

***INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS  
Y ALCANTARILLADOS***

***LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS***



***EVALUACION DE LA CONTAMINACION FECAL DE LA  
CUENCA DEL RIO TEMPISQUE 1997-2000***

***Preparado por: M.Sc. Darner Mora Alvarado  
Br. Carlos Felipe Portuguez  
Sr. Gustavo Brenes Salas***

***OCTUBRE, 2001***

**EVALUACION DE LA CONTAMINACION FECAL DE LA CUENCA DEL  
RIO TEMPISQUE - PERIODO 1997-2000**

## ***RESUMEN***

Se presenta un estudio descriptivo sobre la evaluación de la contaminación fecal del río Tempisque y sus principales efluentes: ríos Liberia, Bebedero y Cañas. Para cumplir con este objetivo se ubicaron 7 puntos de muestreo en el cauce principal del río Tempisque, igual número en el río Liberia, 1 en el río Bebedero y otro en el río Cañas. Las variables evaluadas mensualmente durante el período comprendido entre los años 1997 y 2000 fueron el Número Más Probable de Coliformes fecales/100 mL, utilizando el promedio geométrico, y las determinaciones físicas de color y Turbiedad a través del promedio aritmético; además, estos datos se procesaron tanto para la época seca como la lluviosa. Los datos promedio se comparan con los “*Criterios Microbiológicos para Evaluar las Aguas en sus Diferentes Usos*”. Dicha evaluación indica que el río Liberia presenta una alta contaminación fecal, con valores promedio de 1.020 a 88.421 de Coliformes fecales/100 mL, causada por la descarga directa de aguas domésticas sin tratamiento y por el propio efluente de la laguna de estabilización de Liberia. Esta alta contaminación fecal, detectada en 5 de los puntos evaluados en el río Liberia, hace que esta agua no sean aptas para los usos de potabilización, riego, recreación y acuicultura. Por otro lado, la densidad de Coliformes fecales en el cauce principal del río Tempisque es baja, lo cual permite que sus aguas sean aptas para la potabilización, riego y piscicultura, pero no para la natación. Por último, se hacen recomendaciones para disminuir la contaminación fecal de la cuenca del río Tempisque, y se sugiere hacer otros estudios para determinar la contaminación con pesticidas.

## **EVALUACION DE LA CONTAMINACION FECAL DEL RIO TEMPISQUE - PERIODO 1997-2000**

M.Sc. Darner Mora (1), Br. Carlos Felipe Portuquez (2) y Sr. Gustavo Brenes (3)

### **1. INTRODUCCION**

La Cuenca del Río Tempisque (CRT) se ubica al noreste de Costa Rica, abarcando nueve de los once cantones de la provincia de Guanacaste. Tiene una extensión de 5460 km<sup>2</sup> (54% de la provincia), lo que equivale a un 10% del territorio nacional, convirtiéndola en el sistema hidrológico más grande del país <sup>(1)</sup>. La CRT comprende las subcuencas del río Tempisque (RT) y la del río Bebedero (CB). La primera se origina en la Cordillera de Guanacaste, cerca del volcán Orosí, con el nombre de río Tempisquito; recorre importantes ciudades como Liberia, Filadelfia y Santa Cruz, cubriendo un área total de 3402 km<sup>2</sup>. En su margen izquierda drenan los ríos Ahogados, Colorado, Liberia y El Salto; por su parte, en la margen derecha desembocan los ríos Bolsón, Palmas y Cañas. La otra subcuenca se encuentra al este de la CRT, conformada por el río Bebedero, con una extensión de 2052 km<sup>2</sup>, cubriendo las ciudades de Bagaces, Cañas y Tilarán. En sus márgenes desembocan los ríos Piedras, Tenorio, Cañas y Lajas; recibe además el trasvase de 100 m<sup>3</sup>/seg del Complejo Hidroeléctrico Arenal-Corobicí-Sandillal. Debido a la importancia de los usos del agua de la CRT, fue denominada “*el Nilo de Guanacaste*” por parte el expresidente de la República José Figueres Ferrer <sup>(2)</sup>.

