

Universidad de Costa Rica
Vicerrectoria de Vida Estudiantil
Programa de Voluntariado

Trabajo de investigación

**DIAGNÓSTICO DE CONTAMINACIÓN DE AGUA EN LA
QUEBRADA CAMARONERA, PARQUE NACIONAL
MANUEL ANTONIO, AREA DE CONSERVACION
PACÍFICO CENTRAL, MINAET, COSTA RICA**

Elaborado por: Elizabeth Loaiza A53078

Bach. y Lic. en Salud Ambiental

San José, Noviembre, 2009

Loaiza, E. 2009. Contaminación de Agua en la Quebrada Camaronera, Parque Nacional Manuel Antonio, Area de Conservación Pacífico Central, MINAET, Costa Rica.

Proyecto para el Parque Nacional Manuel Antonio, Quepos, Costa Rica, en coordinación con el Programa de Voluntariado de la Universidad de Costa Rica.

RESUMEN:

La quebrada Camaronera en Manuel Antonio se considera un objeto de conservación y un valor natural para el Parque Nacional Manuel Antonio, encentrándose actualmente con un alto grado de amenaza. El objetivo de este estudio fue el de realizar un diagnóstico de la contaminación del agua en la quebrada al caracterizar los contaminantes y evaluar la calidad del agua por medio de la toma de muestras y su análisis de parámetros microbiológicos y biológicos. Para esto se utilizó la determinación de coliformes fecales/100 mL, y el parámetro biológico de DBO, con un muestreo en época seca y lluviosa. Los resultados indican que el sector de la quebrada mas afectado por contaminación es el tramo bajo, el cual fue el sitio de la toma de muestras. En todos los puntos estudiados existen cantidades muy elevadas de coliformes fecales y totales (1600/100 mL), demostrando así la alta contaminación por aguas negras proveniente de la zona domiciliar circundante. En cambio, los resultados de DBO demuestran a lo largo de la zona estudiada cantidades normales (2 mgO₂/l). Se determinó que la degradación y destrucción que afecta la quebrada son inducidas principalmente por el crecimiento urbano-turístico no planificado y el vertido de aguas servidas, aguas negras, y desechos sólidos.

Palabras claves: contaminación, agua, quebrada, aguas residuales, aguas negras, desechos líquidos, desechos sólidos, coliformes fecales, DBO, playa, crecimiento turístico.

Agradecimientos:

Al Programa de Voluntariado de la Universidad de Costa Rica (U.C.R) suscrito a la Vicerrectoría de Vida Estudiantil; a la MSc. Ligia Delgadillo, Coordinadora del Programa de Voluntariado, por el apoyo financiero y logístico; a todos los funcionarios del Parque Nacional Manuel Antonio, especialmente por la colaboración de Gerardo Varela y de Rolando Manfredi ambos funcionarios del Parque.

INDICE

CAPITULO I. INTRODUCCION.....	5
1.1 Justificación.....	5
1.2 Problema	6
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
CAPITULO II. DIAGNOSTICO GENERAL.....	10
2.1 Características Físicas.....	10
2.1.1 Ubicación.....	10
2.1.2 Geomorfología.....	11
2.1.3 Clima.....	11
2.1.4 Hidrogeología.....	11
2.2 Demografía y aspectos socioeconómicos.....	12
2.2.1 Actividades Económicas.....	12
2.3 Infraestructura Urbana.....	12
2.3.1 Vías de comunicación.....	12
2.3.2 Sistema de eliminación de aguas residuales.....	12
2.3.3 Servicio de recolección de desechos sólidos.....	13
2.3.4 Servicio de agua potable.....	13
CAPITULO III. MARCO TEORICO.....	14
3.1 Contaminación de agua por vertidos de desechos líquidos.....	14
3.1.1 Fuentes de contaminación.....	15
3.1.2 Tipo de contaminación.....	15
3.2 Criterios para calidad de agua.....	17
3.3 Limites de referencia para calidad de agua.....	20
3.4 Factores determinantes en el nivel de contaminación de agua.....	21
CAPITULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS... ..	20
4.1 Tipo de estudio	20
4.2 Metodología.....	20
4.2.1 Identificación de focos de contaminación.....	21
4.2.2 Análisis de calidad de agua.....	22
4.3 Operacionalización de variables.....	24
4.4 Procedimientos y técnicas de análisis.....	25
CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
5.1 Diagnostico de contaminación de la Quebrada Camaronera.....	25
5.1.1 Quebrada Camaronera parte alta.....	26
5.1.2 Quebrada Camaronera parte media.....	28
5.1.3 Quebrada Camaronera parte baja.....	28
5.2 Descripción y caracterización de los puntos de muestreo.....	28
5.3 Análisis de resultados de pruebas de calidad de agua.....	32
5.4 Fundamento Legal.....	35
CAPITULO VI. CONCLUSIONES.....	38
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES.....	40
CAPITULO VIII. LITERATURA CONSULTADA.....	41
CAPITULO IX. ANEXOS.....	44

CAPITULO I. INTRODUCCION

Justificación

Debido al creciente desarrollo industrial y el aumento de actividades humanas presentadas en la mayoría de los países subdesarrollados, se ha venido produciendo y aumentando diversas formas de contaminación ambiental. Como resultado, se ha visto un aumento en cantidad de descargas de desechos líquidos a distintos tipos de aguas superficiales, como lo son diversas cuencas, ríos y quebradas. Las principales cargas contaminantes ocasionadas se originan principalmente en el vertimiento de aguas residuales domésticas, vertidos industriales y agrícolas.

Con el aumento de las disposiciones inadecuadas de vertidos a los ríos o quebradas, se produce un deterioro de calidad de las agua (Milovanovic 2006). Las descargas en su mayoría no son previamente tratadas e incumplen con las estipulaciones de regulación de vertidos, incidiendo en el aumento de cargas de contaminantes, de materia orgánica (DBO y DOC), nutrientes (fosforo y nitrógeno), patógenos y metales pesados (Karaer y Kuçukballi 2006; Leclerc et al. 2002).

El aumento de la contaminación no solo perjudica la calidad del agua sino que también amenaza con la salud humana, el balance de sistemas ecológicos, el desarrollo económico y prosperidad social, constituyéndose en un freno para el desarrollo de la zona.

En Costa Rica al igual que muchos países en vía de desarrollo, existe el conocimiento de cuerpos de agua que sufren de contaminación, pero estos en su mayoría no se documentan debido a la carencia de herramientas básicas como lo son redes establecidas de monitoreo de la calidad del agua.

Por medio de este diagnostico se lograra la caracterización de la contaminación por desechos líquidos en la quebrada Camaronera en Manuel Antonio, el cual es de inmediata necesidad para poder sentar las bases de una eventual recuperación de los cuerpos de agua contaminados. Esto, junto con el fortalecimiento de la legislación y del apoyo institucional, contribuirá al desarrollo

de planes de manejo integrales ambientales para la protección de la calidad del agua.

Problema

Dentro de los grandes desafíos ambientales que enfrenta hoy nuestro país, está el de la inadecuada gestión de desechos líquidos. Estos desechos son considerados como las fuentes contaminantes principales de diversas cuencas en el país, que llegan a ser utilizados como vertederos colectivos.

Cerca del 20% de las aguas negras y un 80% de las aguas jabonosas, se están depositando en los cauces de los ríos sin tratamiento previo, de una manera desmedida, desorganizada y sin control. Se estima que únicamente los efluentes del 3% de la población provenientes de aguas residuales son tratados antes de su descarga y solamente el 5% del total de industrias localizadas dentro parque industrial cuentan con plantas para el tratamiento de sus desechos líquidos (PRIGA 2005). La baja cobertura de redes de alcantarillado sanitario en el país, es uno de los principales factores contribuyentes al problema de degradación de cuencas (Barrantes 2005).

Aproximadamente 200 acueductos del país se abastecen de fuentes superficiales, las cuales son vulnerables al incremento de contaminaciones causadas por la erosión y fuentes de contaminación puntuales y continuas (desechos líquidos industriales y domésticos; Barrantes 2005). Es por esto que muchos de los aspectos relacionados con la disposición inadecuada de desechos líquidos sin tratamiento conlleva a riesgos para salud humana y del ecosistema (Heller 2003, Kumar Karn et al. 2002, OPS 2004).

