

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE BIOLOGIA

POTENCIAL IMPACTO DEL TURISMO MASIVO SOBRE EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES EN LAS CIUDADES DE CANAS Y LIBERIA,
GUANACASTE.

TESIS DE LICENCIATURA EN BIOLOGIA CON ENFASIS
EN INTERPRETACION AMBIENTAL

MARIANO PEINADOR BROLATTO

CIUDAD UNIVERSITARIA "RODRIGO FACIO", COSTA RICA
JUNIO 1995

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento al Sr. Gerardo Mella por sus invaluable
ayuda y orientación en el desarrollo de este trabajo. Al
Sr. Gerardo Mella y la Sra. Isabel Chaves por sus atenciones y
colaboración.

Agradezco a mi esposa por su apoyo en la parte
administrativa y en el trabajo experimental de este trabajo. Al
Sr. Gerardo Mella por su colaboración en la realización de las
pruebas.


DEDICATORIA:

Agradezco a mi esposa por su apoyo y colaboración en
este trabajo. Agradezco a mi esposa por su apoyo y colaboración
en el desarrollo de este trabajo. Agradezco a mi esposa por su
ayuda y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A MI ESPOSA
CARMEN ISABEL VALIENTE

Expreso mi agradecimiento a mi esposa por su apoyo y colaboración
en el desarrollo de este trabajo.

Esta tesis fue presentada por la Comisión de Trabajos Finales de graduación de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar el grado de Licenciatura en Biología con énfasis en Interpretación Ambiental.



Dr. Gerardo Umaña
Director de Escuela


AGRADECIMIENTOS

Agradezco en especial al Dr. Gerardo Umaña por sus invaluable consejos y acertada guía en la realización de este trabajo. Al Dr. Ricardo Soto y la Lic. Ana Isabel Chávez por sus enseñanzas y constante apoyo.


A la Dra. Carmen I. Valiente por su ayuda en la parte microbiológica y en el trabajo computarizado de esta tesis. Al Dr. Felipe Portugués por su colaboración en la realización de las figuras.

Al Instituto costarricense de Acueductos y Alcantarillados por su aporte parcial en el financiamiento, a la unidad de muestreo de dicha institución por su ayuda en la recolección de las muestras y al Sr. Jesús Vega por su colaboración en el proceso de las mismas.

A mis compañeros de licenciatura por su amistad e incansable apoyo.



Dr. Gerardo Umaña
Director de Escuela

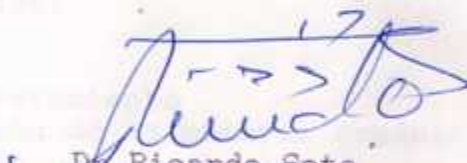


Dr. Ricardo Soto
Director de Escuela

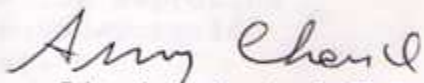
Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de graduación de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Biología con énfasis en Interpretación Ambiental.



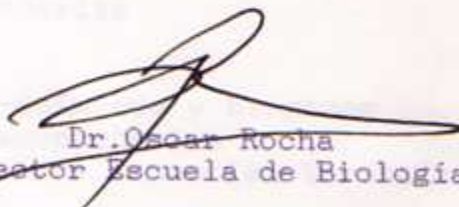
Dr. Gerardo Umaña
Director de Tesis



Dr. Ricardo Soto
Miembro del Tribunal



Lic. Ana Isabel Chávez
Miembro del Tribunal



Dr. Oscar Rocha
Director Escuela de Biología



Bach. Mariano Peinador Brolatto

INDICE

edicatoria (trógeno)	11
gradecimientos	111
lista de cuadros Totales	vii
lista de figuras del colon. cianofila-a, diosó de Sacchi	ix
lista de anexos	x0
Cianobacterias fecales y Cianobacterias	42
Cianobacterias fecales	42
Cianobacterias	42
ntroducción del agua de las rías Cañas y Liberia	1
Aerobios	24
Revisión Bibliográfica	58
Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales:	58
Cañas	5
Liberia	62
Principios del tratamiento	7
Estabilización de la materia orgánica	70
Nitrificación	8
Desnitrificación	90
Remoción de organismos	9
Tipos de lagunas de estabilización	10
Cuerpos receptores de aguas residuales	12
Autodepuración	12
Niveles de los saprobios	14
Zonas de autodepuración	15
Cianobacterias	16
Material y Métodos	
Muestreo	20
Parámetros analizados	20
Fuente Primaria	20
Fuentes Secundarias	24
Resultados	
Parámetros físico-químicos y biológicos	24
Comunidades de Cianobacterias	25
Análisis demográfico y Potencial Turístico	29
Discusión	
Parámetros físico-químicos	31
pH	31
Temperatura	32
Hierro	32
Fósforo	32

INDICE

edicatoria indígena	11
gradecimientos	111
lista de cuadros y Tablas	vii
lista de figuras	ix
lista de anexos	xii
Coliformes fecales y Cianobacterias	42
Coliformes fecales	42
Cianobacterias	43
Introducción	1
Objetivos	34
Revisión Bibliográfica	50
Descripción del sistema de tratamiento de aguas residuales:	50
Cañas	5
Liberia	6
Principios del tratamiento	7
Estabilización de la materia orgánica	7
Nitrificación	8
Desnitrificación	9
Remoción de organismos	9
Tipos de lagunas de estabilización	10
Cuerpos receptores de aguas residuales	12
Autodepuración	12
Niveles de los saprobios	14
Zonas de autodepuración	15
Cianobacterias	16
Material y Métodos	
Muestreo	20
Parámetros analizados	20
Fuente Primaria	20
Fuentes Secundarias	24
Resultados	
Parámetros físico-químicos y biológicos	24
Comunidades de Cianobacterias	25
Análisis demográfico y Potencial Turístico	29
Discusión	
Parámetros físico-químicos	31
pH	31
Temperatura	32
Hierro	32
Fósforo	32

LINCA-25-200808

Nitrógeno	34
DBO y OD	35
Sólidos Totales	37
Turbiedad, color, clorofila-a, disco de Secchi	37
OD ₅₀₀ / OD ₆₀₀	40
Coliformes fecales y Cianobacterias	42
Coliformes fecales	42
Cianobacterias	43
Utilización del agua de los ríos Cañas y Liberia	52
Aspectos legales	54
Turismo y aguas residuales	56
Recomendaciones	58
Cuadros	62
Figuras	80
Referencias	90
Anexos	95

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1: Día, mes y año de los muestreos (pag. 63)

CUADRO 2: Número de muestras recolectadas (pag. 63)

CUADRO 3: Promedio de 12 muestras para los parámetros físico-químicos en la laguna de estabilización secundaria de la ciudad de Cañas y en el río Cañas entre julio de 1992 y diciembre de 1993 en meses lluviosos (pag. 64)

CUADRO 4: Promedio de 9 muestras para los parámetros físico-químicos en la laguna de estabilización secundaria de la ciudad de Cañas y en el río Cañas entre julio de 1992 y diciembre de 1993 en meses secos (pag. 65)

CUADRO 5: Promedio de 12 muestras para los parámetros físico-químicos en la laguna de estabilización secundaria de la ciudad de Liberia y en el río Liberia entre julio de 1992 y diciembre de 1993 en meses lluviosos (pag. 66)

CUADRO 6: Promedio de 9 muestras para los parámetros físico-químicos en la laguna de estabilización secundaria de la ciudad de Liberia y en el río Liberia entre julio de 1992 y diciembre de 1993 en meses secos (pag. 67)

CUADRO 7: Caudal de los ríos Cañas y Liberia (pag. 68)

CUADRO 8: Frecuencia total de muestras con cianobacterias en los diferentes tipos de sustrato en el sistema Cañas (pag. 69)

CUADRO 9: Frecuencia total de muestras con cianobacterias en los diferentes tipos de sustrato en el sistema Liberia (pag. 70)

CUADRO 10: Frecuencia de aparición de cianobacterias por sustrato (pag. 71)

CUADRO 11: Número de especies encontradas en cada lugar por sustrato (pag. 72)

CUADRO 12: Número de especies y frecuencia total por muestreo en Cañas y Liberia (pag. 73)

CUADRO 13: Valores de Z (U de Mann-Whiney) entre los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo (pag. 73)

CUADRO 14: Índice de Jaccard de similitud de lugares con especies del perifiton (pag. 74)

CUADRO 15: Índice de Jaccard de similitud entre las especies con localidades y sustratos más parecidos (pag. 74)

CUADRO 16: Composición aproximada de las heces y orina humanas (pag. 75)

CUADRO 17: Carga de DBO por población (pag. 76)

CUADRO 18: Capacidad de hospedaje (pag. 77)

CUADRO 19: Aumento en el número de habitantes, en el casco urbano e la ciudad de Liberia, debido directa o indirectamente al aumento del turismo en la zona (pag. 79)

CUADRO 20: Concentración de nitrógeno amoniacal en el sistema de Cañar en época lluviosa y seca (pag. 82)

CUADRO 21: Concentración de nitratos en el sistema de Cañar en época lluviosa y seca (pag. 83)

CUADRO 22: Concentración de nitratos en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 84)

CUADRO 23: Concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el sistema de Cañar en época lluviosa y seca (pag. 85)

CUADRO 24: Concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 86)

CUADRO 25: Saturación de oxígeno disuelto en el sistema de Cañar en época lluviosa y seca (pag. 87)

CUADRO 26: Saturación de oxígeno disuelto en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 88)

CUADRO 27: Conductividad en el sistema de Cañar en época lluviosa y seca (pag. 89)

CUADRO 28: Conductividad en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 90)

CUADRO 29: Concentración de clorofila-a en el sistema de Cañar en época lluviosa y seca (pag. 91)

CUADRO 30: Concentración de clorofila-a en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 92)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Promedio de la concentración de fósforo total en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 81)
- Figura 2: Promedio de la concentración de fósforo total en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 81)
- Figura 3: Promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 82)
- Figura 4: Promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 82)
- Figura 5: Promedio de la concentración de nitratos en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 83)
- Figura 6: Promedio de la concentración de nitratos en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 83)
- Figura 7: Promedio de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 84)
- Figura 8: Promedio de la concentración de demanda bioquímica de oxígeno en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 84)
- Figura 9: Promedio del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 85)
- Figura 10: Promedio del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 85)
- Figura 11: Promedio de turbiedad en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 86)
- Figura 12: Promedio de la turbiedad en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 86)
- Figura 13: Promedio de la concentración de clorofila-a en el sistema de Cañas en época lluviosa y seca (pag. 87)
- Figura 14: Promedio de la concentración de clorofila-a en el sistema de Liberia en época lluviosa y seca (pag. 87)

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Lista tentativa de especies de cianobacterias encontradas (pag. 96)

Anexo 2: Ventajas y desventajas de varios sistemas de tratamiento (pag. 97)

En 1939 y en 1934 (53882) y para 1963 se espera un crecimiento del 10% (Estadísticas y Censos, I.C.T., 1965). Los ecoturistas (personas que visitan el país para visitar algún área que les permite observar la naturaleza) conforman un grupo importante de turistas que nos visitan ya que el 73% de las personas que ingresan al país en 1965 afirman, en una encuesta realizada por el Instituto Costarricense de Turismo, que su interés era observar la belleza natural y visitar zonas designadas para tal fin. La falta de una planificación urbana para recibir y atender a este tipo de turismo provoca graves problemas en las zonas que visitan, un buen ejemplo de los cambios negativos es el Parque Nacional Manuel Antonio y sus comunidades vecinas, principalmente el pueblo de Manuel Antonio y la ciudad de Quepos. (Véase el Anexo 2).

La relación a este tipo de poblaciones en zonas que no han tenido una adecuada planificación de infraestructura pueden ser muy difíciles de resolver una vez que se presentan y estos pueden ocasionar daños irreparables al medio ambiente y a las comunidades circundantes antes de poder aplicar medidas correctivas.

La provincia de Guanacaste puede verse afectada, en su futuro, por una afluencia masiva de turistas tanto nacionales como extranjeros ya que posee muchas zonas naturales de gran belleza, algunas de ellas protegidas dentro del sistema de Parques

INTRODUCCION

En Costa Rica el turismo ha venido aumentando en los últimos años. Ya para 1992 ingresaron un total de 362176 turistas, en 1993 414369 y en 1994 452892 y para 1995 se espera un crecimiento del 10% (Estadísticas y Censos, ICT, 1995). Los ecoturistas (personas cuyo interés primordial es el de visitar algún área que les permita estar en contacto con la naturaleza) conforman un grupo importante entre los turistas que nos visitan ya que el 73 % de las personas que ingresaron al país en 1992 afirmaron, en una encuesta realizada por el Instituto Costarricense de Turismo, que su interés era admirar la belleza natural y visitar zonas dispuestas para tal fin.

La mala o nula planificación urbana para recibir y atender a ese tipo de turismo provoca graves problemas en las zonas más visitadas, un buen ejemplo de los cambios negativos es el Parque Nacional Manuel Antonio y sus comunidades vecinas, principalmente el pueblo de Manuel Antonio y la ciudad de Quepos (Y. Mena Com. pers.).

La solución a este tipo de problemas en zonas que no han tenido una adecuada planificación de infraestructura pueden ser muy difíciles de resolver una vez que se presentan y estos pueden ocasionar daños irreparables al medio ambiente y a las comunidades circunvecinas antes de poder aplicar medidas correctivas.

La provincia de Guanacaste puede verse sujeta, en un futuro cercano, a una afluencia masiva de turistas tanto nacionales como extranjeros ya que posee muchas zonas naturales de gran belleza, algunas de ellas protegidas dentro del sistema de Parques

Nacionales, como el área de conservación Guanacaste, el Parque Nacional Palo Verde, los volcanes Rincón de la Vieja, Miravalles, Tenorio y Arenal, otras de carácter privado como refugios forestales, refugios de Vida Silvestre, playas, ríos y lagunas e inclusive megaproyectos turísticos como el del Golfo de Papagayo en el cual se proyecta una inversión \$ 1.000 millones y la generación de entre 35.000 y 40.000 empleos directos (M.Chacón, ICT.comp.pers.).

Las ciudades de Guanacaste que pueden tener una mayor afluencia de turistas son las de Cañas y Liberia ya que se encuentran muy cercanas a las zonas antes mencionadas y son las que cuentan actualmente con mayor infraestructura e inclusive en Liberia se encuentra el aeropuerto internacional Llano Grande. Por estas razones limitaré los estudios a efectuar en este trabajo a esas ciudades.

Centralizaré este trabajo en uno de los problemas más graves que tienen estas dos ciudades: el efecto que pueda estar ocasionando la deposición final de aguas residuales en los cuerpos de agua receptores.

Este problema puede provocar efectos negativos sobre el turismo, el ambiente y las comunidades en general tanto por problemas de estética y malos olores como por problemas de contaminación y salud ya que de un mal tratamiento se puede favorecer el desarrollo de una epidemia como el cólera, parasitosis, fiebre tifoidea, hepatitis, etc.

Actualmente, estas dos ciudades, cuentan con lagunas de estabilización primarias y secundarias para el tratamiento de esas aguas, y depositan las aguas ya tratadas en los ríos Cañas y Liberia respectivamente.

Posiblemente las aguas de esos dos ríos ya están contaminadas con materia fecal antes de recibir las descargas de las lagunas de estabilización respectivas ya que son cuerpos receptores de los desagües de aguas residuales de las casas colindantes con ellos.

El mayor problema lo podrían estar ocasionando las lagunas de estabilización dado el gran volumen de aguas residuales que en ellas se trata. Por lo que en este trabajo se estudiará el efecto que esas descargas están produciendo sobre algunas comunidades de organismos que habitan en esos ríos.

Se sabe que las condiciones biológicas, físicas y químicas de un cuerpo de agua cualquiera determinan a las poblaciones de organismos existentes en el (González, 1988); si dichas condiciones cambian, las poblaciones de organismos existentes en ellas también deberán cambiar. Esto es lo que sucede en cualquier masa de agua cuando se le introducen aguas residuales. Las consecuencias dependen de las características de estos afluentes y de la cantidad de ellos (Schwörbel, 1970).

Varios autores (ver más adelante) han encontrado dominancia de cianobacterias sobre otros organismos en aguas ricas en materia orgánica, por lo que las cianobacterias pueden ser utilizadas como buenos indicadores de contaminación orgánica.

En los ríos Cañas y Liberia no existen trabajos realizados acerca de las poblaciones de organismos que habitan en ellos, tampoco se han realizado estudios en esos lugares que determinen cuales son los organismos típicos que se podrían encontrar en los puntos de descargas de aguas provenientes de lagunas de estabilización.

Este trabajo pretende en primer lugar estudiar el efecto que ocasionan las descargas de las lagunas de estabilización de las ciudades de Cañas y Liberia sobre las comunidades de cianobacterias que habitan en los ríos del mismo nombre, como una manera de evaluar la efectividad del tratamiento que se le está dando a las aguas residuales. En segundo lugar identificar el uso que se le da actualmente a las aguas del río Cañas y del río Liberia aguas abajo de las descargas de las lagunas de estabilización respectivas y si existen proyectos urbanos o turísticos en los márgenes de dichos ríos aprobados por las instituciones responsables (INVU, ICT), ya que según sea el uso que se le este dando o se le vaya a dar al agua así debe ser el grado de tratamiento aplicado. En tercer lugar, estimar el aumento de turismo en el área (y su efecto sobre la efectividad de las lagunas de tratamiento) y si las lagunas de tratamiento actuales pueden asimilar el aumento estimado de la carga, así como identificar posibles soluciones para aumentar la efectividad del tratamiento.

REVISION BIBLIOGRAFICA

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN LAS CIUDADES DE CAÑAS Y LIBERIA

CANAS: Este sistema está diseñado para funcionar...

La ciudad de Cañas es la Cabecera del cantón del mismo nombre, de la provincia de Guanacaste. Está situada a 196 Kilómetros de la ciudad de San José sobre la Carretera Interamericana Norte. Su población aproximada es de 20.000 personas (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados 1983) y sus coordenadas geográficas son $10^{\circ} 25'$ latitud Norte y $85^{\circ} 07'$ longitud Oeste (López et al. 1983). La dirección prevaleciente del viento es Norte a Sur y alcanza frecuentemente velocidades de 20 a 40 Kilómetros por hora, siendo el promedio de 16; la temperatura media normal oscila entre 26.9°C y 29°C (López et al. 1983). Esta ciudad se encuentra a 196 metros sobre el nivel del mar (ICE. 1991).

El sistema de alcantarillado es combinado, esto es, recibe tanto las aguas residuales como las pluviales (cubriendo solamente el casco urbano más densamente poblado) y desemboca en una laguna de estabilización de 0.88 hectáreas, la cual, recibe actualmente una carga teórica de 170 Kg de DBO_5 / ha / día producto de aproximadamente 3500 personas y puede soportar una carga de 250 kg / ha / día (López et al. 1983), esta a su vez desemboca en una laguna de estabilización secundaria de 0.44 Ha. (ambas con una profundidad promedio de 1.4 m) y esta por medio de un canal de

tierra abierto de aproximadamente 1.5 Km. de longitud descarga las aguas tratadas al río Cañas, estas lagunas están localizadas al sur de la ciudad. La laguna pequeña (secundaria) tiene un periodo de retención hidráulico de 21 días cuando opera en paralelo y 7 días cuando opera en serie (como opera actualmente).

Este sistema está diseñado para funcionar aeróbicamente en su totalidad.

LIBERIA:

La ciudad de Liberia es cabecera de la provincia de Guanacaste, está ubicada al noreste del país ($10^{\circ} 38'$ latitud norte, $85^{\circ} 27'$ longitud oeste) a 235 Km de San José (López *et al.* 1983). Su población actual es de 40.000 habitantes (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados 1993). Está a 100 metros sobre el nivel del mar (ICE. 1991), la precipitación media anual es de 200 mm y su temperatura oscila entre 23°C y 32°C (López *et al.* 1983).

Esta ciudad cuenta con aeropuerto internacional y por ella pasa la carretera Interamericana, estos dos factores la hacen contar con un fácil acceso.

Se cuenta en esta ciudad con una red de recolección de aguas residuales que cubre la parte más densamente poblada y de mayor desarrollo comercial, esta red desemboca en una laguna de 1.4 hectáreas y 1.4 metros de profundidad, esta a su vez desemboca en otra laguna de iguales dimensiones, las cuales funcionan en serie. Se encuentran situadas a 2 Km al oeste de la ciudad, están

diseñadas para tratar las aguas residuales de 10,000 habitantes (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Dirección de Estudios y Proyectos, 1976). Desembocan en el río Liberia y actualmente tratan las aguas residuales de aproximadamente 4500 personas para un caudal promedio de entrada de 25 l/s y una carga teórica de 100 Kg de DBO₅ / Ha / día.

Durante este proceso de estabilización de la materia orgánica el oxígeno necesario se agota con lo que se genera un déficit. Por lo anterior ya en el PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO se mencionó la necesidad de encontrar la manera más adecuada para la ESTABILIZACION DE LA MATERIA ORGANICA.

La materia orgánica constituye el mayor porcentaje de las aguas residuales de Cañas y Liberia dado que no existen en esos lugares grandes industrias que desechen en el alcantarillado residuos inorgánicos o tóxicos en cantidades significativas (M.López, 1983).