Entre los principales usos de sus aguas se encuentran acuicultura, riego, recreación, generación eléctrica e industrial y como fuente para abastecimiento público. En este sentido, la cuenca ha sido ampliamente estudiada a través del Centro Científico Tropical ASOTEM-MINAE <sup>(3)</sup>. Si embargo, no se ha evaluado el nivel de contaminación fecal y su relación con los diferentes usos del agua.

---

1 Master en Salud Pública

2 Bachiller en Gestión Ambiental

3 Asistente de Laboratorio / Lab. Nacional de Aguas Telfs: 279-51-18 y 279-90-86 Telfax: 279-59-73

En razón de lo anterior, en el presente trabajo se enfoca el análisis de la densidad de la contaminación fecal a lo largo del cauce principal de RT, además de los ríos Bebedero, Cañas y Liberia, con el objetivo de definir los usos que se podrían dar a la CRT, pero sobre todo su uso potencial como fuente de agua para potabilización.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Determinar la contaminación fecal de la CRT mediante el análisis de la densidad de Coliformes fecales/100mL (CF/100 mL), Color Verdadero y Turbiedad en 16 puntos de muestreo, durante el período comprendido entre 1997 y el año 2000, con el afán de evaluar la calidad de la cuenca con respecto a los criterios utilizados para los diferentes usos del agua.

### **2.2 Específicos**

- ✓ Describir los aspectos biofísicos básicos de la CRT, como su hidrología, clima, vientos y evapotranspiración.
- ✓ Estudiar las características de esta cuenca con respecto a los diferentes usos del agua.
- ✓ Determinar el grado de contaminación fecal a lo largo del cauce principal del RT y de sus principales afluentes como los ríos Liberia, Cañas y Bebedero, durante el período total del estudio y separado por las épocas seca y lluviosa.
- ✓ Evaluar la contaminación fecal de la CRT con respecto a los diferentes usos del agua: acuicultura, riego, recreación y como fuente de agua para potabilización.

## **3. MATERIALES Y METODOS**

Para cumplir con los objetivos mencionados se aplica la siguiente metodología:

### **3.1 Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que presenta el grado de contaminación fecal de 16 puntos de la CRT, durante el período comprendido entre 1997 y el año 2000.

### **3.2 Aspectos biofísicos**

La definición de los aspectos biofísicos se realiza mediante la revisión de la bibliografía existente en el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), del Centro Científico Tropical y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

### **3.3 Programa de muestreo**

Se ubican 16 puntos de muestreo, 7 en el cauce principal del RT, otros 7 en el cauce del río Liberia, 1 en el río Cañas y otro en el río Bebedero, de los cuales se adjuntan fotografías; por otra parte, en la FIGURA 1 se presenta la localización geográfica de los mismos. El muestreo se ejecutó con una frecuencia mensual durante todo el período de estudio, excepto en 1998 en donde el muestreo se hizo solamente de enero a marzo.

### **3.4 Análisis de laboratorio**

Las muestras de agua se recolectaron en orden secuencial desde el origen de la cuenca, en el punto ubicado sobre el río Tempisquito (T1) hasta la desembocadura en el Golfo de Nicoya (T7), incluyendo los 7 puntos del río Liberia (L1 a L7), el río Cañas (C1) y el río Bebedero (B1). Las muestras se tomaron en envases de vidrio estéril de 120 mL para los análisis de CF/100 mL. Dichas muestras se trasladaron al Laboratorio en un ámbito de temperatura de 4-8°C, con un tiempo máximo de 24 horas después de la recolección. Como complemento, se tomaron muestras en envases plásticos para medir el Color y la Turbiedad. Para evaluar el grado o la densidad de contaminación fecal se utilizó la técnica del Número Más Probable/100 mL (NMP/100 mL). Las técnicas mencionadas se ejecutaron siguiendo las directrices del “Standard Methods”, edición N°18<sup>(4)</sup>.

### **3.5 Procesamiento de datos**

Los resultados obtenidos se procesaron por medio de mínimos, máximos y promedios, geométricos para los CF/100 mL y aritméticos para el Color (U PtCo) y la Turbiedad (UNT). Además se analizaron, de igual manera y por separado, las épocas seca (diciembre a abril) y lluviosa (mayo a noviembre).

