamente y poseen un poder de toxicidad aguda relativamente alto en la mayoría de los casos. Por lo general, son bastante volátiles en comparación con otros grupos de plaguicidas. Suelen ser, mayormente, solubles en grasas y solventes orgánicos. Su mecanismo de acción está relacionado con la transmisión de los impulsos nerviosos.

Piretroides

Son compuestos de acción insecticida relacionados estructuralmente con aquellos extraídos de las flores *Pyrethrum* (p.e. piretrinas y cinerinas). Las preparaciones comerciales son más estables, efectivas y solubles que los compuestos de origen natural. Entre los productos más conocidos se encuentran la aletrina, la permetrina, la cipermetrina y la deltametrina. Su uso excesivo e indiscriminado ha provocado la aparición de tolerancias en algunos insectos.

Triazinas

Son productos con acción herbicida. Los productos más conocidos y aplicados en nuestro medio son la atrazina, la simazina y la ametrina. La atrazina y la ametrina son más solubles en agua que la simazina. La acción de estas sustancias está relacionada con su comportamiento en el suelo, el lavado y la descomposición del producto en éste. Al respecto, el contenido de materia orgánica del suelo influye decisivamente sobre estos fenómenos porque favorece la adsorción y el desarrollo de microorganismos que aceleran la descomposición del producto. Por ello es que en suelos ricos en materia orgánica se recomienda la aplicación de las dosis altas anotadas en la etiqueta.

Naturales

Los más utilizados son de origen botánico y se les ha empleado en el combate de plagas insectiles. Entre los más conocidos la nicotina, la rotenona, la piretrina, la azadiractina, la rianodina, la quasina y la neoquasina. También se han sugerido los casos de la muscarina y la pimienta. Por lo general son sustancias fácilmente degradables bajo condiciones ambientales y por lo tanto poco persistentes.

Otros plaguicidas naturales de gran importancia son los antibióticos producidos por microorganismos vivos. La mayoría sólo inhiben bacterias, pero hay algunos que también actúan contra hongos. Tal es el caso de la kasugamicina, cicloheximida, estreptomycin, terramicina, blasticidina y validamicina.

Otros

En este grupo se incluyen feromonas, esterilizantes químicos, atrayentes, repelentes y hormonas juveniles para el combate de insectos, principalmente.

Clasificación de Plaguicidas por su Origen.

De acuerdo con su origen o naturaleza, los plaguicidas se clasifican en sintéticos, naturales y biológicos.

- a) *Plaguicidas sintéticos*: Son aquellos obtenidos por síntesis química artificial.
- b) *Plaguicidas naturales*: Son los sintetizados por organismos biológicos, por ejemplo, los extractos de plantas y los antibióticos.
- c) *Plaguicidas biológicos*: Se refiere a aquellos organismos vivos que ejercen un control sobre la población de las plagas que se desea combatir, este es el caso de los parasitoides y depredadores de plagas insectiles.

Manejo de Plaguicidas.

La contaminación del ambiente a causa de accidentes relacionados con el manejo de plaguicidas, representa un peligro a corto y largo plazo, tanto para el ser humano como para el ambiente que lo rodea. Entre las áreas más expuestas al peligro pueden citarse las siguientes:

- Manantiales, ríos y lagunas.
- Tierras cultivadas, donde los cultivos sembrados o por sembrarse pueden ser contaminados.
- Tierras no cultivadas, donde habitan plantas y animales silvestres.

Son varias las circunstancias que suelen traducirse en causas contaminación, de ahí la necesidad y obligación de saber manipular correctamente estas sustancias en todo momento, entre ellas pueden mencionarse:

- El derrame y la fuga durante el transporte, el almacenamiento y las aplicaciones.
- La mala colocación de los envases y sobrantes de plaguicidas, cuando el viento está muy fuerte o cerca de las áreas susceptibles como corrientes naturales de agua.
- La mala disposición de los desechos (envases vacíos, sobrantes, lavados del equipo de aplicación).

Dinámica de los Plaguicidas en el Ambiente.

En la figura 1 se muestra un esquema general que resume el movimiento de los plaguicidas (P) en el ambiente.

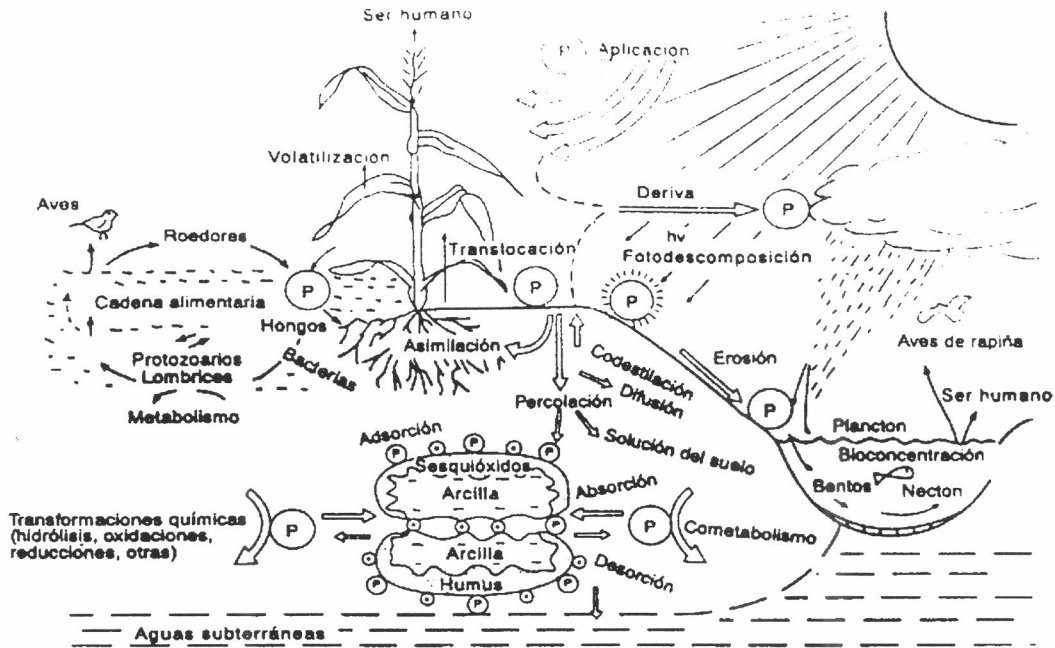


Figura 1. Esquema general sobre el movimiento de los plaguicidas en el ambiente.

Fuente: Jaime García, Introducción a los Plaguicidas, 1997.

Sin embargo, antes de entrar a discutir esta dinámica es importante conocer la composición del ambiente. En la tabla 1 se expone una estimación de sus fases fundamentales.

Tabla 1. Estimación de las fases fundamentales del ambiente

FASE	PESO (kg)	PORCENTAJE (%)
Agua	1.30E+21	99.58
Atmósfera	5.30E+18	0.41
Suelo (15cm)	1.10E+17	0.41
Flora	1.10E+15	0.01
Fauna	2.00E+13	0.01

Fuente: Jaime García, Introducción a los Plaguicidas, 1997.

Cuando se libera un plaguicida en el ambiente, éste se distribuirá en función de las propiedades del plaguicida y de la fase en cuestión. Por esta razón es que se hace necesario tener un conocimiento detallado de las propiedades físicas y químicas más relevantes del plaguicida, para llegar a comprender y estimar su comportamiento en los cinco componentes anteriormente mencionados. A continuación se explicará la dinámica de los plaguicidas en tres de estas fases.

A. En el Suelo

La dinámica de los residuos de plaguicidas en el suelo está estrechamente ligada a los procesos de adsorción, partición y lixiviación. Dependiendo de las circunstancias, los principales procesos por los cuales los plaguicidas llegan al suelo son los siguientes:

1. Aplicación directa.

2. Erosión eólica de partículas de suelo contaminadas con residuos de plaguicidas provenientes de otros lugares.
3. Erosión hídrica (en lugares aledaños) de capas superficiales del suelo contaminadas con residuos.
4. Lavado y escurrimiento de los residuos localizados sobre las superficies.
5. Deriva.
6. Riego con aguas contaminadas con residuos.
7. Lavado de los residuos que se encuentran en la atmósfera.

Movimiento Superficial y Percolación

La movilidad de los residuos de plaguicidas sobre la superficie del suelo y a través de su perfil, está influida tanto por la cantidad y la calidad de agua presente, como por las propiedades físicas y químicas del suelo y su interacción con tres propiedades claves de los plaguicidas: la solubilidad en agua, la adsorción al suelo y su persistencia. Esta última está, a su vez, fuertemente ligado a las condiciones ambientales imperantes en el suelo, tales como humedad, temperatura, oxigenación y acidez, así como a la calidad y la cantidad de microflora y microfauna predominante en el sustrato en cuestión (figura 2).

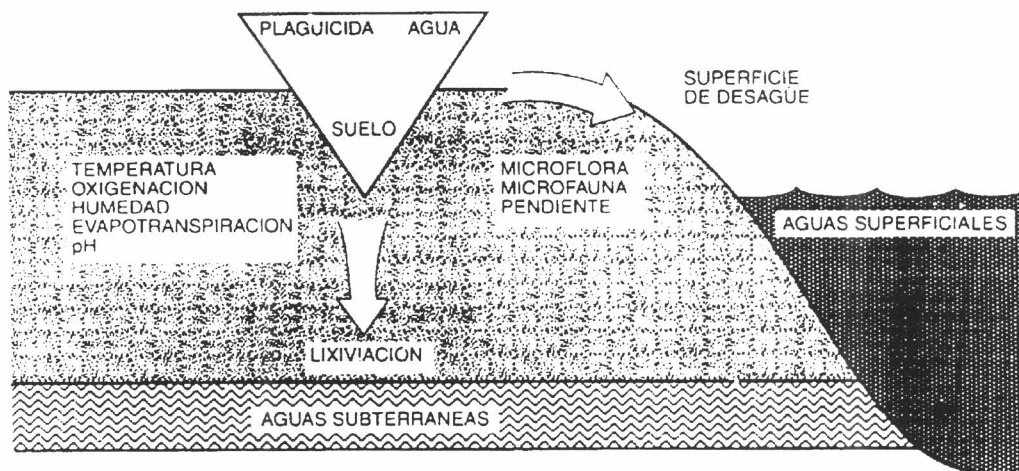


Figura 2: Factores condicionantes de la dinámica de los plaguicidas en el sistema suelo-agua.

Fuente: Jaime García, *Introducción a los Plaguicidas*, 1997.

B. En el Agua.

La dinámica de los plaguicidas en el suelo está estrechamente relacionada con su ciclo en la naturaleza. Las principales vías de acceso de los plaguicidas a las aguas superficiales son:

- i) Aplicaciones directas.
- ii) Deriva durante la aplicación.
- iii) Erosión eólica de partículas de suelo con residuos de plaguicidas adheridos.
- iv) Erosión hídrica (con las lluvias o el riego) de las capas superficiales del suelo contaminados con residuos de plaguicidas.
- v) Lavado de los residuos localizados sobre las superficies de aplicación.
- vi) Lavado pluvial o por labores de riego por aspersión de los residuos que se encuentran en el aire.

La contaminación de las aguas, tanto subterráneas como superficiales, está ligada a la dinámica de los residuos de plaguicidas en el suelo, descrita anteriormente en la figura 2. En la tabla 2 se mencionan algunos plaguicidas que, de acuerdo a sus características de

adsorción, solubilidad en agua y vida media, tienen un potencial alto para llegar a contaminar cuerpos de aguas superficiales o subterráneas, por remoción superficial o percolación.

Tabla 2. Plaguicidas con un potencial alto de llegar a contaminar cuerpos de agua superficiales o subterráneos

Herbicida	Sobre el suelo	Por percolación	Insecticida	Sobre el suelo	Por percolación	Fungicida	Sobre el suelo	Por percolación
Imazapir		X	permetrina	X		maneb	X	
Atrazina		X	paratión	X		benomil	X	X
Dicamba		X	Formetanato	X		clorotalonil	X	
Bentazón		X	Fonofós	X		mancozeb	X	
Glifosato	X		Triclorfón		X	dicofol	X	
Trifluralin	X		Endosulfán	X		metiram	X	
Triclopir	X		Carbofurán		X	metalaxil		X
Dalapón		X	azinfós-metil	X		vinclozolin	X	
Ametrina	X		Metomil		X	fenarimol	X	X
Fluazifop	X		Ciromazina		X	PCNB	X	
Oxifluorfén	X		Lindano	X				
Paraquat	X		Cloropirifós	X				
Metribuzina		X	Fluvalinato	X				
Fenoxaprop	X		Oxidemetón-metil		X			
Simazina		X	Etoprop		X			
Pendimetalina	X		Metamidofós		X			
Piclorán		X	Forato	X				
			Aldicarb		X			

Fuente: Jaime García, Introducción a los Plaguicidas, 1997.

CONSIDERACIONES ADICIONALES.

Con base en lo anterior, puede concluirse que:

- El comportamiento, los efectos biológicos y la persistencia de un plaguicida son el resultado de la interacción de éste con los diversos elementos del ambiente.
- El tipo y grado de la interacción dependen en parte de las propiedades mensurables de la sustancia.
- Conociendo la naturaleza de las interacciones y el valor de ciertas propiedades fisico-químicas del plaguicida, se puede predecir, al menos en forma aproximada, el comportamiento y los efectos biológicos del producto.

Entre las propiedades específicas de los plaguicidas que se requiere conocer para predecir tal comportamiento están: la solubilidad en agua, el calor de disolución, las constantes de ionización, las presiones de vapor, las velocidades de hidrólisis y los coeficientes de partición. Las primeras tres propiedades determinan el grado y la intensidad de adsorción del plaguicida en superficies tales como el suelo o los sedimentos de un río. La presión de vapor sirve como una medida de la velocidad y la tendencia de vaporización a través de las interfases aire-agua y aire-suelo. Finalmente, el coeficiente de partición determina la persistencia y la acumulación de sustancias químicas en los sistemas biológicos.

Los Plaguicidas como Contaminantes.

“Un plaguicida puede conceptuarse como contaminante cuando se da una concentración de su formulación –incluyendo aquellos productos provenientes de la síntesis de estos, así como los coadyuvantes y los llamados “ingredientes inertes”- o sus productos de degradación, en un momento y lugar dados, de tal modo que puedan producir más daños que beneficios” (Jaime García, *Introducción a los Plaguicidas*, 1997).

A continuación se expondrán algunas de las características de los plaguicidas por las cuales pueden ser contaminantes.

1. En la mayoría de los casos, la forma de acción de los plaguicidas no está dirigida directamente a la plaga, sino a al conjunto plaga + ambiente.
2. El sistema de aplicación de plaguicidas es muy ineficiente (entre el 97% y el 99% de la cantidad aplicada no alcanza a los organismos que desea combatir).
3. A partir del momento en que se aplican en el área de interés, los plaguicidas seguirán cierta dinámica de transporte y difusión, la cual dependerá de sus características físico-químicas, las condiciones ambientales predominantes y otros factores.
4. Por lo general, se trata de sustancias con poder tóxico, cuyos efectos no se limitan a atacar las plagas, sino a cualquier organismo sensible a estos, que se encuentre en el ambiente.
5. Los plaguicidas tienen la capacidad de producir cuatro tipos de intoxicaciones en los organismos: sobreagudas (de minutos u horas de evolución), agudas (de días), subagudas (de semanas) y crónicas (de meses o años).
6. A diferencia de los plaguicidas de la primera generación, gran parte de los productos actuales son de poca persistencia en el ambiente, pero de acción tóxica más inmediata y concentrada. Como consecuencia de ello, algunos de los efectos negativos colaterales en el ambiente son ahora más evidentes que en el pasado, en especial a lo referente a las manifestaciones relacionadas con intoxicaciones agudas. Con respecto a las intoxicaciones crónicas con estos productos, la dificultad de detectarlas radica, por una parte, en la “validez científica” de las extrapolaciones de los resultados experimentales realizados con animales, por otra parte, en el tiempo que transcurre antes de que aparezcan las primeras manifestaciones sintomáticas. Además, debe reconocerse que éstas no son exclusivas de los efectos tóxicos que pueden llegar a causar dichas sustancias, sino que pueden deberse a la interacción de diversos factores.
7. Una investigación realizada por la Academia Nacional de Ciencias de los EE.UU. reveló que únicamente existen datos toxicológicos suficientes para 10% de los ingredientes activos comercializados como plaguicidas; para 52% la información es incompleta y para los 38% restantes no hay información toxicológica disponible. En comparación con los llamados “ingredientes activos”, es todavía mucho menos lo que se conoce con respecto a la toxicología de gran parte de los coadyuvantes y los llamados “ingredientes inertes” que, sumados, a menudo representan 95% o más de la formulación comercial. Este es un campo de estudio y discusión relativamente nuevo en la ciencia de los plaguicidas y, por lo tanto, es poco lo que puede decirse en estos momentos de la mayoría de estas sustancias con respecto de su actividad, dinámica y efectos negativos en el ambiente.
Ejemplos:

- El surfactante polioxietilenoamina (POEA), adicionado a las formulaciones de ciertos herbicidas, como el glifosato para ayudar al ingrediente activo a penetrar mejor la cutícula de las malezas. Este coadyuvante presenta una toxicidad aguda tres veces mayor que la del glifosato; por otra parte, se sabe que algunas formulaciones de este producto están contaminadas con 1-4 dioxano, sustancia con potencial cancerígeno en animales.
 - Otro caso interesante fue el de la adición de piridina (agente nauseoso) en una de las formulaciones comerciales del paraquat. Esto ha provocado casos de intoxicaciones laborales con dicho herbicida con síntomas atípicos que comprometían el sistema nervioso central y otros órganos. Se determinó que la causa de dichas intoxicaciones era que el formulador utilizaba dosis de piridina 100 veces mayores al límite máximo de exposición ocupacional establecido por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
8. Las propuestas y lineamientos generales para dar soluciones técnicas a los problemas de contaminación (disposición y destrucción de plaguicidas en mal estado, remanentes y recipientes vacíos, recolección de derrames, desechos y basuras provenientes de los sitios de recolección y formulación de estas sustancias, así como de utilización) a menudo se desestiman e irrespetan por negligencia, por ignorancia o por los costos que implican.
 9. En muchos países, el criterio principal para establecer las clases toxicológicas de los plaguicidas está basado en la toxicidad aguda oral y dérmica para ratas, considerando para ello los valores de las DL_{50} , sin tomar en consideración la toxicidad para los demás miembros de las cadenas alimenticias. Por esta razón algunos plaguicidas clasificados como "ligeramente tóxicos" o "moderadamente tóxicos" para mamíferos son cientos de veces más tóxicos para organismos acuáticos y de otros tipos.
 10. Una gran parte de los estudios realizados para conocer la dinámica de los residuos de los plaguicidas en un sustrato determinado se limitan a analizar los residuos de la sustancia original, obviando o desconociendo la existencia o importancia – inclusive desde el punto de vista toxicológico – de los productos de metabolización, conjugación y los "no extraíbles", así como aquellos otros que, por medio de los procesos de volatilización, adsorción, absorción o erosión eólica, únicamente se han fijado en un sustrato o trasladado hacia otros lugares. Esto hace que, a menudo, se dé una subestimación en este sentido.

Uso de Agroquímicos en la Cuenca del Río Grande de San Ramón.

Debido a que las condiciones climatológicas de nuestro país son muy aptas para la proliferación de plagas, es prácticamente imposible prescindir del uso de plaguicidas. Además, es necesario aplicar fertilizantes, para suministrarle a los cultivos los nutrientes que el suelo no puede darle.

Los plaguicidas contaminan la atmósfera, el suelo y el cauce de los ríos debido a su dinámica en el ambiente, la cual se ha explicado anteriormente. Por su parte, los fertilizantes contaminan principalmente los ríos y, en casos extremos, los mantos de aguas subterráneas a causa de que, después de ser lavados por las lluvias, se depositan en el suelo y por lixiviación descienden a estratos inferiores llegando hasta los cauces o acuíferos.