La materia orgánica es susceptible de transformarse en compuestos orgánicos estables y/o materia inorgánica mediante la biodegradación por medio de microorganismos, especialmente bacterias y hongos.

Cuando aguas residuales de origen doméstico son lanzadas en un curso de agua comienza un proceso de estabilización de la materia orgánica. Esta materia orgánica está compuesta de moléculas complejas como proteínas y grasas, las cuales contienen gran cantidad de energía disponible que es aprovechada por microorganismos. Estos toman oxígeno del medio y oxidan esas

moléculas complejas para transformarla en compuestos más simples como aminoácidos, ácidos grasos y otros compuestos amoniacales que necesitan menor cantidad de oxígeno para ser oxidados y transformarse finalmente en materia estabilizada (nitratos y fosfatos entre otros). Esos nitratos y fosfatos son tomados directamente por otros organismos como algas para su metabolismo.

DURANTE este proceso de estabilización de la materia orgánica el oxígeno necesario se agota conforme se avanza en el proceso. Por lo anterior ya en los primeros pasos de la descomposición es común encontrar zonas con carencia total de oxígeno durante ciertos períodos de tiempo, ya que la demanda es mayor que la disponibilidad. En esos casos la estabilización de la materia orgánica prosigue por vía anaeróbica, sustituyéndose los microorganismos aeróbicos. Se producen otro tipo de compuestos como mercaptanos y anhídrido sulfuroso, este último formado por intermedio de bacterias sulfato-reductoras que utilizan los sulfatos como aceptadores de electrones en ausencia de nitratos, los cuales, son los responsables de los olores desagradables.

factores que afectan la tasa de reacción de bacterias aeróbicas en la
NITRIFICACION. La nitrificación es otro proceso que ocurre en la

estabilización de la materia orgánica, por acción de bacterias de los géneros Nitrosomonas y Nitrobacter en presencia de oxígeno disponible. Si bien, este proceso, comienza desde el momento en que empieza la estabilización de la materia, se intensifica cuando la mayor parte de la oxidación de la materia carbonacea se ha

efectuado. Aproximadamente unos diez días después del inicio de la estabilización (Luttembarok & Rocha 1986) ya que este tipo de materia orgánica al igual que concentraciones de oxígeno disuelto abajo de 2 mg/l, pH menor de 7 o mayor de 8.5 y temperaturas menores a 10°C inhiben a las bacterias responsables.

TIPOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN:

DESNITRIFICACION.

Otro proceso importante en la estabilización de la materia orgánica es la desnitrificación que ocurre por la acción de otro tipo de bacterias en ausencia de oxígeno (según Margaleff 1983 principalmente las bacterias facultativas de los géneros Pseudomonas, Achromobacter, Escherichia, Bacillus y Micrococcus) y consiste básicamente en la utilización de nitratos como aceptadores de hidrógeno produciendo, entre otros, nitrógeno gaseoso que se transfiere a la atmósfera.

Para lograr esto la profundidad es de 2.5 a 3.5 metros y se requiere un terreno, en ciertos casos, con una cierta inclinación.

Recientes investigaciones han demostrado que los principales factores que afectan la tasa de remoción de bacterias patógenas en lagunas de estabilización son: temperatura, Ph, la concentración de algas, penetración de luz ultravioleta en la columna de agua y la elevada concentración de oxígeno disuelto (Teixeira & Tocie 1991).

Con respecto a la remoción de bacterias patógenas en profundidad y en un sistema de tratamiento de aguas residuales como el existente en las ciudades de Cañas y Liberia se espera idealmente que todos esos procesos de estabilización de la materia orgánica,

o por lo menos la mayor parte de ellos, ocurran en las lagunas de estabilización de modo que el cuerpo receptor sea alterado lo menos posible.

Estas lagunas actúan aeróbicamente en la parte superior superficial (primer metro) y anaeróbicamente en el fondo y los 20 a 30 cm de agua por encima de éste. El resto de la masa de agua entre

TIPOS DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

según las condiciones de los efuentes en un punto dado, etc.

Las lagunas de estabilización pueden clasificarse en tres tipos:

1- Lagunas aeróbicas:

Están diseñadas de tal forma que permite que la luz solar atraviese toda la columna de agua por lo que las algas pueden realizar la fotosíntesis aún en el fondo de la laguna y el oxígeno disuelto, producto de ella, esté presente en concentraciones suficientes para permitir el desarrollo de organismos aeróbicos en toda la laguna.

Para lograr esto la profundidad es de 0.3 a 0.5 metros y ocupan grandes áreas de terreno, en comparación con otros tipos de lagunas, para tratar el mismo volumen de materia orgánica por lo que son poco utilizadas (López *et al.* 1983).
 (oxígeno al ambiente) y como consecuencia de esto se produce un predominio de actividad aeróbica, etc.

2- Lagunas facultativas:

Con respecto a la anterior varía únicamente su profundidad y lógicamente sus dimensiones por igual volumen tratado, la profundidad de la laguna es usualmente entre 1 y 1.8 metros.

La carga tratada de este tipo de laguna varía entre 150 y 300

kilogramos de DBO₅ por hectárea por día dependiendo de factores climáticos como temperatura y horas luz por día.

Estas lagunas actúan aeróbicamente en la parte de la superficie (primer metro) y anaeróbicamente en el fondo y los 20 a 30 cm de agua por encima de este. (el resto de la capa de agua entre 1 metro y 1.5 metros se comporta aeróbicamente o anaeróbicamente según las condiciones de luz imperantes en un momento dado).

Este tipo de sistema es utilizado en lugares donde hay disponibilidad de terrenos y su precio no es muy elevado. La carencia de malos olores y otros factores lo hacen ser uno de los sistemas más utilizados en áreas con desarrollo turístico y en áreas cercanas a poblaciones humanas.

Las lagunas de las ciudades de Cañas y Liberia son de este tipo (López et al. 1983).

3- Lagunas Anaeróbicas:

Son lagunas profundas, en ocasiones hasta 5 metros, con una carga de materia orgánica a tratar alta, con poca área superficial (expuesta al ambiente) y como consecuencia de esos factores, un predominio de actividad anaeróbica.

Son utilizadas en lugares en que no hay grandes áreas de terreno disponible o donde su precio es alto (López et al. 1983).

que se utilizan en lugares donde no hay grandes áreas de terreno disponible o donde su precio es alto (López et al. 1983).

La velocidad de los procesos en los cuerpos receptores de aguas residuales depende de los factores. El agua en movimiento y sus comunidades oxigenadas de la superficie que el agua recibe. En las aguas poco profundas, el oxígeno penetra con mayor rapidez hasta el fondo.

Se habla de que el cuerpo de agua se autodepuró cuando la materia orgánica ha sido estabilizada y además han ocurrido otros mecanismos como la sedimentación y la dilución, de modo que el curso de agua (río, riachuelo etc) donde fué lanzada la materia orgánica recupera las características físico, químicas y biológicas que tenía anterior al punto de descarga.

La materia orgánica aportada al agua provoca en primer lugar un desarrollo masivo de bacterias y con ello un consumo muy intenso del oxígeno disuelto en el agua. Las capas profundas del agua quedan pronto sin oxígeno y solo ofrecen posibilidades de vida a los organismos anaeróbicos. Los procesos de descomposición son predominantemente fermentaciones; dominan las reducciones, mientras que las oxidaciones apenas son posibles. En el fondo se depositan fangos putrefactos, se forman gases como metano y a partir de la descomposición de las sustancias protéicas se forman además ácido sulfhídrico y amoníaco (Streble & Krauter 1985).

Una vez descompuesta la mayor parte de la materia orgánica, el oxígeno procedente principalmente del aire ya no es consumido inmediatamente; pueden entonces establecerse las bacterias aeróbicas, que desdoblan de modo oxidativo el resto de sustancias contaminantes (Streble & Krauter 1985).

La autodepuración posterior y antagónica a la oxidación, lo que se llama

para. La velocidad del proceso de autodepuración depende de muchos factores. El agua en movimiento toma más oxígeno de la atmósfera que el agua estancada. En las aguas poco profundas, el oxígeno disuelto en la superficie penetra con mayor rapidez hasta el fondo que en las aguas profundas; esto facilita los procesos de descomposición oxidativos. En los sustratos rugosos, salpicados por el agua, las bacterias pueden formar verdaderas masas, acelerando la autodepuración (Streble & Krauter 1985).

NIVE: Cabe citar el concepto de autodepuración dado por Branco (1984): " La noción de autodepuración implica que la polución es la incorporación de elementos y compuestos extraños a la naturaleza del río. Según este concepto, la depuración sería la eliminación de estos compuestos extraños; si esta eliminación se efectúa con recursos propios del sistema, incluyendo la metabolización de los compuestos biodegradables, se puede hablar de autodepuración. Si este concepto fuera verdadero, la autodepuración, como mecanismo antagónico al de la polución, se iniciaría en el lugar y en el momento en que se introducen los desechos, pues inmediatamente sus componentes biodegradables empiezan a experimentar el proceso de descomposición de la masa de agua. Si se considera sin embargo, que la mayor parte de las alteraciones importantes de carácter ecológico que caracterizan a la polución se derivan del mismo proceso de descomposición (o autodepuración) y no de la incorporación del desecho por sí solo (con la excepción de los desechos tóxicos), habrá que admitir que la autodepuración es causa y no fenómeno posterior y antagónico a la polución, lo que es una

paradoja. La expresión autodepuración es, por tanto, una denominación inadecuada para denotar la sucesión de etapas ecológicas que van desde la incorporación de los desechos hasta la recuperación de las características originales del ambiente acuático. No hay depuración, sino solo un proceso de estabilización progresiva de compuestos complejos y bioquímicamente inestables."

3. el agua es rias en oxígeno disuelto. El agua está enturbada por el desarrollo masivo de algas.

NIVELES DE LOS SAPROBIOS. presentan un nivel único y homogéneo del agua.

Actualmente se suele emplear un sistema de cuatro clases para clasificar las aguas saprobias (Streble & Krauter 1985):

para el estudio del saneamiento de los rios.

Zona Polisaprobia. Clase 4:

Zona Esta es la zona más contaminada. El agua tiene muy poca o ninguna concentración de oxígeno disuelto, despide mal olor y ocurren depósitos de lodo putrefacto. Hay cantidades masivas de bacterias, pero pocos seres vivos de otras especies.

Son polisaprobias por ejemplo las aguas residuales no depuradas, el agua de los rios y los lagos en aquellos puntos en los que reciben aguas residuales no depuradas.

lagos de aguas elevadas.

Zona α-mesosaprobia. Clase 3:

ZONA En esta zona, la autodepuración ha progresado ya hasta el punto en que predominan los procesos de oxidación. El agua contiene abundante oxígeno disuelto, pero el consumo de oxígeno es también muy elevado a causa de la actividad de las bacterias, que aún son

muy numerosas. Los animales y plantas superiores son aún poco frecuentes, pero en el agua viven numerosas especies de algas, ciliados y flagelados.

Zona β -mesosaprobia. Clase 2: El oxígeno disuelto disminuye a 40%. Las bacterias en esta zona son menos numerosas que en la zona 3, el agua es rica en oxígeno disuelto, clara (si no está enturbiada por un desarrollo masivo de algas).

Las aguas de este tipo presentan un mundo animal y vegetal más variado que los demás niveles de saprobios. El proceso de autodepuración termina en esta clase de calidad, que es la que se persigue con el saneamiento de los ríos.

Zona oligosaprobia. Clase 1: Limpia.

El agua es en gran medida pura, rica en oxígeno disuelto y carece casi por completo de sustancia orgánica muerta. Por consiguiente, el agua que no solo es pura sino también pobre en sustancias nutritivas será pobre en especies y en individuos.

Podemos encontrar agua de estas características en los arroyos cerca de su nacimiento, en los riachuelos de montaña y a veces en los lagos de alturas elevadas.

ZONAS DE AUTODEPURACION.

Estas zonas se clasifican con base en el perfil de la variación de oxígeno disuelto y son definidas unicamente para ríos.

Es un sistema propuesto por Whipple (Whipple *et al.* 1954).

citado en Branco 1984) estas zonas se definen por referencia a la concentración de oxígeno disuelto correspondiente a 40% del valor de saturación. De modo que la primera zona, llamada zona de degradación, se inicia en el punto donde se vierten los desechos y termina donde la concentración de oxígeno disuelto disminuye a 40% de saturación; la zona de descomposición activa, que es la siguiente, se inicia a los 40% de saturación y termina donde la concentración de oxígeno, después de haberse reducido hasta alcanzar valores más bajos (a veces hasta cero) se eleva otra vez a los 40% de saturación; la zona de recuperación, la tercera, se inicia a los 40% de saturación y se extiende hasta el punto donde se alcanza la concentración inicial de oxígeno del río antes de recibir los desechos. De este punto en adelante se extiende la cuarta zona, o zona de aguas limpias.

CYANOBACTERIAS.

Muchas especies de cianobacterias han sido encontradas en aguas eutroficadas y parece ser que dichos organismos son más abundantes y diversos en ese tipo de aguas que en aguas claras (oligotróficas). Esto está apoyado por varios trabajos realizados al respecto:

En algunos lagos brasileños eutroficados por la acción de aguas residuales provenientes de desagües municipales o plantas de tratamiento de las mismas, Branco (1965) observó una sucesión característica de cianobacterias en la medida que el lago se vuelve más eutrófico. Las primeras cianobacterias que aparecen, y son

usadas como indicadores de eutrofización, pertenecen a géneros que pueden fijar nitrógeno ambiental, como Anabaena spp o Aphanizomenon spp. (a esos dos géneros, Romitelli en 1983, agrega otros dos géneros: Nostoc spp y Gloeotrichia spp), posteriormente esos géneros son substituidos por otros que no fijan nitrógeno como Microcystis spp, Synechocystis spp, Chroococcus spp, Oscillatoria spp, Lyngbya spp, Phormidium spp y otros. Este hecho parece deberse a que el proceso de floración se inicia cuando el fósforo deja de ser limitante y el nitrógeno aún lo es, por lo que las cianobacterias fijadoras de nitrógeno aparecen primero (Branco 1965).

Varios autores (Gerloff & Skoog 1957, Branco et al. 1983, Romitelli 1983, Branco 1984 y Almeida & Branco 1985) aseguran que la proporción por peso de N:P en desechos provenientes de lagunas de estabilización es de 8:1 mientras que las necesidades de las algas y cianobacterias, no fijadoras de nitrógeno, es de 30:1 con lo cual estarían apoyando las observaciones de Branco.

Shapiro (1973), Schindler (1974), Branco (1984), Almeida & Branco (1985) y Komárex (1991) plantean que el predominio de cianobacterias, sobre algas en general en sistemas muy eutroficados se debe en algunas ocasiones a la concentración del anhídrido carbónico en relación con las concentraciones de nitrógeno y fósforo. Para estos autores las cianobacterias pueden desarrollarse con muy bajas concentraciones de CO₂. Dado este caso, cuando las concentraciones de nitrógeno y fósforo son altas y el carbono pasa a ser un elemento limitante o relativamente deficiente,

predominarían las cianobacterias. Esta es la hipótesis más aceptada actualmente. Margalef (1983) afirma que además de la menor cantidad de dióxido de carbono que necesitan las cianobacterias para su desarrollo, pueden por medio de la cubierta mucilaginosa retenerlo más.

Las cianobacterias necesitan mayor concentración de nitrógeno que algas en general por lo que en aguas no contaminadas no son dominantes. Esto lo demostró Prescott en 1960 (citado en Almeida & Branco 1985) al comparar el contenido de proteína de las células de varias cianobacterias y clorófitas.

En trabajos realizados en Brasil (Beyruth 1993) se encontró gran incidencia de cianobacterias, en especial Microcystis aeruginosa, en aguas eutróficas. Esta y otras especies de Microcystis, por su modo de vida y por los pigmentos fotosintéticos que poseen, aprovechan mejor la luz e impiden el paso de la misma a los estratos inferiores de la masa de agua. Esto podría ser un factor más que interviene en la dominancia de esos organismos cuando están en un medio favorable para su desarrollo como las aguas eutróficas.

Otro de los factores que podría influir para que ocurra esa dominancia de cianobacterias es el hecho de que muchas especies de ese grupo producen secreciones (sustancias alelopáticas) que ejercen una acción antibiótica sobre bacterias y algas en general (Fredrickson & Stephanopoulos 1981, Branco 1984).

En 1953, Patrick (citado en Branco 1984) ideó un sistema gráfico para representar el grado de polución que tiene un cuerpo

MATERIAL Y METODOS

ALUMINIO: Método gravimétrico, unidades mg por litro de agua.
AL. 187-89-203

MUESTREO: Método EPA (# 89), 250ml, unidades mg por litro de agua.
Los puntos de muestreo en los sistemas de Cañas y de Liberia se definieron de la siguiente forma:

El punto #1: 40 metros aguas arriba de la descarga de las lagunas de estabilización, el punto #2: en la descarga de las lagunas de estabilización, el punto #3: 100 metros aguas abajo de la descarga de las lagunas de estabilización y el punto #4: a la salida del agua de las lagunas de estabilización.

La fecha exacta de cada muestreo se detalla en el cuadro 1, se indica además cuales muestreos pertenecen a época seca (9) y cuales a época lluviosa (12).

En el cuadro 2 se detalla el número de muestras que se tomaron en cada lugar y en cada sustrato. Los sustratos se describen con detalle más adelante.

Fósforo Total: Método por digestión con ácido, unidades mg por litro de agua.
EPA. 814-815

PARAMETROS ANALIZADOS

Los siguientes parámetros fueron medidos en la fuente primaria:

A) FUENTE PRIMARIA: pH, conductividad, temperatura, sólidos totales, sólidos suspendidos, turbiedad, color, hierro, manganeso, nitrato, nitrito, amonio, fosfato, sulfato, cloruro, calcio, magnesio, aluminio, cobre, zinc, plomo, cadmio, mercurio, cromo, níquel, cobalto, níquel, vanadio, selenio, arsénico, boro, silicio, yodo, bromo, flúor, cianuro, cianato, cianuro, cianato, cianuro, cianato.

FISICO-QUIMICOS:

Los siguientes parámetros fisico-químicos fueron medidos utilizando un espectrofotómetro DREL 2000 marca HACH; siguiendo la Metodología descrita en Hach 1989, aprobada por la EPA.

- ALUMINIO: Método aluminio (# 10), 522nm, unidades mg por litro de AL. (pp. 86-90)
- CLORO LIBRE: Método DPD (# 80), 530nm, unidades mg por litro de Cl₂. (pp. 160-164)
- FOSFORO (ortofosfatos): Método ácido ascórbico (# 490), 890nm, unidades mg por litro de P. (pp. 509-513)
- MANGANESO: Método PAM (# 290), 560nm, unidades mg por litro de Mn. (pp. 364-367)
- NITRATOS: Método reducción por cadmio (# 355), 500nm, unidades mg por litro de HNO₃^{-H}. (pp. 383-387)
- NITRITOS: Método sulfato de hierro (# 373), 585 nm, unidades mg por litro de NO₂^{-H}. (pp. 401-402)
- SULFATOS: Método Sulfa Ver 4 (# 680), 450nm, unidades mg por litro de SO₄⁻². (pp. 567-571)
- TURBIEDAD: Método por absorción (# 750), 450nm, unidades FTU (Equivalente a Unidades de Turbiedad). (pp. 587-588)
- Fósforo Total: Método por digestión con ácido, 480 nm, unidades mg por litro de P. (pp. 514-515).

Los siguientes parámetros fueron medidos en el campo utilizando otros equipos electrónicos de campo: pH (Peachimetro de campo marca HACH), conductividad (Conductímetro de campo marca HACH), temperatura (Peachimetro de campo marca HACH) y oxígeno disuelto (Medidor de oxígeno disuelto marca YSI).

Para los siguientes parámetros se utilizaron los métodos descritos en el "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater" (APHA et al. 1989):

- ALCALINIDAD TOTAL: Titulación en el campo. pp. 263-268
- DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO: pp. 390-393
- DUREZA TOTAL: Titulación en el campo. pp. 194-196

BIOLOGICOS:

- COLIFORMES FECALES : Se utilizó el método de Tubos múltiples (APHA et al. 1989. pp. 801-814)
- CLOROFILA: Lectura con espectrofotómetro Spectronic 20. Se midió solo en el agua. APHA et al. 1989. pp. 950-954).
- CIANOBACTERIAS: En cada punto de muestreo mencionados anteriormente se tomó una muestra de agua (A) en botellas de vidrio de 250 ml con tapa esmerilada, se transportaron al laboratorio a temperatura ambiente. Una vez en el laboratorio (máximo 24 horas después de tomar la muestra) se identificaron las Cianobacterias directamente de la muestra, en los casos en que hubo que concentrarlas se utilizaron mallas de nylon de 2um a 60um marca Spectrum. Para identificar las Cianobacterias cuyas poblaciones están muy diluidas o que están presentes solo sus formas reproductivas resistentes se procedió a sembrar la muestra en medio F2 modificado para agua dulce WC (M) (Guillard, 1976) agregando 2 ml de muestra homogeneizada a 20 ml de medio WC en tubos de ensayo

de 22mm por 150mm, dejándolos en reposo con luz natural y a temperatura ambiente hasta obtener crecimiento, (aproximadamente 15 días), para identificar especies en las cuales se necesita conocer los heterocistes se sembraron en medio de cultivo BG110 (B) (Rippka et al. 1979). La identificación de cianobacterias se realizó utilizando las claves de Anagnostidis y Komárek (1990, 1988), Komárek y Anagnostidis (1986, 1986A), Komárek (1984), Huber et al. (1983), Rippka et al. (1979), Bakes y Bold (1970), Prescott (1970) y Geitler (1932).