### **3.6 Criterios para la evaluación de la calidad del agua en sus diferentes usos**

La evaluación de las aguas de la CRT en sus diferentes usos, para los 16 puntos estudiados, se realizará a través de los criterios desarrollados en el Laboratorio Nacional de Aguas<sup>(5)</sup> y la Norma de Vertido y Reuso de Aguas Residuales<sup>(6)</sup>, los cuales se presentan a continuación:

### 3.6.1 Criterios Microbiológicos para recreación

Para el uso del agua para actividades recreativas se desarrollaron los siguientes criterios.

**TABLA 1. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA AGUAS DULCES UTILIZADAS PARA RECREACION**

<b>INDICADOR</b>	<b>PROMEDIO GEOMETRICO POR 100/mL</b>		
<b>INDICADOR</b>	<b>Contacto primario (natación)</b>	<b>Contacto secundario (navegación)</b>	<b>Contacto terciario (paisaje)</b>
Coliformes fecales	500	5000	10000
E.coli	200	2000	5000
Staphylococos aureus	100	--	--

*NOTAS: Frecuencia de muestreo mensual  
Mínimo 12 datos  
Muestras recolectadas contra corriente a 30 cm de profundidad.*

### 3.6.2 Criterios microbiológicos para acuicultura

Con respecto al agua utilizada para la cría de diferentes tipos de mariscos, se presentan los siguientes criterios:

**TABLA 2. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA AGUAS USADAS EN ACUICULTURA**

<b>INDICADOR 100 mL</b>	<b>PISICULTURA</b>	<b>CULTIVO DE CAMARON</b>	<b>CULTIVO DE ALMEJA</b>
Coliformes fecales	1000	100	4
Estreptococcus fecales	100	80	23

### 3.6.3 Criterios para aguas de irrigación

Los criterios microbiológicos para evaluar el agua cruda usada para riego varían de acuerdo a su utilidad; es decir, el límite permisible de CF/100 mL es más restrictivo para cultivo de alimentos que se consumen crudos (culantro, berros y otras hortalizas) que para riego de césped, campos de golf, parques, cementerios, etc.

La Norma de Vertido y Reuso de Aguas Residuales clasifica el agua en 8 tipos; sin embargo, para efectos del presente estudio, nos interesan los tipos 1, 2, 3, 4 y 5, los cuales se resumen a continuación:

**TABLA 3. CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS PARA IRRIGACION DE CULTIVOS AGRICOLAS**

<b>TIPO DE CULTIVO</b>	<b>PROMEDIO DE Coliformes fecales/100 mL</b>
1. Riego de todo tipo de zonas verdes	100
2. Sirvicultura y aguas donde el acceso al público es prohibido	<=1000
3. Aspersión de cualquier cultivo comestible crudo	100
4. Riego de cultivos que reciben tratamiento físico-químico antes de venderlo al consumidor (melones)	<=1000
5. Riego de pastos para ganado y semillas	<=1000

### 3.6.4 Criterios para fuentes de agua usadas para potabilización

El agua superficial usada como fuente de abastecimiento de agua potable, debe recibir un tratamiento convencional por medio de una planta de potabilización de filtros lentos o rápidos, además de la aplicación de cloración. Los criterios utilizados para evaluar este tipo de aguas, se basan en análisis de Coliformes fecales y parámetros físico-químicos como color verdadero, turbiedad, pH, entre otros. Para efectos de evaluar la CRT se utilizan los siguientes criterios:

**TABLA 4. CRITERIOS DE AGUAS CRUDAS PARA POTABILIZACION**

<b>INDICADOR</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CALIDAD</b>			
		<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<20	20-1500	1501-6000	>6000
Color	U PtCo	<20	20-150	151-200	>200
Turbiedad	UNT	<10	10-250	251-500	>500

*NOTA: Criterios Microbiológicos modificados por Mora, Darner.*

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Como se indicó anteriormente, la CRT ha sido estudiada en forma general por el ASOTEM-MINAE y el Centro Científico Tropical, los cuales publicaron sus resultados por medio del “Plan de Acción para la Cuenca del Río Tempisque”, en 1998 <sup>(7)</sup>. En el volumen 1 se resumen los aspectos biofísicos, del cual extraemos los datos más relevantes.