Según el agrónomo Maros Moreira, el problema más crítico con la contaminación por agroquímicos es el manejo de los desechos más que la aplicación a los cultivos.

En el ámbito nacional, el cultivo que utiliza más agroquímicos es el banano, pero no hay en la zona extensiones importantes de éste. En la Cuenca del Río Grande de San Ramón los cultivos que requieren mayor cantidad de agroquímicos son las hortalizas, no obstante, debido a la gran área de terreno que se dedica al cultivo de café (casi 52% del total de la cuenca), a éste también se destinan a muchos de los agroquímicos que se aplican en la zona. A continuación se hace una descripción del uso de agroquímicos en los cultivos más importantes que se dan en la cuenca del Río Grande de San Ramón.

Café

Temporada de Cultivo.

El café se cultiva durante todo el año.

Empleo de Agroquímicos.

Se aplican abonos (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro), con la fórmula 18-5-15-6-2, tres veces al año: 1) en mayo, 2) entre junio y agosto, 3) entre fines de octubre y principios de noviembre. Del total del nitrógeno aplicado, la planta solamente aprovecha el 30%. A veces se complementa el abono con fórmulas que contienen calcio, manganeso y azufre. Usualmente se hacen tres atomizos de nutrientes (cobres, triasoles) al año: 1) en mayo, 2) entre junio y julio, 3) en agosto.

Los herbicidas se aplican dos veces al año: 1) entre mayo y junio (para mantener el cafetal limpio), 2) entre setiembre y octubre (cuando es la cosecha). Los insecticidas se aplican dos veces al año: 1) en junio y 2) en setiembre. Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 3:

Tabla 3. Nombres Genéricos de Plaguicidas Utilizados en el Cultivo de Café

Herbicidas	Paraquat, 2,4-D, Dalapón, Fluazifop-butilo, Glifosato, MSMA, Oxifluorten, Terbutilazina, Alaclor
Insecticidas	Etaprop, Fenamifos, Forato, Terbufos, Clorpirifos
Fungicidas	Benomil, Clorotalonil, Cypraconazole, Hexaconazole, Eriactiamenol, Tebuconazole

Fuente: Ólger Borbón, entrevista, 1997.

Caña

Temporada de Cultivo.

La caña se siembra cada 8, 9 ó 10 años y tiene un ciclo de 12 a 16 meses (son plantas de retoño¹).

¹ Se llama plantas de retoño a aquellas que, luego de cosechar, se les corta el tallo –sin extraer la raíz-, para que luego empiece un nuevo ciclo cuando un retoño de ésta crece.

Empleo de Agroquímicos.

Los agroquímicos que se emplean son *herbicidas* y *fertilizantes*. No se utilizan *fungicidas*, pues las enfermedades se superan con mejoramientos genéticos. Normalmente no se utilizan *insecticidas*, pues se hace control biológico. Los *nematicidas* prácticamente no se usan, excepto si hay un mal manejo de la plantación. Tampoco se utilizan *abonos foliares*. Los *madurantes* químicos se emplean en las plantaciones de Guanacaste y San Carlos. Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 4:

Tabla 4. Nombres Genéricos de Plaguicidas Utilizados en el Cultivo de Caña

Herbicidas	Glifosato, Diuron, 2,4-D, 2,4-D+Picloram, 2,4-D+Dicamba, 2,4-D+Ioxinil, 2,4-D+MCPA, Atrazina, Pendimetalin, Terbutilazina, Metribuzin, Linuron, MSMA, Paraquat, Paraquat+Diuron, Ametrina, Ametrina+Terbutrina
Insecticidas	Malation

Fuente: Marcos Chárves, entrevista, 1997.

En la primera siembra, los fertilizantes (Fósforo, Nitrógeno y Potasio) se aplican dos veces al año: 1) cuando se siembra, se aplica una fórmula 10-30-10 ó 12-24-12, 2) dos meses después, se aplica una fórmula como 20-30-20 ó 15-3-31. Algunas veces se hace una aplicación completa cuando se siembra, luego se aplica media fórmula de fertilizantes a los dos meses de la siembra y la otra mitad un mes después, para evitar que se laven. A veces se incorporan otros elementos menores como azufre o cal (previo a la siembra si el suelo es muy ácido, como en Atenas). En los cortes que siguen al primero se excluye el fósforo de la fórmula de fertilizantes. Entonces, se aplica una fórmula completa de Nitrógeno y Potasio dos meses después de la corta, o media fórmula a los dos meses y la otra mitad un mes después. El uso de fertilizantes en la caña es muy bajo comparado con el cultivo de café y banano.

Tomate

Temporada de Cultivo.

Debido a las constantes fluctuaciones del precio del tomate en el mercado, los productores han optado por cultivarlo durante todo el año. El ciclo de la planta es de 40 a 60 días.

Principales Problemas.

Las variaciones genéticas que se emplean en el país son importadas, es decir, fueron creadas para desarrollarse en condiciones ambientales diferentes a las que imperan en Costa Rica. Por lo tanto, es necesario agregar muchos agroquímicos para garantizar una buena producción. Uno de los mayores problemas que enfrenta este cultivo es la plaga de la Mosca Blanca, ésta raspa el tallo y chupa la savia.

Empleo de Agroquímicos.

Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 5:

Tabla 5. Nombres Genéricos de Plaguicidas Utilizados en el Cultivo de Tomate

Herbicidas	Paraquat, Glifosato, Setoxidim
Insecticidas	Malation, Carbaril, Endosulfan, Triclorfon, Dimetoato, Fonofos, Metomil, Oxamil, Metamidofos, Permetrina, Fenvalerato, Abamectina B1, Lambda-ciha-lotrina, Imidacloprid
Fungicidas	Captan, Maneb, Ferbam, Mancozeb, Clorotalonil, Benomil, Metalaxil, Fosetil-al
Otros	Bromuros Inorgánicos, Bromuro de Metilo

Fuente: Marcos Moreira, entrevista, 1997.

Tanto para *tomate* como para *chile*, se incorporan los fertilizantes al suelo y por medio de aporca se ponen en contacto con la planta. Los nematocidas también se aplican al suelo. La acción tóxica de los agroquímicos aplicados al suelo dura aproximadamente tres meses y medio.

Para evitar el contacto con la Mosca Blanca se aísla el almácigo con mallas. Después de 25 días se aplican insecticidas sistémicos² entre 4 y 5 días antes de hacer el trasplante para protegerlo y 15 días después para cubrir todo el ciclo de la planta (40-60 días). El cultivo de tomate en invernadero disminuye el uso de agroquímicos, pero aumenta los costos de producción.

Los plaguicidas de contacto no representan un problema, pues el lavado superficial no es importante. El uso de herbicidas no es tan crítico, pues sólo están dirigidos a las malezas.

Chile

Temporada de Cultivo.

Se cultiva durante todo el año. Puede sembrarse conjuntamente con café. Es recomendable la alternabilidad anual de cultivos en un terreno utilizado para sembrar chile, para que el suelo se mantenga fértil.

Principales Problemas.

En general, es atacado por los mismos virus que el tomate. El principal problema que experimenta es la "*Malla del Chile*", un hongo en el suelo que puede ser evitado con buen drenaje y otras prácticas culturales. Pero si no se cumplen las condiciones del suelo necesarias se deben usar fungicidas. Las bacterias son difíciles de eliminar, pues el inóculo se encuentra en el suelo.

Empleo de Agroquímicos.

Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 6:

² Plaguicidas sistémicos son aquellos que son absorbidos por la parte tratada y se trasladan a través de los tejidos de la planta para ser efectivos en las partes de acción (hojas, brotes, etc.).

Tabla 6. Nombres Genéricos de Plaguicidas Utilizados en el Cultivo de Chile

Herbicidas	Paraquat, Glifosato, Setoxidim
Insecticidas	Malation, Carbaril, Endosulfan, Triclorfon, Dimetoato, Fonofos, Metomil, Oxamil, Metamidofos, Permetrina, Fenvalerato, Abamectina B1, Lambda-ciha-lotrina, Imidacloprid
Fungicidas	Captan, Maneb, Ferbam, Mancozeb, Clorotalonil, Benomil, Metalaxil, Fosetil-al
Otros	Bromuros Inorgánicos, Bromuro de Metilo

Fuente: Marcos Moreira, entrevista, 1997.

Si la plantación dura más de tres meses produciendo, es conveniente aplicar al suelo fertilizante alto en potasio. Si se usa mucho potasio y poco nitrógeno se logra mayor resistencia a las enfermedades bacteriales. Para ello se pueden utilizar fórmulas "cafetaleras", como 18-5-15-6-2 ó 20-7-12-3-12 (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro). La fertilización al suelo se puede complementar con abonos foliares que contengan elementos menores, como boro, zinc, magnesio, azufre, etc.

Pepino

Temporada de Cultivo.

Se cultiva durante todo el año. Puede sembrarse conjuntamente con café. El cultivo tiene características similares al tomate y al chile.

Empleo de Agroquímicos.

Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 7:

Tabla 7. Nombres Genéricos de Plaguicidas Utilizados en el Cultivo de Pepino

Herbicidas	Paraquat, Setoxidim
Insecticidas	Malation, Carbaril, Endosulfan, Metomil, Etaprop, Oxamil, Clorpirifos, Permetrina, Fenvalerato
Fungicidas	Ferbam, Mancozeb, Clorotalonil, Benomil, Dinocap, Triadimefon
Fungicidas Cancelados	Captan, Metiram

Fuente: Marcos Moreira, entrevista, 1997.

Los agroquímicos que más se le aplican son insecticidas. Hay que tener cuidado de que los éstos no sean tóxicos, pues el pepino es un producto que se consume crudo. Por esta razón se usan muchos insecticidas biológicos, o a lo sumo piretrinas.

Rábano

Temporada de Cultivo.

Se cultiva en microparcels durante todo el año.

Empleo de Agroquímicos.

Por cultivarse generalmente en microparcelas, no hay estandarización en el uso de agroquímicos, probablemente se usan los mismos que para el cultivo de lechuga. Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 8:

Tabla 8. Nombres Genéricos de Plaguicidas Utilizados en el Cultivo de Rábano

Herbicidas	Fluazifop-butilo,
Insecticidas	Acefato, Malation, Carbaril, Endosulfan, Triclorfon, Dimetoato, Metomil, Metamidofos, Permetrina, Cipermetrina
Fungicidas	Captan, Maneb, Ferbam

Fuente: Marcos Moreira, entrevista, 1997.

Frutales (general)

Las concentraciones de fertilizantes aplicadas a los frutales son mucho más bajas y se aplican menos veces al año que en las hortalizas, pero las extensiones de los cultivos son mucho mayores, por eso, sí producen contaminación, aunque ésta es menor que la ocasionada por las hortalizas y el café.

Lo que produce más contaminación son los fertilizantes (nitrógeno, fósforo y potasio). De éstos, el que se lava más fácilmente es el nitrógeno. También se utilizan algunos elementos menores:

Boro: Se aplica foliarmente dos veces al año, entre 400 a 600 gramos por hectárea.

Carbonato de Calcio: Se aplican entre 1000 a 2000 kilogramos por hectárea al año, cuando el pH del suelo está muy bajo.

Piña

Temporada de Cultivo.

Su período de cultivo es de 13 meses, utilizando acelerador para estimular la producción. Después de una o dos cosechas se corta la planta.

Principales Problemas.

Las áreas donde se cultiva piña deben mantenerse limpias de maleza con chapias, pero esto produce mayor erosión en el terreno.

Empleo de Agroquímicos.

Debido a que tiene un sistema radical deficiente, los fertilizantes se aplican vía foliar, por lo tanto, pueden lavarse fácilmente. Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 9:

**Tabla 9. Nombres Genéricos de Plaguicidas
Utilizados en el Cultivo de Piña**

Herbicidas	Paraquat, Atrazina, Ametrina, Glifosato
Insecticidas	Malation, Carbaril, Etoprop, Oxamil, Fenamifos, Malation
Fungicidas	Metalaxil, Fosetil-al

Fuente: Carlos Luis Loría, entrevista, 1997.

Naranja

Temporada de Cultivo.

La naranja se cultiva en durante todo el año.

Principales Problemas.

Al igual que con el cultivo de piña, las áreas donde se siembra naranja deben mantenerse limpias de maleza con chapias, pero esto produce mayor erosión en el terreno.

Empleo de Agroquímicos.

Casi no se usan insecticidas químicos. Lo que más se usa es aceite agrícola. Para la fertilización, normalmente se agregan dosis razonables de 200g de 10-30-10 ó 12-24-12, bien distribuidos desde el fondo hasta la superficie. Posterior a esto, los árboles se pueden fertilizar unas tres veces por año consecutivo. Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 10:

**Tabla 10. Nombres Genéricos de Plaguicidas
Utilizados en el Cultivo de Naranja**

Herbicidas	Paraquat, Glifosato
Insecticidas	Diazinon, Triclorfon, Clorpirifos, Abamectina
Fungicidas	Ferbam
Otros	Boro

Fuente: Carlos Luis Loría, entrevista, 1997.

Mango

Temporada de Cultivo.

El mango se cultiva durante todo el año, aunque los árboles cosechan sólo una vez en este lapso.

Empleo de Agroquímicos.

Los plaguicidas más utilizados en este cultivo se muestran en la tabla 11:

**Tabla 11. Nombres Genéricos de Plaguicidas
Utilizados en el Cultivo de Mango**

Insecticidas	Malation
Fungicidas	Captan, Ferbam

Fuente: Carlos Luis Loría, entrevista, 1997.

Para inducir la floración, se le aplica *Nitrato de Potasio* (2 kg por estañón de 200 l). Como se puede ver en la tabla 8, para el cultivo de mango se utilizan muy pocos plaguicidas, en comparación con los demás cultivos incluidos en este análisis; sin embargo, se está tratando de que la cosecha salga en verano para que hayan menos moscas y por ende menos enfermedades, para así poder reducir aún más el uso de agroquímicos.

Algunas Ideas.

1. La contaminación del ambiente a causa de accidentes relacionados con el manejo de plaguicidas, representa un peligro a corto y largo plazo, tanto para el ser humano como para el ambiente que lo rodea. Uno de los mayores problemas relacionados con la contaminación por agroquímicos es el manejo de los desechos más que la aplicación a los cultivos.
2. La dinámica de los residuos de plaguicidas en la atmósfera está ligada a los fenómenos de vaporización y adsorción.
3. La dinámica de los residuos de plaguicidas en el suelo está, en gran parte, a los procesos de adsorción, partición y lixiviación.
4. La movilidad de los residuos de plaguicidas sobre la superficie del suelo y a través de su perfil, está influida tanto por la cantidad y la calidad de agua presente, como por las propiedades físicas y químicas del suelo y su interacción con tres propiedades claves de los plaguicidas: la solubilidad en agua, la adsorción al suelo y su persistencia. Esta última está, a su vez, fuertemente ligado a las condiciones ambientales imperantes en el suelo, tales como humedad, temperatura, oxigenación y acidez, así como a la calidad y la cantidad de microflora y microfauna predominante en el sustrato en cuestión.
5. La dinámica de los plaguicidas en el suelo está estrechamente relacionada con su ciclo en la naturaleza. Las principales vías de acceso de los plaguicidas a las aguas superficiales son:
 - Aplicaciones directas.
 - Deriva durante la aplicación.
 - Erosión eólica de partículas de suelo con residuos de plaguicidas adheridos.
 - Erosión hídrica (con las lluvias o el riego) de las capas superficiales del suelo contaminados con residuos de plaguicidas.
 - Lavado de los residuos localizados sobre las superficies de aplicación.
 - Lavado pluvial o por labores de riego por aspersion de los residuos que se encuentran en el aire.
6. De los cultivos estudiados, los que utilizan más agroquímicos son el café y las hortalizas. El primero porque, aunque no requiere muchos de estos insumos, por ocupar áreas tan extensas, utiliza una cantidad importante. Las hortalizas, a pesar de cultivarse en parcelas de menor tamaño, sí requieren del uso de muchos agroquímicos. Es importante destacar que, a nivel nacional, el producto agrícola al que

se le aplican más agroquímicos es el banano, sin embargo, en la Cuenca del Río Grande de San Ramón no existen plantaciones importantes de este cultivo.

7. Los agroquímicos aplicados a los cultivos se dividen en fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas.
8. Los fertilizantes más empleados son Fósforo, Nitrógeno y Potasio.
9. Los herbicidas que se utilizan en un mayor número de productos son Glifosato y Paraquat.
10. Los insecticidas que se utilizan en un mayor número de productos son Carbaril y Malation.
11. Los fungicidas que se utilizan en un mayor número de productos son Ferbam, Benomil, Captan y Clorotalonil.
12. Las concentraciones de fertilizantes aplicadas a los frutales son mucho más bajas y se aplican menos veces al año que en las hortalizas, pero las extensiones de los cultivos son mucho mayores.

Las aguas residuales domésticas tienen un alto contenido de jabón, al no existir plantas de tratamiento son depositadas directamente al río. A continuación se presenta un resumen de los principales problemas que podrían ocasionar los detergentes sintéticos, su composición y una clasificación de los más utilizados en el país.

ANEXO I.C Detergentes

Detergentes Sintéticos.

Los detergentes sintéticos son muy utilizados hoy en día tanto a nivel doméstico como a nivel industrial, pero especialmente en los hogares. Se emplean en mayor proporción que los jabones, pues se consideran agentes limpiadores más efectivos y cuando se utilizan no sufren cambio por efecto de ácidos, álcalis o metales alcalinotérreos.

Sin embargo, los detergentes constituyen un problema en el tratamiento de aguas debido a las mismas propiedades que los hacen tan útiles. Estos disminuyen la tensión superficial del agua de forma que aumentan su capacidad para humedecer las sustancias con las que entran en contacto, emulsifican las grasas y los ácidos, peptizan o defloculan los coloides, provocan la flotación de los sólidos y permiten la formación de espumas e incluso pueden destruir bacterias y otros organismos vivientes útiles para la recuperación de las aguas.

Composición de los Detergentes.

Los detergentes sintéticos contienen compuestos orgánicos que se emplean para humectar, penetrar, emulsificar, dispersar, solubilizar, espumar, lavar o limpiar denominados agentes tensoactivos. Estos están formados por una cadena hidrocarbonada que constituyen la parte lipofílica o hidrofóbica del compuesto y un grupo terminal altamente polar (grupos carboxílicos, sulfónicos o cadenas etoxiladas) que constituyen la parte hidrofílica.

Los componentes que le brindan sus principales propiedades a los detergentes son los agentes activos superficiales (surfactantes o tensoactivos) y los vehículos (builders).

La parte surfactante que, en un detergente que forma una elevada cantidad de espuma, contiene de un 10% a 30% del producto sólido, penetra entre la partícula de suciedad y la tela, ayudando a remover la suciedad cuando la mezcla es agitada. Por otro lado, los vehículos conforman la base o la estructura de los detergentes y se encuentran entre un 25% y un 40% de la parte sólida. Estos son fosfatos complejos ligeramente alcalinos, los cuales ayudan a formular el producto limpiador por sus propiedades de suspender la suciedad y de desendurecer el agua.

De acuerdo a los agentes tensoactivos que contienen se tiene que se producen tres diferentes tipos de detergentes:

- Detergentes aniónicos: como grupos solubles normalmente contienen sulfatos y sulfonatos de sodio. Estos, en especial los sulfonatos, son los más utilizados, pues cuestan poco y son estables en aguas duras.
- Detergentes catiónicos: contienen principalmente compuestos cuaternarios de amonio. Estos poseen se caracterizan por sus propiedades bactericidas y bacterioestáticas, sin embargo, son muy costosos y no se usan mucho en la industria ni en el hogar.
- Detergentes noiónicos: como los productos de condensación del óxido de etileno con materiales fenólicos o ácidos grasos. Estos poseen una aplicación industrial mayor que la doméstica.