Por muestreo se colocaron en cada punto 3 sustratos artificiales (S) de vidrio transparente de 0.1cm por 10cm por 5cm y se dejaron a una profundidad de 10cm dentro del agua por espacio de quince días a un mes, de modo que en cada muestreo se recogían los sustratos colocados en el muestreo anterior y se llevaban al laboratorio en bolsas plásticas estériles, sumergidas en agua también estéril, el traslado se hace a temperatura ambiente. Estos sustratos se analizaron directamente en el microscopio invertido.

En cada muestreo y punto de muestreo (área determinada) se colectaron varias piedras (P), pedazos de troncos o palos (T) y vegetación sumergida o semisumergida (V) que contenían algas adheridas y se transportaron al laboratorio de la misma forma que los sustratos artificiales. En el laboratorio se separaron las algas adheridas raspando las superficies con un escalpelo y colocándolas en un portaobjetos para su identificación al microscopio.

B- FUENTES SECUNDARIAS.

Para determinar la utilización que se le da actualmente a las aguas de los ríos Cañas y Liberia, después del punto denominado "aguas abajo", se investigó en las instituciones encargadas.

De la oficina Nacional de Estadísticas y Censos se tomaron los datos sobre las poblaciones de Cañas y Liberia.

El Instituto Costarricense de Turismo suministró los datos sobre hoteles y turismo en general y se visitaron varios hoteles de la zona en estudio para determinar algunos aspectos sobre las personas que trabajan en ellos.

El posible impacto sobre el tratamiento de aguas residuales que podría tener un aumento en el número de personas que visitarían la zona en estudio solo se calculó para la ciudad de Liberia ya que como se verá posteriormente es muy arbitrario hacerlo también en la ciudad de Cañas.

Para el análisis estadístico se utilizaron tablas de contingencia 2 X 2, la prueba de Chi cuadrado, la prueba exacta de Fisher y la U de Mann-Whiney.

2- COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE RESULTADOS

1. PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLOGICOS.

Para tener una mayor facilidad a la hora de realizar comparaciones entre los diferentes parámetros físico-químicos analizados en cada lugar y en las épocas lluviosa y seca, los

resultados se presentan en cuadros separados correspondiendo los cuadros 3 y 4 al sistema de Cañas en época lluviosa y seca respectivamente y de igual modo los cuadros 5 y 6 al sistema de Liberia. De estos resultados se analizan gráficamente (figuras 1 a la 14), los parámetros más importantes y que presentaron alguna diferencia entre sí, ya sea en los diferentes lugares de muestreo o entre la época lluviosa y seca.

Como se puede apreciar en estos cuadros ambos ríos presentan algún grado de contaminación fecal antes de recibir las descargas de las lagunas de estabilización respectivas.

También se puede apreciar en estos cuadros que algunos de los parámetros analizados se encuentran en concentraciones muy bajas o ausentes como es el caso del aluminio y el cloro libre.

Otro aspecto importante en este tipo de estudios es el caudal que poseen los ríos en las diferentes épocas climatológicas (cuadro 7). Cabe destacar en este cuadro la semejanza que poseen estos ríos en los caudales máximos y la gran diferencia en los caudales mínimos y promedios, siendo menores en el río Liberia.

determinar cuáles especies de cianobacterias se encuentran mayormente formando masas características de agua dulce.

2- COMPOSICION Y DISTRIBUCION DE LAS COMUNIDADES DE CIANOBACTERIAS.

Las cianobacterias encontradas en cada lugar y en cada tipo de sustrato utilizado se presentan en el cuadro 8 para Cañas y en el 9 para Liberia.

Phormidium sp. 4 (10.000 + 1.000)

En ambos cuadros se presenta la identificación taxonómica de los organismos hasta género ya que no fué posible corroborar, con algún especialista en este grupo de organismos, la identificación hasta especie. Cuando se encontró más de una especie perteneciente al mismo género se procedió a separarlas por monotipos identificándolas por medio de números. Todas estas especies se conservan como organismos testigo en la algateca del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y la lista tentativa de especies sin corroborar se presenta en el anexo 1.

Como se puede observar en estos cuadros aunque el número de especies encontradas es alto, en varios de los sustratos analizados se encontraron muy pocas especies como por ejemplo en troncos y en vegetación sumergida o semisumergida. También cabe resaltar que algunas especies se aislaron en muy pocas oportunidades como por ejemplo Konvophoron sp, Cyanarcus sp y Pilgeria sp (cuadro 9).

Analizando, mediante la prueba exacta de Fisher, todas las muestras tomadas en piedras, palos, troncos, vegetación sumergida o semisumergida y sustratos artificiales (cuadros 8 y 9) se pudo determinar cuáles especies de cianobacterias se encontraron mayormente formando masas con otras especies de cianobacterias y cuáles se encontraron mayormente en forma solitaria. En forma solitaria se encontraron Leptolyngbya sp.3 (0.04 p < 0.005) y Leptolyngbya sp.1 (en las 6 ocasiones). Formando masas con otras cianobacterias se encontraron Lyngbya sp.(0.003 p < 0.005) y Phormidium sp.4 (0.0008 p < 0.005).

especies de cianobacterias solitarias y formando masas

Utilizando esos mismos datos se determinó que Cyanarcus sp. (3 veces), Jaaginema sp.2 (15 veces), Konvophoron sp. (2 veces) y Pilgeria sp. (1 vez) solo fueron localizadas cuando crecían en medio de cultivo WC. El resto de las especies no mostró ningún tipo de tendencia.

En primera instancia se tomó como referencia únicamente el número de muestras (frecuencias) con al menos una cianobacteria que esté fija a algún tipo de sustrato (en este caso: piedras, troncos o palos, vegetación sumergida o semisumergida y sustratos artificiales) como una muestra significativa del perifiton existente en los diferentes lugares estudiados (Cuadro 10, figuras 17 y 18) y el número de especies de cianobacterias que solo se encontraron al menos en un lugar (Cuadro 8 y 9, figuras 15 y 16). De este análisis se obtuvo el siguiente resultado: tanto en el río Cañas como en el río Liberia se encontró mayor frecuencia de muestras con al menos una cianobacteria en el punto de muestreo río abajo que en el punto de muestreo río arriba ($\chi^2 = 48.3$, $p < 0.005$ y $\chi^2 = 3.54$, $p < 0.1$ respectivamente). Tomando nuevamente a las especies de cianobacterias pertenecientes al perifiton que se encontraron al menos en un lugar o sustrato, como en el punto anterior (cuadros 8, 9, 10 y 11, fig. 15, 16, 17 y 18) se deduce que hay mayor número de especies de cianobacterias en Cañas río abajo que río arriba ($\chi^2 = 9.18$, $p < 0.005$). Hay mayor número de especies de cianobacterias en Liberia río abajo que río arriba ($\chi^2 = 3.32$, $p < 0.1$). Hay mayor número de especies de cianobacterias en Liberia río abajo que en la descarga

de las lagunas de estabilización en dicho río ($\chi^2 = 2.83$ $p < 0.1$). No hay diferencia significativa entre el número de especies de cianobacterias encontradas en Cañas río abajo y las encontradas en la descarga de las lagunas de estabilización en dicho río ($\chi^2 = 1.87$ $P < 0.1$). El índice de estabilidad de Jaccard (ver tabla 15), de los caños. Esta tendencia se mantiene durante todo el año en los ríos Cañas y Liberia entre el punto aguas arriba y el punto aguas abajo (cuadro 12, figuras 15 a 18). Al comparar las curvas presentadas en dichas figuras mediante la U de Mann-Whitney (aproximación por la normal) se obtiene nuevamente que el número de especies en los puntos aguas arriba y aguas abajo de ambos ríos es significativamente diferente ($Z = 3.54$ y 3.24 con $P < 0.01$ para Cañas y Liberia respectivamente). En cuanto a la frecuencia de muestras positivas hay diferencia significativa para Cañas ($Z = 3$, $P < 0.01$) pero para el río Liberia no hay diferencia significativa ($Z = 1.06$). Para comprobar si en el punto aguas abajo la tendencia de aumento en el número de especies se mantiene durante todo el año se separaron los muestreos de época lluviosa y de época seca y los resultados se presentan en el cuadro 13. En este cuadro no aparecen los resultados para el número de muestras positivas en el río Liberia por cuanto se determinó anteriormente que no hay diferencia significativa. Únicamente en el segundo muestreo de octubre para el río Cañas y en el primero de octubre y en el segundo de marzo para el río Liberia se altera esa tendencia.

181. Utilizando los datos presentados en los cuadros 8 y 9 se pudo determinar el índice de similitud de Jaccard entre los diferentes

lugares de muestreo (cuadro 14), tomando como referencia solo a las especies del perifiton. En este cuadro se puede notar que hay poca similitud entre los diferentes lugares.

También encontré muy pocos casos de similitud entre especies utilizando el índice de similitud de Jaccard (cuadro 15), de los casos encontrados únicamente podría existir alguna semejanza real entre Gloeocapsa sp 2 y Synechocystis sp. A diferencia de los datos presentados anteriormente y analizados mediante la prueba exacta de Fisher, estos datos se refieren a la relación que puede existir entre dos especies entre sí y no al comportamiento de una sola especie.

Tanto los parámetros físico-químicos como los biológicos fueron analizados también 300 metros aguas abajo de la descarga al río Liberia y no encontré diferencia con los analizados 100 metros abajo. El río Liberia no lo analicé más abajo de los 300 metros ya que después de ese punto recibe aguas residuales de casas cercanas. Esto mismo pasa en el río Cañas después de los cien metros abajo de la descarga de las lagunas.

En el cuadro 15 se detallan los datos presentados anteriormente y se realizan algunos cálculos con ellos para determinar la similitud.

3- ANALISIS DEMOGRAFICO Y POTENCIAL TURISTICO DE CANAS Y LIBERIA.

Una de las formas de medir la carga orgánica que poseen las aguas residuales domésticas es por medio de su constitución (cuadro 16). En este método se desglosa el contenido por peso seco y peso húmedo de los diferentes elementos que la conforman de acuerdo a

los valores dados por Gotaas (1956). Esto nos permite calcular la cantidad de cualquiera de sus constituyentes que puede producir una población dada. En este caso los elementos que más nos interesa es el del fósforo y formas nitrogenadas tanto de la orina como de las heces.

- Otra de las formas de medir esa carga orgánica es por la demanda bioquímica de oxígeno que ocasionan esas aguas al ser estabilizadas (cuadro 17). Este otro método nos proporciona otro elemento importante en el tratamiento de aguas residuales.

- El aumento del turismo en la zona estudiada ha generado la construcción, ampliación o remodelación de habitaciones para hospedaje (cuadro 18). Muchos de estos hoteles no se encuentran localizados en Cañas o en Liberia, sin embargo como se verá más adelante, se incluyeron en ese cuadro por la influencia que tienen en el sistema de tratamiento de aguas residuales de Cañas o Liberia. En la columna de observaciones se anota si un hotel se encuentran en remodelación o en construcción. En caso de no existir ninguna anotación en esa columna el hotel está totalmente construido.

En el cuadro 19 se retoman los datos presentados anteriormente y se realizan algunos cálculos con ellos para determinar el aumento que se podría dar en la población de Liberia por influencia del turismo. Al final del cuadro se hacen las anotaciones pertinentes a cada cálculo realizado. Utilizando los datos presentados en los cuadros de esta sección podemos deducir mediante cálculos sencillos la variación

que tendrían algunos parámetros con respecto a los valores actuales:

- Un aumento de la DBOs en la entrada de las lagunas de estabilización de Liberia de 160.24 Kg / Ha / día.

En ambos sistemas el pH no habría apreciablemente variación.
 - Un aumento en la carga de nitrógeno en el río Liberia de 0.67 mg/l. Tomando como porcentaje de remoción de nitrógeno por las lagunas de estabilización un 69 % (Shimada et al 1987).

- Un aumento en la carga de fósforo en el río Liberia de 0.37 mg/l. Tomando como porcentaje de remoción de fósforo por las lagunas de estabilización un 49 % (Shimada et al 1987).

DISCUSION

10. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.

10.1. pH: En el sistema de Cañas el pH se encuentra dentro de los rangos óptimos para los organismos acuáticos y no hay variación entre aguas arriba y aguas abajo.

En el sistema de Liberia aunque tampoco existe variación entre aguas arriba y aguas abajo, el pH suele ser más bajo (6.7) del rango óptimo para la nitrificación. La repercusión que este parámetro podría estar causando en el río Liberia será analizada

más adelante. Sin embargo este fenómeno no es causa directa del impacto que tiene la descarga de las lagunas de estabilización sobre el río e inclusive el pH en la descarga es más alto que el del río.

En ambos sistemas el pH no cambia apreciablemente entre las épocas lluviosa y seca.

1:2. Temperatura:

En ninguno de los dos sistemas estudiados existe diferencia entre la temperatura aguas arriba y aguas abajo de los ríos, esto se debe al efecto de la dilución. Cabe resaltar que la temperatura del agua de los ríos Cañas y Liberia es alta y que la contaminación que en ellos se podría producir no es de índole térmico por lo que este factor carece de importancia en este caso.

1:3. Hierro:

Como se verá más adelante juega un papel muy importante en la predominancia de cianobacterias en el sistema.

Las descargas de las lagunas de estabilización tienen muy baja concentración de hierro por lo que no repercuten en los ríos respectivos. Sin embargo los ríos, principalmente el Cañas, tienen altas concentraciones de hierro.

1:4. Fósforo:

En el sistema de Cañas y en el de Liberia se da un aumento de fósforo total en aguas abajo con respecto a aguas arriba.

Si bien es cierto que los ríos Cañas y Liberia tienen una concentración alta de fósforo en aguas arriba, el aumento provocado por las descargas respectivas es muy grande.

El fósforo disponible para algas y plantas en general (ortofosfatos) también aumenta en forma considerable.

Sawyer (1944) citado en Branco (1984) observó que cuando el fósforo es el factor limitante en un cuerpo de agua, bastan concentraciones de 0.01 mg/l de fósforo como ortofosfatos para producir un florecimiento de algas en aguas con características lénticas.

Margalef (1983) da concentraciones bajas de ortofosfatos de 0.018 mg/l y concentraciones altas de 0.03 mg/l, si tomamos en cuenta las concentraciones de ortofosfatos altas dadas por estos dos autores, los aumentos en las concentraciones de fósforo total y fósforo como ortofosfatos que se están produciendo en los ríos Cañas y Liberia por acción de las descargas de las lagunas de estabilización podrían ocasionar grandes florecimientos de algas en partes de los ríos en que las aguas se comporten como lénticas (remansos) ya que, como se verá más adelante la concentración de nitrógeno también es alta.

El aumento en la concentración de fósforo, por acción de las lagunas, es apreciablemente mayor en el río Liberia que en el río Cañas, esto se debe principalmente a dos razones: 1- A la carga de fósforo que llega de las lagunas de estabilización al río Liberia es mayor que la que llega al río Cañas. 2- El efecto de dilución es menor en el río Liberia, sobre todo en la época seca.

1:5. Nitrógeno:

En el sistema de Cañas se produce un aumento de nitratos y de amoníaco aguas abajo de la descarga de las lagunas. La predominancia en concentración de nitratos sobre la concentración de amoníaco nos indica que ocurre una buena nitrificación en las lagunas de estabilización y en esa parte del río y que el río se está recuperando favorablemente ya que la nitrificación solo ocurre en condiciones aeróbicas y con concentraciones bajas de materia orgánica. Esto a su vez es un indicador de un buen funcionamiento de las lagunas.

Según la clasificación de zonas de autodepuración de Kolkwitz y Marsson (1908) esa predominancia de nitratos sobre otras formas de nitrógeno corresponde a la zona oligosapróbica.

No hay que perder de vista que si bien el río Cañas se está recuperando de la carga aportada por las lagunas de estabilización, la concentración de nitrógeno que tiene antes de la descarga ya es suficiente para ocasionar problemas severos de eutroficación, según las concentraciones citadas anteriormente.

En el sistema de Liberia las formas de nitrógeno predominantes aguas abajo son las amoniacales por el aumento en la concentración de estas que ocasionan la descarga de las lagunas de estabilización, principalmente en época seca. Las formas predominantes aguas arriba de la descarga son los nitratos.

Según la clasificación de autodepuración, citada anteriormente, las aguas en ese tramo del río (aguas abajo) están dentro de la zona mesosapróbica alfa o beta. Esto nos indica un mal

funcionamiento de las lagunas de estabilización, poca nitrificación y un exceso de materia orgánica parcialmente oxidada. Por otro lado el bajo pH del río Liberia no favorece la nitrificación por lo que la recuperación es más lenta.

El efecto en la época seca es mayor ya que la concentración de todas las formas de nitrógeno aumentan con la disminución del flujo del río (Mánczak *et al.* 1971).

Los efectos que producen estas concentraciones sobre la DBO y el oxígeno disuelto serán explicadas en la siguiente sección.

1:6. DBOs y Oxígeno Disuelto:

En el río Cañas no hay aumento en la DBOs entre aguas arriba y aguas abajo de la descarga y su concentración está en 2.1 mg/l, correspondiendo nuevamente a la zona de los oligosapróbios (1-3 mg/l).

En cuanto al oxígeno disuelto tampoco hay variación entre aguas arriba y aguas abajo y el porcentaje de saturación es bastante alto (94%) lo que correspondería a la zona de recuperación (Luttembarck *et al.* 1986). En este río la concentración de oxígeno disuelto o el porcentaje de saturación no es un buen parámetro para definir las zonas tróficas. Como en el punto anterior (1:5) la mayor parte de la nitrificación ya ocurrió en las lagunas por lo que no se esperaría un aumento de la DBO sino, más bien, una disminución paulatina.

En el río Liberia la concentración de DBOs sube aguas abajo

hasta 27.7 mg/l, esta concentración es alta y corresponde a la zona de los polisapróbios (15 mg/l a 100 mg/l); el porcentaje de saturación de oxígeno aguas abajo, desciende hasta 11.4 % correspondiendo a la zona de descomposición activa.

En la sección 1:5 se mencionaron dos zonas de clasificación en las que se podría encontrar el río Liberia en ese punto, con los resultados obtenidos para la DEO y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, la zona de clasificación en la que se encuentra el río aguas abajo (en el sistema de Kolkwitz y Marsson) es la mesosapróbica alfa.

Retomando nuevamente los resultados obtenidos en cuanto a predominancia de amoníaco sobre otras formas nitrogenadas se espera que después de ese punto de muestreo (aguas abajo), se dé una mayor demanda de oxígeno causada por el proceso de nitrificación. Ante la ausencia de oxígeno (en ciertas horas de la noche y madrugada) en esa zona del río y posiblemente aguas abajo de ese punto, la descomposición de la materia orgánica tiene que darse por vía anaeróbica y ante la baja concentración de nitratos (con respecto a la de amoníaco) la descomposición se da por medio de bacterias sulfo-reductoras con la consecuente producción de malos olores.

La máxima concentración de DEO que puede existir en un río para que no se consuma todo el oxígeno disuelto, por lo menos por ciertos periodos de tiempo, es de 10 mg/l (Margalef 1983) por lo que en el río Liberia se dan las condiciones para que llegue a ser anóxico en ciertos tramos y por ciertos periodos de tiempo.

1:7 Sólidos Totales. Fue comprobado por Hincza (1989)

El mayor porcentaje de los sólidos totales encontrados, corresponde a la masa de algas que sale de las lagunas de estabilización por lo que se tratará este punto en la siguiente sección. Libería el promedio se desvía por unos pocos valores extremos y la mayoría de la mediana no es significativamente

1:8. Turbiedad, Color, Clorofila-a, Disco de Secchi.

Todos estos parámetros están muy relacionados entre sí, en los puntos de muestreo descarga y aguas abajo, por depender en mucho o en todo de la concentración de algas existente.

Matheus (et al. 1989) demuestra correlaciones positivas entre la DBO, los sólidos totales y la turbiedad.

En este estudio las mediciones con el disco de Secchi no son muy representativas ni en los ríos, ni en las descargas ya que la profundidad de dichos lugares es menor que la visibilidad del disco. Por este motivo y por la alta densidad de algas en las lagunas no se pudo hacer comparaciones, de este, con la concentración de clorofila-a.

En el río Cañas la turbiedad y los sólidos totales prácticamente no varían entre las épocas lluviosa y seca. En el río Libería son más altos en época lluviosa, esto puede deberse a dos factores: 1. Aumento en época lluviosa de materia en suspensión por efecto de la escorrentía hacia los ríos y 2. Aumento en época lluviosa de materia en suspensión por aumento en el caudal de los ríos ya que parte de los sedimentos son resuspendidos y la sedimentación es menor por el arrastre de la materia por las aguas.

Este último fenómeno fué comprobado por Mánczak (et al. 1971) en estudios realizados en ríos en Europa.