#### **4.1 Aspectos biofísicos de la cuenca**

El promedio anual de precipitación lluviosa de la CRT es de 1701.4 mm. En el caso de la subcuenca RT es de 1746.1 mm y para CB es de 1629.8 mm. Aproximadamente el 95% de esta precipitación ocurre entre los meses de mayo a noviembre (época lluviosa), mientras que el restante 5% entre diciembre y abril (época seca).

En la CRT la fluctuación media mensual de temperatura oscila entre 24.6 y 30°C; el valor máximo registrado en la “Hacienda Tempisque” fue de 36.9°C en abril y el mínimo de 19.9°C en enero <sup>(8)</sup>.

Con respecto a los vientos, en la estación seca la CRT está expuesta a vientos alizos procedentes del este y noreste (costa caribe), mientras que durante la lluviosa predominan vientos de la costa pacífica, del oeste y suroeste, portadores de abundante nubosidad que origina lluvias en las horas de la tarde.

Por otro lado, la evapotranspiración potencial de RT es de 1889 mm/año, mientras que en la CB es de 1862 mm/año, lo que demuestra que este fenómeno supera la precipitación presente en la mayor parte de la cuenca <sup>(9)</sup>.

#### **4.2 Resultados de laboratorio**

En el cuadro 1 se resumen los resultados mínimos, promedios y máximos de CF/100 mL, color y turbiedad de la totalidad de los muestreos realizados durante el período en estudio. En los cuadros 2 y 3 se presenta la misma información, pero separada tanto para la época seca como lluviosa.

#### **4.3 Situación general**

Los resultados obtenidos en el cuadro 1 demuestran que los puntos ubicados en el río Liberia (L1 a L7) presentan una alta contaminación fecal, con valores promedio que oscilan entre 1020 y 88421 CF/100 mL, entre 23 y 136 de color y 18 a 40 de turbiedad. Esta situación podría explicarse si consideramos que este cauce atraviesa la ciudad que se identifica con ese mismo nombre (con aproximadamente 40000 habitantes), recibiendo descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales. Por otra parte, una vez que pasa la ciudad recibe la descarga de la Laguna de Estabilización de Liberia antes de desembocar al cauce del río Tempisque. Lo anterior provoca que los puntos del río Tempisque ubicados después de esta descarga (T4 a T7), presentan una contaminación importante. El impacto ocasionado por esta descarga queda en evidencia al observar los

resultados de los puntos T1 y T2, ubicados antes de la desembocadura del río Liberia, que si bien es cierto presentan algún grado de contaminación, esta es considerablemente menor. Por su parte, las desembocaduras de los ríos Cañas y Bebedero, ubicados al final de la zona en estudio, aportan sus aguas y colaboran a desmejorar aún más la situación.

Los cuadros 2 y 3 nos muestran una situación similar, con un alto grado de contaminación fecal, color y turbiedad en los puntos del río Liberia, que impactan la calidad del agua del río Tempisque a partir de la desembocadura, tanto en la época seca como en la lluviosa. No obstante, los valores durante la época lluviosa superan considerablemente los de la época seca, debido posiblemente a un mayor arrastre por escorrentía.

#### **4.4 Diferentes usos del agua**

La valoración del uso de estas aguas y el cumplimiento de los criterios establecidos para cada fin es otro de los objetivos del presente trabajo; para tal efecto, evaluamos el cumplimiento de las aguas del RT en recreación, acuicultura, irrigación y potabilización. En la tabla 1 se resume el cumplimiento de cada punto según el uso que se le da al agua:



**Tabla 5. Evaluación de la calidad microbiológica del agua versus sus diferentes usos en la cuenca del río Tempisque – período 1997-2000**