Las diferencias entre los jabones y los detergentes sintéticos usados para lavar, estriban principalmente en las proporciones y los tipos de los agentes tensoactivos y los vehículos utilizados. Los productos jabonosos caseros suaves emplean cantidades muy bajas de vehículo y un porcentaje muy elevado de surfactante (hasta un 90% de la formulación), contrario a lo que ocurre en el caso de los detergentes sintéticos.

Dentro de los agentes tensoactivos más empleados a nivel mundial en los detergentes sintéticos de utilización doméstica, los denominados alquilbencensulfonatos de cadena ramificada (ABS) se degradan lentamente, mientras que los alquilsulfonatos lineales o de cadena recta (LAS) se degradan más

rápidamente con una velocidad similar a la de las aguas residuales domésticas. Estos últimos han venido remplazando a los ABS en las formulaciones actuales de detergentes. Otros, también utilizados a nivel doméstico, son los sulfonatos alfa olefinicos (AOS).

Los demás componentes de las formulaciones de los detergentes caseros, como los aglutinadores misceláneos e ingredientes menores tales como perfumes y sulfatos inorgánicos, son una minoría en la formulación y no se considera que posean efectos importantes sobre el agua.

Problemas de Contaminación Ambiental causados por los Detergentes.

El componente más tóxico de los detergentes sintéticos de uso doméstico es el agente tensoactivo. En esta parte se hace especial referencia a los detergentes aniónicos, específicamente a los que contienen ABS como agente tensoactivo, pues son los de mayor uso en el país.

Estudios realizados en EEUU e Inglaterra han establecido que el límite de toxicidad del ABS oscila entre 3.5 y 4.0 mg./l., pudiendo descender hasta 3.0 mg./l. en aguas de alta dureza o en aguas con concentraciones de Oxígeno Disuelto (O.D.) muy bajas

Entre las principales dificultades causadas por un alto contenido de detergentes en aguas potables y de desecho se encuentran las siguientes:

- La aparición de espuma en los cuerpos receptores de aguas negras, lo cual se considera indeseable desde el punto de vista estético.
- Cuando se presentan concentraciones cercanas a los 3 mg/l (3 ppm) y más, se producen daños evidentes a los peces. La gravedad de los mismos depende del tipo de especies, el tipo de agente tensoactivo y el pH, entre otros factores.
- Como resultado de la presencia de polifosfatos en aguas se produce un crecimiento de algas que conlleva a la eutroficación de las aguas superficiales, especialmente en lagos.
- Ciertas concentraciones de ABS en el agua potable pueden resultar dañinas para el ser humano, pues causan problemas de la piel y desordenes intestinales.
- En las aguas de irrigación se consideran inadecuadas las altas concentraciones de ABS.
- Ante la presencia de detergentes en el agua, la transferencia de oxígeno del aire a las aguas superficiales se dificulta, de forma que se disminuyen los procesos de autodepuración.
- Los agentes tensoactivos son los causantes de la formación de espuma en las aguas superficiales y, además de ser estéticamente desagradable, otros contaminantes, incluyendo patógenos, pueden concentrarse en la espuma.

Además, los agentes tensoactivos presentes en las aguas de desechos representan dificultades en su tratamiento. De estas, se pueden mencionar las siguientes:

- Cuando se presentan concentraciones mayores a 0.5 ppm de agentes tensoactivos y dependiendo de la naturaleza de las sustancias contaminantes presentes, se pueden formar espumas estables en la planta de tratamiento con el sistema de lodos activados, las cuales impiden la transferencia de oxígeno.
- Cuando las concentraciones presentes son de 100 a 1000 ppm o más, se produce una inhibición del crecimiento bacterial, especialmente si se trata de detergentes catiónicos. Esta inhibición depende de las especies microbianas y el pH, entre otros factores.
- La grasa presente en el agua tiende a emulsificarse por la acción de los detergentes y produce problemas cuando pasa por el tratamiento secundario.
- Se da un fenómeno de formación de sólidos suspendidos que reduce la remoción de estos en el tratamiento primario.

Degradabilidad de los Detergentes.

Experimentos llevados a cabo en el Laboratorio de Investigaciones de la Contaminación del Agua en Inglaterra mostraron que una concentración de 3.0 mg./l. de ABS ejercería un efecto tóxico a través de los 3 meses subsiguientes a menos que se traten las aguas. Por lo tanto se concluye que la biodegradabilidad de los detergentes sintéticos es casi nula, agravando esto el grado de peligro que representan en la contaminación de las aguas de los ríos.

Los detergentes, cuyo agente tensoactivo está constituido por sulfonatos alquibencénicos ramificados (ABS), poseen excelentes características detergentes, pero ofrecen una resistencia relativamente muy fuerte a la degradación biológica, debido justamente a la estructura ramificada de la molécula.

Sin embargo, la biodegradabilidad de los sulfonatos con estructura alquímica lineal (LAS) es mucho más alta. Esto se debe a que el ataque microbiano comienza en los dos lados de la cadena de forma que el tensoactivo pierde su actividad superficial y consecuentemente su capacidad para espumar. Luego, el ataque microbiano continúa hasta consumir toda la cadena hidrocarbonada quedando solamente benceno con un grupo sulfónico, el cual se convierte en un ácido que es fácilmente degradado.

En Costa Rica, actualmente el componente activo de los detergentes fabricados es el ABS, sin embargo sería conveniente evaluar la posibilidad técnica y económica de sustituirlo parcialmente por sulfatos de alcoholes naturales provenientes de la palma, del coquito, del coco o del sebo. Esta variación permitiría economizar divisas al país al no tener que importar el ABS y aportaría el beneficio de utilizar productos altamente degradables, colaborando con la disminución de la contaminación de las aguas.

Contenido de Detergentes en las Aguas Superficiales de Costa Rica.

Una parte de la carga orgánica doméstica en los ríos que desaguan áreas muy pobladas se debe a los detergentes. Este tipo de contaminación, según un estudio realizado por el CICA en 1981, se da principalmente en los ríos que desaguan áreas muy pobladas como San José, Cartago, Heredia y Alajuela y para ese año ya se detectaba visualmente en los ríos Virilla, Bermúdez, Alajuela, María Aguilar y Toyogres. Actualmente, este podría ser el caso también de la ciudad de San Ramón, la cual descarga las aguas servidas a los ríos.

Los resultados de este estudio y de otro realizado por Garro, Minor¹ indican que hay una alta contaminación por detergentes aniónicos poco degradables en los ríos mencionados anteriormente. En la tabla No. 1 se muestran las concentraciones máximas de ABS registradas en 1977 y 1981 en los principales ríos de la Gran Área Metropolitana (GAM).

Tabla No. 1. Concentraciones promedio máximas de ABS en los principales ríos de la GAM.

<i>Río</i>	<i>1977 (mg/l)</i>	<i>1981 (mg/l)</i>
<i>Tiribí</i>	1.20	1.70
<i>Ocloro</i>	7.40	5.75
<i>Torres</i>	1.60	1.90
<i>Virilla</i>	0.67	1.50
<i>María Aguilar</i>	2.50	5.80

Fuente: Garro Aguilar, Minor. Contenido y Contaminación de Detergentes Aniónicos en Aguas Superficiales del Área Metropolitana. Proyecto de Graduación. Escuela de Química, UCR. 1982.

¹ Garro Aguilar, Minor. Contenido y Contaminación de Detergentes Aniónicos en Aguas Superficiales del Área Metropolitana. Proyecto de Graduación. Escuela de Química. UCR. 1982

Estas concentraciones se encuentran en general cercanas e incluso por encima de los límites a partir de los cuales se presentan efectos adversos en las aguas por la presencia de agentes tensoactivos: la formación de espumas se da a partir de 0.1-0.5 mg/l, aparición de olor y color desagradables a partir de 0.4-3 mg/l y con concentraciones de 3 mg/l las aguas presentan niveles de toxicidad considerables.

Dado el crecimiento poblacional e industrial producido desde 1981 hasta ahora, es muy probable que se haya incrementado el consumo de detergentes y por consiguiente, la concentración de los mismos en las aguas superficiales. Es, por tanto, necesario lograr un cambio en la composición de los detergentes existentes en el mercado nacional, de forma que estos sean más degradables y se disminuya el impacto sobre los medios acuáticos.

Composición de los Detergentes de Mayor Consumo a Nivel Nacional.

En la tabla No. 2 se muestran los agentes tensoactivos que componen los detergentes que más se utilizan en Costa Rica.

Tabla No. 2. Detergentes utilizados en Costa Rica y su clasificación de acuerdo al agente tensoactivo.

Detergente	Ingredientes	Clasificación según agente tensoactivo	Tipo de cadena
Rinso	Alquil Benceno, Sulfonato de Sodio Lineal, Tripolifosfato de sodio, silicato de sodio, SCMC, carbonato de sodio y enzimas.	Aniónico	Lineal (LAS)
ARIEL	Sulfato de sodio, fosfato de sodio, Alquil Aril Sulfonato de Sodio, Tensoactivo Catiónico, carbonato de sodio, silicato de sodio y enzimas. En Inglés cita como ingrediente: Tensoactivos Aniónicos	Aniónico	Ramificado (ABS)
IREX	Dodecil Benceno Sulfonato de Sodio, carbonato de sodio, silicato de sodio y tripolifosfato de sodio.	Aniónico	Ramificado (ABS)
Fórmula 3	Sulfato de sodio, dodecil benceno sulfonato de sodio, silicato de sodio, tripolifosfato de sodio, carbonato de sodio.	Aniónico	Ramificado (ABS)
O.K.	Surfactantes aniónicos, tripolifosfato de sodio, carbonato de sodio, silicato de sodio, enzimas, sulfato de sodio, blanqueador óptico.	Aniónico	Ramificado (ABS)
Fab Total	Alquil bencen Sulfonato de sodio, Tripolifosfato de sodio, Carbonato de sodio, Silicato de sodio, Poliacrilatos, Enzimas, Arcillas sintéticas, ácidos grasos, y blanqueador óptico.	Aniónico	Ramificado (ABS)
AVOX	Alkyl sulfonato de sodio, Tripolifosfato de sodio, Carbonato de sodio, Silicato de sodio.	Aniónico	Ramificado (ABS)
Coral	Alquil Benceno Sulfato de Sodio Lineal, Tripolifosfato de sodio, silicato de sodio, SCMC, Carbonato de sodio y enzimas.	Aniónico	Lineal (LAS)

Detergente	Ingredientes	Clasificación según agente tensoactivo	Tipo de cadena
XEDEZ (Audaz)	Alquil Aril, Sulfonato de Sodio y No-iónico, enzimas, fosfato de sodio y silicato de sodio.	Aniónico – Noiónico	Ramificado (ABS)
Lavolán Líquido	Dodecil bencen sulfonato de sodio, cocoamida, nonifenol etoxilato, EBTA, tripolifosfato sódico, preservante, sulfato de sodio, cloruro de sodio.	Aniónico	Ramificado (ABS)
Rendidor	Dodecil bencen sulfonato de sodio, STPP, silicato de sodio, carbonato de sodio, sulfato de sodio, blanqueadores ópticos.	Aniónico	Ramificado (ABS)

Fuente: Información recolectada por el personal de ProDUS

Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales publicado el jueves 19 de junio de 1997 en el Diario Oficial La Gaceta.

Capítulo I: Disposiciones Generales

Capítulo II: Parámetros de análisis obligatorios

Capítulo III: Muestreo, análisis y reportes operaciones

Capítulo IV: Límites para el vertido de aguas residuales

Capítulo V: Reuso de aguas residuales

Capítulo VI: Prohibiciones

Capítulo VII: Sanciones

Anexo II Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales

LA GACETA

Diario Oficial

Precio e 55.00

AÑO CXIX

La Uruca, San José, Costa Rica, Jueves 19 de junio de 1997

Nº 117 — 48 Páginas

CONTENIDO

	Pág.
PODER LEGISLATIVO	
Leyes.....	1
PODER EJECUTIVO	
Decretos.....	4
Acuerdos.....	9
DOCUMENTOS VARIOS	10
TRIBUNAL SUPREMO DE ELECCIONES	
Resoluciones.....	22
Edictos.....	29
LICITACIONES	30
ADJUDICACIONES	30
REMATES	31
INSTITUCIONES DESCENTRALIZADAS	31
REGIMEN MUNICIPAL	33
AVISOS	34
NOTIFICACIONES	47
FE DE ERRATAS	48

PODER LEGISLATIVO

LEYES

Nº 7673

FONDO DE BENEFICIO SOCIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL

LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPUBLICA DE COSTA RICA, DECRETA:

Artículo 1º—Definición

El Fondo de beneficio social de los trabajadores de la Universidad Nacional, conocido como Fondo de beneficio social, es una organización sin fines de lucro subjetivo, orientada a la consecución del bienestar socioeconómico tanto de los trabajadores de la Universidad Nacional afiliados a él, como de sus familias.

Artículo 2º—Recursos

El Fondo será financiado con los siguientes recursos:

- El monto correspondiente al dos y medio por ciento (2.5%) mensual que aportará la Universidad Nacional del total de salarios pagados mensualmente a sus trabajadores.
- El aporte voluntario mínimo del dos y medio por ciento (2.5%) mensual del salario total afiliado.
- El monto que la UNA presupueste anualmente para preaviso y auxilio de cesantía. Esta partida estará a disposición de la Universidad, cada vez que deba efectuar erogaciones por dichos conceptos.
- Las donaciones u otros ingresos que el Fondo logre.
- Las actividades comerciales sin fines de lucro, que estén reguladas y amparadas por el ordenamiento jurídico, y se orienten a fomentar y consolidar el bienestar socioeconómico de los afiliados y sus familias.

Artículo 3º—Actuación

El Fondo, de conformidad con sus funciones de carácter social, podrá adquirir derechos, contraer obligaciones de cualquier naturaleza y realizar gestiones en favor de sus afiliados, ante instituciones públicas o privadas. Además, contará con un reglamento aprobado por las partes.

Artículo 4º—Personalidad jurídica

Otorgase personalidad jurídica al Fondo de Beneficio Social, con el objeto de que se constituya como persona de derecho, capaz de adquirir

derechos y contraer obligaciones para el cumplimiento de sus fines actividades y proyectos, tanto de naturaleza pública como privada.

Artículo 5º—Junta Directiva

El Fondo de Beneficio Social será administrado por una Junta Directiva, integrada en la siguiente forma:

- Tres representantes de los trabajadores, nombrados por el Sindicato de trabajadores de la Universidad Nacional.
- Tres representantes de la Universidad Nacional, nombrados por el Rector.

Los miembros permanecerán dos años en sus cargos y podrán ser reelegidos.

El Fondo tendrá su propia administración y podrá dictar sus reglamentos.

Artículo 6º—Políticas de crédito

La Junta Directiva definirá políticas de crédito, tasas de interés de carácter social y otros tipos de tasas.

Artículo 7º—Duración del Fondo

El Fondo de Beneficio Social tendrá duración indefinida. Sin embargo, en caso de disolución o liquidación por insolvencia o quiebra, sus afiliados tendrán prelación sobre cualquier otro acreedor o deuda contraída por la organización. En el proceso de disolución o liquidación, los trabajadores poseerán el rango de acreedores privilegiados de primer grado.

En la disolución o liquidación, se seguirán las regulaciones establecidas por el Código de Comercio y el Código Procesal Civil; pero siempre se dará prioridad a los trabajadores afiliados, como acreedores privilegiados de primer grado.

Artículo 8º—Supervisión

El Fondo de Beneficio Social y sus operaciones serán supervisados por la Contraloría de la Universidad Nacional, la Superintendencia General de Entidades Financieras u otra instancia que determine la Ley de Modernización del Sistema Financiero de la República, Nº 7107 del 4 de noviembre de 1988.

Artículo 9º—Derogación

Derógase el artículo 167 de la Ley de Presupuesto Extraordinario, No. 6995 del 24 de julio de 1985.

Rige a partir de su publicación.

Comisión Legislativa Plena Segunda.—Aprobado el anterior proyecto el día veintinueve de mayo de mil novecientos noventa y siete.—Luis Antonio Martínez Ramírez, Presidente.—Gerardo Fuentes González, Secretario.

Comunicase al Poder Ejecutivo

Asamblea Legislativa.—San José, a los treinta días del mes de mayo de mil novecientos noventa y siete.—Saul Weisleder, Weisleder, Presidente.—Mario Alvarez Gonzalez, Primer Secretario.—Jose Luis Velásquez Acuña, Segundo Secretario.

Dado en la Presidencia de la Republica.—San José, a los tres días del mes de junio de mil novecientos noventa y siete.

Ejecutese y publíquese

JOSE MARIA FIGUERES OLSEN.—El Ministro de Educación Pública, Dr. Eduardo Doryan Garrón.—1 vez.—C-9500.—(34600).

PODER EJECUTIVO

DECRETOS

Nº 26042-S-MINAE

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA Y LOS MINISTROS DE SALUD Y DEL AMBIENTE Y ENERGIA.

En ejercicio de las facultades que les confieren los artículos 140 incisos 3 y 18 de la Constitución Política; 27.1 de la Ley General de Administración Pública; 291, 292, 298 y 304 de la Ley Nº 5395 del 30 de octubre de 1973 "Ley General de Salud"; 69 y 132 de la Ley Nº 7317 del 30 de octubre de 1992 "Ley de Conservación de la Vida Silvestre".

1°—Que proteger el recurso hídrico es proteger la salud del hombre y la vida sobre la tierra, y es un elemento sustancial para alcanzar el desarrollo sostenible del país.

2°—Que siendo la contaminación de las aguas uno de los problemas de mayor incidencia negativa en nuestro entorno ambiental, resulta prioritario adoptar medidas de control para el vertido de agentes contaminantes en manantiales, zonas de recarga, ríos, quebradas, arroyos permanentes o no permanentes, lagos, lagunas, marismas, embalses naturales o artificiales, estuarios, manglares, turberas, pantanos, aguas dulces, salobres o saladas, y en general en las aguas nacionales.

3°—Que la contaminación de los cuerpos de agua favorece la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica, reduce el número de fuentes disponibles, eleva los costos para el abastecimiento de agua para consumo humano y pone en peligro de extinción a muchas especies de nuestra flora y fauna.

4°—Que para una mejor calidad de vida de las futuras generaciones debemos proteger las aguas nacionales y reducir los altos índices de contaminación.

5°—Que el decreto ejecutivo 24158-MIRENEM-S del 21 de abril de 1995 ha sido revisado por un comité técnico compuesto por representantes del Ministerio de Salud, el Ministerio del Ambiente y Energía, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, el Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica, la Asociación Costarricense de Recursos Hidráulicos y Saneamiento Ambiental, la Cámara de Industrias de Costa Rica, la Defensoría de los Habitantes de la República, y la Representación de la Organización Panamericana de la Salud en Costa Rica, así como otras organizaciones y personas interesadas.

6°—Que la revisión citada en el considerando anterior dio como resultado la propuesta del presente Reglamento para Verter y Reusar Aguas Residuales, la cual fue sometida a un proceso de consulta pública que culminó con un Seminario-Taller de participación abierta, de modo que todos los sectores involucrados en la gestión de las aguas residuales pudieran someter sus observaciones a consideración del Comité Técnico.

7°—Que por lo aquí expuesto, se considera necesario y oportuno emitir nuevas normas sobre el vertido y reuso de aguas residuales. Por tanto,

DECRETAN:

El siguiente:

REGlamento DE VERTIDO Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES CAPITULO I

Disposiciones generales

Artículo 1°—Objetivos y alcances

El presente Reglamento tiene por objetivo la protección de la salud pública y del ambiente, a través de una gestión ambientalmente adecuada de las aguas residuales. Será aplicable en todo el territorio nacional para el manejo de las aguas residuales, que independiente de su origen sean vertidas o reusadas.

Artículo 2°—Definiciones

Se establecen las siguientes definiciones para la mejor interpretación del presente Reglamento:

Aforo: medición de caudal.

Agente contaminante: toda aquella sustancia cuya incorporación a un cuerpo de agua natural conlleva el deterioro de la calidad física, química o biológica de este.

Agua residual: agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes. Para los efectos de este Reglamento, se reconocen dos tipos: ordinario y especial.