Estos vertidos, en distintas zonas incluyendo las costeras, son directamente responsables por la aparición de enfermedades endémicas asociadas a agentes patogénicos (Kocasoy 2008). Se ha estimado que muchas enfermedades de transmisión hídrica pueden ser prevenidas con el mejoramiento de la calidad del agua, prácticas sanitarias e higiénicas, estas en su mayoría son atribuibles a

necesidades básicas relacionadas con el saneamiento ambiental (Belcher 1978, Heller 2003,1998).

De igual manera los vertidos en los cuerpos de agua, vienen acompañados de cargas excesivas de nutrientes provocando la eutrofización de los cuerpos de agua (Smith et al. 1999). Esto se hace evidente sobre todo por el incremento de los niveles de nitratos en los acuíferos del Área Metropolitana y diversos sectores de Alajuela, Cartago y Guanacaste (Gámez 2003). También es posible que suceda una infiltración de las aguas vertidas al subsuelo, siendo este un riesgo significativo para la contaminación de acuíferos (Foster et al. 1994).

Junto con el deterioro de calidad del agua provocada por los vertidos sin tratamiento, se produce efectos negativos para todos los usos del agua, tales como: consumo humano, riego, turismo, recreación, paisaje y estética. Se pueden generar dificultades provocadas por crecientes costos de abastecimiento de agua potable al existir la necesidad de sustituir fuentes de agua que se han tornado inservibles por la contaminación.

El país presenta una inexistencia de políticas articuladas que regulan la disposición de desechos líquidos a nivel nacional. Tanto a nivel particular, como al interior de instituciones y empresas, no existen planes integrales para el manejo de los desechos líquidos. El manejo existente actual, sigue respondiendo en su mayoría a iniciativas personales o comunales, sin integrarse aún como una actividad propia del modelo de desarrollo nacional (Soto 2006).

Las zonas costeras del país se encuentran particularmente en riesgo de contaminación por el vertido de desechos líquidos a ríos y quebradas. Al igual que en otras regiones del país, las aguas superficiales dentro de la zona de Manuel Antonio se pueden considerar vulnerables a este tipo de contaminación. Muchas de estas cuencas hidrográficas abastecen importantes centros de población de la región, de las cuales en su mayoría son comunidades con complejas problemáticas socioeconómicas dificultando a su vez el manejo adecuado de los desechos y su adecuada disposición.

La quebrada Camaronera es una quebrada aledaña al parque Nacional Manuel Antonio en el sector de Playa Rey, en la que es vertida una gran cantidad de desechos líquidos. Las cantidades de desechos líquidos vertidos han ido aumentando significativamente a causa del gran crecimiento económico presentado en la zona. La mayoría del trayecto de la quebrada se encuentra en los alrededores del parque nacional, es hasta en los últimos 150 mts antes de desembocar al mar que la quebrada entra en territorio del Parque Manuel Antonio. Aquí la quebrada pasa por la entrada principal del parque, que es obviamente una zona de gran interés por la cantidad de turistas que para ingresar al parque tienen que atravesar la quebrada caminando o en bote. Igualmente dentro del parque esta agua inunda una importante área de manglar, y parte de esta también alcanza a irrigar un lago localizado en el centro del parque, pudiendo perturbar su equilibrio ecológico. La salud de la quebrada es de vital importancia considerando la cantidad de turistas que visitan el parque, principalmente por el contacto directo que estos podrían tener con esta agua. La salud de varios ecosistemas naturales propios del parque también se encuentra en riesgo de ser afectado negativamente.

Evidentemente existe la urgencia de estudiar y analizar el problema de los vertidos de desechos, tomar acciones concretas para contrarrestar la contaminación del agua, pero sobre todo para ofrecer posibilidades de desarrollo sostenible a los habitantes de la zona afectada.

Pregunta de investigación:

¿Cuáles y como son las características presentadas por contaminación de vertidos de desechos líquidos en la región de estudio de la quebrada Camaronero en Manuel Antonio y como se refleja esta contaminación en la calidad del agua de la misma?

Objetivos

Objetivo general:

- Realizar un diagnóstico general sobre la situación de contaminación del agua en la quebrada Camaronera en Manuel Antonio.

Objetivos específicos:

- Identificar y caracterizar el tipo de contaminación presente en la quebrada Camaronera.
- Evaluar la calidad del agua superficial de la quebrada por medio de la toma de muestras y su análisis de parámetros microbiológicos y biológicos.
- Aportar recomendaciones viables a la comunidad involucrada y a los distintos entes responsables dentro de la misma, sobre prácticas sanitarias adecuadas para la minimización de la contaminación presente.

CAPITULO II. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION

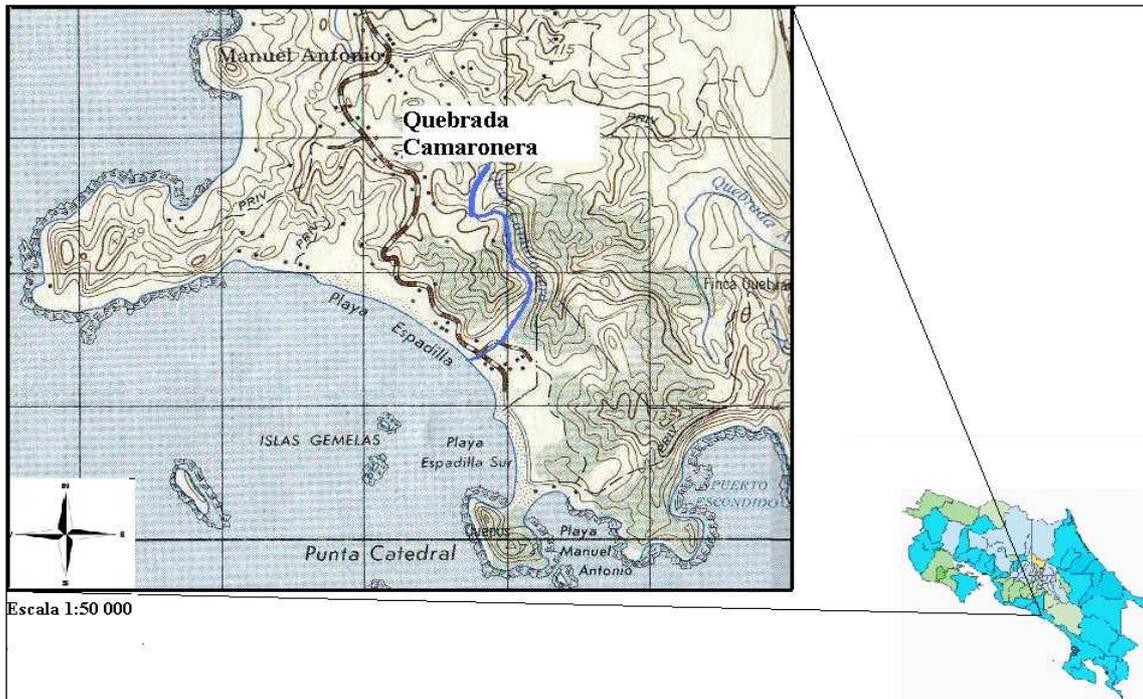
2.1 Características Físicas

2.1.1 Ubicación

La quebrada Camaronera se encuentra en la región Pacífico Central de la provincia de Puntarenas, Cantón de Aguirre. Se ubica entre las Coordenadas LAMBERT 373-371 norte-sur, y las 446-448 este-oeste de la hoja cartográfica 3344 II, Quepos, Escala 1:50000 del Instituto Geográfico Nacional (Figura. 1).

La quebrada Camaronera nace en las cercanías de la parte alta del poblado de Manuel Antonio, pasa por caseríos, justamente algunas de las concentraciones que forman este poblado, bordea distintos hoteles y, finalmente, desemboca en un pequeño estero en el límite oeste del parque, conocido como Playa Espadilla Norte. Los últimos 200m del recorrido de la quebrada, antes de desembocar al mar, son transcurridos dentro de territorio del Parque Nacional Manuel Antonio (PNMA).

Figura. 1. Ubicación geográfica de la quebrada Camaronera



2.1.2 Geomorfología

Los terrenos de Manuel Antonio contienen tres formas geomorfológicas: El área montañosa, la zona marítima y la llanura costanera aluvial. En la desembocadura de la quebrada Camaronera hasta el noreste de Playa Blanca parte del PNMA, con una longitud aproximada de 1.5 Km. y un ancho promedio de 300 m, se encuentra una unidad en donde se ubican un manglar y un humedal palustrino.