<i>Punto de muestreo</i>	<i>Xg CF/100 mL</i>	<i>Potabilización &gt;6000 CF</i>	<i>Natación 500 CF</i>	<i>Navegación 5000 CF</i>	<i>Paisajismo 10000 CF</i>	<i>Piscicultura 1000 CF</i>	<i>Cultivo camarones 100 CF</i>	<i>Cultivo Almejas 4CF</i>	<i>Riego tipo 1 y 3 100 CF</i>	<i>Riego tipo 2,4 y 5 &lt;=1000 CF</i>
T1	95	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
T2	130	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si
T3	994	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	Si
T4	865	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	Si
T5	469	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si
T6	962	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	Si
T7	1002	Si	No	Si	Si	No	No	No	No	No
L1	1020	Si	No	Si	Si	No	No	No	No	No
L2	3383	Si	No	Si	Si	No	No	No	No	No
L3	50730	No	No	No	No	No	No	No	No	No
L4	18373	No	No	No	No	No	No	No	No	No
L5	26985	No	No	No	No	No	No	No	No	No
L6	12009	No	No	No	No	No	No	No	No	No
L7	88421	No	No	No	No	No	No	No	No	No
C1	348	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	Si
C1	672	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	Si

*Xg: Promedio geométrico de CF/100 mL.*



#### **4.4.1 Recreación**

Se logró identificar, una vez enfrentados los valores promedio de CF/100 mL de cada punto con los criterios establecidos, que solamente los puntos T1, T2, T5 y C1 cumplen para practicar la natación. En el caso de la navegación y el paisajismo la mayoría de los puntos cumplen con los criterios, a excepción de los ubicados entre L3 a L7, que sobrepasan los valores de 5000 y 10000 CF/100 mL, respectivamente.

#### **4.4.2 Acuicultura**

Los resultados indican que los puntos T1 a T6, C1 y B1 no sobrepasan el valor de 1000 CF/100 mL del criterio para ser usada en piscicultura; por su parte, solamente el punto T1 cumple con la recomendación para el cultivo de camarón, para lo cual no se deben sobrepasar los 100 CF/100 mL, mientras que ningún punto presenta resultados inferiores a 4 CF/100 mL, valor que permite el cultivo de almeja.

#### **4.4.3 Irrigación**

Comprende actividades como el riego de todo tipo de zonas verdes y aspersión de cualquier cultivo comestible crudo, cuyos criterios indican que no debe sobrepasar los 100 CF/100 mL; en estos usos, solamente el punto T1 cumple con el valor establecido. En cuanto a la silvicultura y áreas donde el acceso al público es prohibido, el riego de cultivos que reciben tratamiento físico químico antes de venderlo al consumidor y el riego de pastos para ganado y semillas, cumplen con el criterio de  $\leq 1000$  CF/100 mL los puntos del T1 al T6, el C1 y el B1.

#### **4.4.4 Potabilización**

Uno de los usos más importantes que se puede dar a las aguas de un cauce, en este caso las del RT, es la potabilización, para que pueda ser utilizada como fuente para consumo humano posteriormente a su tratamiento. En este aspecto, el agua es considerada excelente cuando presenta valores inferiores a 20 CF/100 mL, 20 de color y 10 de turbiedad. Los resultados nos muestran que ninguno de los puntos evaluados cumple con el criterio microbiológico y solamente el T1 y T2 cumplen con ambas variables físicas.

Por su parte, el agua se cataloga como buena cuando presenta resultados de entre 20 y 1500 CF/100 mL, 20 a 150 de color y 10 a 250 de turbiedad. Se determinó que todos los puntos cumplen con los valores de color y turbiedad, pero solamente los ubicados entre T1 a T7, el L1, C1 y B1 cumplen con el criterio de CF/100 mL.

La tercera clasificación nos indica que el agua se considera regular si cumple con los valores de 1501 a 6000 CF/100 mL, 151 a 200 de color y 251 a 500 de turbiedad. Al igual que la clasificación anterior y como resulta lógico, todos los datos de color y turbiedad cumplen con el criterio y solo el punto L2 se ubica entre los parámetros de CF establecidos por el criterio.

Por último, el agua es mala para potabilizar cuando los valores sobrepasan los 6000 CF/100 mL, 200 de color y 500 de turbiedad. Al igual que las dos clasificaciones anteriores, el color y la turbiedad de todos los puntos está por debajo del criterio; sin embargo, los puntos del L3 al L7 sobrepasan el criterio establecido para CF/100 mL.