Otro factor que afecta este tipo de comparación de promedios anuales es meramente técnico ya que en el caso de la turbiedad en el río Liberia el promedio es desviado por unos pocos valores extremos y un análisis de la mediana no es significativo en este caso.

La concentración de clorofila-a aumenta en ambos ríos en época seca posiblemente por las condiciones ambientales prevaletentes que permiten una mayor densidad de algas. Margalef (1983) admite la posibilidad de la luz como factor limitante para un mayor crecimiento de algas cuando estas alcanzan grandes concentraciones.

Los sólidos totales aumentan aguas abajo, con respecto de aguas arriba, en ambos ríos, aunque en mayor proporción en el río Liberia. Este hecho se da también para la clorofila y la turbiedad en el río Liberia pero la turbiedad no varía en el río Cañas y la concentración de clorofila-a disminuye mucho aguas abajo (el hecho de que la turbiedad no varíe y la clorofila-a disminuya se explicará en la siguiente sección).

En el río Liberia el aumento de estos dos parámetros indica un efecto negativo de las aguas de la descarga sobre ese río, ya sea, por el mal funcionamiento de las lagunas o por la falta de dilución de las aguas de dicha descarga.

Se considera que los ríos no tienen plancton propio (Margalef 1983) sino que la presencia de organismos planctónicos en sus aguas, se debe al arrastre de que son objeto. Estos organismos

pueden tener su origen en lagos, embalses o en remansos del río, por lo que su densidad y diversidad dependerá de muchos factores como flujo, temperatura, luz, sedimentación, dilución, cercanía con el punto de producción etc. En este caso uno de los puntos de mayor influencia son las lagunas de estabilización por su cercanía y los organismos que proceden de aguas arriba y aún persistan.

Por lo expuesto anteriormente no existen concentraciones estándar de clorofila-a, que definan el límite entre aguas oligotróficas y eutróficas.

Algunos valores, algo arbitrarios, son dados por algunos autores: Margalef (1983) da valores de 5 mg/m³ de clorofila-a para marcar esos límites. Martiniano (1988) ubica esos valores en 2 mg/m³ o menos para aguas oligotróficas, de 2 mg/m³ a 6 mg/m³ para mesotróficas, de 6 mg/m³ a 18 mg/m³ para eutróficas y más de 18 mg/m³ para hipereutróficas. Esos valores dados por esos autores son similares a los dados para lagos.

Salas (et al. 1990) da valores de concentraciones de clorofila-a como una estimación del potencial que tienen esas aguas de encontrarse dentro de una clasificación trófica dada, estos valores tienen una probabilidad asociada (entre paréntesis): 1 mg/m³ para aguas ultraoligotróficas (0.9), 3 mg/m³ para oligotróficos (0.65), 8 mg/m³ para mesotróficos (0.65), 20 mg/m³ para eutróficos (0.65) y 100 mg/m³ para hipereutróficos (1). Estos últimos valores corresponden a los esperados para una laguna de estabilización, la cual, siempre debe encontrarse en un estado hipereutrófico.

Valores entre 357 mg/m³ y 650 mg/m³ son comúnmente encontrados en lagunas de estabilización (Shimada et al. 1987), sin embargo también son obtenidos, aunque menos frecuentemente, valores de más de 900 mg/m³ (Margalef 1983, Branco 1984).

En las lagunas de estabilización de Cañas y Liberia la concentración de clorofila-a es similar y está dentro de los valores citados para aguas hipereutróficas.

Aguas abajo en el río Cañas los valores encontrados para clorofila-a corresponden, en la clasificación de Martiniano, a aguas oligotróficas en época lluviosa y a mesotróficas en época seca. Aguas abajo en el río Liberia, siguiendo la misma clasificación, corresponden a hipereutróficas en ambas épocas.

No hay que perder de vista que estas clasificaciones del estado trófico en que se encuentran las aguas de un río son muy arbitrarias.

En lagos y embalses, valores de concentración de clorofila-a arriba de 400 mg/m³, como los obtenidos en las lagunas de estabilización de ambos sistemas, ocurren generalmente cuando hay poblaciones apreciables de cianobacterias (Almeida et al. 1985), este punto se retomará con más detalle en la sección 2:2.

estabilización no es tan drástica, como el caso de la laguna 1:9. OD₅₀₄ / OD₅₀₅.

Aunque este índice es muy criticado por estar influenciado por muchos factores, Margalef (1983) afirma que el porcentaje o rango de error disminuye si se utiliza la metodología empleada en el presente trabajo.

Según los resultados encontrados, el estado fisiológico de las algas es excelente (baja concentración de feofitina-a) en todos los puntos de muestreo, con la excepción de 2 puntos: Aguas abajo de Cañas y Aguas arriba de Liberia. En estos puntos el estado fisiológico de las algas es malo (mucha descomposición de clorofila-a).

Estos resultados son coherentes con los análisis realizados ya que: El problema con la presencia de aguas estancadas que existe en A. Las algas procedentes de las lagunas de estabilización de Cañas, que vienen de un ambiente hipereutrófico y léntico, pasan a un ambiente mucho menos contaminado y lótico (aguas abajo). Este cambio drástico las afecta y su descomposición es alta.

Muchos son los factores que influyen en la descomposición de algas.

B. En aguas arriba del río Liberia la descomposición de algas también es alta. Esto podría obedecer a muchos factores que no son analizados en este trabajo. Para efectos de este estudio lo importante es el cambio que se da aguas abajo. No se observó una gran descomposición de algas río abajo de Liberia porque el cambio de medio que sufren las algas que vienen de las lagunas de estabilización no es tan drástico, como el mencionado para el río Cañas. Esto coincide con la alta contaminación en ese punto, similar al de la laguna secundaria, además de que en ese punto, las aguas del río Liberia se comportan como lénticas porque hay un remanso.

Se debe tener en cuenta que el estado de las lagunas de estabilización de Cañas y Liberia tienen un porcentaje de contaminación

2. COLIFORMES FECALES Y CIANOBACTERIAS. 19.05. Dependiendo de la época:

2:1. Coliformes Fecales. Remoción son satisfactorias y son las que

Los coliformes fecales son muy usados como indicadores de contaminación ya que implican la presencia de materia fecal. Por sí mismos no son patógenos ya que habitan normalmente en el intestino humano y animales de sangre caliente, ayudando en la digestión de alimentos.

El problema con su presencia en aguas corrientes, es que existe asociada una probabilidad muy alta de que también se encuentren organismos patógenos (Mitchell et al. 1990. Buras et al. 1985) como los causantes, entre otros, de fiebre tifoidea, hepatitis, gastroenteritis, disentería e infecciones en los oídos.

Muchos son los factores que influyen en una laguna de estabilización para el decaimiento de este y otros grupos de bacterias. Dentro de los más importantes cabe destacar: la temperatura, el grado de mezcla, el tiempo de retención (Shimada et al. 1987); la competencia entre microorganismos (Fredrickson et al. 1981), sedimentación, limitación de nutrientes, depredación, aireación y exposición a la luz solar (Geldreich 1986).

En la descarga de las lagunas de estabilización de ambos sistemas, existe una alta concentración de este grupo de bacterias. Sin embargo, si tomamos en cuenta el número de coliformes fecales que una persona elimina en las heces por día, 1.950.000.000 (Geldreich 1986), tendremos que el sistema de lagunas de estabilización de Cañas y Liberia tienen un porcentaje de remoción

de coliformes fecales de entre 99.8% y 99.9%, dependiendo de la época.

Estos porcentajes de remoción son satisfactorios y son los que se reportan, en diferentes trabajos, para lagunas de estabilización: Geldreich (1986) reporta entre 70% y 99%, Shimada (et al. 1987), Branco (1984) y Arthur (1983) reportan 99.99%.

En aguas abajo de los ríos Cañas y Liberia se da un aumento en el número de coliformes fecales, por influencia de las descargas de las lagunas de estabilización. Este aumento es moderado en el río Cañas y extremadamente alto en el río Liberia. Esto no se debe al mal funcionamiento de las lagunas ya que no podemos esperar una remoción del 100% en las lagunas.

El porcentaje de remoción entre la descarga y aguas abajo es de 99.99% para Cañas y 99.8 para Liberia, esos porcentajes de remoción son buenos para el río Cañas pero no para el río Liberia.

El aumento se da por la cantidad tan grande que representa ese 0.2% no removido en el río Liberia. El porcentaje de remoción en ese río se ve afectado por varios factores entre los que pueden destacar: poca penetración de luz, exceso de materia orgánica, mezcla deficiente y poca sedimentación y dilución.

2:2. Cianobacterias.

Hasta aquí se han considerado algunos de los diferentes elementos que afectan, en menor o mayor medida, a los cuerpos receptores de las descargas de las lagunas de estabilización de

Cañas y Liberia. Ahora bien dado que los organismos son sensores muy finos de las propiedades del ambiente y la composición de las comunidades refleja mejor que cualquier artefacto de nuestra tecnología, los valores de aquellas variables, su composición y su integración sobre diversos períodos de tiempo cabe preguntarse ¿Qué tanto pueden estar afectando las descargas de las lagunas de estabilización a los habitantes de los ríos en estudio?.

En las primeras páginas de este estudio se explicó porqué se seleccionaron a las cianobacterias como buenos indicadores para contestar a esa pregunta.

En todos los análisis, salvo que se indique otra cosa, se tomaron en cuenta únicamente las cianobacterias que se encontraron fijadas a algún tipo de sustrato. Esto obedece al hecho de que, como se mencionó en la sección 1:8, se considera que los ríos no tienen plancton propio, sino más bien, por influencia de puntos de producción. Al tomar únicamente a las cianobacterias que están fijadas a un sustrato (perifiton) se garantiza que esa especie está en ese lugar y persiste en él, porque las condiciones del medio se lo permiten o dicho de otra forma, porque las condiciones del medio se encuentran dentro del rango de tolerancia de la especie y ésta puede sobrevivir y reproducirse en ese medio.

Varias cianobacterias se encontraron solamente en medio artificial, WC o BG110, (Cyanarcus sp, Jaaginema sp 2, Konvophoron sp y Pilgeria sp), esto se debe a que están presentes en concentraciones muy bajas, por lo que es difícil detectarlas

directamente del agua, posiblemente el medio les es adverso la mayor parte del tiempo o no pueden competir eficientemente con otros organismos en ese medio.

En términos generales y tomando en cuenta todas las cianobacterias, encontré un mayor número de especies en la época lluviosa. Solamente dos especies eran más abundantes en época seca. Las razones para este hecho podrían ser muchas ya que estén implicados aspectos de fisiología, morfología, sucesiones y ritmos, por lo que no voy a detenerme a analizarlo; Margalef (1983) da una explicación detallada sobre el particular.

Durante la realización de este estudio, en las lagunas de estabilización de Cañas y Liberia, siempre fué muy notoria la dominancia de la cianobacteria Phormidium sp 4, salvo en tres ocasiones en las cuales, y en ambos sistemas, dominó la clorofícea Chlorella vulgaris (los dos muestreos realizados en el mes de octubre y el realizado en agosto).

Por el hecho de que la dominancia se dió en ambos sistemas, al mismo tiempo, no puede obedecer a condiciones propias de cada sistema, sino más bien, a factores climáticos (dada la cercanía de los lugares) o a factores intrínsecos de la especie ya que he observado ese mismo comportamiento en otras especies cultivadas bajo condiciones de laboratorio y otros investigadores han observado este mismo comportamiento (C. León com. pers.).

En el sistema Cañas tanto en época seca como lluviosa, el número de especies de cianobacterias encontradas río abajo, es mayor que río arriba (en todos los muestreos se observa este

comportamiento); esto no ocurre en cuanto al número de muestras positivas encontradas en la época lluviosa (diferencia no significativa). Al no haberse realizado un análisis de abundancia en esos puntos de muestreo, no se puede inferir acerca de la importancia que pueda o no tener este resultado.

El aumento en el número de especies encontradas río abajo, nos indica que existe un cambio en las comunidades de organismos que habitan en ese lugar provocado por la descarga de las lagunas de estabilización.

Un cambio de esta naturaleza, en el número de especies de cianobacterias, implica necesariamente un cambio en la comunidad general de organismos ya que no es posible esperar que solo ese grupo de organismos cambie en respuesta a las condiciones del medio.

La proliferación de cianobacterias, por sí mismas, también puede tener un profundo efecto sobre la estructura comunitaria de los organismos. Ellas, entre otros efectos, inhiben por medio de toxinas, el crecimiento de otras algas que sirven de alimento a organismos como peces (González 1988). Se han identificado varios de esos inhibidores como muscorinas y en el caso de *Noctoc* spp. Dihidrooxiantraquinona (Margalef 1983). González (1988) cita otros efectos que produce el aumento en el número de especies de cianobacterias.

El hecho de no encontrar diferencia significativa entre las especies de cianobacterias del perifiton que se localizaron en la descarga y aguas abajo, en el río Cañas, puede deberse a que, como

se demostró anteriormente, el agua de la descarga contiene mucha materia orgánica ya mineralizada y sus características se asemejan o se encuentran dentro de los rangos, de la misma zona de depuración a que pertenece el punto aguas abajo, lo que reafirma que aunque las lagunas de estabilización de Cañas funcionan bien, tienen un fuerte impacto sobre el río Cañas.

En el sistema de Liberia, hay un aumento en el número de especies encontradas río abajo en la época lluviosa, sin embargo en la época seca este aumento no es significativo. Este hecho puede deberse a que en esta última época el impacto de las lagunas sobre el río es mayor y como se comentó anteriormente en aguas muy contaminadas (zona de degradación) las cianobacterias en general no crecen bien. En estos puntos de muestreo se da una sustitución de especies, como lo demuestra el índice de Jaccard del cual hablaré más adelante.

Aunque el número de especies encontradas en ambos ríos aguas abajo no difieren significativamente entre sí, las especies fijas a algún sustrato son diferentes en ambos lugares (3 iguales y 19 diferentes). Esto nos indica que las características del agua de ambos ríos son diferentes ya que las otras condiciones ambientales y de sombreado del río son iguales.

Analizando la similitud de lugares por medio del índice de Jaccard tomando en cuenta solo las especies del perifiton (excepto para las lagunas), notamos que los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del río Liberia tienen un índice de disimilitud de 0.82 (similitud 0.18). Esto nos indica que ocurre un cambio notorio

entre esos dos puntos por influencia de la descarga de las lagunas. Este mismo índice nos demuestra también que se está produciendo un cambio entre aguas arriba y aguas abajo del río Cañas por influencia de las lagunas (0.78).

Al tomar en cuenta todas las especies encontradas y comparando los ríos entre sí se nota claramente una tendencia a irse asemejando los diferentes lugares, es decir, aguas arriba de ambos ríos no se parecen en nada entre sí, las lagunas 0.34, las descargas 0.36 y aguas abajo 0.44, este hecho puede obedecer a diferentes factores o combinación de ellos: las especies que van permaneciendo son las más tolerantes a las condiciones del medio por lo que poseen una mayor resistencia a la sedimentación y difusión y/o las especies que van permaneciendo son las más frecuentes en los puntos de muestreo anteriores (menor dilución). De las especies que están presentes aguas abajo de ambos ríos, 10 especies son las más frecuentes en las descargas, de esas 10 especies, 8 están en común en ambos ríos y el resto solo aparece aguas abajo de uno u otro río además esas 8 especies en común son las más frecuentes en ambos ríos. Por lo anterior se puede deducir que las especies que van permaneciendo son las más abundantes en los lugares de muestreo anteriores sin descartar lo postulado en los puntos A y B. Como dije anteriormente, para evaluar la calidad del agua es mejor tomar en cuenta solo las especies fijas pero, en términos de efectividad de depuración y funcionamiento de los sistemas operantes, es válido tomar en cuenta a todas las especies presentes

pues de una u otra forma afectan el ecosistema.

Retomando nuevamente los resultados del índice de Jaccard, la mayor similitud entre los diferentes puntos de muestreo en un mismo sistema, se da entre la descarga y aguas abajo del río Liberia, esto se debe, como se explica en las secciones 1.8 y 1.9 a la poca dilución y baja sedimentación ya que al tomar únicamente a las cianobacterias del perifiton o que solo están presentes en ese lugar, existen significativamente más especies aguas abajo que en la descarga. Como mencioné anteriormente, una de las características de la zona de descomposición activa es la aparición de una mayor cantidad de especies de cianobacterias, conforme las aguas se alejan de la zona de degradación y se acercan a la zona de recuperación. Esto no significa que el punto de muestreo denominado aguas abajo se encuentre dentro de esa zona, ya que 300 metros río abajo de la descarga los parámetros analizados no demuestran que el río se este recuperando y a partir de ese punto es nuevamente contaminado por descargas de aguas residuales de casas localizadas en sus márgenes. El aumento de organismos patógenos es el que está

Las listas de organismos dadas por diferentes autores para definir las especies y las asociaciones más frecuentes en las diferentes zonas tróficas, son incompletas ya que son confeccionadas para lugares específicos y están lejos de ser universales, así mismo, una especie puede encontrarse en diferentes condiciones tróficas dependiendo de las condiciones del medio o pueden haber variedades diferentes de cada especie. Esto último es muy probable dado el desconocimiento taxonómico que existe sobre

este grupo en el trópico. Liberación de Liberia abastecida. Por estas razones no se puede hacer comparaciones entre los diferentes lugares muestreados, con las listas que aparecen en la literatura. En términos generales, la mayoría de los géneros de cianobacterias encontradas en este estudio, han sido reportadas por uno o más autores como típicas de aguas contaminadas con materia orgánica.

En resumen:

1- Los ríos Cañas y Liberia ya poseen cierto grado de contaminación antes del punto de descarga de las lagunas de estabilización respectivas. Esta contaminación es mayor en el río Liberia.

2- Las lagunas de estabilización de Cañas funcionan correctamente, las aguas de sus descargas están muy mineralizadas y se superó en ellas las etapas de degradación y de descomposición activa.

3- Debido a que el aumento de organismos patógenos en el agua está correlacionada positivamente con el aumento en el número de coliformes fecales en el agua, existe un riesgo potencial al respecto, en el río Cañas aguas abajo de la descarga.

4- Con el análisis de cianobacterias en el río Cañas, se comprueba un cambio en el ecosistema de dicho río provocado por la descarga de las lagunas de estabilización.

5- Las lagunas de estabilización de Liberia no están funcionando correctamente, las aguas de su descarga están poco mineralizadas y la etapa de descomposición activa aún no ha concluido.

rio Liberia.

6- La carga orgánica (medida como DBOs) que reciben las lagunas de Liberia está dentro de los rangos dados para que una laguna facultativa funcione como tal, por tal motivo su mal funcionamiento puede deberse a problemas de mantenimiento como remoción de sedimentos o a variaciones considerables en la carga que les entra en diferentes periodos de tiempo.

materia orgánica proveniente de aguas residuales.

7- El aporte de materia orgánica no estabilizada, prevalescencia de formas de nitrógeno amoniacales, el fósforo y otros elementos que están exportando al río las lagunas de estabilización, están afectando el ecosistema del río Liberia.

rio Liberia.

8- El número de coliformes fecales, en el río Liberia, aumenta mucho aguas abajo de la descarga de las lagunas lo que implica un alto riesgo para la salud humana, dada la gran probabilidad de que existan organismos patógenos en esas aguas.

agua de los ríos Coñas y Liberia.

9- El análisis de cianobacterias realizado en el río Liberia constata el efecto negativo que se produce en el, por efecto de la descarga de las lagunas.

Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Nacional de Riego y Asesoramiento, Servicio Nacional de Electrificación, Instituto Costarricense de

10- La masa algal que aportan las descargas de las lagunas en ambos ríos es muy alta, lo que implica necesariamente un impacto negativo en los ecosistemas de esos lugares, siendo ese efecto mayor en el río Liberia.

11- Todos los parámetros analizados aguas abajo en el río Liberia permanecen igual a 300 metros de la descarga.

12- Aunque en este trabajo analicé individualmente muchos de los parámetros que intervienen mayormente, en la estabilización de la materia orgánica proveniente de aguas residuales domésticas, estos no son todos los factores que intervienen en este proceso y hay que tener en cuenta que todos los factores actúan conjuntamente, interrelacionándose unos con otros como un todo.

UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS CAÑAS Y LIBERIA DESPUÉS DEL PUNTO DE MUESTREO DENOMINADO "AGUAS ABAJO".

Para determinar al uso que se le está dando actualmente al agua de los ríos Cañas y Liberia después de las descargas de las lagunas de estabilización respectivas, se consultó a las instituciones nacionales responsables de ello. (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Salud, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Nacional de Riego y Avenamiento, Servicio Nacional de Electricidad, Instituto Costarricense de

Electricidad, Dirección General Forestal). No existe en ninguno de los dos ríos algún proyecto que conlleve la utilización de sus aguas ni proyectos de urbanización en sus márgenes aguas abajo de las descargas de las lagunas de estabilización respectivas. En visitas efectuadas a los ríos, en diferentes lugares, se pudo detectar que:

1: Las aguas del río Liberia no se están utilizando actualmente para ningún fin aguas abajo de la descarga de las lagunas. Personas cuyas casas colindan con el río, descargan en el las aguas residuales y jabonosas, estas casas se encuentran a 300 metros y más río abajo de las descargas. Está es la razón por la que no se realizaron muestreos a más de 300 metros de la descarga (punto 12, sección anterior).