2.1.3 *Clima*

El clima en la zona de Manuel Antonio es considerado húmedo, muy caliente, con lluvias durante todo el año y con una época seca que varía de 2 a 5 meses entre diciembre y abril. Los meses de mayor precipitación son Octubre y Noviembre. Presenta un promedio anual de precipitación de 3,800 mm (). Igualmente es considerada como calurosa, con temperaturas promedio entre los 25 °C y los 27.5 °C y una humedad promedio anual de un 85%. La temporada de verano puede variar de 2 a 5 meses entre Diciembre y Abril. El valor promedio anual del viento es de 4.6 km/h medido a 6 m de altura sobre el suelo.

2.1.4 Hidrogeología

La zona de Manuel Antonio se localiza sobre acuíferos en rocas sedimentarias calcáreas de permeabilidad baja y acuíferos continuos. Las aguas subterráneas o acuíferos provienen de la percolación de las aguas de lluvia. La quebrada Camaronera y otras nacientes en la zona son acuíferos que afloran por toda la zona.

La topografía quebrada y la fuerte precipitación forman canales naturales que se pueden observar en toda la zona. Los ríos Naranja y Savegre, que atraviesan el Parque, nacen en la cordillera de Talamanca, a más de 3.000 m de altitud y recorren precipitadamente las decenas de kilómetros que los separan de

la llanura, en donde depositan sus importantes cargas. La capacidad fluvial de ambos ríos se ve favorecida por las frecuentes crecidas, así como por las pendientes acusadas (Bergoeing 1998).

2.2 Demografía y aspectos socioeconómicos

2.2.1 Actividades Económicas

Las actividades más importantes que se presentan en la zona son el turismo, la agricultura y la ganadería. El comercio y servicio se encuentran principalmente en el pueblo de Manuel Antonio, se encuentran hoteles, restaurantes, bares e instituciones públicas y bancarias. En la zona costera se presenta el desarrollo turístico y al noreste se desarrolla la agricultura y ganadería. Otro sector de la población se dedica a la pesca artesanal.

2.3 Infraestructura Urbana

2.3.1 Vías de comunicación

La principal vía de acceso a la zona de Manuel Antonio es por la carretera costanera. El recorrido desde San José es de aproximadamente 170 km, pasando por Orotina, Jaco, Quepos hasta llegar a Manuel Antonio. Del centro de Quepos a Manuel Antonio hay una única carretera de aproximadamente 7 km hasta la entrada al PNMA.

2.3.2 Sistema de eliminación de aguas residuales

La zona de Manuel Antonino no cuenta con un alcantarillado sanitario para la recolección y disposición de las aguas residuales. La población utiliza sistemas de eliminación individuales como los sistemas de tanque séptico, drenajes, descargas directas al estero y a las quebradas que llegan a este. Con esto se aclara que no existe ningún tratamiento alguno de las aguas residuales previo a su disposición. En la actualidad solo existe un hotel de Manuel Antonio que tiene lagunas de oxigenación, de manera que el agua ya utilizada recibe un tratamiento previo que le permite ser usada nuevamente, en este caso en los sistemas de riego de zonas verdes y jardines.

Es por esta razón que las aguas residuales constituyen uno de los problemas de mayor importancia en la zona de Manuel Antonio.

2.3.3 Servicio de recolección de desechos sólidos

El servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos lo presta ASOPROQUEPOS, empresa privada que dispone de los desechos en un relleno ubicado en las afueras de la ciudad de Quepos. Este servicio es dado a toda la comunidad de del Cantón de Aguirre. Un estudio realizado en 1993 por ASOPROQUEPOS revela que alrededor de un 40% de la basura que se producía en Quepos-Manuel Antonio se originaba en el sector turístico. La cantidad de basura producida por el turismo es casi igual a la de todo el sector residencial. Una característica distintiva entre la basura producida por el turismo es su composición, esta es menos “orgánica” que la del sector residencial. Mientras en el sector turístico, un 56,6% de los desechos son orgánicos, en el sector residencial este representan un 70,1% del total de desechos producidos en ese sector. El mayor productor de basura no orgánica, plásticos, vidrios y aluminio es el sector turístico, este produciendo muchas veces más basura que un habitante local.

2.3.4 Servicio de agua potable

El AyA provee el sector de Quepos y Manuel Antonio con agua potable producida partir de la explotación de dos fuentes subterráneas, a estas se les aplica un tratamiento preventivo de cloración cada seis días. Se cuenta con dos bombas, una produce 24 litros por segundo, y la otra 14 litros por segundo la cuales son depositadas en tres tanques de las cuales las bombas se mantienen trabajando permanentemente y se mantienen en su máxima capacidad. Por el momento no se presentan problemas de abastecimiento de agua en esta zona. Durante la estación seca sólo se nota una pequeña disminución de la cantidad de agua.

CAPITULO III. MARCO TEORICO

3.1 Contaminación de agua por vertidos de desechos líquidos.

La contaminación del agua causada por las actividades del hombre es un fenómeno ambiental de importancia, se inicia desde los primeros intentos de industrialización, para transformarse en un problema generalizado, a partir de la revolución industrial, iniciada a comienzos del siglo XIX.

Los procesos de producción industrial iniciados en esta época requieren la utilización de grandes volúmenes de agua para la transformación de materias primas, siendo los efluentes de dichos procesos productivos, vertidos en los cauces naturales de agua (ríos, lagos) con desechos contaminantes.

Desde entonces, esta situación se ha repetido en todos los países que han desarrollado la industrialización, y aún cuando la tecnología ha logrado reducir de alguna forma el volumen y tipo de contaminantes vertidos a los cauces naturales de agua, esto no ha ocurrido ni en la forma ni en la cantidad necesarias para que el problema de contaminación de las aguas esté resuelto.

La contaminación del agua se produce a través de la introducción directa o indirecta en los cauces o acuíferos de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas. Esta contaminación es causante de daños en los organismos vivos del medio acuático y representa, además, un peligro para la salud de las personas y de los animales.

Existen dos formas a través de las cuales se puede contaminar el agua. Una de ellas es por medio de contaminantes naturales, por ejemplo, sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, tales como arsénico, cadmio, bacterias, arcillas, materias orgánicas, etc. Otra forma es a través de los contaminantes generados por el hombre o de origen humano, y son producto de los desechos líquidos y sólidos que se vierten directa o indirectamente en el agua. Por ejemplo, las sustancias de sumideros sanitarios, sustancias provenientes de desechos industriales y las sustancias empleadas en el combate de plagas agrícolas y/o vectores de enfermedades.

El modo de atacar el problema de los residuos depende de si los contaminantes demandan oxígeno, favorecen el crecimiento de algas, son infecciosos o simplemente de aspecto desagradable. La contaminación de nuestros recursos hidráulicos puede ser consecuencia directa del desagüe de aguas negras o de descargas industriales (fuentes puntuales), o indirecta de la contaminación del aire o de desagües agrícolas o urbanos (fuentes no puntuales, Henry y Heinke, 1999).

3.1.1 Fuentes de contaminación

Las categorías de contaminación que impactan a los recursos hídricos se derivan de fuentes puntuales y no puntuales. Estas afectan y alteran las características naturales de los recursos hídricos, ocasionalmente por actividades naturales, pero en su mayoría el mayor de los impactos es de carácter antropogénico. Se pueden clasificar en cuatro grupos principales: naturales, agrícolas, urbanas o domiciliarias e industriales (Henry y Heinke, 1999).

- Fuentes naturales: se originan por arrastres de materia orgánica, los escurrimientos de aguas pluviales, productos inorgánicos producidos por la erosión del suelo y sustancias minerales. Todas las anteriores son aportadas por los mismos ecosistemas y en su mayoría son biodegradables.
- Fuentes agrícolas: el origen de esta es por residuos animales y por el uso de plaguicidas y fertilizantes. Estos son llevados a los ríos o cuerpos de agua principalmente gracias a la escorrentía superficial ocurrida desde las explotaciones agrícolas o agropecuarias. Estas aguas llevadas a los ríos, aportan grandes cantidades de nutrientes (nitratos, y fosfatos), restos de sales inorgánicas y minerales ().

- Fuentes urbanas o domiciliarias: debido al incremento de la población en áreas urbanas, se ha dado un aumento en la producción de aguas residuales, que en su mayoría son descargadas en los cauces de los ríos. Estas aguas incluyen tanto

aguas negras domesticas como las aguas residuales municipales. En muchas áreas urbanas dentro de los países desarrollados no existen sistemas de alcantarillados adecuados o suficientes para la recolección de las aguas.