Agua residual de tipo ordinario: agua residual generada por las actividades domésticas del hombre (uso de inodoros, duchas, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, etc.)

Agua residual de tipo especial: agua residual de tipo diferente al ordinario.

Alcantarillado pluvial: red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas de lluvia hasta su punto de vertido.

Alcantarillado sanitario: red pública de tuberías que se utilizan para recolectar y transportar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento y vertido.

Caudal: volumen de agua por unidad de tiempo.

CIU: Código Internacional Industrial Unificado

Cuerpo receptor: es todo aquel manantial, zonas de recarga, río, quebrada, arroyo permanente o no, lago, laguna, marisma, embalse natural o artificial, estuario, manglar, turbera, pantano, agua dulce, salobre o salada, donde se vierten aguas residuales.

DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxígeno, medida a los cinco días y a 20 grados centígrados.

Efluente: un líquido que fluye hacia afuera del espacio confinado que lo contiene. En el manejo de aguas residuales se refiere al caudal que sale de la última unidad de conducción o tratamiento.

Ente generador: persona física o jurídica, pública o privada, responsable del reuso de aguas residuales, o de su vertido en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario.

Muestra simple: es aquella muestra tomada en un corto período, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

Muestras compuestas: dos o más muestras simples que se mezclan en proporciones conocidas y apropiadas para obtener resultado promedio de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo.

Recirculación: aprovechamiento del agua residual, tratada y dentro del espacio confinado en que se genera el agua residual.

Reuso: aprovechamiento de un efluente antes o en vez de su ver

Sistema de tratamiento: conjunto de procesos físicos, químicos biológicos, cuya finalidad es mejorar la calidad del agua residual a la se aplican.

Artículo 3°—Todo ente generador será sujeto de aplicación e establecido en la Ley General de Salud y en el artículo 132 de la Ley Conservación de Vida Silvestre. Los edificios, establecimientos instalaciones a su cargo deberán estar provistos de los sistemas tratamiento necesarios para que sus aguas residuales cumplan con disposiciones del presente Reglamento, y se eviten así perjuicios a la silvestre, a la salud, o al bienestar humano.

Artículo 4°—Todo ente generador, con excepción de las viviendas estará en la obligación de confeccionar reportes operacionales, que de presentar periódicamente ante las siguientes entidades:

- Si el efluente es reusado o vertido a un cuerpo receptor a la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud.
- Si el efluente es vertido a un alcantarillado sanitario al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y al administrador del alcantarillado.

Artículo 5°—Los reportes operacionales deberán contener e mínimo la siguiente información, según las guías que redactara la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud

- Registro de aforos
- Registro de análisis de laboratorio.
- Registro de accidentes y situaciones anómalas.
- Evaluación del estado actual del sistema.
- Plan de acciones correctivas.

Artículo 6°—Todos los costos relacionados con la elaboración los reportes operacionales serán sufragados por el ente generador.

Artículo 7°—Para los efectos de este Reglamento, los reportes laboratorio de análisis de aguas residuales deberán provenir de laboratorio acreditados en los ensayos respectivos, de acuerdo con la legislación vigente (artículo 8 de la Ley N° 7472, decreto que emite las Normas 45 y decreto N° 24662-MEIC-S-MAG-MIRENEM-MOPT-PLAN del 27 de setiembre de 1995 "Sistema Nacional de la Calidad").

Artículo 8°—Salvo que el Ministerio de Salud, el Ministerio Ambiente y Energía y el Instituto Costarricense de Acueducto Alcantarillados, de común acuerdo indiquen otra cosa, para los efectos de este Reglamento, los reportes de laboratorio de análisis de aguas residuales deberán referirse a:

- La especie analizada que se indica en las Tablas 1, 5 y 6, que parte integral del presente Reglamento
- El contenido total, en el caso de los metales pesados.
- Al método de absorbencia integrada, en el caso del color.
- A equivalentes de ABS, indicando el peso molecular del pat ABS, en el caso de las sustancias activas que reaccionan al azul metileno.
- A los parámetros indicados por el Ministerio de Salud, el Ministerio del Ambiente y Energía y el Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillados, de común acuerdo, en el caso de metales pesados y plaguicidas.

Artículo 9°—Para los efectos de este Reglamento, los métodos referencia para análisis de aguas residuales serán los indicados en decreto N° 25018-MEIC, publicado en "La Gaceta" N° 59 del 25 de marzo de 1996 y sus eventuales reformas. Los análisis deberán ser practicados muestras recolectadas por personal del laboratorio en cuestión, acreditado de acuerdo con el decreto N° 24662-MEIC-S-MAG-MIRENEM-MOPT-PLAN del 27 de setiembre de 1995 "Sistema Nacional de la Calidad".

Artículo 10.—La División de Saneamiento Ambiental, Ministerio de Salud, procederá a emitir la certificación de la calidad agua que estipula el artículo 132 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, con base en el análisis de los reportes operacionales presentados por los entes generadores y su confrontación con las normas contenidas en el presente Reglamento, pudiendo además realizar inspecciones sanitarias para comprobar la validez de dichos reportes.

Artículo 11.—Créase el Comité Técnico de Revisión del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, el cual será integrado por un máximo de dos representantes, titular y suplente, y orientación técnica afín al contenido del presente Reglamento provenientes de cada una de las siguientes instituciones:

- Ministerio de Salud.
- Ministerio del Ambiente y Energía.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
- Consejo Nacional de Rectores.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica.
- Colegio Federado de Químicos e Ingenieros Químicos de Costa Rica.
- Colegio de Microbiólogos y Químicos Clínicos de Costa Rica.
- Asociación Costarricense de Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental.

l) Unión Costarricense de Camareros y Asociaciones de la Empresa Privada.
k) Federación Costarricense para la Conservación del Ambiente.

Artículo 12.—El presente Reglamento deberá ser revisado y actualizado de ser necesario, por el Poder Ejecutivo, para lo cual podrá solicitar la asistencia del Comité de Revisión mencionado en el artículo anterior, en intervalos no mayores de tres años, o cuando el Ministerio de Salud o el Ministerio del Ambiente y Energía lo soliciten. La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud recibirá para consideración toda observación al Reglamento que cualquier persona física o jurídica le haga llegar por escrito. Las recomendaciones del Comité de Revisión podrán ser sometidas a consulta pública. En cada revisión serán particularmente evaluados los límites de vertido contenidos en el Capítulo V del presente Reglamento, de manera que estos tiendan a converger a una misma magnitud en la carga contaminante real que se vierta en las aguas residuales.

CAPITULO II

Parámetros de análisis obligatorio

Artículo 13.—El presente capítulo establece los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que deberán ser analizados en las aguas residuales que se viertan en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario, tanto para efectos de trámites de proyectos, como para la confección de reportes operacionales.

Artículo 14.—En las aguas residuales de tipo ordinario se deberán analizar los siguientes parámetros:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_{5,20}).
- b) Potencial hidrógeno (pH).
- c) Grasas y aceites (GyA).
- d) Sólidos sedimentables (SSed).
- e) Sólidos suspendidos Totales (SST).
- f) Coliformes fecales (CF).

Los coliformes fecales sólo serán de análisis obligatorio si las aguas residuales fueren vertidas en cuerpos de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, si se originasen en hospitales u otros centros de salud, en laboratorios microbiológicos, o en los casos particulares que la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud establezca.

Artículo 15.—En las aguas residuales de tipo especial, se deberán analizar los siguientes parámetros:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_{5,20}).
- b) Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- c) Potencial hidrógeno (pH).
- d) Grasas y aceites (GyA).
- e) Sólidos sedimentables (SSed).
- f) Sólidos suspendidos Totales (SST).
- g) Temperatura (T).

Artículo 16.—Además de los parámetros mencionados en el artículo anterior, en las aguas residuales generadas por las actividades clasificadas dentro de los siguientes grupos, se deberán analizar también los parámetros indicados en la Tabla 1 del Apéndice.

Artículo 17.—La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, el Ministerio del Ambiente y Energía y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, de común acuerdo, podrán exigir el análisis de otros parámetros que a su juicio resulten relevantes en cada caso particular. En estos casos el ente generador será notificado previamente de la disposición, con el fin de considerar sus observaciones al respecto.

CAPITULO III

Muestreo, análisis y reportes operacionales

Artículo 18.—Las frecuencias establecidas por el presente capítulo son las mínimas requeridas para la confección y presentación de los reportes operacionales. Su aplicación se limita a los vertidos de aguas residuales en cuerpos receptores o en alcantarillados sanitarios.

Artículo 19.—Para la vigilancia de los efluentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario, las frecuencias mínimas de muestreo y análisis serán las establecidas en la Tabla 2 del Apéndice, que es parte integral del presente Reglamento.

Artículo 20.—Para la vigilancia de los vertidos de aguas residuales de tipo especial, las frecuencias mínimas de muestreo y análisis serán las establecidas en la Tabla 3 del Apéndice, que es parte integral del presente Reglamento.

Artículo 21.—Los análisis de aguas residuales deberán practicarse en muestras compuestas.

Artículo 22.—Las frecuencias mínimas para la presentación de los reportes operacionales serán las indicadas en la Tabla 4 del Apéndice, que es parte integral del presente Reglamento. Para aquellos entes generadores que sólo viertan aguas residuales en periodos iguales o menores a cinco meses al año no se aplicará la Tabla 4, sino que deberán presentar tres reportes equidistantes en el tiempo que dure cada ciclo de generación.

Artículo 23.—La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, el Ministerio del Ambiente y Energía y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, de común acuerdo, podrán exigir mayores frecuencias o muestras más representativas, cuando a su juicio éstas sean necesarias para la evaluación de casos concretos. En estos casos el ente generador será notificado previamente de la disposición, con el fin de considerar sus observaciones al respecto. Los casos no comprendidos en el presente capítulo serán analizados individualmente.

Artículo 24.—El Ministerio de Salud permitirá la reducción del 50% en las frecuencias indicadas en las Tablas 2, 3 y 4 del presente Reglamento, para aquellos entes generadores que acumulen doce reportes operacionales consecutivos que cumplan con todos los requisitos establecidos en este Reglamento. En ningún caso se permitirán frecuencias mayores a un año. El incentivo de la reducción se perderá cuando el ente generador presente un reporte que incumpla en alguna forma lo dispuesto en este Reglamento. El incentivo deberá ser solicitado por el interesado.

CAPITULO IV

Límites para el vertido de aguas residuales

Artículo 25.—Los límites contenidos en el presente capítulo son límites promedio máximos, y serán de acatamiento obligatorio para todos los entes generadores. El Ministerio de Salud aceptará un rango de variación equivalente al porcentaje de error promedio del método de análisis.

Artículo 26.—Cualquier agua residual de tipo especial que sea vertida en un alcantarillado sanitario, deberá cumplir con los límites contenidos en la Tabla 5 del Apéndice, la cual forma parte integrante de este Reglamento.

Artículo 27.—Las aguas residuales de tipo ordinario que se viertan en un cuerpo receptor, deberán cumplir con los límites contenidos en la Tabla 6 del Apéndice, la cual forma parte integrante de este Reglamento. Además de esto, las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_{5,20}) y de Sólidos Suspendidos Totales (SST) no podrán superar los 50mg/l.

Estarán exentas de lo aquí indicado las aguas residuales de tipo ordinario vertidas al mar a través de un emisario submarino debidamente aprobado. Como parte del proyecto se deberá formular e implementar un programa de monitoreo de aguas marinas que permita el control de la contaminación de las costas, bahías y esteros. Los reportes operacionales de estos emisarios deberán remitirse a la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, con la frecuencia y formato establecidos por este Reglamento.

Artículo 28.—Las aguas residuales de hospitales, clínicas y otros centros de salud deberán cumplir, además de lo especificado en el artículo anterior, con un número más probable de coliformes fecales no mayor de 1000 por cada 100 ml de muestra.

Artículo 29.—Cualquier agua residual de tipo especial, que sea vertida en un cuerpo receptor, deberá cumplir con los límites contenidos en la Tabla 6 del presente Reglamento. Además de esto, las actividades especificadas en la Tabla 7 del Apéndice, que es parte integral del presente Reglamento deberán cumplir los límites allí especificados, prevaleciendo estos sobre los de la Tabla 6 en caso de incongruencia.

Artículo 30.—Para aquellos vertidos que contengan una mezcla de aguas residuales con caudales promedio diario Qi, para las que están diferentes límites de vertido (Ci), el límite de vertido C que regirá para dicha descarga será el obtenido de la siguiente relación:

$$C = \frac{\sum (Q_i * C_i)}{\sum Q_i}$$

El valor de C será revisado anualmente por la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud.

Artículo 31.—La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, el Ministerio del Ambiente y Energía y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, de común acuerdo, podrán reducir los límites de vertido contenidos en el presente capítulo en aquellos casos particulares justificados, en función de las condiciones específicas del cuerpo receptor, del caudal de vertido y de las características del establecimiento, o cuando la protección de la salud pública o de los recursos naturales así lo requiera. También definirán en cada caso los límites de vertido de las aguas residuales de tipo especial generadas por actividades no especificadas en la Tabla 7.

CAPITULO V

Reuso de aguas residuales

Artículo 32.—Se permitirá el reuso de aguas residuales cuando se demuestre a satisfacción de la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y del Ministerio del Ambiente y Energía, que este no deteriorará la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Artículo 33.—Para efectos del presente Reglamento, se clasificará el reuso de aguas residuales según los siguientes tipos:

Tipo 1: REUSO URBANO.

Riego de todo tipo de zonas verdes (campos de golf, parques, cementerios, etc.), lavado de automóviles, inodoros, combate de incendios, y otros usos con similar acceso o exposición al agua.

Tipo 2: RIEGO CON ACCESO RESTRINGIDO

Cultivo de césped, silvicultura, y otras áreas donde el acceso del público es prohibido, restringido o poco frecuente.

Tipo 3: REUSO AGRICOLA EN CULTIVOS DE ALIMENTOS QUE NO SE PROCESAN COMERCIALMENTE

Riego superficial o por aspersión, de cualquier cultivo comestible, incluyendo aquellos que se consumen crudos.

Tipo 4: REUSO AGRICOLA EN CULTIVOS DE ALIMENTOS QUE SE PROCESAN COMERCIALMENTE

Estos cultivos son aquellos que, previo a su venta al público, han recibido el procesamiento físico o químico necesario para la destrucción de los organismos patógenos que pudieran contener.

Tipo 3: REUSO AGRICOLA EN CULTIVOS NO ALIMENTICIOS

Riego de pastos para ganado lechero, forrajes, cultivos de fibras y semillas, y otros cultivos no alimenticios.

Tipo 6: REUSO RECREATIVO

Contacto incidental (pesca, canotaje, etc.) y contacto primario con aguas recuperadas.

Tipo 7: REUSO PAISAJISTICO

Aprovechamientos estéticos donde el contacto con el público no es permitido, y dicha prohibición esté claramente rotulada.

Tipo 8: REUSO EN LA CONSTRUCCION

Compactación de suelos, control del polvo, lavado de materiales, producción de concreto.

Artículo 34.—Los proyectos de reusos no especificados en el artículo anterior serán analizados y aprobados en cada caso particular por la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y el Ministerio del Ambiente y Energía.

Artículo 35.—Para la vigilancia de las aguas residuales que se reusen, las frecuencias mínimas requeridas para la toma de muestras y la realización de los análisis de laboratorio respectivos, serán las indicadas en la Tabla 8 del Apéndice, que es parte integral del presente Reglamento. La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud podrá exigir frecuencias distintas a las de la Tabla 8, en aquellos casos en que la protección de la salud pública o del ambiente así lo requieran. Los reportes operacionales deberán presentarse ante la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud en forma trimestral. Aquellos entes generadores que reusen aguas residuales en períodos discontinuos, deberán presentar tres reportes equidistantes en el tiempo que dure cada ciclo de reuso.

Artículo 36.—Cualquier agua residual, independientemente de su origen, que sea reusada, deberá cumplir con las características fisicoquímicas y bacteriológicas establecidas en las Tablas 6 y 9 del Apéndice, que son parte integral del presente Reglamento. La División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud y el Ministerio del Ambiente y Energía, de común acuerdo, podrán exigir el análisis de parámetros adicionales y la aplicación de límites más restrictivos, en aquellos casos en que la protección de la salud pública o del ambiente así lo requieran. En estos casos el ente generador será notificado previamente de la disposición, con el fin de considerar sus observaciones al respecto.

CAPITULO VII

Prohibiciones

Artículo 37.—Se prohíbe para efectos de vertido, la dilución de aguas residuales con aguas no contaminadas tales como aguas de abastecimiento, aguas de refrigeración y las provenientes de cuerpos naturales.

Artículo 38.—Se prohíbe el vertido de aguas de refrigeración y de aguas pluviales al alcantarillado sanitario; estas aguas deberán descargarse en el sistema pluvial.

Artículo 39.—Se prohíbe el vertido de lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales y de tanques sépticos a los cuerpos de agua. Para estos efectos regirán las disposiciones que al respecto emita el Ministerio de Salud.

Artículo 40.—Se prohíbe el vertido en cuerpos de agua o en cualquier sistema de alcantarillado, de materia que pudiera obstaculizar en forma significativa el flujo libre del agua, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudieran deteriorar los materiales y equipos que conforman dicho sistema. Se prohíbe también la inyección de gases.

Artículo 41.—Se prohíbe el vertido en cuerpos de agua o en cualquier sistema de alcantarillado, de aguas residuales o desechos provenientes de industrias formuladoras, reempacadoras y reenvasadoras de plaguicidas, con excepción de sus aguas residuales de tipo ordinario.

Artículo 42.—Se prohíbe el vertido en cuerpos de agua o en cualquier sistema de alcantarillado, de aguas residuales o desechos contaminados con sustancias radioactivas.

CAPITULO VIII

Sanciones

Artículo 43.—Los entes generadores que presenten un reporte operacional en el cual uno o más parámetros sobrepasen los límites máximos permisibles establecidos por el presente Reglamento, tendrán dos vías de acción:

- a) Si los valores obtenidos en el análisis en cuestión son causados por las variaciones ordinarias del sistema de tratamiento, podrá solicitar a un laboratorio acreditado la repetición del análisis de dichos parámetros, en tres días diferentes distribuidos en un periodo no mayor a quince días naturales a partir de la fecha del análisis en cuestión. Luego deberá presentar estos resultados como un adendum al reporte operacional, en un plazo no mayor de un mes luego de presentado el reporte original.
- b) Si la variación no es de tipo ordinario, porque así lo considera el ente generador o los resultados del inciso (a) así lo comprueban, entonces el ente generador tendrá un plazo de un mes a partir de la notificación para presentar un cronograma de acciones correctivas, orientado a obtener la calidad de aguas residuales que establece el presente Reglamento.

Dicho cronograma será revisado por la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, la cual emitirá su opinión respecto en un plazo no mayor de un mes a partir de su recibida. División tendrá a disposición del público una guía explicativa de los requisitos que deba cumplir el cronograma para ser recibido.

Durante el plazo definido por el cronograma aprobado, el ente generador deberá seguir presentando los reportes operacionales normalmente, según las frecuencias establecidas por el Reglamento, anexándoles un avance sobre las correcciones realizadas.

En caso de no cumplir con dicho cronograma y persistir incumplimiento de lo establecido en este Reglamento, la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud remitirá al Ministerio del Ambiente y Energía la respectiva certificación de calidad del agua, con el fin de aplicar al ente generador las sanciones estipuladas en el artículo 132 de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre. Podrá asimismo cancelar el Permiso Sanitario-Funcionamiento y ejecutar el cierre del edificio o establecimiento generador del vertido de las aguas residuales, según disposiciones de la Ley General de Salud.

Artículo 44.—Derógase el decreto ejecutivo N° 24158-MIRENE S, del 16 de febrero de 1995, publicado en "La Gaceta" N° 77 del 21 abril de 1995.

Transitorio 1°—Durante el periodo de seis meses a partir de la fecha de publicación del presente Reglamento, todo ente generador o excepción de las viviendas, deberá presentar su primer reporte operacional ante las entidades indicadas en el artículo 4.