2: Las aguas del río Cañas, aguas abajo de la descarga de las lagunas, se utilizan actualmente para varios fines: a) Surten de agua a una empresa dedicada a la venta de materiales de construcción, "quebrador de piedra", para su proceso. b) El río es utilizado como desagüe de aguas negras y jabonosas de casas aisladas y de conglomerados de personas que viven cerca de las márgenes de dicho río. Este hecho se comienza a dar 150 metros abajo de las descargas y por esta razón no se realizaron muestreos

a más de 100 metros de dicha descarga. (c) Recreación y pesca por parte de las personas de la comunidad. (según las normas de la OMS sobre la calidad del agua y que son las que se utilizan en Costa Rica no se recomienda para este fin aguas con más de 200 coliformes fecales por cada 100 mililitros para estos fines) (d) Se está contemplando el uso de sus aguas, después de la descarga, para una empresa dedicada al cultivo de varias especies y variedades de Tilapia (Sarotherodon spp).

Artículo LEY EXISTENTE EN COSTA RICA SOBRE CONTAMINACION
CON AGUAS RESIDUALES

Los usos que se le den al agua son regulados internamente en el país basándose en las normas internacionales de calidad del agua (APHA et al. 1989). Los artículos de la ley de aguas de Costa Rica (Salazar 1993) que regulan la contaminación de ríos ocasionado por el desecho de aguas residuales son los siguientes:

Artículo 275: Queda prohibido a toda persona natural o jurídica contaminar las aguas superficiales, subterráneas o marítimas territoriales, directa o indirectamente, mediante drenajes o la descarga o almacenamiento, voluntario o negligente, de residuos o desechos líquidos, sólidos o gaseosos, radioactivos o no radioactivos, aguas negras o sustancias de cualquier naturaleza que, alterando las características físicas, químicas y biológicas del agua la hagan peligrosa para la salud de las personas, de la

fauna terrestre y acuática o inservible para usos domésticos, agrícolas, industriales o de recreación.

Artículo 285: Las excretas, las aguas negras, las servidas y las pluviales, deberán ser eliminadas adecuada y sanitariamente a fin de evitar la contaminación del suelo y de las fuentes naturales de agua para el uso y consumo humano, la formación de vectores y enfermedades y la contaminación del aire mediante condiciones que atenten contra su pureza o calidad.

Artículo 288: Todo propietario queda obligado a conectar el sistema de eliminación de excretas de aguas negras y servidas de su propiedad al alcantarillado sanitario en los lugares en que éste estuviera en funcionamiento, salvo en los casos de excepción que los reglamentos pertinentes reconozcan como procedentes.

Con referencia al caso que nos ocupa, el artículo 288 citado anteriormente exime hasta cierto punto a las personas que están desechando las aguas residuales de sus casas directamente a los ríos ya que el alcantarillado sanitario cubre solamente el casco urbano de las ciudades de Cañas y Liberia. Sin embargo, existen otras leyes que regulan la existencia de casas en márgenes de ríos, el uso que se le puede dar a las aguas superficiales, la utilización del suelo etc. pero estas en muchos casos no se cumplen ya sea por negligencia, falta de personal y recursos de las autoridades respectivas o por el desorden imperante.

Para la regulación de esta magna problemática existe

actualmente el proyecto de ley N° 11.025 que plantea la creación de un Consejo Nacional de Recursos Hídricos que ejercerá el dominio, gobierno y disposición de las aguas y bienes conexos y deberá planificar y coordinar el sector de recursos hídricos (Salazar 1993).

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados es el ente responsable, dentro de sus posibilidades, de la recolección y tratamiento de las aguas residuales domésticas cumpliendo a cabalidad lo estipulado en los artículos 275 y 285 mencionados anteriormente.

En el caso de las ciudades de Cañas y Liberia la mayor cantidad de sus habitantes cuentan con alcantarillado sanitario pero, como se analizó anteriormente, el tratamiento es deficiente principalmente en la ciudad de Liberia. Posteriormente se retomará este tema en la sección de recomendaciones.

Pese a que en alguna medida la carga orgánica que recibe una laguna de estabilización puede aumentar por el aumento de los POSIBLE IMPACTO SOBRE EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, POR EL AUMENTO EN EL NUMERO DE TRIBUTARIOS, RELACIONADO DIRECTA O INDIRECTAMENTE CON EL AUMENTO EN EL NUMERO DE TURISTAS QUE VISITARAN LA ZONA.

Para la ciudad de Liberia es posible predecir, con cierta precisión, la carga de materia orgánica, medida como DBO₅, que puede recibir una laguna de estabilización facultativa, varía de lugar en lugar, dependiendo en gran medida de las condiciones ambientales de la zona.

En un ensayo que se realizó en las lagunas facultativas de Cañas (López et al. 1983), se determinó que esas lagunas pueden recibir una carga máxima de 250 Kg de DBOs / Ha. / día y que por arriba de ese valor, la laguna se comienza a comportar como anaeróbica con la consecuente producción de mal olor y aspecto.

Es difícil y muy arbitrario predecir acertadamente el aumento en carga de DBO, fósforo o nitrógeno para la ciudad de Cañas, por el aumento en el número de personas que visitan la zona.

Contrariamente a lo que veremos para la ciudad de Liberia, el aumento en turismo que tendrá la ciudad de Cañas se dará como "tránsito", es decir, no se hospedarán en el casco urbano de dicha ciudad por lo cual, no utilizarán en su totalidad el alcantarillado sanitario que funciona en dicho lugar. La infraestructura turística (restaurantes, hoteles etc) no está aumentando en el casco urbano de Cañas.

Pese a que en alguna medida la carga orgánica que reciben las lagunas de estabilización puede aumentar un poco como promedio, por el aumento en el número de personas que utilicen la infraestructura turística de Cañas, ese aumento puede ser asimilado por las lagunas sin causar un efecto negativo en su descarga siempre y cuando dicho aumento no sea muy alto.

Para la ciudad de Liberia si es posible predecir, con cierto rango de seguridad, el aumento de carga que tendrán las lagunas de estabilización de dicha ciudad, por el aumento en el turismo que tendrá la zona, ya que se cuentan con datos estadísticos al respecto y proyectos turísticos específicos. El aumento calculado

por esta causa de entre 150 y 200 Kg de DBO₅ / Ha. / día, no es asimilable por las lagunas de estabilización de Liberia que, como ya se demostró, trabajan deficientemente en la actualidad.

Si tomamos los resultados de la carga máxima obtenida para Cañas, cuyas condiciones ambientales son muy semejantes a las de Liberia, y las trasladamos a Liberia, (pues no existe en Liberia ningún estudio similar al realizado en Cañas) tendríamos valores de aproximadamente 400 Kg de DBO₅ / Ha. / día, esto nos conduciría a condiciones anaeróbicas en dichas lagunas con el consecuente problema de olor y aspecto y el aumento en el deterioro del río Liberia; tanto en materia no mineralizada como en fósforo y nitrógeno (0.37 mg /l y 0.67 mg /l respectivamente).

RECOMENDACIONES

Las lagunas aeróbicas o facultativas presentan un mayor interés como depuración terciaria en zonas turísticas (Degremont 1979) ya que, además de eficientes (apéndice 2), no provocan malos olores ni tienen mal aspecto.

El buen manejo de las lagunas de estabilización es fundamental para su eficiencia. Además de las labores diarias deben hacerse dragados periódicos para la remoción del exceso de lodos o sedimentos acumulados en el fondo de las lagunas.

Existen actualmente varias metodologías para mejorar la calidad del efluente de lagunas de estabilización (Feijo 1991,

Matheus 1986, Matheus 1986a, Kawai et al. 1985, Menezes et al. 1985, Branco 1984, Branco et al. 1983, Branco et al. 1983a, Ramitelle 1983) entre ellas cabe citar:

- Si se utilizan alguno de los métodos de remoción de nutrientes se puede realizar por:
- A. Disposición de efluentes en el suelo.
 1. Infiltración en el suelo.
 2. Filtración por la grama.
 - B. Remoción química de nutrientes.
 1. Nitrógeno.
 2. Fósforo.
 - C. Remoción biológica de nutrientes.
 1. Por plantas vasculares.
 2. Por algas.
 - D. Remoción por reactores.
 - E. Utilización de peces.

Por los costos que implica cada proceso y por las condiciones imperantes en las ciudades de Cañas y Liberia se pueden seleccionar tres métodos como los más factibles:

1. Remoción Biológica.
2. Disposición en el suelo.
3. Utilización de peces.

Una forma alternativa de este sistema es la utilización de los efluentes como abono y riego de diversos tipos de cultivos que no

1. La remoción biológica se debe acompañar por un programa de utilización de las plantas producidas ya sea en piensos para animales o producción de gas metano.

Si se utilizan algas su remoción del sistema se puede realizar por la incorporación de peces fitoplanctófagos (punto 3).

Otra modalidad utilizando algas es por filtración directa del agua através de una capa de perifiton. (Adey et al. 1993).

Los cultivos hidropónicos conllevan la necesidad de un programa de mercadeo para la utilización de los productos cultivados.

Otro método algo utilizado es la utilización de lirios acuáticos (Eichhornia crassipes) directamente en las lagunas.

Este último procedimiento requiere de un manejo técnico constante y costoso (Romitelle 1983).

Para realizar eficientemente en lagunas de tratamiento de agua lluvia por un periodo de tiempo corto.

2. La disposición en el suelo del efluente de las lagunas puede ser un proyecto viable por las condiciones imperantes en las regiones.

Se puede utilizar la modalidad de filtración por gramíneas, las cuales, pueden ser usadas como alimento para ganado.

Esos lugares pueden ser alquilados como sitios de pastoreo en la época seca cuando el alimento es escaso en la zona.

En la época lluviosa deberá utilizarse otra alternativa ya que el exceso de agua dificulta el proceso.

Una forma alternativa de este sistema es la utilización de los efluentes como abono y riego de diversos tipos de cultivos que no

son afectados por la contaminación que llevan esas aguas.

3. Varias especies de peces pueden ser utilizados con éxito en este tipo de aguas.

Los que más se han usado son la carpa común (Cyprinus carpio) y la tilapia nilótica (Sarotherodon niloticus). Estos peces son fitoplanctófagos y pueden crecer en ambientes muy contaminados con materia orgánica, removiendo eficientemente la masa algal y mejorando el sistema de lagunas de estabilización en muchos aspectos (Matheus 1986).

Para la comercialización de los peces se hace necesario realizar un lavado de los peces cosechados ya que en ellos se alojan varios tipos de organismos patógenos (Buras et al. 1985). Para realizar eficientemente su limpieza basta con colocarlos en agua limpia por un período de tiempo corto (Buras et al. 1985).

La infraestructura para este tipo de sistema no es costosa y la rentabilidad es alta (Matheus 1986, Matheus 1986a, Branco 1983).

Si nuestro país se convierte en zona de visita masiva de turistas (al menos en ciertas áreas), debemos utilizar el concepto de desarrollo sostenible, en el cual, se busca minimizar el impacto sobre el medio ambiente. Por lo que es de suma importancia salvaguardar nuestros ríos, no solo por su utilidad y explotación, sino también por aspectos de salud, estética y respeto a las generaciones venideras.

CUADRO 1

DIA DEL AÑO DE LOS MUESTREOS

MUESTREO	DIA	MES	AÑO
1	1	Julio	1961
2	1	Julio	1962
3	1	Julio	1963
4	1	Julio	1964
5	1	Agosto	1965
6	1	Agosto	1966
7	1	Agosto	1967
8	1	Agosto	1968
9	1	Agosto	1969
10	1	Agosto	1970
11	1	Agosto	1971
12	1	Agosto	1972
13	1	Agosto	1973
14	1	Agosto	1974
15	1	Agosto	1975
16	1	Agosto	1976
17	1	Agosto	1977
18	1	Agosto	1978
19	1	Agosto	1979
20	1	Agosto	1980
21	1	Agosto	1981
22	1	Agosto	1982
23	1	Agosto	1983
24	1	Agosto	1984
25	1	Agosto	1985
26	1	Agosto	1986
27	1	Agosto	1987
28	1	Agosto	1988
29	1	Agosto	1989
30	1	Agosto	1990
31	1	Agosto	1991
32	1	Agosto	1992
33	1	Agosto	1993
34	1	Agosto	1994
35	1	Agosto	1995
36	1	Agosto	1996
37	1	Agosto	1997
38	1	Agosto	1998
39	1	Agosto	1999
40	1	Agosto	2000
41	1	Agosto	2001
42	1	Agosto	2002
43	1	Agosto	2003
44	1	Agosto	2004
45	1	Agosto	2005
46	1	Agosto	2006
47	1	Agosto	2007
48	1	Agosto	2008
49	1	Agosto	2009
50	1	Agosto	2010
51	1	Agosto	2011
52	1	Agosto	2012
53	1	Agosto	2013
54	1	Agosto	2014
55	1	Agosto	2015
56	1	Agosto	2016
57	1	Agosto	2017
58	1	Agosto	2018
59	1	Agosto	2019
60	1	Agosto	2020
61	1	Agosto	2021
62	1	Agosto	2022
63	1	Agosto	2023
64	1	Agosto	2024
65	1	Agosto	2025
66	1	Agosto	2026
67	1	Agosto	2027
68	1	Agosto	2028
69	1	Agosto	2029
70	1	Agosto	2030

CUADROS:

Nota: los muestreos del 1 al 10 pertenecieron a la época lluviosa y del 11 al 21 a la época seca.

CUADRO 2

MUNDO DE MUESTREOS TROPICALES

DISTRITO	NIO AMBA	NIO ABAJA	DEPTO.	AÑO
PIPIRAC	42	42	4	1961
PAJOS THONOG	42	42	4	1962
VERSTACION	42	42	4	1963
ARJA	42	42	4	1964
MEDIO WC	42	42	4	1965
MEDIO PULO	42	42	4	1966
DISTRITO AMBA	30	30	4	1967

Nota: Corresponden la mitad a Casca y la otra mitad a Liberia.

CUADRO 1

PROMEDIO DE LAS MUESTRAS PARA LOS PARAMETROS EN LA LAGUNA DE CAÑAS Y EN LA LAGUNA DE LIBERIA EN LOS MESES DE JUNIO DE 1992 Y DE JULIO DE 1992

MUESTREO	DIA	MES	AÑO
1	3	Junio	1992
2	17	Junio	1992
3	8	Julio	1992
4	22	Julio	1992
5	12	Agosto	1992
6	9	Setiembre	1992
7	23	Setiembre	1992
8	7	Octubre	1992
9	21	Octubre	1992
10	14	Noviembre	1992
11	25	Noviembre	1992
12	18	Diciembre	1992
13	13	Enero	1993
14	27	Enero	1993
15	10	Febrero	1993
16	3	Marzo	1993
17	17	Marzo	1993
18	14	Abril	1993
19	28	Abril	1993
20	12	Mayo	1993
21	15	Diciembre	1993

Nota: Los muestreos del 1 al 12 pertenecieron a la época lluviosa y del 13 al 21 a la época seca.

CUADRO 2

NUMERO DE MUESTRAS RECOLECTADAS

SUSTRATO	RIO ARRIBA	RIO ABAJO	DESCARGA	LAGUNA
PIEDRAS	42	42	42	42
PALOS, TRONCOS	42	42	42	42
VEGETACION	42	42	42	42
AGUA	42	42	42	42
MEDIO WC	42	42	42	42
MEDIO BG11c	42	42	42	42
SUSTRATO ARTIF.	38	38	38	38

Nota: Corresponden la mitad a Cañas y la otra mitad a Liberia.

CUADRO 3
 PROMEDIO DE 12 MUESTRAS PARA LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACION SECUNDARIA DE LA CIUDAD DE
 CANAS Y EN EL RIO CANAS ENTRE JUNIO DE 1992 Y DICIEMBRE DE
 1993 EN MESES LLUVIOSOS.

Parámetro	Entrada Laguna	Salida Laguna	Aguas Arriba	En Descarga	Aguas Abajo
Turbiedad y Color					
En FTU	425	378	87	290	86.5
Ph	6.9	7.61	7.88	8	7.88
Temperatura del agua en °C	29.5	29.5	26.8	29	26.8
Fósforo en mg/l	1.36	1.06	0.15	0.84	0.22
Fósforo Total mg/l	8.4	5.3	0.20	4.4	0.53
Nitratos mg/l	16.36	10.8	0.5	9.3	0.96
Nitrógeno Amoniaco Superficie. mg/l	11.4	7.1	0.3	6.8	0.3
Nitrógeno Amoniaco fondo. mg/l	*	*	0.4	6.8	0.53
Nitritos mg/l	0.3	0.06	0.09	0.11	0.07
Sulfatos mg/l	40	18.3	< 1	< 1	< 1
Aluminio mg/l	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00
Cloro Libre mg/l	0.11	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Hierro mg/l	0.02	0.01	1.07	1.16	1.07
Manganeso mg/l	0.39	0.29	0.01	0.15	0.01
Sólidos Totales mg/l	715	655	235	584	295
Disco de Secchi.cm	156	155	> 210	X	346
Alcalinidad Total mg/l	*	*	76	*	75
Dureza Total mg/l	*	*	63	*	71
Oxígeno Disuelto Superficie mg/l	5.3	6.7	8.4	7.7	8.4
Oxígeno disuelto Fondo mg/l	*	*	8.4	7.7	8.4
% Saturación de Oxígeno Disuelto	*	*	93.33	85.71	93.33
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5) mg/l	248.3	65.8	2.1	35.31	2.2
Coliformes Fecales en 100 ml	4.4X10 ¹²	4.79X10 ⁸	2.5X10 ⁵	5.9X10 ⁵	2.6X10 ⁵
Clorofila a en mg/m ³	675.28	863.82	17.3	353.48	1.42
OD664/OD665	1.7	1.65	1.7	1.7	1

*: Por el sistema de muestreo empleado estas mediciones no son representativas.

X: La profundidad máxima en este punto es de 10cm.

CUADRO 4
 PROMEDIO DE 9 MUESTRAS PARA LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACION SECUNDARIA DE LA CIUDAD DE
 CANAS Y EN EL RIO CANAS ENTRE JUNIO DE 1992 Y DICIEMBRE DE
 1993 EN MESES SECOS.

Parámetro	Entrada Laguna	Salida Laguna	Aguas Arriba	En Descarga	Aguas Abajo
Turbiedad y Color					
En FTU	432	379	80	304	80
Ph	7	7.04	7.95	7.52	7.95
Temperatura del agua en °C	30.3	30.3	27	30.3	27
Fósforo en mg/l	1.54	1.11	0.17	1.02	0.24
Fósforo Total mg/l	8.65	5.8	0.24	4.96	0.61
Nitratos mg/l	18.1	11.2	0.54	10.18	0.94
Nitrógeno Amónico					
Superficie mg/l	14.23	7.8	0.33	8.58	0.34
Fondo mg/l	*	*	0.5	8.58	0.62
Nitritos mg/l	0.37	0.08	0.08	0.17	0.08
Sulfatos mg/l	40.4	18	< 1	< 1	< 1
Aluminio mg/l	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Cloro Libre mg/l	0.08	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Hierro mg/l	0.03	0.02	1.17	1.17	1.17
Manganeso mg/l	0.47	0.3	0.02	0.17	0.02
Sólidos Totales mg/l	757	731	241	708	263
Disco de Secchi cm	152	152	> 210	X	360
Alcalinidad Total mg/l	252	240	25	25	153
Superficie mg/l	*48	*0	73	*	78
Fondo mg/l	*	*	60	*	73
Dureza Total mg/l	*	*	60	*	73
Oxígeno Disuelto					
Superficie mg/l	6.1	8.75	8.5	6.95	8.5
Fondo mg/l	*	*	8.5	6.95	8.5
% Saturación de Oxígeno Disuelto	*	*	95	78.57	95
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5) mg/l	253.1	85.68	2.19	47.4	2.19
Coliformes Fecales en 100 ml	7.5×10^{12}	9.47×10^9	3.2×10^6	4.3×10^9	3.4×10^5
Clorofila a en mg/m ³	761.8	935.55	19.4	441.38	2.33
OD664/OD665	1.7	1.7	1.7	1.7	1

*: Por el sistema de muestreo empleado estas mediciones no son representativas.

X: La profundidad máxima en ese punto es de 10 cm.

X: La profundidad máxima en ese punto es de 10 cm.

CUADRO 5
 PROMEDIO DE 12 MUESTRAS PARA LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACION SECUNDARIA DE LA CIUDAD DE
 LIBERIA Y EL RIO LIBERIA ENTRE JUNIO DE 1992 Y DICIEMBRE DE
 1993 EN MESES LLUVIOSOS.