- Fuentes industriales: las aguas residuales provenientes de industrias incluyen los residuos sanitarios de empleados tanto los residuos derivados de manufactura, y de procesos. La propiedad físico-química depende del tipo de industria y del proceso al que se dedique. Estas puede contener materia orgánica, nutrientes, metales pesados, sustancias inorgánicas, grasas y aceites. En los países subdesarrollados, la mayoría de las industrias vierten estas aguas directamente a las aguas receptoras sin que llevan un tratamiento previo.

3.1.2 Tipo de contaminante

El agua se contamina por la descarga de aguas residuales que pueden transportar diferentes tipos de sustancias contaminantes. Estas se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Agentes biológicos: Este tipo de contaminación se relaciona con la presencia de microorganismos patógenos principalmente de heces humanas y animales. Estos son comunes encontrárselos en los recursos hídricos superficiales, y sub superficiales. Es importante conocer el tipo, número y desarrollo de las bacterias en el agua para prevenir o impedir enfermedades de origen hídrico. Es difícil detectar en una muestra organismos patógenos como bacterias, protozoarios y virus debido a sus bajas concentraciones. Por esta razón, es que se utiliza el grupo de coliformes, como indicador de la presencia de microorganismos. Las bacterias dentro del grupo de coliformes fecales son uno de los parámetros usados para definir las clases del uso de agua en el país. (OPS, 1999).
- Sustancias orgánicas: Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno,

y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en agua, o la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

- Sustancias inorgánicas: En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. La mayor parte de estas sustancias son sales inorgánicas (cloruros, sulfatos, silicatos y óxidos metálicos). Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- Sustancias radioactivas: estas sustancias provienen de residuos de ciertas industrias, centros de investigación y hospitales que manipulan y utilizan este tipo de compuesto.
- Otros contaminantes: en este grupo se pueden mencionar el color, espuma y calor que pueden causar problemas. El color y espuma limitan la penetración de la luz y pueden reducir los niveles de OD, alterando así el equilibrio ecológico natural del agua. El calor también está relacionado con la utilización del oxígeno porque a una temperatura más alta el crecimiento de la vida acuática es más rápido y la descomposición se acelera.

3.2 Criterios para la calidad de agua

Dentro de los parámetros de calidad de agua se encuentran una serie de variables que se consideran relevantes para la determinación de la calidad del agua.

Oxígeno disuelto (OD): es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad. Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el

oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos (Mitchell et al, 1991).

Demanda biológica de oxígeno (DBO): es la medida del oxígeno requerida para la estabilización de la materia orgánica. Entre mayor sea la carga orgánica de un cuerpo de agua, mayor será la necesidad de oxígeno para su descomposición, por lo que se da una reducción de la cantidad de oxígeno disuelto. Esto a su vez perjudica la vida acuática y otros usos del agua (Mitchell et al, 1991).

Demanda bioquímica de oxígeno (DQO): indica la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los desechos líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Esta es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitritos, amoníaco, sulfuro y cloruros (Mitchell et al, 1991).

Concentraciones de iones hidrógeno o pH: concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si está actuando como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua. La medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales (Mitchell et al, 1991).

Turbidez: estima los sólidos en suspensión. Se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua es menor la penetración de la luz solar en la columna de agua (Mitchell et al, 1991).

Sólidos totales disueltos: es un indicador de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos. Es la cantidad de residuos restante después que ocurre la evaporación del agua. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía (Mitchell et al, 1991).

Temperatura: es un requisito para el pH y la conductividad. Una medición útil para interpretar los rangos de solubilidad de los parámetros químicos. La temperatura es muy importante porque influye con las tasas de actividad química y biológica. Afecta la tasa de transferencia de oxígeno y el valor del oxígeno saturado, ya que al incrementar la temperatura la solubilidad del oxígeno disuelto disminuye. Un aumento en la temperatura puede producir malos olores debido a un aumento en la transferencia de gases. Aumenta la reproducción de ciertas especies vegetales y animales, acelera los procesos metabólicos y puede llegar a cambiar las especies de un río debido a intolerancia al cambio de la temperatura (Mitchell et al, 1991).

Nitrógeno: el nitrógeno en forma de nitrato y nitrito son los compuestos que llegan al agua mediante precipitación, escorrentía y por efluentes de industrias alimenticias, aguas residuales domesticas y agrícolas. Las fuentes de nitratos se obtiene de aguas de desecho con un mal tratamiento de drenaje, corrientes que desaguan aguas de tormenta conteniendo conexiones ilegales de drenaje sanitarias, y sistemas sépticos en mal funcionamiento (Mitchell et al, 1991).

Coliformes fecales y totales: las fecales son las bacterias que se encuentran presentes comúnmente en las aguas negras, provenientes de las excretas de los animales de sangre caliente incluyendo a los humanos. Este parámetro sirve para determinar cuando el agua está contaminada con materia fecal.

Los coliformes totales frecuentemente se encuentran dentro de los desechos vegetales, o en el suelo o en las aguas superficiales, por lo que no son bacterias exclusivamente fecales (Mitchell et al, 1991).

3.3 Limites de referencia para calidad de agua

A continuación en las tablas 1, 2 y 3 se describen los distintos límites de coliformes fecales según el uso al que se le dé al agua.

Tabla 1. Criterios de Aguas Crudas para Potabilización

Indicador	Unidad	Calidad			
		Excelente	Buena	Regular	Mala
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<20	20-1500	1501-6000	>6000

Fuente: Mora, 1998

Tabla 2. Criterios Microbiológicos para Aguas Dulces Utilizadas para Recreación

Indicador	Contacto primario (natación)	Contacto secundario (navegación)	Contacto terciario (paisaje)
Coliformes fecales (NMP/100ml)	500	5000	10000

Fuente: Mora, 1998

Tabla 3. Criterios Microbiológicos para Irrigación de Cultivos Agrícolas

Tipo de cultivo	Promedio de coliformes fecales/100 ml
1. Riego de todo tipo de zonas verdes	100
2. Silvicultura y aguas donde el acceso al público es Prohibido	<=1000
3. Aspersión cualquier cultivo comestible crudo	100
4. Riego de cultivos con tratamiento físico-químico antes de Vender al consumidor (melones)	<=1000
5. Riego de pastos para ganado y semillas	<=1000

Fuente: Mora, 1998

3.1 Factores determinantes en el nivel de contaminación de agua

3.1.1 Influencia Climática

Influencia por factores naturales como el clima, especialmente caudales y el régimen de lluvia. Las características de estos varían con la época del año y es distinto según la zona climática. Se da una contaminación del agua en las épocas lluviosas por aumento de caudal en los ríos, lo que permite que el agua tenga mayor oxigenación por alta turbulencia. En época seca sucede al revés. Durante época lluviosa hay fuertes lluvias que contaminan el agua por arrastre de materia orgánica y tóxica por uso de agroquímicos desde aéreas cultivadas hasta ríos. Erosión de los suelos aumenta la turbidez.

CAPITULO IV. MARCO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio

El presente estudio es de carácter descriptivo. Tendrá algunos componentes analíticos donde se realizarán análisis puntuales de calidad del agua.

4.2 Metodología

Para cumplir con los mencionados objetivos se realizarán las siguientes etapas:

4.2.1 Identificación de focos de contaminación

El objetivo de este fue de analizar el paisaje físico y cultural de la zona de estudio, el cual se realizó utilizando material auxiliar como mapas y fotografías aéreas de la zona. Se utilizaron los mapas cartográficos elaborados por el Instituto Geográfico Nacional a escala 1:50.000 (Quepos # 3444 II).

En el trabajo de campo se recorrió toda el área de estudio, empezando desde el punto de nacimiento de la quebrada hasta su desembocadura a la playa Espadilla Sur en el océano pacífico. Con la ayuda de un sistema de ge

posicionamiento satelital (GPS, siglas en inglés) se tomaron puntos dentro de las coordenadas geográficas para el posicionamiento de la trayectoria recorrida por la quebrada Camaronera. El objetivo de este reconocimiento fue para detectar los focos de contaminación puntuales y no puntuales presentes sobre la quebrada los cuales también fueron georeferenciados.

Para localizar las fuentes de contaminación puntuales se realizaron, recorridos por toda la cuenca, identificando la presencia de desechos sólidos y de descargas de desechos líquidos. Se investigó en el campo sobre el uso del suelo, tipos de cultivos, prácticas agrícolas recurriendo a la observación y a entrevistas informales con personas locales. Uno de estos fue don Edwin Ramírez, cuidandero de una finca en la zona alta de la quebrada Camaronera, el cual proveyó información valiosa sobre la localización y trayectoria de la quebrada así como las actividades humanas localizadas en los alrededores de estas.