Transitorio 2°—Durante el periodo de un año a partir de la publicación del presente Reglamento, sólo la mitad de los análisis incluidos en los reportes operacionales deberán provenir de laboratorios acreditados en los ensayos respectivos. En caso de que se presenten irregularidades o haya dudas en los análisis, el Ministerio de Salud podrá solicitar que se cotejen los análisis en un laboratorio acreditado.

APENDICE

TABLA I

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS PARA ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL

CNU	Actividad	Parámetro
2100	Explotación de minas de carbon	Sulfuros (mg/l)
2200	Producción de petróleo crudo y gas natural	Met Pesados
2301	Extracción de mineral de hierro	Met Pesados
2901	Extracción de piedra, arcilla y arena	
2902	Extracción de minerales para abonos	
2903	Extracción de sal	
2909	Extracción de minerales N.E.P.	
7510	Refrigeración y otras instalaciones de manejo de desechos	
2302	Extracción de minerales no ferrosos	Met Pesados Cianuro (mg/l)
3113	Envasado y conservación de frutas y vegetales	Plaguicidas
3118	Fábricas y refineras de azucar	Sulfuros (mg/l) Plomo (mg/l)
3211	Hilado, tejido y acabado de textiles	SAAM (mg/l)
3213	Fabricación de tejidos de punto	
3214	Fabricación de tapices y alfombras	Color
3215	Cordelería	
3219	Fabricación de textiles N.E.P.	
3233	Productos de cuero y sucedáneos excepto calzado	
3240	Calzado de cuero excepto caucho vulcanizado	
3231	Curadunas y talleres de acabado	Sulfuros (mg/l)
3232	Preparación y tejidos de pieles	Cromo (mg/l) Color
3412	Fabricación de envases y cajas de cartón y papel	Plomo (mg/l)
3419	Fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón	SAAM (mg/l)
3420	Imprentas, editoriales e industrias conexas	Sulfuros (mg/l) Color
3512a	Fábrica de abonos	Plaguicidas Nitrógeno total (mg/l) Fosfatos (mg/l)
3511	Fabricación de sustancias químicas	Met Pesados
3513	Fábrica de resinas sintéticas, materiales plásticos y fibras, excepto vidrio	Fenoles (mg/l)
3521	Fabricación de pinturas, barnices y lacas	
3522	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	
3523	Fabricación de jabones, preparados para limpieza, cosméticos y otros	
3710	Industrias básicas de hierro y acero	
3720	Industrias básicas de metales no ferrosos	
3811	Fabricación de cuchilleros y herramientas manuales	
3812	Fabricación de muebles y accesorios metálicos	
3813	Fabricación de productos metálicos estructurales	
3819	Productos metálicos N.E.P. excepto maquinaria y equipo	
3821	Construcción de motores y turbinas	
3822	Construcción de maquinaria y equipo para agricultura	
3823	Construcción de maquinaria para trabajar metales y madera	

CIIU	Actividad	Parámetro
3824	Construcción de maquinaria y equipo para industrias excepto metales y madera	
3825	Construcción de maquinaria de oficina	
3829	Construcción de maquinaria y equipo N.E.P.	
3831	Construcción de maquinaria y aparatos industriales eléctricos	
3832	Construcción de aparatos y equipos de radio, TV y comunicaciones	
3853	Construcción de aparatos y suministros eléctricos N.E.P. domésticos	
3839	Construcción de aparatos y suministros eléctricos N.E.P.	
3841	Construcciones navales y reparación de barcos	
3842	Construcción de equipo ferroviario	
3843	Fabricación de automóviles	
3844	Fabricación de motocicletas y bicicletas	
3845	Fabricación de aeronaves	
3849	Construcción de material de transporte N.E.P.	
3851	Fabricación de equipo profesional y científico e instrumentos de control y medición N.E.P.	
3852	Fabricación de aparatos fotográficos e instrumentos de óptica	
3853	Fabricación de relojes	
3901	Fabricación de joyas y artículos conexos	
3902	Fabricación de instrumentos de música	
3903	Fabricación de artículos de deporte y atletismo	
3904	Industrias manufactureras N.E.P.	
3510	Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y el carbón	Sulfuros (mg/l) Fenoles (mg/l) Met Pesados
6200a	Expendios de combustibles	Hidrocarburos (mg/l)
9520	Lavanderías y servicios de lavandería, Establecimientos de limpieza y tejido.	SAAAM(mg/l) Fosfatos (mg/l)

N.E.P.: no especificados previamente.

TABLA 2

FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO Y ANALISIS PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO

Parámetro	Caudal (m ³ /día)		
	< 50	50 a 100	> 100
pH, Sólidos Sedimentables y Caudal (*)	Mensual	Semanal	Diario
Grasas y aceites	Anual	Semestral	Trimestral
DBO _{5,20}			
Sólidos Suspendidos Totales			
Coliformes fecales			

(*) No requieren ser practicados por un laboratorio acreditado. Sin embargo, deberán estar incluidos en el reporte operacional. La forma de medir y reportar el caudal se especificará en las guías mencionadas en el artículo 5 del presente Reglamento.

TABLA 3

FRECUENCIAS MÍNIMAS DE MUESTREO Y ANALISIS PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL

Parámetro	Caudal (m ³ /día)		
	< 10	10 a 100	> 100
Temperatura, pH, Sólidos Sedimentables y Caudal (*)	Mensual	Semanal	Diana
Otros parámetros obligatorios (ver Capítulo III)	Anual	Semestral	Trimestral

(*) No requieren ser practicados por un laboratorio acreditado. Sin embargo, deberán estar incluidos en el reporte operacional. La forma de medir y reportar el caudal se especificará en las guías mencionadas en el artículo 5 del presente Reglamento.

TABLA 4

FRECUENCIA MÍNIMA DE PRESENTACION DE REPORTES OPERACIONALES

Tipo de agua residual	Frecuencia (según caudal en m ³ /día)		
	Trimestral	Semestral	Anual
Ordinario	> 100	50 a 100	< 50
Especial	> 100	10 a 100	< 10

TABLA 5

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO SANITARIO

Parámetro	Límite máximo
- DBO _{5,20}	300 mg/l
- DQO	1000 mg/l
- Sólidos suspendidos	500 mg/l
- Sólidos disueltos	1500 mg/l
- Sólidos sedimentables	1 ml/l
- Grasas/aceites	100 mg/l
- Potencial hidrógeno	6 a 9
- Temperatura	T ≤ 40°C
- Mercurio	0,01 mg/l

Parámetro	Límite máximo
- Arsenico	0,5 mg/l
- Cadmio	0,1 mg/l
- Cloro residual	1 mg/l
- Cromo	2,5 mg/l
- Cianuro	2 mg/l
- Cobre	2 mg/l
- Plomo	0,5 mg/l
- Fenoles y cresoles	5 mg/l
- Niquel	2 mg/l
- Zinc	10 mg/l
- Plata	3 mg/l
- Selenio	0,2 mg/l
- Boro	3 mg/l
- Sulfatos	500 mg/l
- Fluoruros	10 mg/l
- Cloruros	500 mg/l
- Sustancias activas al azul de metileno	10 mg/l
- Sumatoria de los compuestos organofosforados	0,1 mg/l
- Sumatoria de los carbamatos	0,1 mg/l
- Sumatoria de los compuestos organoclorados	0,05 mg/l

TABLA 6

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA

Parámetro	Límite máximo
- Grasas/aceites	30 mg/l
- Potencial hidrógeno	5 a 9
- Temperatura	15°C ≤ T ≤ 40°C
- Sólidos sedimentables	1 ml/l
- Materia flotante	auscente
- Mercurio	0,01 mg/l
- Aluminio	5 mg/l
- Arsénico	0,1 mg/l
- Bario	5 mg/l
- Boro	3 mg/l
- Cadmio	0,1 mg/l
- Cloro residual	1 mg/l
- Color	50
- Cromo	1,5 mg/l
- Cianuro total	1 mg/l
- Cianuro libre	0,1 mg/l
- Cianuro libre en el cuerpo de agua, fuera del área de mezcla	0,005 mg/l
- Cianuro disociable en ácido débil	0,5 mg/l
- Cobre	0,5 mg/l
- Plomo	0,5 mg/l
- Estaño	2 mg/l
- Fenoles	1 mg/l
- Niquel	1 mg/l
- Zinc	5 mg/l
- Plata	1 mg/l
- Selenio	0,05 mg/l
- Sulfitos	1 mg/l
- Sulfuros	25 mg/l
- Fluoruros	10 mg/l
- Sumatoria de los compuestos organofosforados	0,1 mg/l
- Sumatoria de los carbamatos	0,1 mg/l
- Sumatoria de los compuestos organoclorados	0,05 mg/l
- Sustancias activas al azul de metileno	2 mg/l

TABLA 7

CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES POR TIPO DE ACTIVIDAD

CIIU	Actividad	Concentración máxima permisible (mg/l)			
		DBO _{5,20}	DQO	SST	GyA
1110	Producción agropecuaria	500	800	200	—
2302	Extracción de minerales no ferrosos	—	—	100	—
3111	Mantenimiento de ganado y preparación y conservación de carne	200	400	125	—
3112	Fabricación de productos lácteos	250	750	100	—
3113	Envasado y conservación frutas y legumbres, incluyendo la elaboración de jugos	150	400	150	—
3114	Elaboración de pescado, crustáceos y otros productos marinos	100	300	100	—
3115a	Extracción de aceites y grasas	400	700	150	150
3115b	Refinadoras de aceites y grasas	150	300	100	125
	Fabricación de harina de pescado				
3116a	Productos de molinería	200	400	200	—
3116b	Beneficios de café	1000	1500	—	—
3117	Fabricación de productos de panadería	400	300	200	—
3118	Fábricas y refineras de azúcar	150	300	150	—

CIIU	Actividad	Concentración máxima permisible (mg/l)			
		DBO _{5,20}	DQO	SST	GyA
3119	Fabricación de cacao, chocolate y artículos de confitería	250	400	150	—
3121	Elaboración de productos alimenticios diversos	150	400	150	—
3122	Elaboración de alimentos preparados para animales	60	250	100	—
3131	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	500	1000	200	—
3132	Industrias vinícolas	350	600	150	—
3133	Bebidas malteadas y de malta	150	300	100	—
3134	Industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	100	150	100	—
3140	Industrias del tabaco	60	100	60	—
3211	Hilado, tejido y acabado de textiles	150	350	100	—
3231	Curtidurías y talleres de acabado	400	600	200	—
3233	Fabricación de productos de cuero y sucedáneos de cuero	60	180	60	—
3311	Aserraderos, talleres de cepilladura y otros talleres para trabajar la madera	200	400	150	—
3411	Fabricación de paipa de madera, papel y cartón	150	400	100	—
3412	Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón	150	400	100	—
3512a	Fabricación de abonos	60	180	30	—
3513	Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, excepto el vidrio	250	500	100	—
3521	Fabricación de pinturas, barnices y lacas	250	500	100	—
3522	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	100	300	100	—
3523	Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador	1000	1500	200	—
3540	Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón	60	100	70	—
3551	Industrias de llantas y cámaras	50	100	60	—
3559	Fabricación de productos caucho, n.e.p.	50	100	60	—
3560	Fabricación de productos plásticos, n.e.p.	100	300	70	—
3610	Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	100	300	100	—
3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	25	100	40	—
3699	Fabricación de productos minerales no metálicos, n.e.p.	10	100	100	—
3710	Industrias básicas de hierro y acero	—	200	30	—
3720	Industrias básicas de metales no ferrosos	—	200	30	—
3811	Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos generales de ferretería	100	300	100	—
3812	Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos	100	300	100	—
3813	Fabricación de productos metálicos estructurales	100	300	100	—
3819	Fabricación de productos metálicos n.e.p., exceptuando maquinaria y equipo	100	300	100	—
3821	Construcción de motores y turbinas	500	1200	200	125
3822	Construcción de maquinaria y equipo para la agricultura	100	300	100	—
3823	Construcción de maquinaria para trabajar los metales y la madera	100	300	100	—
3824	Construcción de materiales y equipos especiales para las industrias, excepto la maquinaria para trabajar los metales y la madera	100	300	100	—
3825	Construcción de máquinas de oficina, calculo y contabilidad	100	300	100	—
3829	Construcción de maquinaria y equipo n.e.p., exceptuando la maquinaria eléctrica	100	300	100	—
3831	Construcción de máquinas y aparatos industriales eléctricos	100	300	100	—
3832	Construcción de equipos y aparatos de radio, televisión y de comunicaciones	100	300	100	—
3833	Construcción de aparatos y accesorios eléctricos de uso doméstico	100	300	100	—
3839	Construcción de aparatos y suministros eléctricos n.e.p.	100	300	100	—
3841	Construcciones navales y reparación de barcos	100	300	100	—
3842	Construcción y reparación de equipo ferroviario	100	300	100	—
3843	Fabricación y reparación de automóviles	100	300	100	—
3844	Fabricación y reparación de motocicletas y bicicletas	100	300	100	—
3845	Fabricación y reparación de aeronaves	100	300	100	—
3849	Construcción y reparación de material de transporte, n.e.p.	100	300	100	—
3851	Fabricación de equipo profesional y científico e instrumentos de medida y de control, n.e.p.	100	300	100	—

CIIU	Actividad	Concentración máxima permisible (mg/l)		
		DBO _{5,20}	DQO	SST
3852	Fabricación de aparatos fotográficos e instrumentos de óptica	100	300	100
3853	Fabricación de relojes	100	300	100
3901	Fabricación de joyas y artículos conexos	100	300	100
3902	Fabricación de instrumentos de música	100	300	100
3903	Fabricación de artículos de deporte y atletismo	100	300	100
6200a	Expendios de combustibles	60	100	70
7116a	Lavado de vehículos	40	—	60
7510	Relleos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos	1000	1500	200
9520	Lavanderías, tintorerías	100	300	100

NOMENCLATURA:

DBO_{5,20}: Demanda Bioquímica de Oxígeno
 DQO: Demanda Química de Oxígeno
 SST: Sólidos Suspendedos Totales
 GyA: Grasas y Aceites

TABLA 8

FRECUENCIAS MÍNIMAS DE ANÁLISIS PARA REÚSO DE AGUAS RESIDUALES

Tipo de reúso	Parámetros	
	DBO _{5,20}	Coliformes Fecales
Tipo 1	Quincenal	Quincenal
Tipo 2	—	Mensual
Tipo 3	—	Quincenal
Tipo 4	—	Mensual
Tipo 5	—	Mensual
Tipo 6	Quincenal	Quincenal
Tipo 7	Trimestral	—
Tipo 8	—	Trimestral

TABLA 9

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES

Tipo de reúso	Parámetros	
	DBO _{5,20} (mg/l)	Coliformes Fecales (1)
Tipo 1	≤ 40	< 100
Tipo 2	—	< 1000
Tipo 3	—	< 100
Tipo 4	—	< 1000 (2)
Tipo 5	—	(3)
Tipo 6 (4)	≤ 40	≤ 1000
Tipo 7	≤ 40	—
Tipo 8	—	≤ 100

Notas:

(1) Los análisis microbiológicos se practicarán en una muestra compuesta de al menos muestras simples distribuidas en el periodo diario de reúso. Los resultados se reportarán en unidades consistentes con el método de análisis empleado.

(2) El riego debe cesar dos semanas antes de la cosecha.

(3) Debe evitarse el pastoreo del ganado lechero durante los quince días siguientes finalización del riego. Si no se respeta este periodo, la concentración de coliformes fecales deberá exceder los 1000/100 ml.

(4) El agua reusada no debe ser irritante para la piel o los ojos. El agua reusada debe estar clara, y no debe presentarse ningún molestus ni contener sustancias tóxicas por ingestión.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los cinco días del mes de abril de mil novecientos noventa y siete.

JOSE MARÍA FIGUERES OLSEN.—Los Ministros de Salud, Herman Weinstok Wolfowicz, y del Ambiente y Energía, Ing. René Cas Salazar.—1 vez.—N° 53818.—(33985).

A continuación se presentan las tablas de los datos a partir de los cuales se calcularon los caudales en los puntos de medición: Rosales, Palmares, San Ramón y Naranjo.

- A) Datos de los aforos realizados por el grupo ProDUS.*
- B) Cálculo de velocidades y caudales*
- C) Lecturas de los niveles del río a partir del trabajo topográfico realizado en cada uno de los sitios para obtener el perfil del río.*
- D) Cálculo de pendientes, radio hidráulico y rugosidad.*
- E) Tablas resumen de los caudales obtenidos en cada medición (hora, mes y sitio de medición).*

Anejo III.a

Tablas de Cálculo de Caudales en Rosales, Palmares, San Ramón y Naranjo

Medición de Caudales Río Rosales

Fecha: 13/3/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0	2	0.113	0.36	0.041
1	2	0.113	0.48	0.054
2	6	0.333	0.54	0.180
3	6	0.333	0.54	0.180
4	6	0.333	0.47	0.157
5	6	0.333	0.38	0.128
6	7	0.388	0.36	0.141
7	8	0.443	0.37	0.163
8	7	0.388	0.35	0.136
9	4	0.223	0.31	0.070
10	6	0.333	0.22	0.073
	0	0.003	0.16	0.000
Total			4.557	1.323

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	49
Aguas abajo	62
Medio	54

Corrección de área 1.863
Área 2.694

Cálculo de pendiente

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	
Aguas arriba	7	0.49	24.53	6.51	0.05	2.04E-03
Aguas abajo	6	0.62	55.53	5.38	1.08	1.94E-02
Medio	7	0.54		6.46		

Perímetro mojado	
A0A	1.56
AB	1.06
BC	2.15
CD	1.76
DE	1.81
EF	1.87
FG1	2.53
Total (m)	12.74

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.21

Rugosidad	
Aguas arriba	0.03
Aguas abajo	0.10

Medición de Caudales Río Rosales

Fecha: 12/6/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0	3	0.168	0.36	0.060
1	5	0.278	0.48	0.133
2	2	0.113	0.54	0.061
3	3	0.168	0.54	0.091
4	11	0.608	0.47	0.287
5	11	0.608	0.38	0.233
6	13	0.718	0.36	0.262
7	12	0.663	0.37	0.243
8	5	0.278	0.35	0.097
9	6	0.333	0.31	0.104
10	16	0.883	0.22	0.195
	0	0.003	0.16	0.000
Total			4.557	1.767

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	26.5
Aguas abajo	70
Medio	40.5

Corrección de área 0.8073
Área 5.364

Cálculo de pendiente

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	
Aguas arriba	7	0.265	24.53	6.735	0.14	5.71E-03
Aguas abajo	6	0.7	55.53	5.3	1.295	2.33E-02
Medio	7	0.405		6.595		

Perímetro mojado	
A0A	1.56
AB	1.06
BC	2.15
CD	1.76
DE	1.81
EF	1.87
FG1	2.53
Total (m)	12.74

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.42

Rugosidad	
Aguas arriba	0.13
Aguas abajo	0.26

Medición de Caudales Río Rosales

Fecha: 30/7/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0	1	0.058	0.36	0.021
1	4	0.223	0.48	0.107
2	5	0.278	0.54	0.151
3	2	0.113	0.54	0.061
4	13	0.718	0.47	0.339
5	12	0.663	0.38	0.255
6	10	0.553	0.36	0.202
7	13	0.718	0.37	0.263
8	4	0.223	0.35	0.078
9	12	0.663	0.31	0.208
10	19	1.048	0.22	0.231
	0	0.003	0.16	0.000
Total			4.557	1.915

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	27.5
Aguas abajo	62.5
Medio	41.5

Corrección de área 0.671
Área 5.228

Cálculo de pendiente

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	7	0.275	24.53	6.725	0.14 5.71E-03
Aguas abajo	6	0.625	55.53	5.375	1.21 2.18E-02
Medio	7	0.415		6.585	

Perímetro mojado	
A0A	1.56
AB	1.06
BC	2.15
CD	1.76
DE	1.81
EF	1.87
FG1	2.53
Total (m)	12.74