Parámetro	Entrada Laguna	Salida Laguna	Aguas Arriba	En Descarga	Aguas Abajo
Turbiedad y Color En FTU	>450	438	111	>450	122
Ph	7.1	7.2	6.9	7.0	6.9
Temperatura del agua en °C	30.5	30.5	24.2	30.8	24.2
Fósforo en mg/l	2.1	1.8	0.1	1.7	0.23
Fósforo Total Superficie mg/l	8.5	6.3	0.25	5.1	0.3
Fósforo Total Fondo mg/l	*	*	0.33	5.1	0.87
Nitratos mg/l	15.4	9.8	0.3	9.4	0.35
Nitrógeno Amoniacal Superficie mg/l	10.3	8.86	0.2	8.79	0.23
Nitrógeno Amoniacal Fondo mg/l	*	*	0.23	8.79	1.94
Nitritos mg/l	0.21	0.05	0.07	0.05	0.06
Sulfatos mg/l	36	13.3	< 1	< 1	< 1
Aluminio mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hierro mg/l	0.1	0.03	0.40	0.33	0.40
Manganeso mg/l	0.31	0.1	0.01	0.12	0.11
Sólidos Totales mg/l	692	640	231	271	188
Disco de Secchi cm	148	150	> 168	X	> 172
Alcalinidad Tot. mg/l	*	*	22	*	34
Dureza Total mg/l	*	*	22	*	36
Oxígeno Disuelto Superficie mg/l	7.6	7.6	7.3	7.8	7.3
Oxígeno Disuelto Fondo mg/l	*	*	5.1	6.5	3.7
% Saturación de Oxígeno Disuelto	*	*	52.2	72.8	36.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5) mg/l	198	82.3	1.3	83.1	5.12
Coliformes Fecales en 100 ml	8×10^{13}	2.8×10^8	7.4×10^9	1.8×10^8	8.4×10^4
Clorofila a en mg/m ³	595.2	1378.21	1.31	547.95	18.43
OD664/OD665	1.7	1.7	1	1.7	1.7

*: Por el sistema de muestreo empleado estas mediciones no son representativas.

X: La profundidad máxima en ese punto es de 10 cm.

CUADRO 6
 PROMEDIO DE 9 MUESTRAS PARA LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS
 EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACION SECUNDARIA DE LA CIUDAD DE
 LIBERIA Y EL RIO LIBERIA ENTRE JUNIO DE 1992 Y DICIEMBRE DE
 1993 EN MESES SECOS.

Parámetro	Entrada Laguna	Salida Laguna	Aguas Arriba	En Descarga	Aguas Abajo
Turbiedad y Color					
En FTU	> 450	> 450	57	> 450	81
Ph	7.1	7	6.7	6.9	6.7
Temperatura del agua en °C	31	31	24.8	31.2	25.1
Fósforo en mg/l	2.3	1.83	0.12	1.71	0.25
Fósforo Total					
Superficie mg/l	8.4	7.4	0.2	6.5	0.2
Fósforo Total					
Fondo mg/l	*	*	0.25	6.5	1.31
Nitratos mg/l	16.1	9.5	0.32	9.5	0.41
Nitrógeno Amoniacal					
Superficie mg/l	10.71	9.2	0.21	9.2	0.37
Nitrógeno Amoniacal					
Fondo mg/l	*	*	0.3	9.2	2.87
Nitritos mg/l	0.25	0.06	0.06	0.06	0.06
Sulfatos mg/l	38.1	16.5	< 1	< 1	< 1
Aluminio mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hierro mg/l	0.08	0.11	0.45	0.42	0.45
Manganeso mg/l	0.32	0.13	0.01	0.1	0.08
Sólidos Totales mg/l	684	621	111	730	190
Disco de Secchi cm	148	148	> 168	X	> 168
Alcalinidad Total mg/l	*	*	25	*	36
Dureza Total mg/l	*	*	23	*	27
Oxígeno Disuelto					
Superficie mg/l	9.1	9.1	6.9	8.4	6.7
Oxígeno Disuelto					
Fondo mg/l	*	*	4.3	5.7	1.2
% Saturación de					
Oxígeno Disuelto	*	*	42.22	63.7	11.4
Demanda Bioquímica					
de Oxígeno (5) mg/l	284	107	1.8	107.1	27.7
Coliformes Fecales					
en 100 ml	5×10^{14}	4.5×10^8	8.4×10^3	7.6×10^6	1.5×10^6
Clorofila a					
en mg/m ³	731.73	1904.51	2.11	688.29	27.98
OD664/OD665	1.7	1.7	1	1.7	1.7

*: Por el sistema de muestreo empleado estas mediciones no son representativas.

X: La profundidad máxima en ese punto es de 10 cm.

PREJUDICIAL TOTAL DE MUESTRAS CON CLAMOBACTERIAS EN
LOS DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS EN EL
SISTEMA CANAS.

GENERO	ARRIBA	LATON	LIBERIA	ABAJO
CUADRO 7				
CAUDAL DE LOS RIOS CANAS Y LIBERIA				
		RIO CANAS	RIO LIBERIA	
		L/s *	L/s **	
CAUDAL ANUAL				
MAXIMO		3940.00	3960.00	
MINIMO		839.00	30.00	
PROMEDIO		2022.49	629.00	
* Estación número 2. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 1993.				
** Estación número 741903. Instituto Costarricense de Electricidad. 1993.				

NOTA: P= piedras, T= troncos o palos, V= vegetación, A= agua, M= medio de medio Bilito, S= sustrato artificial.

NOTA: Número máximo de sustratos 21. (según cuadro 1).

CUADRO 8
 FRECUENCIA TOTAL DE MUESTRAS CON CIANOBACTERIAS EN
 LOS DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS EN EL
 SISTEMA CASAS.

GENERO	ARRIBA					LAGUNA					DESCARGA					ABAJO				
	P	T	V	A	M	B	S	P	V	A	M	B	S	P	T	V	A	M	B	S
Anabaena																				
Aphanocapsa 1							10	18												
Calothrix	2																			
Chroococcus							5	9			1									
Gloeocapsa 1							15	18			5	1				9	18			
Gloeocapsa 2							10	14												
Hapalosiphon								1			2	5	3			6	4			
Jaaginema 1																		10	17	
Jaaginema 2																			3	
Leptolyngbya 1							6	8			1					3	9		2	
Leptolyngbya 2							6	11												
Leptolyngbya 3	3						6	11			2					9	17		3	
Limnothrix							1	7												
Lyngbya																6	10		3	
Microcystis 1							3	4												
Microcystis 2							7	11												
Microcystis 3																			9	
Microcystis 4																			2	
Nodularia																1	3	2		
Oscillatoria							11	13			4									
Phormidium 1	3																			
Phormidium 2																			3	
Phormidium 3							7	13			9								7	
Phormidium 4							21	2			10	6				21	1		5	
Phormidium 5																10	11		11	
Phormidium 6																4	5			
Planktothrix							3	8			2									
Porphyrosiphon							3	7			1									
Pseudanabaena 1																8	11		5	
Pseudanabaena 2																			3	
Synechococcus																			1	
Synechocystis							14	18											17	

DONDE: P= piedras, T= troncos o palos, V= vegetación, A= agua, M= medio WC
 B= medio BG110, S= sustrato artificial.
 NOTA: Número máximo de muestras 21. (según cuadro 1).

CUADRO 9
 FRECUENCIA TOTAL DE MUESTRAS CON CIANOBACTERIAS EN
 LOS DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS EN EL
 SISTEMA LIBERIA.

GENERO	ARRIBA					LAGUNA					DESCARGA					ABAJO								
	P	T	V	A	M	B	S	P	V	A	M	B	S	P	T	V	A	M	B	S				
<i>Aphanocapsa</i> 1								15	18												11	14		
<i>Aphanocapsa</i> 2																					3	5	18	
<i>Aphanothece</i> 1								2	16			3												
<i>Aphanothece</i> 2								7	12												2	6	11	0
<i>Chroococcus</i>								3	8															
<i>Cyanarcus</i>									3															
<i>Cyanodictyon</i>								2	11															
<i>Gloeocapsa</i> 1																						5	7	
<i>Hapalosiphon</i>																					2	7	14	
<i>Jaaginema</i> 2																							5	
<i>Konvophoron</i>									2															
<i>Leptolyngbya</i> 1																					3	6	7	
<i>Leptolyngbya</i> 2								13	17		2	3										16	19	
<i>Leptolyngbya</i> 3													7									1	10	
<i>Leptolyngbya</i> 4								2	7		9											1	5	
<i>Limnothrix</i>																						6	14	
<i>Lynngbya</i>								6	8		4													
<i>Merismopedia</i>																					5	8		
<i>Microcystis</i> 1																					8	3		
<i>Microcystis</i> 2																								
<i>Microcystis</i> 5																								
<i>Phormidium</i> 3													4									2	7	
<i>Phormidium</i> 4																								
<i>Phormidium</i> 5								21	3		5											17	1	
<i>Phormidium</i> 7								12	7		2	7										5	12	
<i>Phormidium</i> 8																								
<i>Phormidium</i> 9								3	7		8	5										14	17	
<i>Pilgeria</i>																								
<i>Planktolyngbya</i>																						2	5	
<i>Planktothrix</i>																								
<i>Pseudanabaena</i> 1																								
<i>Pseudanabaena</i> 3																								

DONDE: P= piedras, T= troncos o palos, V= vegetación, A= agua, M= medio WC
 B= medio BG110, S= sustrato artificial.

NOTA: Número máximo de muestras 21. (según cuadro 1).

CUADRO 10 FRECUENCIA DE APARICION DE CIANOBACTERIAS POR SUSTRATO*

TIPO SUSTRATO	LIBERIA				CANAS				TOTAL MUESTRAS +
	AR.	LAG.	DES.	AB.	AR.	LAG.	DES.	AB.	
P	13	0	18	7	7	0	16	17	78
T	0	-	0	3	0	-	0	5	8
V	0	0	0	9	0	0	3	1	13
A	19	21	21	21	0	21	21	20	144
M	21	21	21	21	13	21	21	21	160
B	0	0	0	8	1	0	5	17	31
S	6	17	10	7	3	16	5	3	67
TOTAL + EPOCA	59	59	70	78	24	58	71	84	501
LLUVIOSA	37	35	40	45	22	35	45	50	309
EPOCA SECA	22	24	30	31	2	23	26	34	192

P: Piedra.

T: Palos, Troncos.

V: Vegetación.

A: Agua de cultivo WC.

M: Medio de cultivo WC.

B: Medio de cultivo BG11a. * El número máximo de muestras positivas que se pueden obtener en

S: Sustrato Artificial. * El número máximo de muestras positivas que se pueden obtener en

* El número máximo de muestras positivas que se pueden obtener en
en cada sustrato por lugar es 21. (cuadro 1).

CUADRO 12
 NUMERO DE ESPECIES Y FRECUENCIA TOTAL POR MUESTRA EN CAÑAS Y LIBERIA

MESES	CAÑAS				LIBERIA					
	ARRIBA ESP. Y MUESTRAS	ABAJO ESP. Y MUESTRAS	ARRIBA ESP. Y MUESTRAS	ABAJO ESP. Y MUESTRAS	ARRIBA ESP. Y MUESTRAS	ABAJO ESP. Y MUESTRAS	ARRIBA ESP. Y MUESTRAS	ABAJO ESP. Y MUESTRAS		
1993	NUMERO DE ESPECIES ENCONTRADAS EN CADA LUGAR POR SUSTRATO									
JUNIO	0	0	1	1	0	0	0	0		
JUNIO	1	1	1	1	1	1	1	1		
JULIO	1	2	1	1	1	1	1	1		
JULIO TIPO	0	0	LIBERIA				CASAS			
AGOSTO	1	1	1	1	1	1	1	1		
SEPTI SUSTRATO		AR.	LA.	DES.	AB.		AR.	LA.	DES.	AB.
SEPTIEMBRE	2	1	1	1	1	0	0	0	0	
OCTUBRE	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
OCTUBRE P	1	3	0	5	4	0	3	0	7	3
NOVIA T	1	0	-	0	1	0	0	-	0	2
NOVIA V	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1
DICIE A	0	5	15	10	15	0	16	9	12	12
1993 M	0	5	18	12	16	3	17	10	13	13
ENE B	0	0	0	0	1	1	0	2	2	3
ENE S	0	2	9	4	4	2	8	2	2	2
FEBR # TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAR de ESPECIES	0	5	18	12	17	3	17	10	15	15
MARZO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ABRIL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ABRIL P: Piedra.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAYO T: Palos, Troncos.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAYO V: Vegetación.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DICIE A: Agua.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: M: Medio de cultivo WC.

El B: Medio de cultivo EGilo.

S: Sustrato Artificial.

NOTA: Una misma especie puede estar presente en más de un sustrato por lo que la suma de las columnas o de las filas no representa el número de especies encontradas en un lugar o en algún tipo de sustrato determinado.

CUADRO 13
 VALORES DE χ^2 (U DE MANN-WHITNEY) ENTRE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN CAÑAS Y LIBERIA

	CAÑAS	LIBERIA
Cañas Número de especies	2.18 (p=0.03)	11.51 (p<0.001)
Liberia Número de especies	2.75 (p=0.01)	6.22 (p=0.02)
Cañas Número de muestras positivas	1.10 (no sig.)	3.2 (p=0.07)

CUADRO 12
 NUMERO DE ESPECIES Y FRECUENCIA TOTAL POR MUESTREO EN CAÑAS Y LIBERIA
 DEL PERIOTON.

MESES	CASAS				LIBERIA			
	ARRIBA SP	ARRIBA # MUESTRAS	ABAJO SPP	ABAJO # MUESTRAS	ARRIBA SPP	ARRIBA # MUESTRAS	ABAJO SPP	ABAJO # MUESTRAS
1992								
JUNIO	0	0	1	1	0	0	0	0
JUNIO CASAS	1	1	3	2	1	2	1	1
JULIO MES.	1	2	1	1	1	1	3	3
JULIO LA.	0	0	2	1	1	1	4	3
AGOSTO	1	1	2	1	1	1	1	1
SEPTIEMBRE	1	1	2	2	1	1	3	2
SEPTIEMBRE	2	1	2	1	0	0	1	1
OCTUBRE	1	1	1	1	1	1	0	0
OCTUBRE	1	2	0	0	0	0	0	0
NOVIEMBRE	1	1	3	3	2	2	2	1
NOVIEMBRE	0	0	1	1	1	2	3	2
DICIEMBRE	0	0	1	1	1	2	2	2
1993								
ENERO	0	0	1	1	1	1	1	1
ENERO	0	0	1	1	0	0	1	1
FEBRERO	0	0	2	3	1	1	2	1
MARZO	0	0	1	1	1	2	2	2
MARZO	0	0	1	1	1	1	0	0
ABRIL	0	0	1	1	0	0	2	1
ABRIL	0	0	0	0	0	0	2	2
MAYO	0	0	2	2	1	1	2	2
DICIEMBRE	0	0	1	1	0	0	0	0

Nota: Cada fila corresponde a un muestreo.
 El número máximo de muestras positivas que se puede obtener en cada muestreo es 4.

CUADRO 13
 VALORES DE Z (U DE MANN-WHINEY) ENTRE LOS PUNTOS DE MUESTREO
 AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO

	EPOCA	
	LLUVIOSA	SECA
Cañas Número de especies	2.18 (P<0.05)	11.21 (P<0.01)
Liberia Número de especies	2.75 (P<0.01)	0.22 (no sig.)
Cañas Número de muestras positivas	1.16 (no sig.)	3.2 (P<0.01)

CUADRO 14
INDICE DE JACCARD DE SIMILITUD DE LUGARES CON ESPECIES
DEL PERIFITON.

CUADRO 14

	CANAS			DES.	LIBERIA		
	LA.*	AR.	AB.		LA.*	AR.	AB.
CANAS							
DES.	0.33	0.18	0.43	0.35	0.23	0.18	0.37
LA.*	-	0.10	0.10	0.19	0.34	0.00	0.16
AR.	0.22	-	0.22	0.25	0.00	0.00	0.00
AB.	0.18	0.22	-	0.18	0.08	0.22	0.43
LIBERIA							
DES.	-	-	-	-	0.26	0.50	0.46
LA.*	-	-	-	-	-	0.19	0.23
AR.	-	-	-	-	-	-	0.18

* Se toman también las especies encontradas en el agua.

Carbono

Calcio (Ca)

Cociente (C/N)

Orlas

CUADRO 15
INDICE DE JACCARD DE SIMILITUD ENTRE LAS ESPECIES
CON LOCALIDADES Y SUSTRATOS MAS PARECIDOS.

Comp	<u>Merismopedia</u> sp. y <u>Phormidium</u> sp. 7	: 0.16
Comp	<u>Gloeocapsa</u> sp. 2 y <u>Oscillatoria</u> sp.	: 0.46
Comp	<u>Gloeocapsa</u> sp. 2 y <u>Synechocystis</u> sp.	: 0.70
Comp	<u>Oscillatoria</u> sp. y <u>Synechocystis</u> sp.	: 0.46
Nitr	<u>Jaaginema</u> sp. 1 y <u>Microcystis</u> sp. 3	: 0.55
Fosf	<u>Jaaginema</u> sp. 1 y <u>Phormidium</u> sp. 2	: 0.20
Pota	<u>Gloeocapsa</u> sp. 1 y <u>Leptolyngbya</u> sp. 1	: 0.24
Carbono		
Calc	Nota: Unicamente se presentan los datos con los valores más altos (> 0.16) de similitud entre especies.	

* Gotass, 1966

CUADRO 16

COMPOSICION APROXIMADA DE LAS HECES Y ORINA HUMANAS*

Heces sin orina

Cantidad aproximada

135-270 gramos por persona por día (peso húmedo)
 35-70 gramos por persona por día (peso seco)

Composición aproximada

Contenido de humedad	66-80%
Contenido de materia orgánica (en seco)	88-97%
Nitrógeno de materia orgánica (en seco)	5.0-7.0%
Fósforo (P ₂ O ₅) de materia orgánica (en seco)	3.0-5.4%
Potasio (K ₂ O) de materia orgánica (en seco)	1.0-2.5%
Carbono	40-55%
Calcio (CaO)	4.0-5.0%
Cociente (C/N)	5.0-10%

Orina

Cantidad aproximada

Volumen: 1.0-1.3 litros por persona por día
 Sólidos secos: 50-70 gramos por persona por día

Composición aproximada

Contenido de humedad	93-96%
Contenido de materia orgánica (en seco)	65-85%
Nitrógeno de materia orgánica (en seco)	15-19%
Fósforo (P ₂ O ₅) de materia orgánica (en seco)	2.5-5.0%
Potasio (K ₂ O) de materia orgánica (en seco)	3.0-4.5%
Carbono	11-17%
Calcio (CaO) de materia orgánica (en seco)	4.5-6.0%

* Gotaas, 1956

CUADRO 15
CAPACIDAD DE HOSPEDAJE *

NOMBRE	A 1982	A 1983	Observaciones
Bagaces			
El Gobernador	8	16	

CUADRO 17

CARGA DE DBO POR POBLACION			
Hotel	# Personas	DBOs (Kg/día)	
Hotel	10.000	400	
	25.000	1.000	
Carrillo	50.000	2.000	
	100.000	4.000	
Cabinas	250.000	10.000	
Basado en 40 gramos de DBOs por persona por día.			
Cond. Arthur 1983	14	70	
Costa del Casique	110	370	En construcción
Cabinas El Coco	81	240	
Cabinas El Ocotal	10	20	
Hotel El Ocotal	50	120	
Hotel El Valero	20	60	
Hotel Flor de Irujo	23	50	
Proyecto La Costa	54	110	En construcción
Hotel Los Almendros	15	50	En construcción
Complejo Los Gervais	120	300	
Hotel Luna Tica	20	60	
Cabinas Paz Vela	8	20	
Cabinas Playa Herreros	24	60	
Hotel Vista Ocotal	120	300	
Proyecto Papagayo			En construcción

CUADRO 18

CAPACIDAD DE HOSPEDAJE *

NOMBRE	# HAB.	# PERS.	Observaciones
Bagaces			
El Sabanero	19	18	
Hotel El Esmeraldo	28	84	
Hotel El Sol	37	74	
Cañas La Ronda	33	66	
Hotel La Siesta	24	48	
Hotel Cañas Viejas	52	100	
Hotel El Cometa	6	6	
El Corral	12	32	
Hacienda La Pacifica Vieja	32	70	
Carrillo			
Hotel Ronda de la Vieja	120	240	
Cabinas Casino	13	60	
Hotel Condovac	101	505	
Hotel Condovac	54	216	Ampliación
Condohotel Costa Alegre	14	70	
Costa del Casique Hotel	110	338	En Construcción
Cabinas El Cocomal	61	207	
Cabinas El Ocotal	10	20	
Hotel El Ocotal	60	120	En Construcción
Hotel El Velero	20	60	
Hotel Flor de Itabo	23	55	
Promotora La Costa	54	216	En Construcción
Hotel Los Almendros	16	38	En Remodelación
Complejo Los Corales	120	500	
Hotel Luna Tica	35	105	
Cabinas Pez Vela	6	12	
Cabinas Playa Hermosa	24	80	
Hotel Vista Ocotal	192	312	
Proyecto Papagayo	-	más de 150.000	En Construcción

continuación cuadro 18.