4.2.2 Análisis de calidad del agua

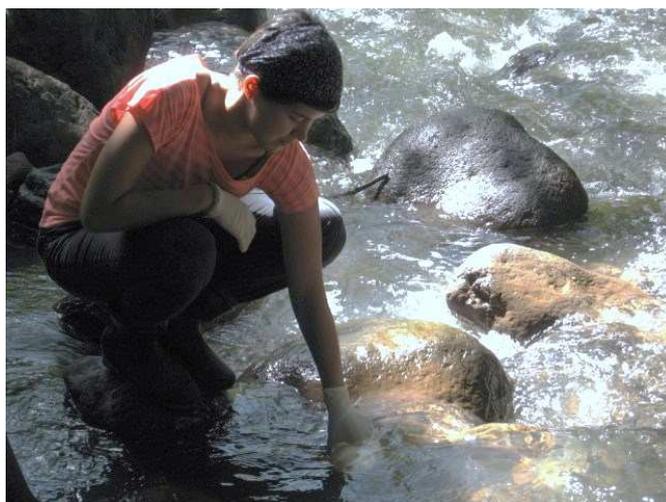
El propósito de esta fase fue conocer con mayor detalle el estado actual de la calidad del agua de la quebrada Camaronera, mediante la recolección de muestras de agua superficial en diferentes sitios, para sus posteriores análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Se tomaron 4 muestras de agua en distintas estaciones de muestreo ubicadas para la quebrada, considerando su representatividad y recursos financieros disponibles. La ubicación de estos sitios de muestreo fueron seleccionados tras localizar los focos principales de contaminación presentes en la quebrada. Se recorrió el cauce principal y algunas tributarias de la quebrada para identificar los sitios exactos donde son descargados los desechos líquidos. De esta forma se ubicaron los sitios precisos a muestrear. El objetivo fue que estos cubrieran los sectores en donde se reciben mayores cargas de contaminación, para así estimar apropiadamente el deterioro de la calidad del agua.

Los 4 sitios de muestreo a lo largo del cauce principal fueron muestreados dos veces al año, uno en la época seca y otra en la lluviosa. Esto permitiendo

observar la posible variabilidad en cantidades de contaminación debido a los cambios de régimen hidrológico y debido a la carga de turistas presentes en las temporadas alta y baja, las cuales coinciden con la época seca y lluviosa.

Las muestras de agua recolectadas para los análisis microbiológicos se depositaron en botellas de plástico utilizadas por la farmacias para muestras de orina. Para las muestras de agua en el cual se efectuó el análisis biológico se utilizaron botellas plásticas de polietileno de 1 litro de capacidad. Para su recolecta se procedió a introducir los recipientes contra corriente, a una distancia tal que permitiera sumergirlos a 30 cm de la superficie (Figura 2). Fueron almacenadas y conservadas en hieleras para evitar o minimizar cualquier alteración a las propiedades de la muestra y trasportadas al laboratorio para su análisis en las 24 horas siguientes a la recolección.



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 2. Toma de muestras de agua para análisis biológico y microbiológico.

Los parámetros medidos fueron DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y coliformes totales y fecales por cada 100 mililitros de muestra (CF/100 mL). Para la detección de bacterias coliformes la técnica usada fue la de N.M.P (Número Más Probable), por medio de tubos múltiples y fueron analizadas en el Laboratorio de Microbiología de Aguas de la Universidad de Costa Rica. En el caso del DBO se utilizó el método del periodo de incubación por cinco días a una temperatura de

20 °C, el cual fue llevado al Centro de Investigación de Contaminación Atmosférica (CICA) de la Universidad de Costa Rica (UCR), para su análisis.

4.3 Operacionalización de variables

A continuación en la tabla 1 se muestran las variables e indicadores a medir para la problemática en estudio.

Tabla 4. Operacionalización de variables.

<u>Objetivos</u>	<u>Variables</u>	<u>Indicadores</u>	<u>Unidades observadas</u>	<u>Métodos para recopilar Información</u>
1. Caracterizar el tipo de desechos líquidos vertidos en la quebrada Camaronera a partir de su fuente.	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de desarrollo económico presente en el área. Efluentes de vertidos 	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de industrias, asentamientos humanos, actividad agrícola, servicios. Estado técnico de la red de transporte. Sistema de depuración o tratamiento de aguas. 	<ul style="list-style-type: none"> Actividades productoras de vertidos. Red de transporte de vertidos. Plantas de tratamiento del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Visitas de campo Entrevistas
1. Analizar la calidad del agua superficial de la quebrada Camaronera.	<ul style="list-style-type: none"> Características físico-químicas y microbiológicas del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Indicadores de contaminación (DBO, Coliformes fecales y totales) 	<ul style="list-style-type: none"> Cuerpo de agua, muestras recolectadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas físicas-químicas y microbiológicas del agua.

Fuente: elaboración propia, 2008

4.3 Procedimientos y técnicas de análisis

El diagnóstico de la contaminación presente y la descripción de los puntos de muestreo en los ríos analizados se realizó utilizando un protocolo de campo de muestra utilizado en los reportes de calidad de agua superficial, contemplado en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficial (2007), permitiendo así tomar en cuenta puntos específicos que describían y caracterizaba las condiciones próximas al río. Para fines de este estudio, el protocolo utilizado se modificó con respecto a la versión original (Anexo 1).

CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Diagnóstico de contaminación de la quebrada Camaronera

La contaminación de la quebrada Camaronera en su mayoría es por el vertido de aguas residuales y por la disposición de desechos sólidos presentes a lo largo de la quebrada. La disposición de los desechos sólidos se presenta en grandes cantidades y se presencia en la mayoría del recorrido total de la quebrada, desde su parte alta hasta su desembocadura al mar (Figura 6). Estos en su mayoría son de tipo residencial, originados por la actividad en las casas, apartamentos, hoteles y también en oficinas e instituciones de la zona. La cantidad y características de estos desechos están en función de factores como los hábitos de consumo, el nivel económico de la población, la ubicación geográfica, y la época del año. Muchos de estos desechos fueron encontrados en sacos grandes, los cuales con el tiempo llegan a romperse y a dispersar todo su contenido. Dentro de estos se encontraron desechos orgánicos como cáscaras, semillas, componentes de las plantas y de origen animal, como huesos, partes de animales. Desechos no tradicionales o inorgánicos, como metales, láminas de zinc, latas de aluminio, muebles y piezas de automóviles, baterías. Desechos tradicionales como, plásticos, envases, latas, vidrio, estereofon, envolturas para productos alimenticios y refrescos, juguetes, artículos para el hogar, ropa, zapatos,

colchones. Material inerte como escombros de construcción, blocks, ladrillos, cemento, entre otros.



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 3. Desechos sólidos encontrados en grandes cantidades a la orilla de la mayoría del recorrido de la quebrada.

La quebrada se delimita en zona alta, media y baja para un acordamiento más preciso y localizado. De esta manera las características de la contaminación presente serán analizadas según su ubicación en la quebrada.

5.1.1 Quebrada Camaronera parte alta

La quebrada en su parte alta es regada por varias tributarias, adicionando posibles contaminantes al cauce principal. Existe una tributaria que proviene de la zona en donde se localiza un precario, la cual no se pudo recorrer por su difícil

acceso, pero posiblemente se encuentren vertidos de aguas residuales domésticas producto de la posible mala disposición de sus aguas residuales. Aun así la mayoría del agua de estas tiene aspecto limpio y no provienen de zonas con desarrollo de actividad humana. El cauce principal igualmente tiene aspecto limpio y no presenta evidencia de contaminación por vertidos líquidos (Figura 3).



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 4. El cauce principal de las partes altas de la quebrada con un aspecto generalmente limpio.

En la ribera de la quebrada se encuentran arboles y vegetación propios de un bosque de tipo secundario. El uso del suelo en las tierras circundantes a la quebrada es destinado en su mayoría a la ganadería, estando la tierra en pastizales. En esta parte alta de la quebrada se encuentra contaminada por desechos sólidos. Aquí se encuentran todos los tipos de desechos descritos anteriormente. Es posible que estos desechos provengan del asentamiento humano o precario encontrado en la zona.

5.1.2 Quebrada Camaronera parte media:

Al igual que en la parte alta, esta parte media de la quebrada se encuentra contaminada por desechos sólidos. Aquí se encuentran todos los tipos de desechos descritos anteriormente. No se encuentra evidencia de ocupación por hoteles, restaurantes y residenciales en las orillas de la quebrada.