En general podemos concluir que las aguas de los ríos Tempisque, Cañas y Bebedero se catalogan como buenas para la potabilización, no así las del río Liberia pues la mayoría de sus puntos de muestreo se ubican dentro de la clasificación de agua mala para potabilizar.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El análisis de los resultados obtenidos nos permite hacer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

### **5.1 Conclusiones**

- ✓ La CRT cuenta con una extensión territorial de 5460 km<sup>2</sup>, lo que representa el 54% de la provincia de Guanacaste y un 10% del territorio nacional, convirtiéndola en el sistema hidrológico más grande del país.
- ✓ El promedio anual de precipitación lluviosa es de 1701.4 mm, de la cual el 95% ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el resto entre diciembre y abril. La fluctuación media por mes de temperatura oscila entre 24.6 y 30°C y es ventilada tanto por vientos caribeños, procedentes del este y noreste, como de la zona pacífica que provienen del oeste y suroeste y que son portadores de abundante nubosidad que provoca lluvias. Por otra parte, la evapotranspiración potencial en toda la cuenca supera los 1800 mm al año.
- ✓ Los valores promedio de los puntos evaluados indican una alta contaminación fecal en los puntos ubicados a lo largo del río Liberia, el cual desemboca posteriormente en el río Tempisque impactando en alguna medida la calidad microbiológica de los puntos

ubicados después de la desembocadura, y que se evidencia aún más con el aporte de altos valores de color y turbiedad. Esta situación se puede relacionar con el paso del río por la ciudad de Liberia recogiendo descargas de aguas residuales y de la Laguna de Estabilización. La contaminación se hace más evidente cuando se observan los valores de los puntos anteriores a la desembocadura, que si bien es cierto presentan contaminación esta es considerablemente menor. Por su parte los ríos Cañas y Bebedero aportan algún grado de contaminación al final de la zona evaluada. Tanto para la totalidad del periodo evaluado como en las épocas seca y lluviosa por aparte, la situación presentada anteriormente es muy similar.

- ✓ Los resultados indican que solamente los puntos T1, T2, T5 y C1 cumplen con el criterio de CF/100 mL establecido para la práctica de la natación. Por su parte, la mayoría de los puntos cumplen con los valores para navegación y paisajismo, excepto los comprendidos entre L3 y L7 del río Liberia.
- ✓ Los cauces de los ríos Tampisque, Cañas y Bebedero cumplen con las condiciones de CF/100 mL para practicar la piscicultura, no así el río Liberia que presenta altos valores de contaminación fecal. Por su parte, solamente en el punto T1 se puede cultivar camarones y ninguno de los puntos evaluados tiene las características para el cultivo de almeja.
- ✓ En cuanto a la irrigación de zonas verde y hortalizas que se consumen crudas, únicamente el punto T1 cumple con las condiciones establecidas por el criterio de CF; para los demás tipos de riego cumplen los puntos T1 al T6, B1 y C1, mientras que las aguas del río Liberia no presentan características para ser utilizadas en este tipo de actividades.
- ✓ En cuanto al uso del agua de la CRT para potabilización, los resultados demuestran que todos los puntos del RT (T1 a T7) cumplen con los valores de CF, color y Turbiedad que permiten catalogar el agua como “BUENA”, al igual que los puntos C1, B1 y L1 ubicado antes del ingreso del río Liberia al centro de la ciudad. Por su parte, las aguas del punto L2 se catalogan como “REGULARES” y el resto se consideran “MALAS” pues sobrepasan los 6000 CF/100 mL establecidos por el criterio.