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.41

Rugosidad	
Aguas arriba	0.11
Aguas abajo	0.22

Medición de Caudales Naranjo

Fecha: 13/3/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
1	4	0.223	0.45	0.100
2	3	0.168	0.45	0.076
3	5	0.278	0.575	0.160
4	14	0.773	0.45	0.348
5	7	0.388	0.14	0.054
Total			2.065	0.738

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	129 cm
Aguas abajo	25 cm
Medio	148 cm

Corrección de área 0.174
 Área 1.891

Cálculo de pendiente

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	8.7	1.29	65.8	7.41	2.26E-02
Aguas abajo	4.8	0.25	58.14	4.55	2.36E-02
Medio	7.4	1.48		5.92	

Perímetro mojado	
AB	1.04
BC	1.00
CD	1.04
DE	1.00
EF	1.02
FG	0.87
Total (m)	5.97

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.32

Rugosidad	
Aguas arriba	0.196
Aguas abajo	0.200

Medición de Caudales Naranjo

Fecha: 12/6/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
1	6	0.333	0.45	0.150
2	6	0.333	0.45	0.150
3	13	0.718	0.575	0.413
4	7	0.388	0.45	0.175
5	5	0.278	0.14	0.039

Total 2.065 0.926

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	129 cm
Aguas abajo	25 cm
Medio	145 cm

Cálculo de pendiente

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	
Aguas arriba	8.7	1.29	65.8	7.41	1.46	2.22E-02
Aguas abajo	4.8	0.25	58.14	4.55	1.4	2.41E-02
Medio	7.4	1.45		5.95		

Perímetro mojado	
AB	1.04
BC	1.00
CD	1.04
DE	1.00
EF	1.02
FG	0.87
Total (m)	5.97

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.35

Rugosidad	
Aguas arriba	0.164
Aguas abajo	0.171

Medición de Caudales Naranjo

Fecha: 30/7/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
1	5	0.278	0.45	0.125
2	7	0.388	0.45	0.175
3	8	0.443	0.575	0.255
4	13	0.718	0.45	0.323
5	6	0.333	0.14	0.047

Total 2.065 0.924

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	1.25
Aguas abajo	0.185
Medio	1.43

Corrección de área -0.116
Área 2.181

Cálculo de pendiente

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	8.7	1.25	65.8	7.45	2.25E-02
Aguas abajo	4.8	0.185	58.14	4.615	2.33E-02
Medio	7.4	1.43		5.97	

Perímetro mojado	
AB	1.04
BC	1.00
CD	1.04
DE	1.00
EF	1.02
FG	0.87
Total (m)	5.97

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.37

Rugosidad	
Aguas arriba	0.171
Aguas abajo	0.174

Medición de Caudales San Ramón

Fecha: 4/5/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
1.0	4	0.02	0.49	0.01
1.5	13	0.07	0.34	0.02
2.0	40	0.20	0.35	0.07
2.5	45	0.23	0.34	0.08
3.0	37	0.19	0.35	0.06
3.5	26	0.13	0.36	0.05
4.0	16	0.08	0.32	0.03
4.5	0	0.00	0.15	0.00
Total			2.690	0.315

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	55 cm
Aguas abajo	49 cm
Medio	72 cm

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	
Aguas arriba	6.3	0.55	100.04	5.75	-0.23	-0.0022991
Aguas abajo	7.1	0.49	75.83	6.61	-0.63	-0.0083081
Medio	6.7	0.72		5.98		

Perímetro mojado	
AB	0.82
BC	0.5
CD	0.502
DE	0.5
EF	0.502
FG	0.51
GH	0.502
HI	0.514
IJ	0.766
Total (m)	5.116

Corrección de área 0.552
 Área 2.138

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.41790461

Rugosidad	
Aguas arriba	0.18
Aguas abajo	0.35

Medición de Caudales San Ramón

Fecha: 1/8/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
1.0	3	0.17	0.49	0.08
1.5	5	0.28	0.69	0.19
2.0	6	0.33	0.69	0.23
2.5	5	0.28	0.68	0.19
3.0	0	0.00	0.15	0.00
Total			2.690	0.692

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	54
Aguas abajo	45
Medio	20.5

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	6.3	0.54	100.04	-0.735	-0.0073471
Aguas abajo	7.1	0.45	75.83	-0.155	-0.002044
Medio	6.7	0.205	6.495		

Perímetro mojado	
AB	0.82
BC	0.5
CD	0.502
DE	0.5
EF	0.502
FG	0.51
GH	0.502
HI	0.514
IJ	0.766
Total	5.116

Corrección de área 0.023
 Área 2.667

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.52

Rugosidad	
Aguas arriba	0.21
Aguas abajo	0.11

Medición de Caudales San Ramón

Fecha: 23/6/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
	1	0.058	0.488	0.028275
	1	0.058	0.338	0.019575
	4	0.223	0.350	0.07805
	8	0.443	0.338	0.149513
	9	0.498	0.350	0.1743
	8	0.443	0.363	0.160588
	5	0.278	0.320	0.08896
	3	0.168	0.145	0.02436
Total			2.690	0.724

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	55 cm
Aguas abajo	49 cm
Medio	72 cm

Estacas		Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	6.3	0.55	100.04	5.75	-0.23	-0.0022991
Aguas abajo	7.1	0.49	75.83	6.61	-0.63	-0.0083081
Medio	6.7	0.72		5.98		

Perímetro mojado	
AB	0.82
BC	0.5
CD	0.502
DE	0.5
EF	0.502
FG	0.51
GH	0.502
HI	0.514
IJ	0.766
Total	5.116

Corrección de área 0
Área 2.690

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.52580141

Rugosidad	
Aguas arriba	0.12
Aguas abajo	0.22

Medición de Caudales Palmars

Fecha: 4/5/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0.50	35	0.09	0.06	0.01
1.00	32	0.16	0.09	0.01
1.50	60	0.30	0.11	0.03
2.00	51	0.26	0.16	0.04
2.50	75	0.38	0.13	0.05
3.00	75	0.38	0.14	0.05
3.50	10	0.05	0.15	0.01

Total 0.832 0.201

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	45
Aguas abajo	74
Medio	28

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	8.2	0.45	52.82	7.75	0.63
Aguas abajo	7	0.74	61.15	6.26	0.86
Medio	7.4	0.28		7.12	

Perímetro mojado	
AB	0.904
BC	0.51
CD	0.5
DE	0.519
EF	0.51
FG	0.505
GH	0.705
HI	0.378
Total	4.531

Corrección de área -0.165
Área 0.667

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.1472081

Rugosidad	
Aguas arriba	0.126
Aguas abajo	0.137

Medición de Caudales Palmares

Fecha: 23/6/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0.5	41	0.21	0.06	0.01
1	59	0.30	0.09	0.03
1.5	55	0.28	0.11	0.03
2	32	0.16	0.16	0.02
2.5	20	0.10	0.13	0.01
3	3	0.02	0.14	0.00
3.5	0	0.00	0.15	0.00

Total 0.83 0.11

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	45
Aguas abajo	74
Medio	28

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	
Aguas arriba	8.2	0.45	52.82	7.75	0.63	0.0119273
Aguas abajo	7	0.74	61.15	6.26	0.86	0.0140638
Medio	7.4	0.28		7.12		

Perímetro mojado	
AB	0.904
BC	0.51
CD	0.5
DE	0.519
EF	0.51
FG	0.505
GH	0.705
HI	0.378
Total	4.531

Corrección de área 0.142
Área 0.974

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.2149636

Rugosidad	
Aguas arriba	0.126
Aguas abajo	0.137

Medición de Caudales Palmares

Fecha: 1/8/97

Distancia	Golpes	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Caudal (m ³ /s)
0.5	35	0.18	0.06	0.01
1	32	0.16	0.09	0.01
1.5	60	0.30	0.11	0.03
2	51	0.26	0.16	0.04
2.5	75	0.38	0.13	0.05
3	75	0.38	0.14	0.05
3.5	10	0.05	0.15	0.01
Total			0.83	0.21

Lecturas de nivel	
Aguas arriba	74.5
Aguas abajo	73
Medio	23

Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente
Aguas arriba	8.2	0.745	52.82	7.455	0.285
Aguas abajo	7	0.73	61.15	6.27	0.9
Medio	7.4	0.23	7.17		

Perímetro mojado	
AB	0.904
BC	0.51
CD	0.5
DE	0.519
EF	0.51
FG	0.505
GH	0.705
HI	0.378
Total	4.531

Corrección de área 0
 Área 0.832

Radio hidráulico	
A/P (m)	0.1836239

Rugosidad	
Aguas arriba	0.085
Aguas abajo	0.140

Caudales de San Ramón

Abril

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel * (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
10:00 AM	Aguas arriba	7.10	0.54	100.04	6.54	0.495	4.95E-03	0.467
	Aguas abajo	6.30	0.52	75.68	5.80	0.245	3.24E-03	0.378
	Medio	6.70	0.66		6.04			
12:00 PM	Aguas arriba	7.10	0.54	100.04	6.54	0.495	4.95E-03	0.467
	Aguas abajo	6.30	0.52	75.68	5.80	0.245	3.24E-03	0.378
	Medio	6.70	0.66		6.04			
03:00 PM	Aguas arriba	7.10	0.54	100.04	6.54	0.495	4.95E-03	0.467
	Aguas abajo	6.30	0.52	75.68	5.80	0.245	3.24E-03	0.378
	Medio	6.70	0.66		6.04			
05:00 PM	Aguas arriba	7.10	0.54	100.04	6.54	0.495	4.95E-03	0.467
	Aguas abajo	6.30	0.52	75.68	5.80	0.245	3.24E-03	0.378
	Medio	6.70	0.66		6.04			

Rugosidad 0.18
 Área 2.14 m²
 Radio hidráulico 0.42 m

Mayo

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel * (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
	Aguas arriba	7.00	0.29	100.04	6.69	0.665	6.65E-03	0.541
	Aguas abajo	6.30	0.6	75.68	5.72	0.305	4.03E-03	0.422
	Medio	6.70	0.68		6.02			
12:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.39	100.04	6.59	0.555	5.55E-03	0.495
	Aguas abajo	6.30	0.5	75.68	5.82	0.215	2.84E-03	0.354
	Medio	6.70	0.67		6.03			
03:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.39	100.04	6.59	0.565	5.65E-03	0.499
	Aguas abajo	6.30	0.5	75.68	5.82	0.205	2.71E-03	0.346
	Medio	6.70	0.68		6.02			
05:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.39	100.04	6.59	0.565	5.65E-03	0.499
	Aguas abajo	6.30	0.5	75.68	5.82	0.205	2.71E-03	0.346
	Medio	6.70	0.68		6.02			

Rugosidad 0.18
 Área 2.14 m²
 Radio hidráulico 0.42 m

Caudales de San Ramón

Junio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel * (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
08:30 AM	Aguas arriba	7.46	100.04	6.63	0.605	6.05E-03	1.136
	Aguas abajo	6.19	75.68	5.82	0.205	2.71E-03	0.760
	Medio	6.46		6.02			
11:30 AM	Aguas arriba	7.46	100.04	6.63	0.595	5.95E-03	1.127
	Aguas abajo	6.19	75.68	5.82	0.215	2.84E-03	0.779
	Medio	6.46		6.03			
02:30 PM	Aguas arriba	7.46	100.04	6.62	0.595	5.95E-03	1.127
	Aguas abajo	6.19	75.68	5.80	0.225	2.97E-03	0.796
	Medio	6.46		6.02			
05:30 PM	Aguas arriba	7.46	100.04	6.62	0.605	6.05E-03	1.136
	Aguas abajo	6.19	75.68	5.80	0.215	2.84E-03	0.779
	Medio	6.46		6.01			

Rugosidad 0.12
 Área 2.69 m²
 Radio hidráulico 0.53 m

Julio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel * (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
10:00 AM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.70	0.585	5.85E-03	1.117
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.92	0.195	2.58E-03	0.741
	Medio	6.30		6.11			
12:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.65	0.565	5.65E-03	1.098
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.89	0.195	2.58E-03	0.741
	Medio	6.30		6.08			
03:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.64	0.565	5.65E-03	1.098
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.88	0.195	2.58E-03	0.741
	Medio	6.30		6.07			
05:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.64	0.565	5.65E-03	1.098
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.88	0.195	2.58E-03	0.741
	Medio	6.30		6.07			

Rugosidad 0.12
 Área 2.69 m²
 Radio hidráulico 0.53 m

Caudales de San Ramón

Agosto

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel * (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
10:00 AM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.55	0.515	5.15E-03	1.125
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.81	0.225	2.97E-03	0.855
	Medio	6.30		6.03			
12:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.73	0.565	5.65E-03	1.178
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.97	0.195	2.58E-03	0.796
	Medio	6.30		6.16			
03:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.57	0.515	5.15E-03	1.125
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.83	0.225	2.97E-03	0.855
	Medio	6.30		6.05			
05:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.54	0.52	5.20E-03	1.130
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.79	0.23	3.04E-03	0.864
	Medio	6.30		6.015			

Rugosidad 0.11
 Área 2.67 m²
 Radio hidráulico 0.52 m

Setiembre

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel * (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
10:00 AM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.61	0.565	5.65E-03	1.178
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.85	0.19	2.51E-03	0.786
	Medio	6.30		6.04			
12:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.60	0.565	5.65E-03	1.178
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.86	0.175	2.31E-03	0.754
	Medio	6.30		6.03			
03:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.59	0.545	5.45E-03	1.157
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.84	0.2	2.64E-03	0.806
	Medio	6.30		6.04			
05:00 PM	Aguas arriba	7.20	100.04	6.59	0.57	5.70E-03	1.183
	Aguas abajo	6.30	75.68	5.85	0.175	2.31E-03	0.754
	Medio	6.30		6.02			

Rugosidad 0.11
 Área 2.67 m²
 Radio hidráulico 0.52 m

Caudales de Naranjo

Junio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:30 AM	Aguas arriba	8.70	1.04	65.8	7.66	1.65	2.51E-02	0.955
	Aguas abajo	4.80	0.25	58.14	4.55	1.46	2.51E-02	0.956
	Medio	7.40	1.39		6.01			
11:00 AM	Aguas arriba	8.70	1.04	65.8	7.66	1.65	2.51E-02	0.955
	Aguas abajo	4.80	0.25	58.14	4.55	1.46	2.51E-02	0.956
	Medio	7.40	1.39		6.01			
02:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.04	65.8	7.66	1.65	2.51E-02	0.955
	Aguas abajo	4.80	0.25	58.14	4.55	1.46	2.51E-02	0.956
	Medio	7.40	1.39		6.01			
05:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.04	65.8	7.66	1.65	2.51E-02	0.955
	Aguas abajo	4.80	0.25	58.14	4.55	1.46	2.51E-02	0.956
	Medio	7.40	1.39		6.01			

Rugosidad 0.17
 Área 2.07 m²
 Radio hidráulico 0.35 m

Julio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:30 AM	Aguas arriba	8.70	1.27	65.8	7.43	1.46	2.22E-02	0.984
	Aguas abajo	4.80	0.24	58.14	4.56	1.41	2.43E-02	1.029
	Medio	7.40	1.43		5.97			
11:00 AM	Aguas arriba	8.70	1.27	65.8	7.43	1.46	2.22E-02	0.984
	Aguas abajo	4.80	0.24	58.14	4.56	1.41	2.43E-02	1.029
	Medio	7.40	1.43		5.97			
02:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.27	65.8	7.43	1.46	2.22E-02	0.984
	Aguas abajo	4.80	0.24	58.14	4.56	1.41	2.43E-02	1.029
	Medio	7.40	1.43		5.97			
05:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.28	65.8	7.42	1.46	2.22E-02	0.984
	Aguas abajo	4.80	0.25	58.14	4.55	1.41	2.43E-02	1.029
	Medio	7.40	1.44		5.96			

Rugosidad 0.17
 Área 2.18 m²
 Radio hidráulico 0.37 m

Caudales de Naranjo

Agosto

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:30 AM	Aguas arriba	8.70	1.245	65.8	7.455	1.47	2.23E-02	0.988
	Aguas abajo	5.50	0.985	58.14	4.515	1.47	2.53E-02	1.051
	Medio	7.40	1.415		5.985			
11:00 AM	Aguas arriba	8.70	1.235	65.8	7.465	1.49	2.26E-02	0.995
	Aguas abajo	5.50	0.99	58.14	4.51	1.465	2.52E-02	1.049
	Medio	7.40	1.425		5.975			
02:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.24	65.8	7.46	1.49	2.26E-02	0.995
	Aguas abajo	5.50	0.98	58.14	4.52	1.45	2.49E-02	1.044
	Medio	7.40	1.43		5.97			
05:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.235	65.8	7.465	1.495	2.27E-02	0.996
	Aguas abajo	5.50	0.97	58.14	4.53	1.44	2.48E-02	1.040
	Medio	7.40	1.43		5.97			

Rugosidad 0.17
 Área 2.18 m²
 Radio hidráulico 0.37 m

Setiembre

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:30 AM	Aguas arriba	8.70	1.28	65.8	7.42	1.44	2.19E-02	0.978
	Aguas abajo	5.50	0.97	58.14	4.53	1.45	2.49E-02	1.044
	Medio	7.40	1.42		5.98			
11:00 AM	Aguas arriba	8.70	1.275	65.8	7.425	1.44	2.19E-02	0.978
	Aguas abajo	5.50	0.96	58.14	4.54	1.445	2.49E-02	1.042
	Medio	7.40	1.415		5.985			
02:00 PM	Aguas arriba	8.70	1.28	65.8	7.42	1.44	2.19E-02	0.978
	Aguas abajo	5.50	0.97	58.14	4.53	1.45	2.49E-02	1.044
	Medio	7.40	1.42		5.98			
05:00 PM	Aguas arriba	8.70	-	65.8	0	0	0.00E+00	0.000
	Aguas abajo	5.50	-	58.14	0	0	0.00E+00	0.000
	Medio	7.40	-		0			

Rugosidad 0.17
 Área 2.18 m²
 Radio hidráulico 0.37 m

Caudales de Rosales

Febrero

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
09:00 AM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.64	0.16	6.52E-03	0.769
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.36	1.12	2.02E-02	1.352
	Medio	7.00	0.52	6.48			
12:00 PM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.64	0.16	6.52E-03	0.769
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.36	1.12	2.02E-02	1.352
	Medio	7.00	0.52	6.48			
03:00 PM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.64	0.16	6.52E-03	0.769
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.36	1.12	2.02E-02	1.352
	Medio	7.00	0.52	6.48			
05:30 PM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.64	0.16	6.52E-03	0.769
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.36	1.12	2.02E-02	1.352
	Medio	7.00	0.52	6.48			

Rugosidad 0.10
 Área 2.69 m²
 Radio hidráulico 0.21 m

Marzo

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
08:51 AM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.61	0.15	6.11E-03	0.744
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.35	1.11	2.00E-02	1.346
	Medio	7.00	0.54	6.46			
11:26 PM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.61	0.15	6.11E-03	0.744
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.36	1.1	1.98E-02	1.340
	Medio	7.00	0.54	6.46			
02:26 PM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.6	0.15	6.11E-03	0.744
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.36	1.09	1.96E-02	1.334
	Medio	7.00	0.55	6.45			
05:23 PM	Aguas arriba	7.00	24.53	6.6	0.16	6.52E-03	0.769
	Aguas abajo	6.00	55.53	5.35	1.09	1.96E-02	1.334
	Medio	7.00	0.56	6.44			