5.1.3 Quebrada Camaronera parte baja:

La zona en esta parte baja de la quebrada Camaronera, por tratarse de un zona turística, se encontró que la mayor parte del terreno está ocupada por hoteles, restaurantes y residenciales. Por este uso del suelo en la zona, la principal causa de contaminación es proveniente de fuente residencial. Uno de los problemas más palpables es la construcción de viviendas y hoteles a la orilla de la quebrada, situación que incrementa la contaminación de la quebrada. Esta parte de la quebrada se encuentra contaminada por desechos sólidos. Aquí se encuentran todos los tipos de desechos descritos anteriormente en las otras partes de la quebrada. En este sector bajo de la quebrada se realizaron las muestras para la determinación de la calidad de agua de la quebrada.

5.2 Descripción y características de los puntos de muestreo

La descripción y ubicación de los 4 puntos de muestreo se presentan a continuación:

- Punto # 1: este se ubica en la parte baja de la quebrada Camaronera, aproximadamente a unos 200 m de la desembocadura a la playa Espadilla Sur. Es en este sitio donde empieza el desarrollo urbanístico y de construcciones en las orilla de la quebrada, siendo el desarrollo principalmente de tipo turístico. Se detectan varios tubos provenientes de viviendas vertiendo sus aguas a la quebrada (Figura 5).



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 5. Sitio de la primera muestra de agua en donde se encuentra el inicio del desarrollo urbanístico y de construcciones en la orilla de la quebrada.

- Punto # 2: a unos 150 m de la desembocadura se continúa con la presencia de construcciones a escasos metros de la orilla de la quebrada (Figura 6). Aquí se observaron aberturas en la tierra, tipo zanjas, con agua residual domestica escurriendo a la quebrada. Se presencio gran cantidad de desechos orgánicos en forma de hojas, espumas principalmente en donde se estancaba el agua.



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 36. Sector de la quebrada en donde inicia la presencia de construcciones a escasos metros del cauce.

- Punto # 3: se encuentra a unos 100 m de la desembocadura y en el punto en donde se localiza la el límite del PNMA. Este punto de muestreo y la continuación de la quebrada pertenecen a territorio del parque. Es en este punto donde visualmente se presencia mayor contaminación, presenciándose espumas y desechos sólidos. Se pudo observar la presencia de tubos grandes de aguas residuales de fuente domestica, vertiendo sus aguas directamente al cauce de la quebrada (Figura 7). En las zonas cercanas a estos tubos se percibía un olor desagradable a aguas jabonosas.



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 7. Presencia de tubos grandes de aguas residuales de fuente domestica, vertiendo sus aguas directamente al cauce de la quebrada

- Punto # 4: a menos de 50 m de la playa Espadilla Sur el cauce de la quebrada toma una forma meandrica con bajo caudal característico por la zona seca. Aquí la velocidad del agua es muy lenta estando casi estancada. El nivel del agua en este punto está en cierto grado en función de la marea, intercambiando agua con esta y exponiendo al agua de mar a cualquier contaminación presente. (Figura 8). Es aquí en esta zona donde se encontraba la antigua entrada principal al PNMA, teniendo que cruzar la quebrada para el ingreso a este. Aun hoy en día, esta zona es lugar de paso para una gran cantidad de personas, especialmente turistas que siguen visitando este sector del parque.



Fuente: Loaiza, 2008

Figura 8. Sitio de paso a la antigua entrada del PNMA cerca de la desembocadura a la playa Espadilla Sur.

En general, en todos los puntos analizados se caracterizaban por su poca anchura (aproximadamente 3 m) y su profundidad variaba entre 5cm y 60cm. La velocidad del agua siempre se mantuvo entre lento y estancado. La estructura del banco en todos los puntos fue de tipo natural y pedregosa en donde el tipo de sustrato contenía en su mayoría piedras y arena gruesa. En el sustrato se observó cubierto con material orgánico, en donde las piedras o la arena presentaban capas de musgo o de material orgánico blanco. Se presenció material orgánica en forma de paquetes de hojarasca proveniente de los arboles circundantes. La vegetación alrededor era de tipo herbácea y arbórea, la cual en su mayoría estaba de una forma expuesta, dejando así gran porcentaje de la superficie de la quebrada iluminada.

5.3 Análisis de resultados de pruebas de Calidad de Agua

Con base a los resultados de las pruebas biológicas y microbiológicas practicadas a los puntos de muestreo ubicados en la parte baja de la quebrada Camaronera, se evidencia que todos los puntos evaluados presentan el mismo

grado *alto* de contaminación por coliformes fecales y totales, con excepción del punto #1 que presenta 920 de coliformes fecales (tabla 2). Al igual, los resultados de DBO casi no muestran variación entre los puntos muestreados, siendo las cantidades encontradas en este caso bajas (tabla 5).

Tabla 5. Concentraciones obtenidas por parámetro para la determinación de la calidad del agua de la quebrada Camaronera.

Muestras	DBO_{5,20} (mgO₂/l)	Coliformes fecales (NMP/100ml)	Coliformes totales (NMP/100ml)
#1	<2.0	920	>1600
#2	<2.0	>1600	>1600
#3	2.5+0.02	>1600	>1600
#4	<2.0	>1600	>1600

Fuente: Elaboración propia, 2008

Los datos obtenidos permiten observar que todos menos uno de los puntos evaluados presentan el mismo grado de contaminación fecal y total (>1600 NMP/100ml). Desde el punto de vista microbiológico, se supera lo recomendado por la normativa nacional presente en el documento “Actualización de los Criterios Microbiológicos para Evaluar la Calidad del Agua en sus Diferentes Usos” (Mora, 1998) y en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (2007).

Bajo los criterios de aguas crudas para potabilización de la norma para evaluar la calidad del agua en sus diferentes usos, el grado de contaminación encontrado en el presente estudio se ubica bajo una calidad regular, estando ésta entre 1501-6000 NMP/100 mL. En términos de recreación, no es recomendable su uso para contacto primario definido como natación, por lo que el máximo permitido para este es de 500 NMP/100 mL. En cambio, sí es recomendable su uso tanto para la navegación como para usos paisajísticos, al estar por debajo de la cantidad de coliformes estipulados. Bajo el último criterio microbiológico tomado en cuenta en el análisis, se concluye que para ninguno de los ríos es recomendable su utilización para usos de irrigación de cultivos agrícolas, debido a que se sobrepasa por gran número los promedios de coliformes estipulados.

Según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, si al agua de estos ríos se les realizara un tratamiento avanzado, podrían servir de abastecimiento de agua para uso y consumo humano o para actividades industriales destinadas a la producción de algunos alimentos de consumo humano. Según este mismo reglamento, se les considera *no* utilizable para las siguientes actividades: recreativas de contacto primario, acuicultura, fuente para la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas, fuente para la protección de comunidades acuáticas, riego de plantas sin limitación e irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara. Para los usos a los cuales sí se les considera adecuada la utilización del agua es en usos hidroeléctricos, navegación y para el riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras.

Con respecto a las pruebas biológicas de DBO realizadas, los resultados demuestran que todos los puntos muestreados contienen agua con la suficiente calidad para consumo humano. Según la norma de calidad de agua para consumo humano perteneciente al Comité Coordinador de Agua Potable y Saneamiento utilizada en Costa Rica para la clasificación de la calidad de agua para este fin, el valor recomendado óptimo de DBO es de ≤ 2 mg/l, y el valor mínimo tolerable 2.5 - 4 mg/l. Siendo que todos los resultados se encuentran dentro de este rango (<2 mg/l; tabla 2), se considera el agua como adecuada para el consumo humano.

Como la realización de las muestras de agua se realizó únicamente en la parte baja de la quebrada, no es posible extrapolar estas mismas concentraciones o conclusiones a otros sectores del río. Igualmente, por el hecho de que todas las muestras se hubieran realizado una única vez, no permite determinar exactamente la contaminación presente al ser estas medidas puntuales del río ni permite observar un perfil temporal de contaminación de la quebrada. Aun siendo así el caso, resultan valiosas como herramientas de diagnóstico de contaminación que a su vez permite el cumplimiento del objetivo del estudio.

3.1 Fundamento legal

La legislación de nuestro país exige al sector industrial, comercial y residencial y demás entes el tratamiento de las aguas residuales. El marco legal es cuantioso aunque en muchos de los casos este se irrespete. Dentro de las disposiciones más destacadas se puede mencionar La Ley General de Salud (artículo 275), la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (artículo 132), el Reglamento de Construcciones (capítulo 10, Artículo X.21), el Reglamento de Vertido y Rehuso de Aguas Residuales (artículos 3 y 4), la Ley Orgánica del Ambiente (artículo 65), la Ley Forestal (artículos 33 y 34) el Reglamento de Basuras (artículo 79) y la Ley de Aguas (162).