NOMBRE	# HAB.	# PERS.	Observaciones
Liberia			
Hotel El Aserradero	26	52	
Hotel El Bramadero	23	69	
Hotel El Sitio	32	72	
Hotel La Ronda	23	51	
Hotel La Siesta	24	55	
Hotel Las Espuelas	44	118	
Hotel Llano Grande	18	36	
Hotel Nuevo Boyeros	60	180	
Alberg. Rincón de la Vieja	12	24	

Hotel Rincón de la Vieja	120	216	
Sardinal			
Casa Club Villas y Hotel	138	258	En Construcción
Hotel Costa Esmeralda	52	104	En Construcción
Hotel Nuevo Colón	32	64	
Hotel Pacífico	16	32	En Remodelación
La Mil Ochocientos Doce	12	36	
Resid. Tur. uso privado	5	25	
Resid. Tur. uso privado	8	10	Ampliación
Villa Huetares	10	20	
Villa Huetares	8	16	Ampliación
TOTAL	1687	4578	

* Instituto Costarricense de Turismo. Estadísticas y Censos.

CUADRO 19
 AUMENTO DEL NUMERO DE HABITANTES, EN EL CASCO URBANO DE LA
 CIUDAD DE LIBERIA, DEBIDAS DIRECTA O INDIRECTAMENTE AL AUMENTO
 DEL TURISMO EN LA ZONA.

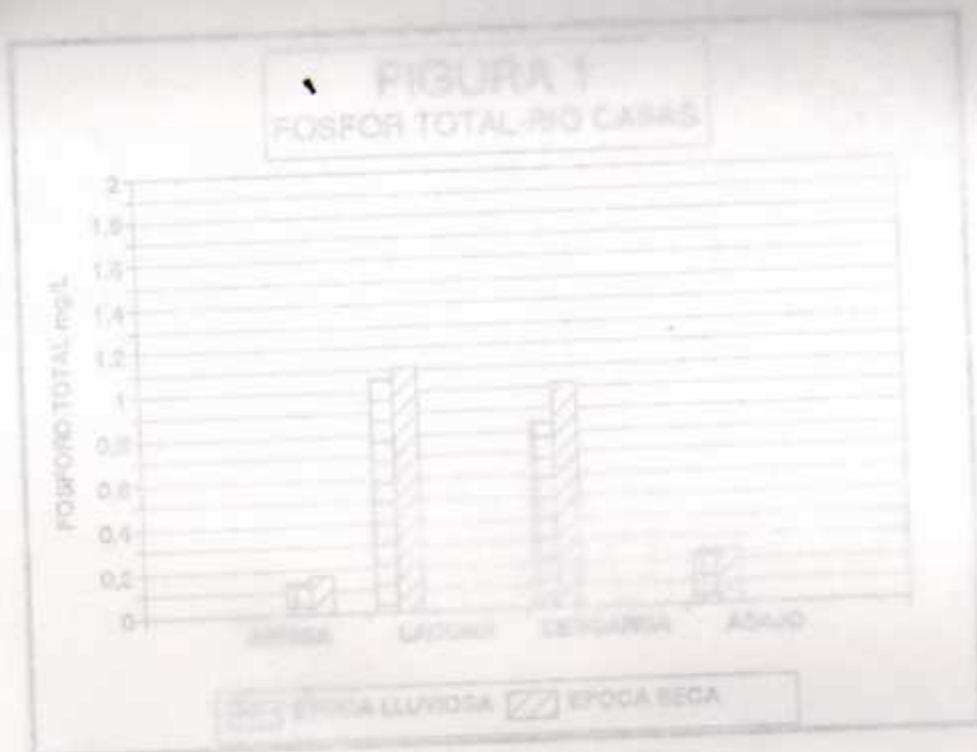
CAUSA	NUMERO DE PERSONAS
Aumento de personal en hoteles *	3462
Aumento en personal de aeropuerto **	20
Aumento ocupacional en hoteles del casco urbano ***	524
TOTAL	4006

* El número de personas que trabajan en los hoteles de la zona y viven en la ciudad de Liberia según la información recolectada en algunos hoteles que actualmente operan en la zona (Condobac La Costa, El Ocotal, Vista Ocotal, Condohotel Costa Alegre, Luna Tica y Cabinas El Coco) es aproximadamente el 10 % (cuadro 17).

** Aviación Civil, Departamento de Recursos Humanos. 1993.

*** La ocupación promedio anual en Liberia centro es del 40 % de la capacidad instalada, esta ocupación pasará a ser del 100 % en los próximos años (Instituto Costarricense de Turismo, Estadísticas y Censos. 1993)

Nota: No se estiman en estos datos el aumento en el número de personas por concepto de empleos indirectos.