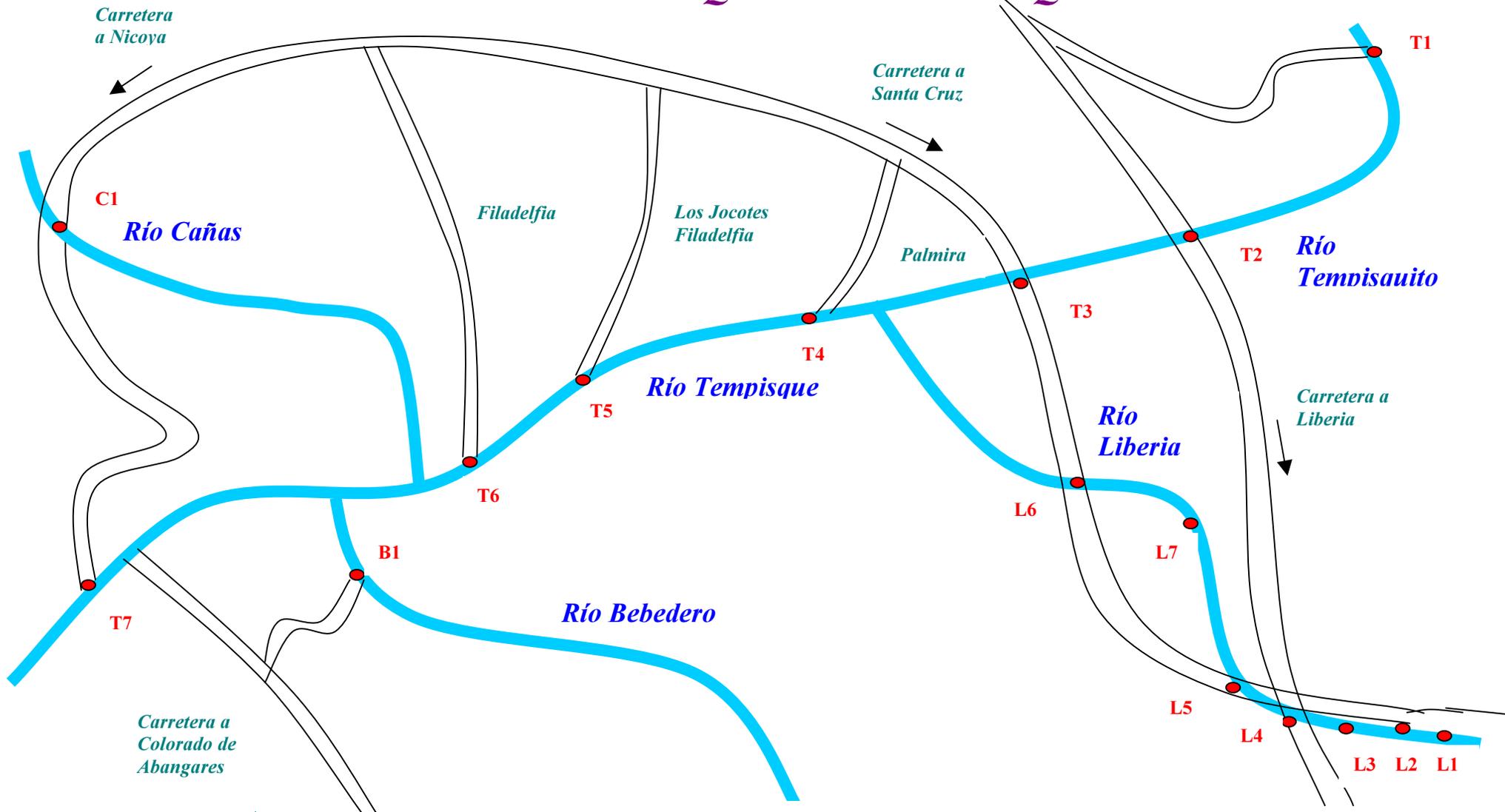
## **5.2 Recomendaciones**

- ✓ Considerar las aguas del RT como una potencial fuente de abastecimiento de agua para potabilización la cual, como resulta obvio, deberá ser sometida a tratamiento convencional y desinfección que reduzca los valores de CF, color y turbiedad.
- ✓ Aprovechar el cauce del RT en la explotación turística dedicada a la navegación y el paisajismo al igual que el desarrollo de actividades como la piscicultura y el riego, en cuyo caso el contacto del hombre con las áreas irrigadas no debe ser directo.
- ✓ Descartar las aguas del río Liberia para el uso en cualquiera de las actividades valoradas en este trabajo debido a la alta carga de contaminación fecal que presenta, principalmente después de que recibe las descargas de aguas residuales de la ciudad y de la Laguna de Estabilización de Liberia.
- ✓ Resulta indispensable realizar un estudio de diagnóstico para identificar las fuentes fijas de contaminación y el tipo de sustancias que aportan a las aguas, principalmente en el cauce del río Liberia, el cual presenta un mayor deterioro de la calidad de sus aguas y que afecta negativamente las características del río Tempisque.
- ✓ Realizar, como complemento a este estudio, una investigación enfocada a la contaminación por pesticidas, incluyendo otras sustancias químicas tóxicas como hidrocarburos, agroquímicos y fertilizantes.