Como una perspectiva general de la situación se subraya la responsabilidad que recae sobre el Ministerio de Salud (MINSa) de que los establecimientos industriales, comerciales o residenciales que presenten un peligro a la salud o molestia para los vecinos (debido a su modo de trabajar o disposición de los desechos) deben estar fuera de funcionamiento. Esto según la Ley General de Salud, artículos 302 y 337.

En lo que respecta a la disposición de aguas, ya sean pluviales, servidas o industriales, deben tener una adecuada disposición evitando la formación de criaderos de vectores, contaminación de suelos, agua y aire. Por esto debe evitarse usar el alcantarillado pluvial para disponer esta agua, ya que llegan directamente a los cuerpos de agua (quebrada) sin ningún tratamiento; esto según el artículo 285 y 292.

Según esta misma ley, en los artículos 275 y 279, fortalece las relaciones de la salud ambiental al advertir la responsabilidad que tienen todas las personas de no contaminar los cuerpos de agua, al disponer correctamente las aguas residuales y los desechos sólidos. Todo esto con el fin de guardar la salud del ambiente y la población.

La Ley Orgánica del Ambiente trata sobre las responsabilidades y el delito que significa el causar un daño al ambiente, esto según el artículo 2. El artículo 50 indica que el agua es de dominio público, y que su conservación y uso razonable son de interés social. Mientras que los artículos 51 y 52 señalan los criterios a tomar en cuenta para la conservación y uso sostenible del recurso hídrico y su aplicación. El artículo 60 trata sobre la prevención y control de la contaminación al ambiente. Indicando que es responsabilidad del Estado y demás entidades, el establecimiento y operación de servicios adecuados en las áreas primordiales para la salud ambiental. Esto se hará, procurando la participación de la población.

Las aguas residuales de cualquier origen deberán recibir tratamiento antes de ser descargadas en quebradas y demás cuerpos de agua, según el artículo 65. También, el artículo 66 se refiere a la responsabilidad del tratamiento de los vertidos corresponderá a quien produzca la contaminación. Para lo anterior la autoridad competente determinará la tecnología adecuada y establecerá los plazos necesarios para aplicarla.

Por su parte, La Ley de aguas en el artículo 145 menciona que todas las autoridades de la república procurarán el cumplimiento de las disposiciones que tengan relación con la conservación de los árboles, especialmente los que estén en las orillas de los ríos y en nacimientos de aguas. Se refiere también a las penalidades que se harán a quien lance cualquier tipo de sustancia a un cuerpo de agua, ocasionándole un daño a la calidad de esta, según el artículo 162.

Para todas las actividades que se realicen en las cuales se de la expulsión de desechos sólidos o líquidos en aguas, la Ley de Conservación de la Vida Silvestre en el artículo 132 prohíbe arrojar aguas servidas, aguas negras, desechos o cualquier sustancia contaminante a las aguas, para lo cual exige el tratamiento de las mismas. Esta misma ley también otorga al MINSA, en coordinación con la Dirección General de Vida Silvestre del MINAE y con otros organismos competentes, la fiscalización, la prevención y el control de la descarga de estas.

El Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, es un instrumento importante que sirve para poder medir el grado de contaminación de las aguas, según lo que dicho reglamento dispone. Esto es tomando en cuenta los Parámetros físicos-químicos fundamentales y complementarios para la clasificación de un cuerpo de agua (artículos 4 y 5).

Reglamento de Vertido y Rehuso de Aguas Residuales habla respecto a la forma de disposición de las Aguas Residuales. En el artículo 3, 4, y 5 se establece que los edificios e instalaciones deberán tener sistemas de tratamiento necesarios para sus aguas residuales con el fin de que se eviten así daños a la vida silvestre, a la salud, o al bienestar humano. Y toda unidad generadora debe realizar reportes operacionales, y presentarlos si el efluente es rehusado o vertido a un cuerpo receptor a la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud. También en sus artículos 13, 14 y 15, se establecen los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que deberán ser analizados en las aguas residuales que se viertan en un cuerpo receptor o alcantarillado sanitario. El Artículo 40 establece la prohibición de vertido, en cuerpos de agua, de materia que pueda formar gases tóxicos o de mal olor.

El Reglamento sobre Manejo de Basuras en el Artículo 79, prohíbe la disposición de basuras de cualquier procedencia en varios sitios, incluyendo los cuerpos de agua superficiales.

Una de las condiciones a tomar en cuenta en el estudio, es la que establece la Ley Forestal (No.7575) en los artículos 33 y 34, los cuales definen las áreas de protección en los cauces de ríos quebradas o arroyos. Estas zonas deben estar libres de construcciones y se prohíbe la deforestación o la tala dentro de ellas.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

- La Quebrada Camaronera está bastante afectada por la contaminación, sin embargo se pueden resaltar zonas con mayor o menor impacto. La zona más impactada es la baja, ya que se encuentra bajo la influencia de la mayor cantidad de actividades comerciales y residenciales. Los sitios que se identificaron con menor contaminación son aquellos que se caracterizan por estar más alejados de la actividad humana.
- La ausencia de un Plan Regulador en el área de influencia directa del Parque propicia el crecimiento descontrolado de la infraestructura turística, con todos los problemas asociados como la fragmentación y pérdida de hábitat para la vida silvestre, la carencia de una adecuada recolección y tratamiento de los desechos sólidos y líquidos, la necesidad creciente de suministro de agua potable, energía eléctrica y otros servicios.
- Las características topográficas de la zona, como que el mar está más alto que el nivel del suelo de Quepos centro, contribuye al problema de los drenajes y de las aguas negras. Esto acontece en la inundación de terrenos, en zonas precarias, aledañas a zonas de protección como lo es la quebrada Camaronera.
- Aunque no se puede comprobar la relación directa de enfermedades con la quebrada, su estado puede facilitar la proliferación de vectores y convertirse en un problema de salud pública, debido (entre otros factores) a la cantidad y acumulación de desechos sólidos y coliformes fecales que se observaron en el cauce.
- A pesar de que en Costa Rica se ha concretado legislación y reglamentación para la disposición de aguas residuales, en el área en estudio se ha identificado la ausencia del cumplimiento de esta en algunos de los casos y viviendas en particular.

- La mayoría de los territorios aledaños a la quebrada, así como la naciente no cumplen con las especificaciones legales respectivas a las zonas de protección indicadas en la Ley Forestal.
- La falta de educación ambiental, técnicas de tratamiento y recursos son las principales causas de los ineficientes métodos de vertido de aguas residuales y de la mala disposición de desechos sólidos.
- Las zonas de descarga de aguas residuales están colapsando. El consumo y el abasto de agua en la hotelería son muy grandes, sin tener un sistema de alcantarillado sanitario que pueda darle el tratamiento a esta agua.

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

- Realizar el muestreo de agua a lo largo del cauce principal dos veces al año, uno en la época seca y otra en la lluviosa. Esto permitirá observar la posible variabilidad en cantidades de contaminación debido a los cambios de régimen hidrológico y debido a la carga de turistas presentes en las temporadas alta y baja, las cuales coinciden con la época seca y lluviosa.
- Advertir a los turistas con rotulación sobre los sitios contaminados no aptos para las actividades recreativas, como lo es el caso del sector de desembocadura de la quebrada Camaronera.
- Realizar la eliminación o tratamiento de las fuentes contaminantes de aguas residuales que contaminan la quebrada.
- Implementación de programas de educación abordando temáticas de reciclaje, compostaje y de reutilización de desechos sólidos para la reducción de la contaminación por los mismos y así aumentar la sensibilización de las comunidades vecinas y del turista visitante sobre el tema.
- Creación de un plan regulador para Manuel Antonio, con el objetivo de controlar el desarrollo desmedido.
- Realizar un monitoreo de la calidad del agua de la quebrada para detectar y eliminar las fuentes puntuales de contaminación.
- Promover la aplicación de un programa de sostenibilidad turística en donde se evalúe el comportamiento sustentable de las empresas hoteleras.
- Realizar un estudio más detallado sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales para la zona, donde se incluyan parámetros como la permeabilidad del suelo, distancia del sistema a los cuerpos de agua y el nivel freático.