Rugosidad 0.10
 Área 2.69 m²
 Radio hidráulico 0.21 m

Caudales de Rosales

Abril

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.38	24.53	6.62	0.15	6.11E-03	0.744
	Aguas abajo	6.00	0.65	55.53	5.35	1.12	2.02E-02	1.352
	Medio	7.00	0.53		6.47			
11:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.39	24.53	6.61	0.15	6.11E-03	0.744
	Aguas abajo	6.00	0.67	55.53	5.33	1.13	2.03E-02	1.358
	Medio	7.00	0.54		6.46			
02:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.4	24.53	6.6	0.19	7.75E-03	0.838
	Aguas abajo	6.00	0.67	55.53	5.33	1.08	1.94E-02	1.327
	Medio	7.00	0.59		6.41			
05:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.39	24.53	6.61	0.16	6.52E-03	0.769
	Aguas abajo	6.00	0.67	55.53	5.33	1.12	2.02E-02	1.352
	Medio	7.00	0.55		6.45			

Rugosidad 0.10
 Área 2.69 m²
 Radio hidráulico 0.21 m

Mayo

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
09:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.32	24.53	6.68	0.12	4.89E-03	0.666
	Aguas abajo	6.00	0.62	55.53	5.38	1.18	2.12E-02	1.387
	Medio	7.00	0.44		6.56			
12:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.32	24.53	6.68	0.13	5.30E-03	0.693
	Aguas abajo	6.00	0.63	55.53	5.37	1.18	2.12E-02	1.387
	Medio	7.00	0.45		6.55			
03:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.32	24.53	6.68	0.13	5.30E-03	0.693
	Aguas abajo	6.00	0.62	55.53	5.38	1.17	2.11E-02	1.382
	Medio	7.00	0.45		6.55			
05:30 PM	Aguas arriba	7.00	0.32	24.53	6.68	0.13	5.30E-03	0.693
	Aguas abajo	6.00	0.65	55.53	5.35	1.2	2.16E-02	1.399
	Medio	7.00	0.45		6.55			

Rugosidad 0.10
 Área 2.69 m²
 Radio hidráulico 0.21 m

Caudales de Rosales

Junio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.15	6.11E-03	1.810
	Aguas abajo	6.00	0.65	55.53	5.35	1.23	2.22E-02	3.444
	Medio	7.00	1.42		6.58			
11:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.15	6.11E-03	1.810
	Aguas abajo	6.00	0.66	55.53	5.34	1.24	2.23E-02	3.458
	Medio	7.00	1.42		6.58			
02:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.15	6.11E-03	1.810
	Aguas abajo	6.00	0.66	55.53	5.34	1.24	2.23E-02	3.458
	Medio	7.00	1.44		6.58			
05:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.15	6.11E-03	1.810
	Aguas abajo	6.00	0.66	55.53	5.34	1.24	2.23E-02	3.458
	Medio	7.00	1.42		6.58			

Rugosidad 0.13
 Área 5.36 m²
 Radio hidráulico 0.42 m

Julio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.12	4.89E-03	1.835
	Aguas abajo	6.00	0.6	55.53	5.4	1.21	2.18E-02	3.872
	Medio	7.00	0.39		6.61			
11:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.12	4.89E-03	1.835
	Aguas abajo	6.00	0.6	55.53	5.4	1.21	2.18E-02	3.872
	Medio	7.00	0.39		6.61			
02:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.29	24.53	6.71	0.12	4.89E-03	1.835
	Aguas abajo	6.00	0.62	55.53	5.38	1.21	2.18E-02	3.872
	Medio	7.00	0.41		6.59			
05:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.28	24.53	6.72	0.13	5.30E-03	1.910
	Aguas abajo	6.00	0.61	55.53	5.39	1.2	2.16E-02	3.856
	Medio	7.00	0.41		6.59			

Rugosidad 0.11
 Área 5.23 m²
 Radio hidráulico 0.41 m

Caudales de Rosales

Agosto

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.275	24.53	6.725	0.14	5.71E-03	1.982
	Aguas abajo	6.00	0.61	55.53	5.39	1.195	2.15E-02	3.848
	Medio	7.00	0.415		6.585			
11:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.27	24.53	6.73	0.14	5.71E-03	1.982
	Aguas abajo	6.00	0.605	55.53	5.395	1.195	2.15E-02	3.848
	Medio	7.00	0.41		6.59			
02:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.28	24.53	6.72	0.14	5.71E-03	1.982
	Aguas abajo	6.00	0.61	55.53	5.39	1.19	2.14E-02	3.840
	Medio	7.00	0.42		6.58			
05:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.28	24.53	6.72	0.14	5.71E-03	1.982
	Aguas abajo	6.00	0.61	55.53	5.39	1.19	2.14E-02	3.840
	Medio	7.00	0.42		6.58			

Rugosidad 0.11
 Área 5.23 m²
 Radio hidráulico 0.41 m

Setiembre

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:00 AM	Aguas arriba	7.00	0.265	24.53	6.735	0.125	5.10E-03	1.872
	Aguas abajo	6.00	0.59	55.53	5.41	1.2	2.16E-02	3.856
	Medio	7.00	0.39		6.61			
11:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.285	24.53	6.715	0.15	6.11E-03	2.051
	Aguas abajo	6.00	0.6	55.53	5.4	1.165	2.10E-02	3.799
	Medio	7.00	0.435		6.565			
02:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.295	24.53	6.705	0.15	6.11E-03	2.051
	Aguas abajo	6.00	0.61	55.53	5.39	1.165	2.10E-02	3.799
	Medio	7.00	0.445		6.555			
05:00 PM	Aguas arriba	7.00	0.275	24.53	6.725	0.15	6.11E-03	2.051
	Aguas abajo	6.00	0.59	55.53	5.41	1.165	2.10E-02	3.799
	Medio	7.00	0.425		6.575			

Rugosidad 0.11
 Área 5.23 m²
 Radio hidráulico 0.41 m

Caudales de Palmares

Febrero

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
10:10 AM	Aguas arriba	8.20	0.42	65.8	7.78	0.63	9.57E-03
	Aguas abajo	7.00	0.78	58.14	6.22	0.93	1.60E-02
	Medio	7.40	0.25		7.15		0.144
12:35 PM	Aguas arriba	8.20	0.42	65.8	7.78	0.63	9.57E-03
	Aguas abajo	7.00	0.78	58.14	6.22	0.93	1.60E-02
	Medio	7.40	0.25		7.15		0.186
03:00 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.63	9.57E-03
	Aguas abajo	7.00	0.79	58.14	6.21	0.93	1.60E-02
	Medio	7.40	0.26		7.14		0.144
05:30 PM	Aguas arriba	8.20	0.44	65.8	7.76	0.63	9.57E-03
	Aguas abajo	7.00	0.8	58.14	6.2	0.93	1.60E-02
	Medio	7.40	0.27		7.13		0.186

Rugosidad 0.13
 Área 0.67 m²
 Radio hidráulico 0.15 m

Marzo

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)
08:30 AM	Aguas arriba	8.20	0.44	65.8	7.76	0.635	9.65E-03
	Aguas abajo	7.00	0.72	58.14	6.28	0.845	1.45E-02
	Medio	7.40	0.275		7.125		0.140
11:30 PM	Aguas arriba	8.20	0.44	65.8	7.76	0.635	9.65E-03
	Aguas abajo	7.00	0.72	58.14	6.28	0.845	1.45E-02
	Medio	7.40	0.275		7.125		0.172
01:30 PM	Aguas arriba	8.20	0.44	65.8	7.76	0.635	9.65E-03
	Aguas abajo	7.00	0.72	58.14	6.28	0.845	1.45E-02
	Medio	7.40	0.275		7.125		0.140
05:30 PM	Aguas arriba	8.20	0.44	65.8	7.76	0.635	9.65E-03
	Aguas abajo	7.00	0.72	58.14	6.28	0.845	1.45E-02
	Medio	7.40	0.275		7.125		0.172

Rugosidad 0.13
 Área 0.67 m²
 Radio hidráulico 0.15 m

Caudales de Palmares

Abril

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:51 AM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.75	58.14	6.25	0.87	1.50E-02	0.175
	Medio	7.40	0.28		7.12			
11:26 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.75	58.14	6.25	0.87	1.50E-02	0.175
	Medio	7.40	0.28		7.12			
02:26 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.75	58.14	6.25	0.87	1.50E-02	0.175
	Medio	7.40	0.28		7.12			
05:23 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.8	58.14	6.2	0.92	1.58E-02	0.180
	Medio	7.40	0.28		7.12			

Rugosidad 0.13
 Área 0.67 m²
 Radio hidráulico 0.15 m

Mayo

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:05 AM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.75	58.14	6.25	0.87	1.50E-02	0.175
	Medio	7.40	0.28		7.12			
11:00 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.75	58.14	6.25	0.87	1.50E-02	0.175
	Medio	7.40	0.28		7.12			
02:00 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.75	58.14	6.25	0.87	1.50E-02	0.175
	Medio	7.40	0.28		7.12			
05:00 PM	Aguas arriba	8.20	0.43	65.8	7.77	0.65	9.88E-03	0.142
	Aguas abajo	7.00	0.8	58.14	6.2	0.92	1.58E-02	0.180
	Medio	7.40	0.28		7.12			

Rugosidad 0.13
 Área 0.67 m²
 Radio hidráulico 0.15 m

Caudales de Palmares

Junio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:15 AM	Aguas arriba	10.00	2.21	65.8	7.79	0.59	8.97E-03	0.225
	Aguas abajo	8.40	2.14	58.14	6.26	0.94	1.62E-02	0.302
	Medio	8.90	1.7		7.20			
11:00 PM	Aguas arriba	10.00	2.23	65.8	7.77	0.58	8.81E-03	0.223
	Aguas abajo	8.40	2.12	58.14	6.28	0.91	1.57E-02	0.297
	Medio	8.90	1.71		7.19			
02:00 PM	Aguas arriba	10.00	2.22	65.8	7.78	0.58	8.81E-03	0.223
	Aguas abajo	8.40	2.11	58.14	6.29	0.91	1.57E-02	0.297
	Medio	8.90	1.7		7.20			
05:05 PM	Aguas arriba	10.00	2.22	65.8	7.78	0.58	8.81E-03	0.223
	Aguas abajo	8.40	2.13	58.14	6.27	0.93	1.60E-02	0.301
	Medio	8.90	1.7		7.20			

Rugosidad 0.15
 Área 0.97 m²
 Radio hidráulico 0.22 m

Julio

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:15 AM	Aguas arriba	8.50	0.745	65.8	7.76	0.585	8.89E-03	0.224
	Aguas abajo	7.00	0.68	58.14	6.32	0.85	1.46E-02	0.288
	Medio	7.40	0.23		7.17			
11:00 PM	Aguas arriba	8.50	0.76	65.8	7.74	0.59	8.97E-03	0.225
	Aguas abajo	7.00	0.705	58.14	6.30	0.855	1.47E-02	0.288
	Medio	7.40	0.25		7.15			
02:00 PM	Aguas arriba	8.50	0.75	65.8	7.75	0.605	9.19E-03	0.228
	Aguas abajo	7.00	0.7	58.14	6.30	0.845	1.45E-02	0.287
	Medio	7.40	0.255		7.15			
05:00 PM	Aguas arriba	8.50	0.755	65.8	7.75	0.6	9.12E-03	0.227
	Aguas abajo	7.00	0.715	58.14	6.29	0.86	1.48E-02	0.289
	Medio	7.40	0.255		7.15			

Rugosidad 0.15
 Área 0.97 m²
 Radio hidráulico 0.22 m

Caudales de Palmares

Agosto

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:35 AM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.76	0.6	9.12E-03	0.184
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.29	0.87	1.50E-02	0.235
	Medio	7.40	0.24		7.16			
11:15 AM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.76	0.6	9.12E-03	0.184
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.29	0.87	1.50E-02	0.235
	Medio	7.40	0.24		7.16			
02:00 PM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.76	0.6	9.12E-03	0.184
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.29	0.87	1.50E-02	0.235
	Medio	7.40	0.24		7.16			
05:00 PM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.76	0.6	9.12E-03	0.184
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.29	0.87	1.50E-02	0.235
	Medio	7.40	0.24		7.16			

Rugosidad 0.14
 Área 0.83 m²
 Radio hidráulico 0.18 m

Setiembre

Hora	Estacas	Lectura (m)	Distancia (m)	Nivel (m)	Diferencia (m)	Pendiente	Caudal (m ³ /s)	
08:20 AM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.74	0.57	8.66E-03	0.179
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.23	0.94	1.62E-02	0.244
	Medio	7.40	0.24		7.17			
11:00 AM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.74	0.58	8.81E-03	0.180
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.23	0.93	1.60E-02	0.243
	Medio	7.40	0.24		7.16			
01:55 PM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	7.73	0.57	8.66E-03	0.179
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.23	0.93	1.60E-02	0.243
	Medio	7.40	0.24		7.16			
05:00 PM	Aguas arriba	8.50	0.74	65.8	8.11	0.63	9.57E-03	0.188
	Aguas abajo	7.00	0.71	58.14	6.54	0.94	1.62E-02	0.244
	Medio	7.40	0.24		7.48			

Rugosidad 0.14
 Área 0.83 m²
 Radio hidráulico 0.18 m

A continuación se presentan los datos de caudales obtenidos a partir de las lecturas en las escalas de Garita y Tacares del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) tomadas por el equipo de ProDUS durante las mediciones y luego convertidas por el ICE a caudales utilizando las curvas limnigráficas.

Anejo III.b

Tablas de Caudales en Garita y Tacares

Caudales en Tacares

05-Feb-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
09:10 AM	0.38	6.72
12:03 PM	0.37	6.53
03:01 PM	0.37	6.53
05:35 PM	0.34	5.96

04-Jun-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:00 AM	0.40	7.13
11:00 AM	0.38	6.72
02:00 PM	0.42	7.55
05:00 PM	0.38	6.72

05-Mar-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:30 AM	0.26	4.59
11:30 AM	0.28	4.91
02:30 PM	0.33	5.77
05:30 PM	0.25	4.43

04-Jul-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:00 AM	0.42	7.55
11:00 AM	0.41	7.34
02:00 PM	0.40	7.13
05:00 PM	0.40	7.13

09-Abr-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:23 AM	0.23	4.13
11:30 AM	0.21	3.83
02:30 PM	0.22	3.98
05:30 PM	0.22	3.98

04-Ago-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:00 AM	0.48	8.89
11:00 AM	0.47	8.66
02:00 PM	0.56	10.90
05:00 PM	0.46	8.43

07-May-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:20 AM	0.30	5.24
11:30 AM	0.33	5.77
02:30 PM	0.36	6.33
05:30 PM	0.29	5.07

04-Sep-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:00 AM	0.32	5.59
11:00 AM	0.32	5.59
02:00 PM	0.34	5.96
05:00 PM	0.37	6.53

Caudales en Garita

05-Mar-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:45 AM	1.24	16.30
11:30 AM	1.23	15.70
02:30 PM	1.24	16.30
05:30 PM	1.23	15.70

04-Jul-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:20 AM	1.35	22.80
11:30 AM	1.35	22.80
02:30 PM	1.34	22.20
05:30 PM	1.32	21.00

09-Abr-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
09:00 AM	1.19	13.60
11:00 AM	1.17	13.60
02:00 PM	1.18	13.10
05:00 PM	1.17	12.60

04-Ago-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:30 AM	1.38	24.80
11:00 AM	1.38	24.80
02:00 PM	1.35	22.80
05:00 PM	1.35	22.80

07-May-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:15 AM	1.23	15.70
11:00 AM	1.23	15.70
02:00 PM	1.26	17.40
05:00 PM	1.23	15.70

04-Sep-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:30 AM	1.27	18.00
11:00 AM	1.29	19.20
02:00 PM	1.28	18.60
05:00 PM	1.47	31.00

04-Jun-97

Hora	Lectura	Caudal m ³ /s
08:00 AM	1.35	22.80
11:00 AM	1.35	22.80
02:00 PM	1.35	22.80
05:00 PM	1.35	22.80

A continuación se presentan los datos y las puntuaciones respectivas para el cálculo del Índice de Calidad de Aguas por medición y el promedio para el periodo completo en cada uno de los seis puntos.

Anejo III.C

Cálculo de Índice de Calidad de Aguas

Índice de Calidad de Aguas

Fecha	Rosales			Puntos
	DBO	%SOD	NH4	
05/02/1997	<14 mg/l	64.6%	ND	8
05/03/1997	ND	62.5%	(0.22 + 0.06) mg/l	5
09/04/1997	ND	69.6%	ND	5
07/05/1997	(2.0 + 2) mg/l	72.8%	ND	4
04/06/1997	(2.4 + 0.5) mg/l	78.3%	(0.12 + 0.04) mg/l	4
16/07/1997	(1.1 + 0.5) mg/l	79.0%	(0.03 + 0.01) mg/l	4
06/08/1997	(4.4 + 0.5) mg/l	74.2%	ND	5
03/09/1997	ND	85.4%	(0.16 + 0.02) mg/l	4
Promedio				4.43
Color				Azul

Índice de Calidad de Aguas

Fecha	Naranjo			Puntos
	DBO	%SOD	NH4	
05/02/1997	(116 + 13) mg/l	75.9%	(0.25 + 0.06) mg/l	8
05/03/1997	(29 + 2) mg/l	55.6%	(0.55 + 0.07) mg/l	10
09/04/1997	ND	73.2%	(0.23 + 0.04) mg/l	4
07/05/1997	< 0.2 mg/l	72.2%	(0.28 + 0.04) mg/l	4
04/06/1997	(0.8 + 0.5) mg/l	73.4%	(0.26 + 0.04) mg/l	4
16/07/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	74.5%	ND	4
06/08/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	73.9%	ND	4
03/09/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	88.9%	(0.26 + 0.02) mg/l	4
Promedio				4.86
Color				Verde

Índice de Calidad de Aguas

Fecha	Palmares			Puntos
	DBO	%SOD	NH4	
05/02/1997	(136 + 13) mg/l	17.2%	(0.39 + 0.07) mg/l	11
05/03/1997	(58 + 2) mg/l	9.6%	(1.03 + 0.07) mg/l	13
09/04/1997	ND	49.5%	(0.36 + 0.04) mg/l	6
07/05/1997	(3.8 + 2) mg/l	45.0%	(0.42 + 0.04) mg/l	7
04/06/1997	(1.6 + 0.5) mg/l	67.8%	(0.52 + 0.04) mg/l	6
16/07/1997	(1.6 + 0.5) mg/l	71.3%	ND	4
06/08/1997	(2.8 + 0.5) mg/l	69.7%	(0.034 + 0.005) mg/l	5
03/09/1997	(2.1 + 0.5) mg/l	62.4%	(2.09 + 0.005) mg/l	7
Promedio				6.86
Color				Azul

Índice de Calidad de Aguas

Fecha	San Ramón			Puntos
	DBO	%SOD	NH4	
05/02/1997	(120 + 13) mg/l	26.4%	(0.38 + 0.07) mg/l	10
05/03/1997	(3 + 2) mg/l	51.7%	(0.65 + 0.07) mg/l	6
09/04/1997	ND	56.8%	(0.59 + 0.06) mg/l	6
07/05/1997	(3.0 + 2) mg/l	63.3%	(0.55 + 0.04) mg/l	6
04/06/1997	(2.8 + 0.5) mg/l	64.8%	(0.47 + 0.04) mg/l	5
16/07/1997	(3.2 + 0.5) mg/l	66.9%	(0.19 + 0.01) mg/l	6
06/08/1997	(7.3 + 0.5) mg/l	52.0%	(0.654 + 0.005) mg/l	8
03/09/1997	(3.1 + 0.5) mg/l	61.7%	(0.31 + 0.005) mg/l	6
Promedio				6.14
Color				Azul

Índice de Calidad de Aguas

Fecha	Tacaes			Puntos
	DBO	%SOD	NH4	
05/02/1997	<14 mg/l	82.0%	(0.18 + 0.07) mg/l	7
05/03/1997	ND	81.0%	(0.62 + 0.07) mg/l	5
09/04/1997	ND	77.7%	(0.18 + 0.04) mg/l	4
07/05/1997	(4.8 + 2) mg/l	75.1%	(0.20 + 0.04) mg/l	5
04/06/1997	(1.6 + 0.5) mg/l	80.1%	(0.14 + 0.04) mg/l	4
16/07/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	83.2%	(0.07 + 0.01) mg/l	4
06/08/1997	(2.1 + 0.5) mg/l	80.5%	ND	4
03/09/1997	ND	88.7%	(0.27 + 0.02) mg/l	4
Promedio				4.29
Color				Azul

Índice de Calidad de Aguas

Fecha	Garita			Puntos
	DBO	%SOD	NH4	
05/02/1997	-	-	-	
05/03/1997	ND	78.4%	(0.59 + 0.07) mg/l	5
09/04/1997	ND	83.4%	(0.16 + 0.04) mg/l	4
07/05/1997	(2.0 + 2) mg/l	83.6%	(0.22 + 0.04) mg/l	4
04/06/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	86.5%	(0.10 + 0.04) mg/l	4
16/07/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	87.4%	(0.08 + 0.01) mg/l	2
06/08/1997	(1.2 + 0.5) mg/l	80.9%	(0.036 + 0.005) mg/l	4
03/09/1997	(1.1 + 0.5) mg/l	102.1%	(0.15 + 0.005) mg/l	3
Promedio				3.71
Color				Azul

Condiciones del tiempo y características físicas del agua de cada uno de ríos en los sitios de muestreo en cada uno de los días de medición.