## BIBLIOGRAFIA

1. Echeverría, A.; Echeverría, J.; Mata, A. *Plan de acción para la cuenca del río Tempisque. Antecedentes del estudio y resumen ejecutivo.* San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical, ASOTEM-MINAE. 1998. Pág. 1-33.
2. Ibid. Pág. 3.
3. Echeverría, J. Y colaboradores. *Plan de acción para la cuenca del río Tempisque, zonificación ambiental y plan de acción.* San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical. ASOTEM-MINAE. 1998. Pág. 5 y 18.
4. APHA, AWWA, WPCF. *Standard methods for examination of water and wastewater.* Washington. 20 edición. APHQ, 1999.
5. Mora, D. *Actualización de los criterios microbiológicos para evaluar las aguas en sus diferentes usos – Período 1998-Costa Rica.* San José, Costa Rica. Revista Costarricense de Salud Pública, año 7, número13, diciembre 1998.
6. Costa Rica. LA GACETA. *Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales.* San José, Costa Rica. La Gaceta N°117 del jueves 19 de junio de 1997. Pág. 2-6.
7. ASOTEM-MINAE. *Diagnóstico de la cuenca del río Tempisque: aspectos biofísicos.* San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical. 1998. Pág. 1-8.
8. Ibid. Pág. 1.
9. Ibid. Pág. 8.

# FIGURA 1. CROQUIS RIO TEMPISQUE



1  
2 PUNTOS DE MUESTREO

- T1:** Estación Maritza-Sector Orosi 500 m antes casa guardaparques.
- T2:** Bajo puente Potrerillos.
- T3:** Bajo puente de la carretera a Santa Cruz en Guardia.
- T4:** 100 m antes del ingenio CATSA.
- T5:** 100 m antes de tanque metálico en Jocote.
- T6:** La Guinea Filadelfia, 300 m después Ingenio El Viejo.
- T7:** Puerto Moreno-Nicoya paso del Ferry.
- C1:** Belén Carrillo, bajo puente de Río Cañas.

- B1:** Río Bebedero, 500 m antes desembocadura.
- L1:** Planta de tratamiento de agua potable.
- L2:** Urbanización Chorotega.
- L3:** Barrio Condega de Liberia.
- L4:** Entrada Liberia, bajo puente carretera Interamericana.
- L5:** Capulín de Liberia, bajo puente.
- L6:** Capulín Costado de Punto Rojo.
- L7:** Después de laguna de oxidación.



**FOTO 1**  
**Punto T-2: Bajo el**  
**punte Potrerillos**



**FOTO 2**  
**Punto T-3: Bajo puente**  
**de la carretera a Santa**  
**Cruz de Guardia**



**FOTO 3**  
**Punto T-4: ubicado**  
**100 m antes del**  
**Ingenio CATSA**



**FOTO 4**  
**Punto T-5: ubicado**  
**100 metros antes de**  
**tanque metálico en**  
**Jocote**



**FOTO 5**  
**Punto T-6: La**  
**Guinea Filadelfia,**  
**300 metros después**  
**Ingenio El Viejo**



**FOTO 6**  
**Punto T-7: Puerto**  
**Moreno, Nicoya,**  
**paso del Ferry**



**FOTO 7**  
**Punto L-1: planta  
de tratamiento de  
agua potable**



**FOTO 8**  
**Punto L-2: urbanización  
Chorotega**



**FOTO 9**  
**Punto L-3:Barrio  
Condega de Liberia**



**FOTO 10**  
**Punto L-4: entrada a**  
**Liberia, bajo puente**  
**carretera**



**FOTO 11**  
**Punto L-5: Capulín**  
**de Liberia, bajo el**  
**punte**



**FOTO 12**  
**Punto L-6: Capulín,**  
**costado de Punto**  
**Rojo**



**FOTO 13**  
**Punto L-7: después**  
**de laguna de**  
**ostabilización**



**FOTO 14**  
**Punto C-1: Belén,**  
**Carrillo, bajo**  
**nueve de río Cañas**



**FOTO 15**  
**Punto B-1: río**  
**Bebedero, 500 metros**  
**antes desembocadura**