FIGURAS

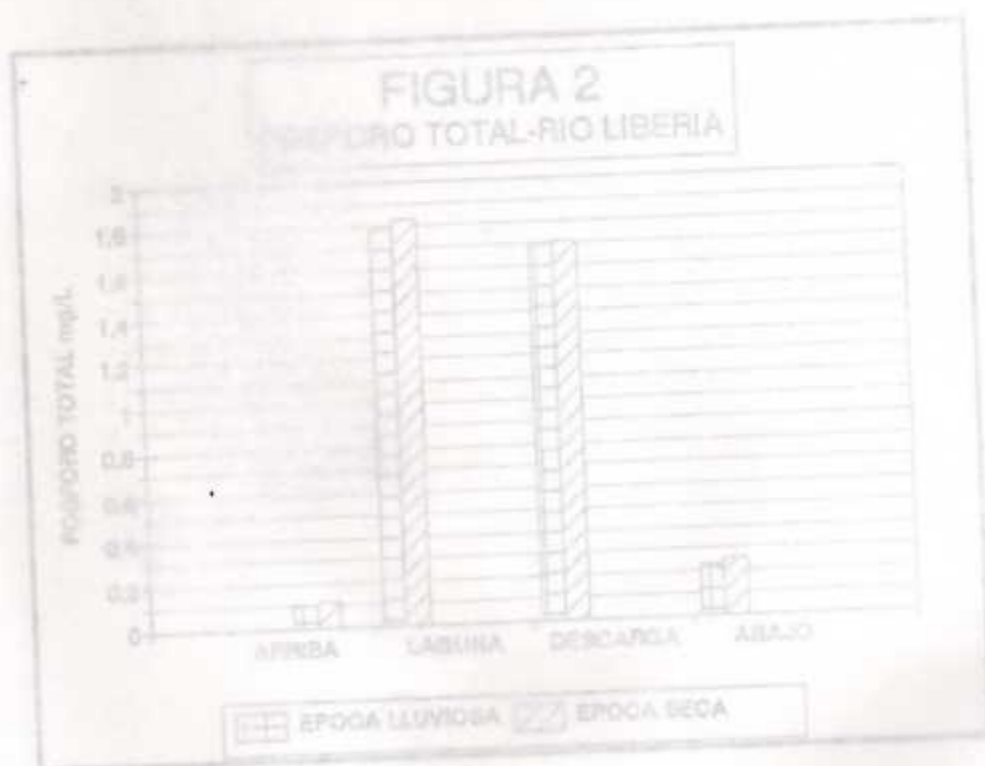


FIGURA 1
FOSFORO TOTAL-RIO CAÑAS

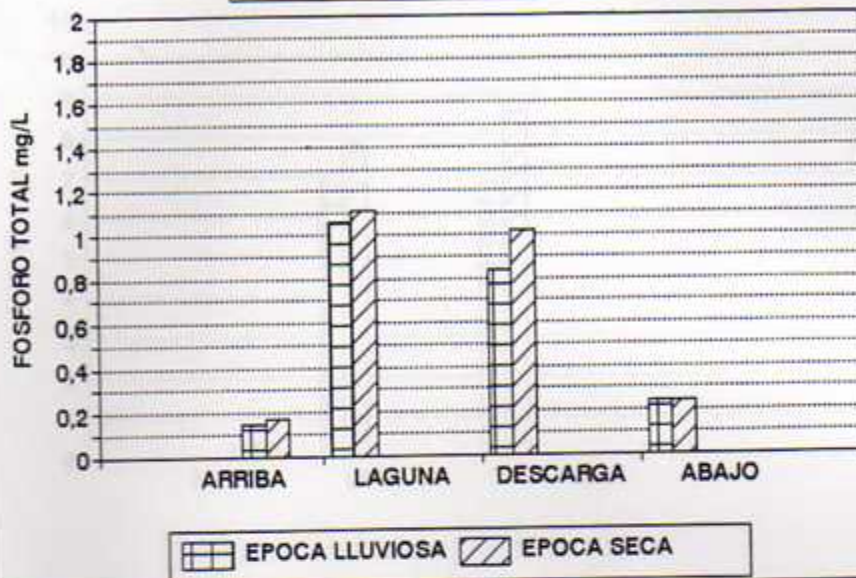


FIGURA 2
FOSFORO TOTAL-RIO LIBERIA

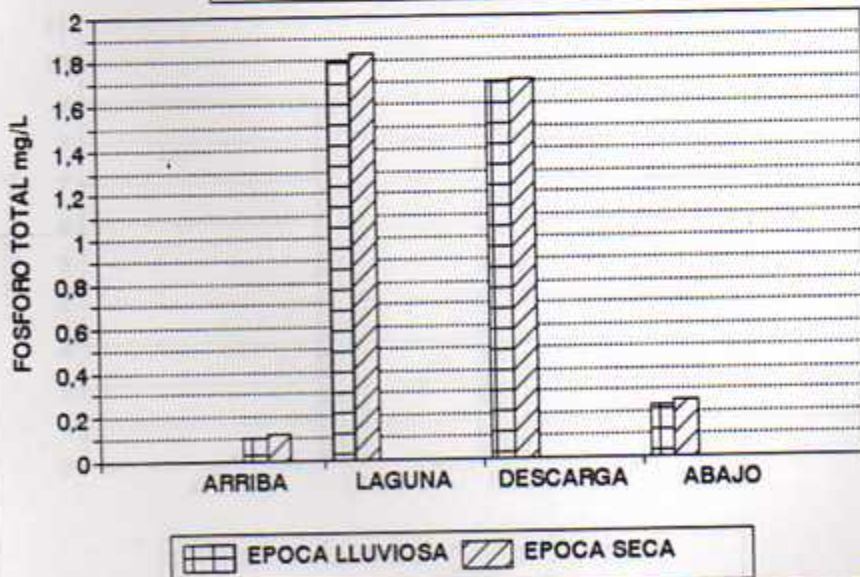


FIGURA 3
AMONIO-RIO CAÑAS



FIGURA 4
AMONIO-RIO LIBERIA

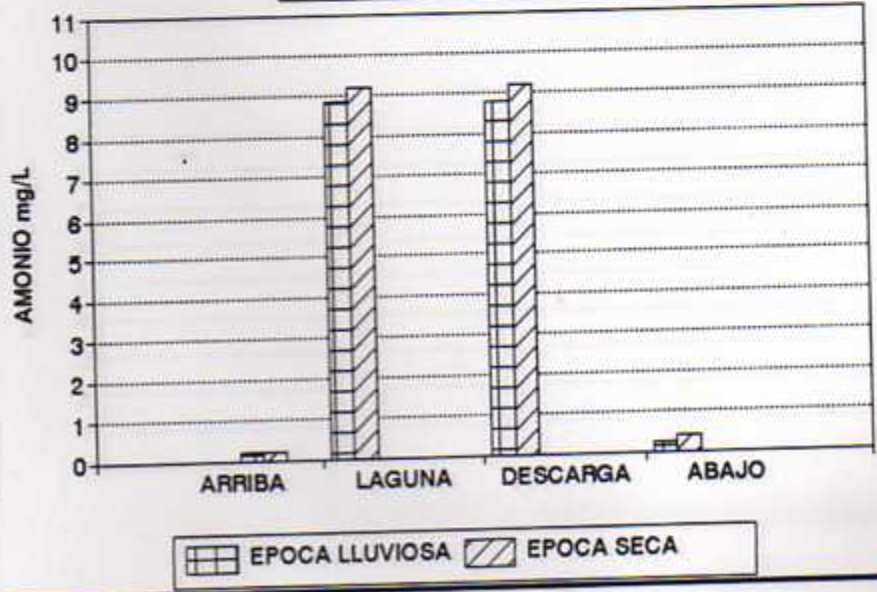


FIGURA 5
NITRATOS-RIO CAÑAS



FIGURA 6
NITRATOS-RIO LIBERIA



FIGURA 7
DBO-RIO CAÑAS



FIGURA 8
DBO-RIO LIBERIA



FIGURA 9
% SATURACION OD-RIO CAÑAS



FIGURA 10
%SATURACION OD-RIO LIBERIA



FIGURA 11
TURBIEDAD-RIO CAÑAS



FIGURA 12
TURBIEDAD-RIO LIBERIA

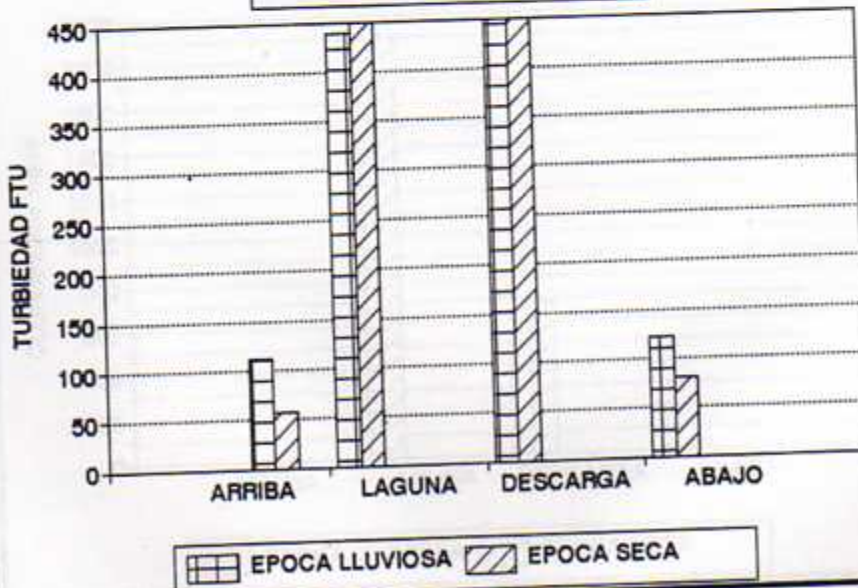


FIGURA 13
CLOROFILA-a-RIO CAÑAS

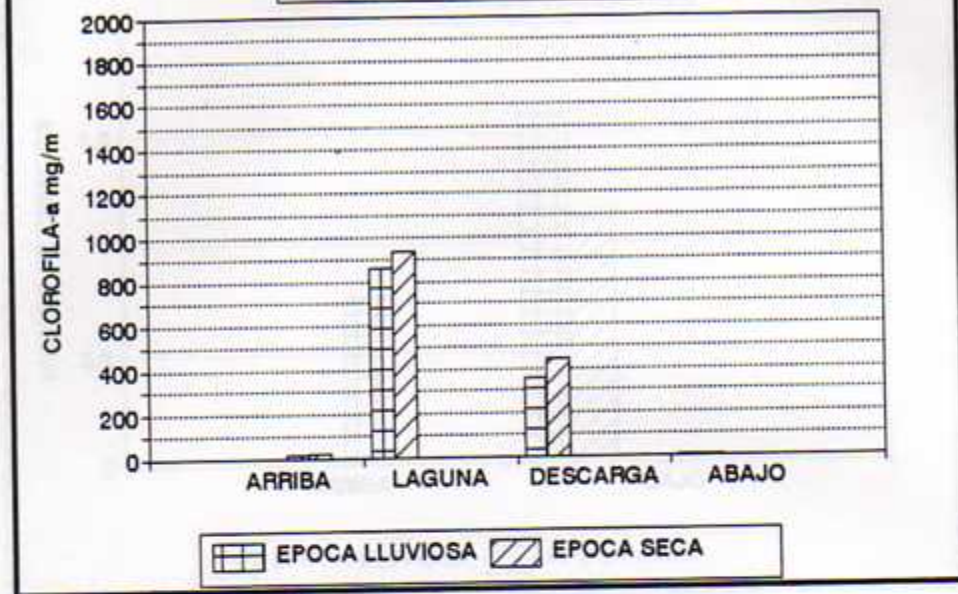


FIGURA 14
CLOROFILA-a-RIO LIBERIA

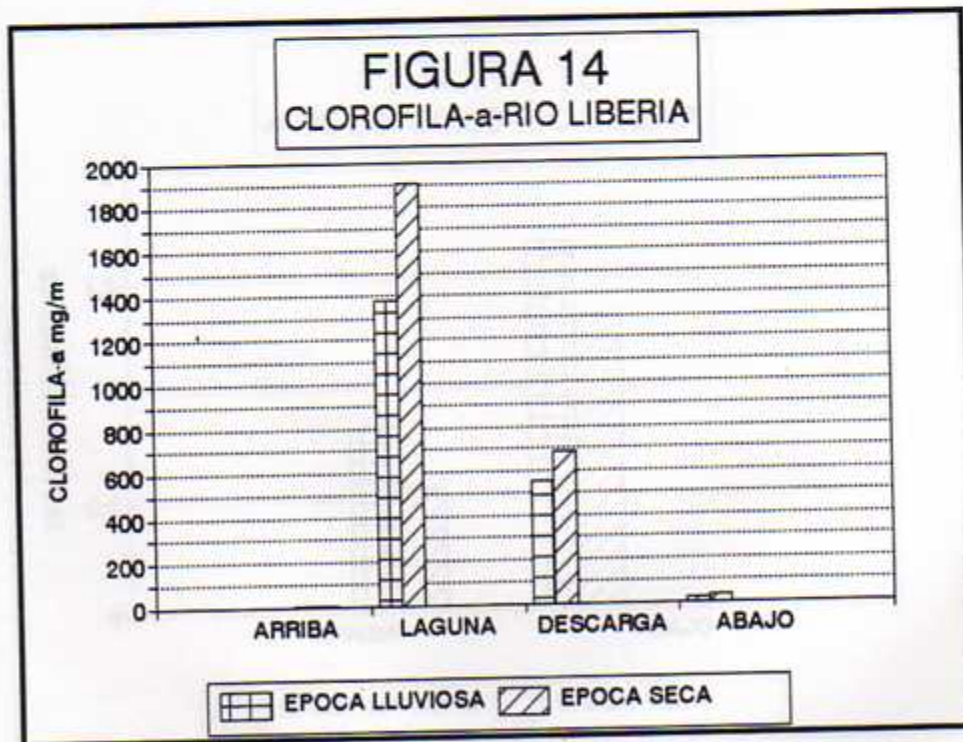


FIGURA 15
DE ESPECIES-RIO CAÑAS

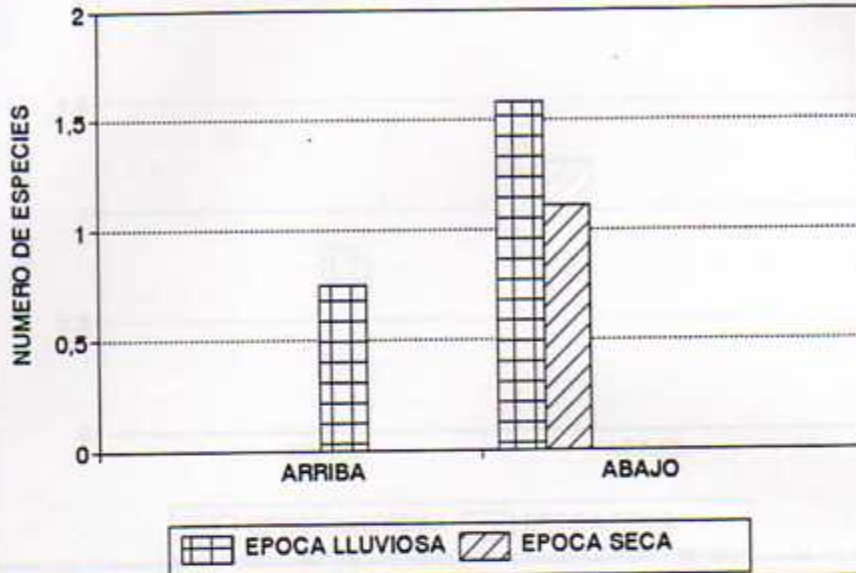
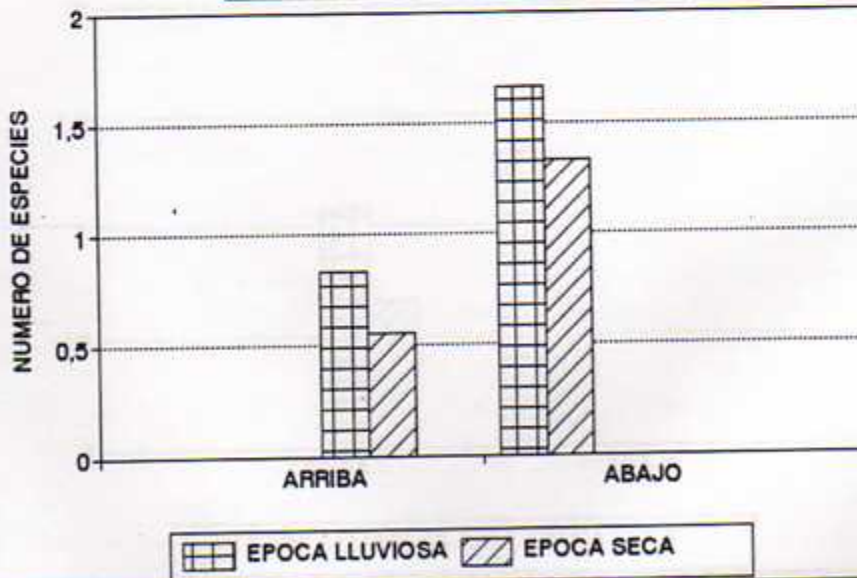
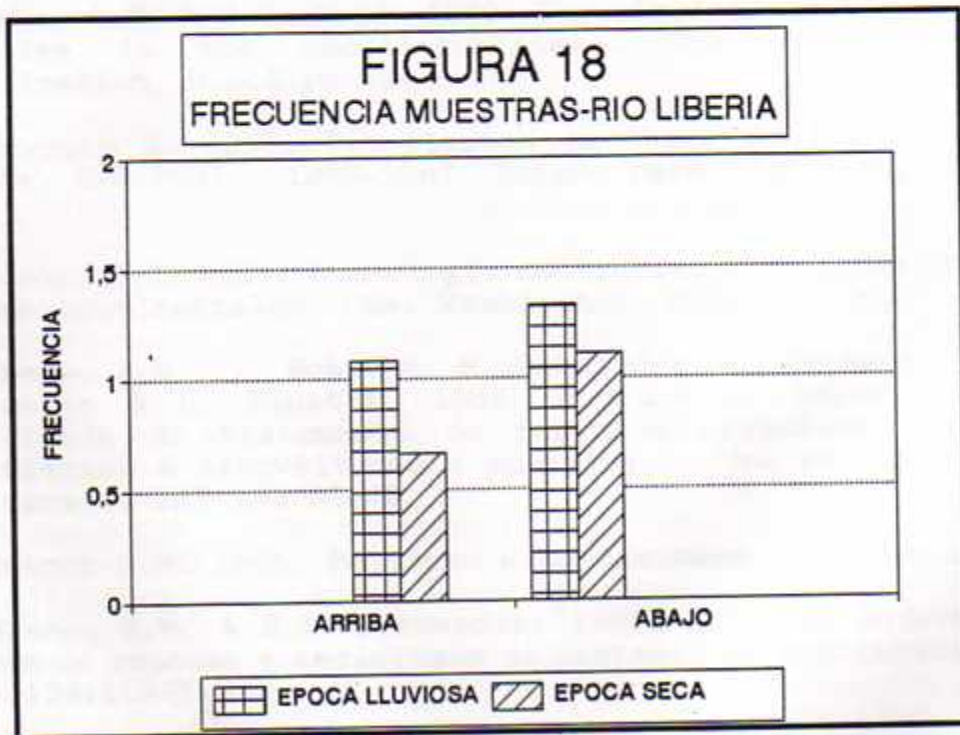
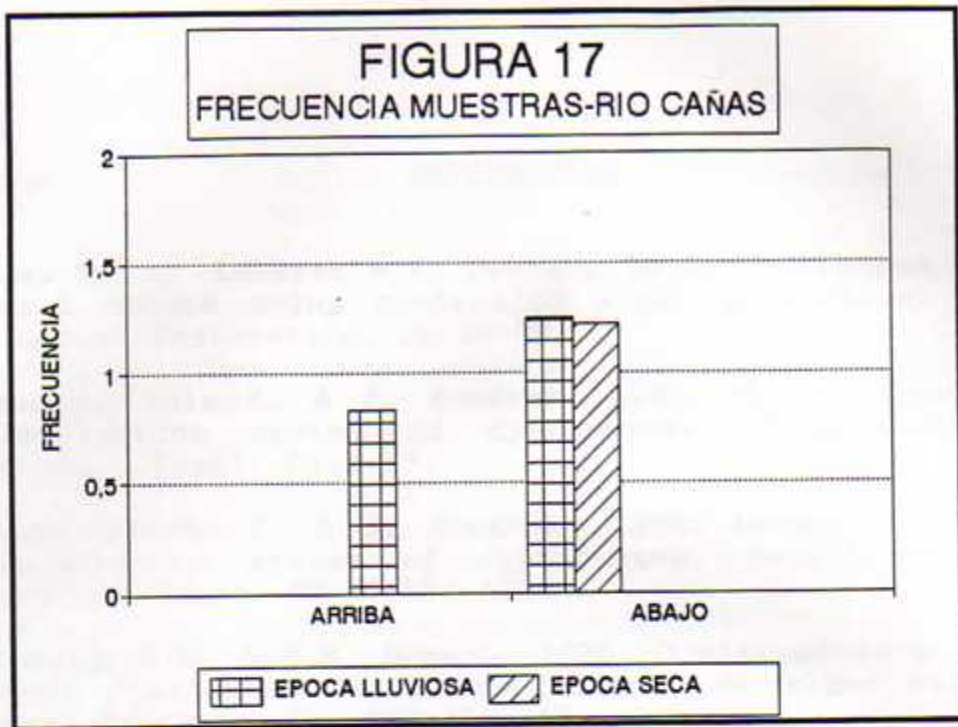


FIGURA 16
DE ESPECIES-RIO LIBERIA





- Codd G.A., U.S. Mail & REFERENCES 1989. Cyanobacteria
water. Water. Sci. Tech. 21: 1-34.
- Adey W., C. Luckett & K. Jensen. 1993. Phosphorus removal from natural waters using controlled algal production. Society for Ecological Restoration. pp:29-39.
- Anagnostidis K. & J. Komárek. 1990. Modern approach to the classification system of cyanophytes. Stigonematales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 59:1-73.
- Anagnostidis K. & J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 50-53:327-472.
- Almeida A.R. & S.M. Branco. 1985. O nitrogênio e fósforo como fatores limitantes ao desenvolvimento de algas cianofíceas na represa Billings. Dae 141:156-158.
- APHA/AWWA/WPCF. 1989. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water. 17th ed. Washington, USA.
- Arthur J.P. 1983. Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries. The World Bank. Washington, USA. pp:107.
- Bakes A.F. & H.C. Bold. 1970. Phycological studies. X. taxonomic studies in the oscillatoriaceae. The University of Texas Publication. U.S.A. pp:104.
- Beyruth Z. 1993. Fitoplacton em lagos do Parque Ecológico do Tiete. Sao Paulo, 1986-1987. Estudo para reabilitação. Dae 170:5-10.
- Branco S.M. 1984. Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. OEA. Washington, USA. pp:120.
- Branco S.M., V. Schalch, R. Bernardes, C. Matheus, E. Pozzi, A. Ferreira & D. Pinatti. 1983. Medidas de impactos ambientais, atividade de tratamento de resíduos orgânicos, reciclagem de nutrientes e aproveitamento energético. Uma pesquisa de operação integrada. DAE 133:39-46.
- Branco S.M. 1985. Poluição e contaminação. Dae 26:41-45.
- Branco S.M. & R.S. Bernardes. 1983. Culturas hidropônicas como forma de remoção e reciclagem de sistemas de tratamento de esgotos. Dae 134:113-115.
- Busar N., L. Duek & S. Niv. 1985. Reaction of fish to microorganisms in wastewater. Applied and Environmental Microbiology. 50:989-995.

- Codd G.A., G.S. Bell & W.P. Brooks. 1989. Cyanobacterial toxin in water. *Wat. Sci. Tech.* 21: 1-13.
- Degremont. 1979. Manual técnico del agua. 4 Ed. Artes Gráficas Grijelmo. Bilbao, España. pp:1216.
- Dell'uomo. 1991. Use of benthic macroalgae for monitoring rivers in Italy. In: Whitton B.A., Rott E. & Friedrich G. Use of algae for monitoring rivers. 1991. Institut für Botanik, Univesität Innsbruck.
- Feijo R.F. 1991. Desnitrificação do esgoto doméstico pelo processo de escoamento superficial no solo. *Dae* 161:1-8.
- Fernandez F., F. Leganes, P. Mateo & I. Bonilla. 1991. Blue-green algae (cyanobacteria) as indicators of water quality in two spanish rivers. In: Whitton B.A., Rott E. & Friedrich G. Use of algae for monitoring rivers. 1991. Institut für Botanik, Univesität Innsbruck.
- Fredrickson A.G. & G. Stephanopoulos. 1981. Microbial competition. *Science* 213:972-979.
- Geldreich E. 1986. Control of microorganisms of public health concern in water. *Journal of environmental Science* 34-37.
- Geitler L. 1932. Cyanophyceae. *Rabenh. Krypt. FL.* 14, 1196pp.
- Gerloff G.C. & F. Skoog. 1957. Nitrogen as limiting factor for the growth of Microcystis aeruginosa in southern Wisconsin lakes. *Ecology* 38:556-561.
- González A. 1988. El plancton de las aguas continentales. O.E.D. Washington, USA. pp:125.
- Guillard R.R.L. 1976. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. Woods Hole Oceanografic Ins. Massachusetts, USA. pp:60.
- Hach. 1989. Water Analysis Handbook. Hach Company. Colorado. USA. pp:691.
- Himberg A.M., A.M. Keijola, L. Huvirta, H. Pyysalo & K. Sivonen. 1989. The effect of water treatment processes from Microcystis and Oscillatoria cyanobacteria: A laboratory study. *Hgt. Rev.* 60:1-5.
- Huber G., J. Komárek & B. Fott. 1983. Das phytoplankton des Süßwassers. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. pp 445.

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Dirección de Estudios y Proyectos. 1976. Investigación de parámetros en las lagunas de estabilización de Cañas y Liberia. Departamento de Estudios e Investigaciones. San José, Costa Rica. pp 29.
- Instituto Costarricense de Electricidad. 1991. Boletín hidrológico # 19. Departamento de Hidrología. San José, Costa Rica. pp 214.
- Kawai H., J. Neto. & P. Jureidini. 1985. Utilização do sistema policultura (algas-microcrustáceos) para tratamento de esgotos domésticos. DAE 142:308-312.
- Kolchwitz R. & M. Marson. 1908. Ökologie der pflanzlichen saprobium. Ber. Deutsch Bot. Ges 26,A,505-519.
- Komárek J. 1991. A review of water bloom forming Microcystis species, with regard to populations from Japan. Algological Studies 64:115-127.
- Komárek J. 1984. Sobre las cianofíceas de Cuba: (1) Aphanizomenon volzii; (2) especies de Forties. Acta Botánica Cubana 18:1-29.
- Komárek J. & K. Anagnostidis. 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. Chroococcales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 43:157-226.
- Komárek J. & K. Anagnostidis.(A). 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 Nostocales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 56:247-345.
- López M.M. 1983. Guía de operación y mantenimiento de las lagunas de estabilización administradas por Acueductos y Alcantarillados. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Costa Rica. pp:60.
- López M.M., M.Ruiz & H.Farrer. 1983. Lagunas de estabilización 2. Departamento de Estudios Básicos. San José, Costa Rica. pp 60.
- Luttembarck B.H.B. & A.A. Rocha. 1986. Autodepuración nos cursos da água. Dae 144:27-32.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Omega, Barcelona, España. pp1010.
- Martiniano J. 1988. Novos conceitos sobre a eutrofização. DAE 151:22-28.
- Matheus C.E., E.G. Pozzi, A.J. Morales & J.B. Lima. 1991. Estimativa da densidade fitoplanctonica em lagoas de estabilização através de leituras com o disco de Secchi. Dae 161: 1-3.

- Matheus C.E., E.G. Pozzi & A. J. Morales. 1989. Correlações entre clorofila, STV e DQO. DAE 154:20-23.
- Matheus C.E. 1986. Utilização de peixes para melhorar o desempenho de lagoas de estabilização. DAE 144:87-101.
- Matheus C.E. 1986a. A Tilapia do Nilo (Sarotherodon niloticus) - um peixe de características desejáveis para ser utilizado em ambientes organicamente poluídos. DAE 145:169-170.
- Menezes P., G. Berzin & J. Torres. 1985. Aplicação de oxigênio no sistema de esgoto de Santos e São Vicente para combate de odores. DAE 143:371-379.
- Mitchell M.K. & W.B. Stapp. 1990. Field manual for water quality monitoring. 4 th. Thomson Shore Inc. Michigan. USA. pp:224.
- Prescott, G.W. 1970. The freshwater algae. Ed.2. W.M.C. Brown Company Publishers. USA.243-282.
- Rippka R., J.Deruelles, J.Waterbury, M.Herdman & R.Stanier. 1979. Generic assignments, strain histories properties of pure cultures of Cyanobacteria. J.General Microbiology 111:1-61.
- Repavich W.M., W.C. Sonzogni, J.H. Standridge, R.E. Wedepohl & L.F. Meisner. 1990. Cyanobacteria (blue-green algae) in Wisconsin waters: acute and chronic toxicity. Wat. Res. 24:225-231.
- Romitelle M.S. 1983. Remoção de fósforo em efluentes secundários com emprego de macrófitas aquáticas do gênero Eichhornia. Dae 133:66-88.
- Salas J.H. & P. Martino. 1990. Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales. CEPIS. Panamá. pp:65.
- Salazar R. 1993. El derecho a un ambiente sano, ecología y desarrollo sostenible. Asociación Libro Libre. San José. Costa Rica. 310 p.
- Schindler D.W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. Rev. Science. New York. 184:897-988.
- Schwoerbel J. 1970. Métodos de hidrobiología. H.Blume ed. Madrid, España. pp:254.
- Shapiro J. 1973. Blue-Green algae: Why they become dominant. Science 179:382-384.

- Shimada P., F.R. Bidone & M. Filho. 1987. Estudo de lagoas de estabilização para tratamento de esgoto doméstico na região Centro-Oeste. Dae 47:268-274.
- Sivonen K. 1990. Effects of light, temperature, nitrate, orthophosphate, and bacteria on growth of and hepatotoxin production by Oscillatoria agardhii strains. Applied and Environmental Microbiology. 56:2658-2666.
- Smith, V.H., E. Willin & B. Karlsson. 1987. Predicting the summer Peak Biomass of four species of blue-green algae (Cyanophyta/Cyanobacterial) in Swedish lakes. Wat. Res. Bull. 23:397-402.
- Stabel H.H. 1988. Algal control of elemental sedimentary fluxes in Lake Constance. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23:700-706.
- Stabel H.H. 1991. Irregular biomass response in recovering prealpine lakes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24:810-825.
- Streble H. & D. Krauter. 1985. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co. Stuttgart. pp: 374.
- Teixeira M.A. & M.O. Tocie. 1991. Remoção de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio de esgotos domésticos utilizando o processo de lagoa de taxa alta. Dae 161:6-13.
- Zeledón R. 1992. El código ecológico. 1 Ed. Porvenir. San José, Costa Rica. pp:382

ANEXO 5

LISTA TENTATIVA DE ESPÉCIES DE CLAMOBACTERIAS INDÓGENAS

<i>Acanthamoeba</i> <i>flourensi</i>	(<i>Acanthamoeba</i> sp)
<i>Acanthamoeba</i> <i>gambusia</i> var <i>gambusia</i>	(<i>Acanthamoeba</i> sp)
<i>Acanthamoeba</i> <i>halophilus</i>	(<i>Acanthamoeba</i> sp)
<i>Acanthamoeba</i> <i>clathrata</i>	(<i>Acanthamoeba</i> sp)
<i>Acanthamoeba</i> <i>acidulans</i>	(<i>Acanthamoeba</i> sp)
<i>Colpoda</i> <i>parietalis</i>	(<i>Colpoda</i> sp)
<i>Chlamydomonas</i> <i>nivalis</i>	(<i>Chlamydomonas</i> sp)
<i>Cyanothea</i> <i>benificans</i>	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> <i>reimoldi</i>	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> <i>arenaria</i>	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> <i>arctica</i>	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> <i>indica</i>	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> sp	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> <i>spatiosa</i>	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Cyanothea</i> sp (abg. <i>Alveolophora</i>)	(<i>Cyanothea</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>laureolata</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>caeta</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>brunnea</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>subulana</i> ANEXOS	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> sp	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>maritima</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>tanacetum</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>maritima</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>salvina</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> sp 1	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> sp 2	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>harveyana</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>chalybea</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>serotina</i> <i>serotina</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>ambigua</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>digesta</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>irrigua</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>retali</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>chlorina</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>laxa</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>joazeira</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>numidina</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>brasiliana</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>subtilis</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>rubescens</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>vermiculata</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>salvina</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> sp (abg. <i>Clonost</i>)	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> sp	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> <i>pedunculata</i>	(<i>Leptodermis</i> sp)
<i>Leptodermis</i> sp	(<i>Leptodermis</i> sp)

ANEXO 1
LISTA TENTATIVA DE ESPECIES DE CIANOBACTERIAS ENCONTRADAS

<u>Anabaena flos-aquae</u>	(Anabaena sp)
<u>Aphanocapsa elachista</u> var <u>planctonica</u>	(Aphanocapsa sp 1)
<u>Aphanocapsa delicatissima</u>	(Aphanocapsa sp 2)
<u>Aphanothece clathrata</u>	(Aphanothece sp 1)
<u>Aphanothece nidulans</u>	(Aphanothece sp 2)
<u>Calothrix parietina</u>	(Calothrix sp)
<u>Chroococcus minutus</u>	(Chroococcus sp)
<u>Cyanarcus hamiformis</u>	(Cyanarcus sp)
<u>Cyanodictyom reticulatus</u>	(Cyanodictyom sp)
<u>Gloeocapsa granosa</u>	(Gloeocapsa sp 1)
<u>Gloeocapsa punctata</u>	(Gloeocapsa sp 2)
<u>Hapalosiphon intricatus</u>	(Hapalosiphon sp)
<u>Jaaginema</u> sp	(Jaaginema sp 1)
<u>Jaaginema subtilissimum</u>	(Jaaginema sp 2)
<u>Konvophoron</u> sp (sbg. Alyssoforon)	(Konvophoron sp)
<u>Leptolyngbya lagerheimii</u>	(Leptolyngbya sp 1)
<u>Leptolyngbya nana</u>	(Leptolyngbya sp 2)
<u>Leptolyngbya tenuis</u>	(Leptolyngbya sp 3)
<u>Leptolyngbya angustissima</u>	(Leptolyngbya sp 4)
<u>Limnothrix</u> sp	(Limnothrix sp)
<u>Lyngbya martensiana</u>	(Lyngbya sp)
<u>Merismopedia tenuissima</u>	(Merismopedia sp)
<u>Microcystis flos-aquae</u>	(Microcystis sp 1)
<u>Microcystis marginata</u>	(Microcystis sp 2)
<u>Microcystis pulverea</u>	(Microcystis sp 3)
<u>Microcystis</u> sp 1	(Microcystis sp 4)
<u>Microcystis</u> sp 2	(Microcystis sp 5)
<u>Nodularia harveyana</u>	(Nodularia sp)
<u>Oscillatoria chalybea</u>	(Oscillatoria sp)
<u>Phormidium aerugineo-coeruleum</u>	(Phormidium sp 1)
<u>Phormidium amphibium</u>	(Phormidium sp 2)
<u>Phormidium diguetii</u>	(Phormidium sp 3)
<u>Phormidium irriguum</u>	(Phormidium sp 4)
<u>Phormidium retzii</u>	(Phormidium sp 5)
<u>Phormidium tinctorium</u>	(Phormidium sp 6)
<u>Phormidium favosum</u>	(Phormidium sp 7)
<u>Phormidium formosum</u>	(Phormidium sp 8)
<u>Phormidium numidicum</u>	(Phormidium sp 9)
<u>Pilgeria brasiliensis</u>	(Pilgeria sp)
<u>Planktolyngbya subtilis</u>	(Planktolyngbya sp)
<u>Planktothrix rubescens</u>	(Planktothrix sp)
<u>Porphyrosiphon versicolor</u>	(Porphyrosiphon sp)
<u>Pseudanabaena catenata</u>	(Pseudanabaena sp 1)
<u>Pseudanabaena</u> sp (sbg. Ilionema)	(Pseudanabaena sp 2)
<u>Pseudanabaena</u> sp	(Pseudanabaena sp)
<u>Synechococcus cedrorum</u>	(Synechococcus sp)
<u>Synechocystis</u> sp	(Synechocystis sp)

ANEXO 2

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VARIOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

CRITERIO	1	2	3	4	5	6	7	8
Remoción DBOs	**	**	**	**	***	***	***	***
Remoción Col/Fec.	*	*	*	**	**	***	***	***
Remoción Sólidos S.	**	***	***	***	***	**	**	**
Remoción Helmintos	*	**	*	*	**	**	***	***
Remoción Virus	*	**	*	**	**	***	***	***
Posibilidad de usos auxiliares	*	*	*	*	*	***	***	***
Posibilidad de reuso del efluente	*	*	*	**	**	***	***	***
Construcción simple y barata	*	*	*	*	**	**	***	***
Operación sencilla	*	*	**	*	**	*	***	***
Requerimiento de tierras	***	***	***	***	***	**	**	*
Costos de mantenimiento	*	*	**	*	*	*	***	***
Demanda de energía	*	*	**	*	*	*	***	***
Mínimización de fangos por remoción	*	**	**	**	*	**	***	***

- 1: Planta completa
 - 2: Planta de fangos activados
 - 3: Filtración lenta
 - 4: Planta con aireación intensa
 - 5: Canales de oxidación
 - 6: Lagunas aireadas
 - 7: Pozas de estabilización (incluyendo unidad anaeróbica)
 - 8: Pozas de estabilización (excluyendo unidad anaeróbica)
 - *: Malo
 - ** : Regular
 - ***: Bueno
- Arthur 1983.