Anexo III.d
Condiciones del Tiempo y
Características Físicas del Agua

Tabla III.C.1. Condiciones del Tiempo.

Fecha	Rosales	Naranjo	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
5/02/97	1. Parcialmente nublado 2. Claro 3. Oscuro y con lluvia 4. Parcialmente nublado	1. Despejado con pocas nubes 2. Nublado 3. Nublado, llovió por unos 10 min. 4. Nublado	1. Parcialmente despejado 2. Nublado y oscuro 3. Nublado y oscuro. Lluvia leve durante unos 15 min. 4. Nublado y oscuro	1. Soleado y con viento. 2. Soleado y brisa suave 3. Lluvia 4. Nublado	1. Soleado 2. Soleado 3. Nublado 4. Nublado	***No se realizó el muestreo por dificultades de ingreso
5/03/97	Caluroso y despejado con una brisa ligera	Soleado todo el día	Totalmente despejado prácticamente todo el día	Soleado todo el día	Soleado y seco todo el día	Soleado todo el día
9/04/97	Soleado todo el día	1. Parcialmente nublado 2. Parcialmente nublado 3. Nublado 4. Nublado	1. Soleado 2. Soleado 3. Soleado 4. Nublado	1. Soleado 2. Nublado 3. Soleado 4. Nublado	1. Nublado 2. Más nublado 3. Nublado, húmedo y caluroso 4. Nublado, húmedo y caluroso	Soleado todo el día
7/05/97	1. Parcialmente nublado 2. Parcialmente nublado 3. Soleado con poca nubosidad 4. Soleado con poca nubosidad	1. Parcialmente nublado 2. Parcialmente nublado 3. Soleado 4. Despejado	1. Nublado 2. Nublado 3. Soleado 4. Nublado y sin brisa	1. Nublado y fresco 2. Nublado y fresco 3. Soleado 4. Pocas nubes, claro y fresco	1. Nublado, fresco y sin lluvia 2. Parcialmente nublado y caluroso 3. Despejado y fresco 4. Despejado y fresco	1. Totalmente nublado y muy caluroso 2. Totalmente nublado y muy caluroso 3. Un poco más despejado 4. Bastante despejado y aún caluroso
4/06/97	Soleado todo el día	Parcialmente nublado todo el día	1. Soleado, con poca nubosidad 2. Un poco más nublado 3. Un poco nublado 4. Un poco nublado	1. Claro, con nubes y fresco 2. Claro, con nubes y fresco 3. Soleado 4. Leve lluvia, un poco oscuro y fresco	1. Nublado y húmedo 2. Soleado y húmedo 3. Nublado 4. Nublado	1. Nublado 2. Soleado 3. Nublado y caluroso 4. Nublado y caluroso

Continuación **Tabla III.C.1. Condiciones del Tiempo.**

16/07/97	1. Nublado y con llovizna 2. Nublado 3. Nublado 4. Nublado	Nublado todo el día	1. Parcialmente nublado 2. Claro 3. Oscuro y con lluvia 4. Parcialmente nublado	Nublado todo el día	Nublado todo el día	Nublado todo el día
6/08/97	1. Soleado 2. Soleado 3. Soleado 4. Parcialmente nublado	1. Soleado, caliente y sin brisa 2. Soleado, algunas nubes, poca brisa y caliente 3. Parcialmente nublado, poca brisa y caliente 4. Nublado, poca brisa y caliente	1. Soleado, con pocas nubes y caluroso 2. Un poco más nuboso 3. Soleado, parcialmente nublado y caluroso 4. Parcialmente nublado y caluroso	1. Parcialmente soleado 2. Parcialmente soleado 3. Parcialmente soleado 4. Nublado	1. Soleado 2. Soleado 3. Soleado y caluroso 4. Soleado con un poco de nubes 5. Nublado	Soleado todo el día
3/09/97	1. Soleado 2. Soleado 3. Nublado 4. Lluvioso	1. Soleado, caliente y sin brisa 2. Parcialmente nublado, caliente y con poca brisa 3. Nublado y con brisa 4. Nublado, fresco y húmedo. Había llovido mucho	1. Claro 2. Bastante sol 3. Empezó a llover 4. Aguacero	1. Soleado y húmedo 2. Soleado y húmedo 3. Nublado y húmedo 4. Lluvia	1. Soleado 2. Un poco nublado 3. Totalmente nublado 4. Llovizna	1. Soleado 2. Soleado 3. Nublado 4. Lluvioso

Tabla III.C.2. Condición de las Aguas.

Fecha	Rosales	Naranjo	Palmares	San Ramón	Tacares	Garita
5/02/97	Olor: desagradable, como a aguas negras Color: blancuzco	Olor: muy fuerte a beneficio Color: grisáceo	Olor: muy fuerte a beneficio Color: Café, muy turbio	Olor: fuerte a beneficio y a materia fecal que disminuyó al finalizar la tarde Color: Verde	Olor: imperceptible Color: café claro	Olor: ninguno Color: gris verdoso
5/03/97	Olor: Ninguno Color: gris cafezusco, turbio	Olor: a beneficio a partir de media mañana hasta el final del día Color: Oscuro	Olor: a broza de café, leve en la mañana y en la tarde y más fuerte al mediodía Color: Gris y turbio en la mañana y clara durante la tarde	Olor: ninguno Color: turbio	Olor: ninguno Color: Verduzco, turbio	Olor: ninguno Color: gris verdoso
9/04/97	Olor: no apreciable Color: gris claro	Olor: a jabón en las primeras horas de la mañana Color: café claro	Olor: a café Color: oscuro	Olor: a jabón durante la mañana Color: gris verdoso	Olor: ninguno Color: Café verdoso	Olor: ninguno Color: café verdoso
7/05/97	Olor: a hule Color: gris	Olor: ninguno Color: gris claro	Olor: temprano ninguno, luego a beneficio y durante la tarde a beneficio y materia fecal Color: clara durante la mañana, en la tarde café verduzco oscuro	Olor: ninguno Color: gris	Olor: ninguno Color: Café verdoso	Olor: ninguno Color: café claro

Continuación **Tabla III.C.2. Condición de las Aguas.**

4/06/97	Olor: ninguno Color: café	Olor: ninguno Color: café claro	Olor: a beneficio Color: café claro y grisáceo al final de la tarde	Olor: ninguno Color: café claro	Olor: ninguno Color: Café claro	Olor: ninguno Color: café (color de la tierra)
16/07/97	Olor: ninguno Color: Gris	Olor: ninguno Color: café	Olor: a broza de café en las primeras horas de la mañana Color: claro	Olor: ninguno Color: café tierra que aclaró en la tarde	Olor: ninguno Color: café claro	Olor: ninguno Color: café, propio de la erosión
6/08/97	Olor: ninguno Color: gris muy claro	Olor: ninguno Color: turbio cafézusco	Olor: leve a cloaca durante la tarde Color: claro	Olor: leve a beneficio como al mediodía Color: café claro y oscuro como al mediodía	Olor: ninguno Color: café	Olor: ninguno Color: café
3/09/97	Olor: ninguno Color: café	Olor: leve a broza de café al finalizar la tarde Color: Verdoso al fondo y claro en la superficie, y totalmente café al finalizar la tarde	Olor: a chanchera Color: claro en la mañana y café al final de la tarde	Olor: a materia fecal todo el día Color: café oscuro	Olor: ninguno Color: verduzco y café como de erosión al finalizar la tarde	Olor: ninguno Color: café oscuro (como tierra)

A continuación se presentan las tablas del análisis de sensibilidad para determinar la variación de la DBO y la DQO con distintas profundidades promedio del río en Tacares y Garita. Además, se muestran las tablas del cambio de la DQO el día 7 de mayo de 1997 para distintos caudales (variaciones del 15% en Garita y Tacares).

A n e x o I I I I . e

B a l a n c e d e M a s a s

Análisis de Sensibilidad de los Valores de DBO y DQO en la Intersección de los Ríos Grande y Poás con Respectos a la Profundidad Promedio

GARITA										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m ³ /s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)	Prof. Prom.g (m)	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)	DQOigr (mg/l)
2/5/97	-	-	-	-	-	0.50	1.00	-	-	-
3/5/97	ND	17.00	16.00	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
4/9/97	ND	17.00	12.98	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
5/7/97	2.00	6.62	16.13	0.10	0.10	0.50	1.00	1.20	2.13	7.04
6/4/97	1.20	24.00	22.80	2.20	2.20	0.50	1.00	5.40	1.22	24.30
7/16/97	1.20	13.30	22.20	2.20	2.20	0.50	1.00	5.40	1.22	13.47
8/6/97	1.20	10.00	23.80	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
9/3/97	1.10	110.00	21.70	ND	-	0.50	1.00	-	-	-

GARITA										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m ³ /s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)	Prof. Prom.g (m)	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)	DQOigr (mg/l)
2/5/97	-	-	-	-	-	0.80	0.81	-	-	-
3/5/97	ND	17.00	16.00	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
4/9/97	ND	17.00	12.98	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
5/7/97	2.00	6.62	16.13	0.10	0.10	0.80	0.81	0.94	2.10	6.94
6/4/97	1.20	24.00	22.80	2.20	2.20	0.80	0.81	3.56	1.21	24.20
7/16/97	1.20	13.30	22.20	2.20	2.20	0.80	0.81	3.56	1.21	13.41
8/6/97	1.20	10.00	23.80	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
9/3/97	1.10	110.00	21.70	ND	-	0.80	0.81	-	-	-

GARITA										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m ³ /s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)	Prof. Prom.g (m)	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)	DQOigr (mg/l)
2/5/97	-	-	-	-	-	1.00	0.74	-	-	-
3/5/97	ND	17.00	16.00	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
4/9/97	ND	17.00	12.98	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
5/7/97	2.00	6.62	16.13	0.10	0.10	1.00	0.74	0.84	2.09	6.91
6/4/97	1.20	24.00	22.80	2.20	2.20	1.00	0.74	2.94	1.21	24.16
7/16/97	1.20	13.30	22.20	2.20	2.20	1.00	0.74	2.94	1.21	13.39
8/6/97	1.20	10.00	23.80	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
9/3/97	1.10	110.00	21.70	ND	-	1.00	0.74	-	-	-

Análisis de Sensibilidad de los Valores de DBO y DQO en la Intersección de los Ríos Grande y Poás con Respectos a la Profundidad Promedio

GARITA										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m ³ /s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)	Prof. Prom.g (m)	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)	DQOigr (mg/l)
2/5/97	-	-	-	-	-	1.30	0.66	-	-	-
3/5/97	ND	17.00	16.00	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
4/9/97	ND	17.00	12.98	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
5/7/97	2.00	6.62	16.13	0.10	0.10	1.30	0.66	0.74	2.08	6.87
6/4/97	1.20	24.00	22.80	2.20	2.20	1.30	0.66	2.35	1.21	24.13
7/16/97	1.20	13.30	22.20	2.20	2.20	1.30	0.66	2.35	1.21	13.37
8/6/97	1.20	10.00	23.80	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
9/3/97	1.10	110.00	21.70	ND	-	1.30	0.66	-	-	-

GARITA										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m ³ /s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)	Prof. Prom.g (m)	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)	DQOigr (mg/l)
2/5/97	-	-	-	-	-	1.50	0.62	-	-	-
3/5/97	ND	17.00	16.00	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
4/9/97	ND	17.00	12.98	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
5/7/97	2.00	6.62	16.13	0.10	0.10	1.50	0.62	0.69	2.07	6.85
6/4/97	1.20	24.00	22.80	2.20	2.20	1.50	0.62	2.09	1.21	24.12
7/16/97	1.20	13.30	22.20	2.20	2.20	1.50	0.62	2.09	1.21	13.36
8/6/97	1.20	10.00	23.80	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
9/3/97	1.10	110.00	21.70	ND	-	1.50	0.62	-	-	-

Análisis de Sensibilidad de los Valores de DBO y DQO en la Intersección de los Ríos Grande y Poás con Respectos a la Profundidad Promedio

TACARES										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudalt (m ³ /s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)	Prof. Prom.t (m)	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)	DQOxgr (mg/l)
2/5/97	14.00	17.00	6.44	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
3/5/97	ND	29.00	4.93	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
4/9/97	ND	29.00	3.98	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
5/7/97	4.80	27.72	5.60	0.30	0.30	0.50	1.00	1.60	4.80	27.69
6/4/97	1.60	22.00	7.03	6.70	6.70	0.50	1.00	14.40	1.60	21.99
7/16/97	1.20	17.80	7.29	6.70	6.70	0.50	1.00	14.40	1.20	17.79
8/6/97	2.10	10.00	9.22	ND	-	0.50	1.00	-	-	-
9/3/97	ND	53.00	5.92	ND	-	0.50	1.00	-	-	-

TACARES										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudalt (m ³ /s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)	Prof. Prom.t (m)	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)	DQOxgr (mg/l)
2/5/97	14.00	17.00	6.44	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
3/5/97	ND	29.00	4.93	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
4/9/97	ND	29.00	3.98	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
5/7/97	4.80	27.72	5.60	0.30	0.30	0.80	0.81	1.19	4.80	27.70
6/4/97	1.60	22.00	7.03	6.70	6.70	0.80	0.81	9.19	1.60	21.99
7/16/97	1.20	17.80	7.29	6.70	6.70	0.80	0.81	9.19	1.20	17.80
8/6/97	2.10	10.00	9.22	ND	-	0.80	0.81	-	-	-
9/3/97	ND	53.00	5.92	ND	-	0.80	0.81	-	-	-

TACARES										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudalt (m ³ /s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)	Prof. Prom.t (m)	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)	DQOxgr (mg/l)
2/5/97	14.00	17.00	6.44	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
3/5/97	ND	29.00	4.93	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
4/9/97	ND	29.00	3.98	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
5/7/97	4.80	27.72	5.60	0.30	0.30	1.00	0.74	1.04	4.80	27.70
6/4/97	1.60	22.00	7.03	6.70	6.70	1.00	0.74	7.44	1.60	22.00
7/16/97	1.20	17.80	7.29	6.70	6.70	1.00	0.74	7.44	1.20	17.80
8/6/97	2.10	10.00	9.22	ND	-	1.00	0.74	-	-	-
9/3/97	ND	53.00	5.92	ND	-	1.00	0.74	-	-	-

Análisis de Sensibilidad de los Valores de DBO y DQO en la Intersección de los Ríos Grande y Poás con Respectos a la Profundidad Promedio

TACARES										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudalt (m ³ /s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)	Prof. Prom.t (m)	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)	DQOxgr (mg/l)
2/5/97	14.00	17.00	6.44	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
3/5/97	ND	29.00	4.93	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
4/9/97	ND	29.00	3.98	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
5/7/97	4.80	27.72	5.60	0.30	0.30	1.30	0.66	0.89	4.80	27.70
6/4/97	1.60	22.00	7.03	6.70	6.70	1.30	0.66	5.81	1.60	22.00
7/16/97	1.20	17.80	7.29	6.70	6.70	1.30	0.66	5.81	1.20	17.80
8/6/97	2.10	10.00	9.22	ND	-	1.30	0.66	-	-	-
9/3/97	ND	53.00	5.92	ND	-	1.30	0.66	-	-	-

TACARES										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudalt (m ³ /s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)	Prof. Prom.t (m)	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)	DQOxgr (mg/l)
2/5/97	14.00	17.00	6.44	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
3/5/97	ND	29.00	4.93	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
4/9/97	ND	29.00	3.98	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
5/7/97	4.80	27.72	5.60	0.30	0.30	1.50	0.62	0.82	4.80	27.71
6/4/97	1.60	22.00	7.03	6.70	6.70	1.50	0.62	5.09	1.60	22.00
7/16/97	1.20	17.80	7.29	6.70	6.70	1.50	0.62	5.09	1.20	17.80
8/6/97	2.10	10.00	9.22	ND	-	1.50	0.62	-	-	-
9/3/97	ND	53.00	5.92	ND	-	1.50	0.62	-	-	-

Análisis de Sensibilidad de los Valores de DBO y DQO en la Intersección de los Ríos Grande y Poás con Respecto a la Incertidumbre de los Valores de DBO y DQO en el Punto de Medición

TACARES										
Fecha	DBOt (mg/l)	DQOt (mg/l)	Caudalt (m ³ /s)	SSt (ml/l)	Vel. Sed.t (mg/h)	Prof. Prom.t (m)	Kdt	Krt	DBOxgr (mg/l)	DQOxgr (mg/l)
5/7/97	4.8	27.72	5.6	0.3	0.3	1	0.74	1.04	4.80	27.70
5/7/97	4.6	27.66	5.6	0.3	0.3	1	0.74	1.04	4.60	27.64
5/7/97	5	27.78	5.6	0.3	0.3	1	0.74	1.04	5.00	27.76
5/7/97	4.6	27.78	5.6	0.3	0.3	1	0.74	1.04	4.60	27.76
5/7/97	5	27.66	5.6	0.3	0.3	1	0.74	1.04	5.00	27.64

GARITA										
Fecha	DBOg (mg/l)	DQOg (mg/l)	Caudalg (m ³ /s)	SSg (ml/l)	Vel. Sed.g (mg/h)	Prof. Prom.g (m)	Kdg	Krg	DBOigr (mg/l)	DQOigr (mg/l)
5/7/97	2	6.92	16.13	0.1	0.1	1	0.74	0.84	2.09	7.22
5/7/97	1.8	6.86	16.13	0.1	0.1	1	0.74	0.84	1.88	7.16
5/7/97	2.2	6.98	16.13	0.1	0.1	1	0.74	0.84	2.30	7.28
5/7/97	1.8	6.98	16.13	0.1	0.1	1	0.74	0.84	1.88	7.28
5/7/97	2.2	6.86	16.13	0.1	0.1	1	0.74	0.84	2.30	7.16

Valores de DQO Calculados a Partir de Variaciones dentro de la Incertidumbre de la DQO y la DBO y el Posible Error en los Caudales

Fecha	DQOxgr (mg/l)	DQOigr (mg/l)	Caudalg (m3/s)	Caudalt (m3/s)	Caudalgr (m3/s)	DQOgr (mg/l)
5/7/97	27.70	7.22	18.55	6.44	12.11	-3.67
5/7/97	27.70	7.22	18.55	4.76	13.79	0.15
5/7/97	27.70	7.22	13.71	6.44	7.27	-10.92
5/7/97	27.70	7.22	13.71	4.76	8.95	-3.67
5/7/97	27.64	7.16	18.55	6.44	12.11	-3.73
5/7/97	27.76	7.28	18.55	4.76	13.79	0.21
5/7/97	27.64	7.28	13.71	6.44	7.27	-10.76
5/7/97	27.76	7.16	13.71	4.76	8.95	-3.80

Variación de Caudales Utilizada

		Caudalg más 15%	Caudalg men. 15%
		18.55	13.71
Caudalt más 15%	6.44	12.11	7.27
Caudalt men. 15%	4.76	13.79	8.95