CAPITULO VIII. LITERATURA CONSULTADA

- Barrantes G. 2005. Décimo Informe Sobre el Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Informe Final: El Estado de las Aguas Continentales en Costa Rica: Superficial y Subterránea.
- Belcher J. 1978. Sanitation norms in rural areas: a cross-cultural comparison. Bulletin Panamerican Health Organization 12 (I), 1978.
- Cordero Ulate, A. Capítulo II. Turismo y naturaleza en Quepos-Manuel Antonio. En publicación: Nuevos ejes de acumulación y naturaleza. El caso del turismo. CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires. Julio 2006. ISBN 987-1183-58-5.
- Foster S., Gale I., Hespanhol I. 1994. Impacts of wastewater use and disposal on groundwater. British Geological Survey, Technical report WD/55 Hydrogeology Group
- Gamez L. 2003. Octavo informe sobre el estado de la nación en desarrollo humano sostenible agua transparente ... deuda invisible.
- Heller L. 1998. Environmental determinants of infectious and parasitic diseases. Mem Institute Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Vol. 93, Suppl. I: 7-12
- Heller L. 2003. Environmental sanitation conditions and health impact: a case-control study. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, 36(1):41-50.
- Henry, J.G, Heinke, W. 1999. Ingeniería ambiental, 2ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, México. 800 p.
- Kocasoy 2008. Kocasoy G., Mutlu H., Alagöz A. 2008. Prevention of marine environment pollution at the tourism regions by the application of a simple method for the domestic wastewater. Desalination 226, 21–37
- Kumar Karn S., Harada H. 2002. Field survey on water supply, sanitation and associated health impacts in urban poor communities – a case from Mumbai City, India. Water Science and Technology Vol 46 No 11–12 pp 269–275
- Leclerc H., Schwartzbrod L., Dei-Cas E. 2002. Microbial agents associated with waterborne diseases, Crit. Rev. Microbiol. 28, 371–409.
- Milovanovic M. 2007. Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. Desalination 213, 159–173

- Mora D. 1998. Actualización de los criterios microbiológicos para evaluar la calidad del agua en sus diferentes usos. Rev. Costarric. Salud Pública, dic. 1998, vol.7, no.13, p.15-24. ISSN 1409-1429.
- OPS. 2004. Calidad del agua potable en Costa Rica: situación actual y perspectivas. San José, Ministerio de Salud y Organización Panamericana de la Salud.
- Quesada M. 1989. Un Análisis de la contaminación fluvial, estudio de la Cuenca del Rio Alajuela. Tesis de grado para la Lic. en Geografía con énfasis en Orden del Medio Natural. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Sociales, Dep. de Geografía
- La Gaceta N° 178- Lunes 17 de setiembre del 2007.Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, San Jose, Costa Rica.
- Soto S. 2006. Undécimo Informe Sobre el Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Informe Final: Situación del Manejo de los Desechos Sólidos en Costa Rica.
- 2005. Memoria: Foro sobre vertidos en Costa Rica. Programa CAMBIOS-CIMH-PRIGA. 27 pág.

Legislación nacional:

- Ley Forestal Ley No. 7575 de 5 del febrero de 1996. Resolución # 2007-05894 de la Sala Constitucional.
- Ley General de Salud. LEY N° 5395. DE 30 DE OCTUBRE DE 1973. Publicado en el Alcance N° 172 a. La Gaceta No. 222 del 24 de noviembre de 1973.
- Ley de Conservación de la Vida Silvestre. No. 7317. ULTIMAS REFORMAS: Ley No. 7495 de 3 de mayo de 1995. Alcance No. 20 a LG# 110 de 8 de junio de 1995.
- El Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (N° 33903-MINAE-S).
- Reglamento de Vertido y Rehuso de Aguas Residuales. Decreto Ejecutivo. 26042-S-MINAE(Gaceta del 19 de junio de 1997).

- Reglamento sobre Manejo de Basuras. Decreto Ejecutivo N° 19049-S de 20 de junio de 1989.
- Ley Orgánica del Ambiente. Ley No. 7575 La Gaceta No. 72 de 16 de abril de 1996 (reformas).
- Ley de Aguas. N°276 del 27 de agosto de 1946; reformado por las leyes N°s 2332 de 9 de abril de 1959, 5046 de 16 de agosto de 1972, y 5516 de 2 de mayo de 1974.

CAPITULO IX. ANEXOS

Anexo 1. Protocolo de campo de muestreo de agua

1. Punto de muestreo (ID):
2. Coordenadas geográficas (GPS):
3. Nombre del cuerpo de agua: Quebrada Camaronera
4. Función (uso) del curso de agua/sitio de muestreo:
5. Responsable del muestreo:
6. Fecha: _____ Hora: _____
7. Tipología del curso de agua
 - a. Tipo: curso inicial-medio-bajo-desembocadura.
 - b. Ancho: _____ m. Profundidad: _____ m. Pendiente: _____.
 - c. Velocidad del agua: rápido, moderado, lento, estancado (_____ m/s).
 - d. Nivel de agua en función de: marea, precipitación, estación de bombeo, inundación _____.
 - e. Estructura del banco: natural, pedregoso, gavión, crecimiento a través de piedras, concreto _____.
 - f. Tipo de sustrato: concreto (___%), piedras-arena gruesa (___%), arena (___%), arcillo-lodoso (___%), limoso (___%).
 - g. Condición del sustrato: limpio, cubierto con material orgánico, precipitación de lodo o sedimento.
 - h. Presencia de materia orgánica: Si _____ No _____.
 - a) Descripción del tipo de materia orgánica: Paquetes de hojarasca, particulado fino etc.
 - i. Trabajos de ingeniería: canalizado, regulado, extracción de material _____.
- Vegetación**
 - j. Expuesta: abierta, semi-abierta, cubierta (_____ % de superficie iluminada).
 - k. Tipo vegetación en el banco: _____.
8. Ambiente en los alrededores: agrícola, industrial, residencial, otros.

Estado de la contaminación.

- a. Caracterización visual: ninguna, mediana, moderada, contaminada, muy contaminada.
 - b. Presencia de: desechos orgánicos, espumas, aceites, organismos muertos, desechos sólidos.
 - c. Fuentes de contaminación: doméstica, industrial, agrícola, otras. _____
 - d. Presencia de peces: _____.
 - e. Color del agua: _____ Olor: _____
 - h. Transparencia: clara, turbia, muy turbia, no transparente (_____ cm.
 - f. *Otros comentarios:* _____.
9. Muestreo.
 - a. *Técnica de muestreo:* muestreo directo
 - l. Número de muestras: _____
 - b. *Condiciones ambientales:*

- I. Antes del muestreo: _____.
- II. Durante el muestreo: _____.
- c. *Otros comentarios:* _____.
10. **Figura del sitio de muestreo:** (croquis del sitio de muestreo)

Anexo 2. Reportes de análisis de DBO reportados por el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA).



Universidad de Costa Rica
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Centro de Investigación en Contaminación Ambiental
Permiso Sanitario de Funcionamiento del Ministerio de Salud No. 159-06 vigente hasta 04-2011
Laboratorio de Calidad de Aguas



ADENDA AL REPORTE DE ANÁLISIS

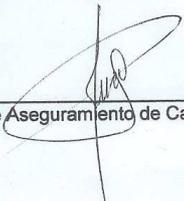
Solicitante:	PROGRAMA DE VOLUNTARIADO, VICERRECTORÍA DE VIDA ESTUDIANTIL
Solicitado por:	M. SC. LIGIA DELGADILLO
Teléfono / Fax:	2511-4390 / 2234-2427
Dirección del Cliente:	Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca
Cotización No.:	COT-0062-2009
Muestreado por:	Interesada
Número de muestras:	cuatro
Fecha del muestreo:	21 de Enero de 2009
Fecha de ingreso al Laboratorio:	22 de Enero de 2009
Fecha de Emisión del Reporte:	4 de Febrero de 2009

ADENDA AL REPORTE DE ANÁLISIS LCA-0009-2009

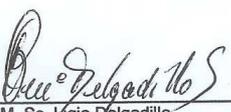
NOTAS:

1. Los resultados de estos análisis serán utilizados por el PROGRAMA DE VOLUNTARIADO, VICERRECTORÍA DE VIDA ESTUDIANTIL.
2. El costo total de la donación por parte del CICA es de ₡ 45 380,00 (cuarenta y cinco mil trescientos ochenta colones exactos).
3. Estos análisis fueron solicitados por la M. Sc. Ligia Delgadillo, Programa de Voluntariado, Vicerrectoría de Vida Estudiantil. Por tal razón se autorizó la donación de lo indicado en el apartado 2.
4. La M. Sc. Ligia Delgadillo autoriza que el CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CONTAMINACIÓN AMBIENTAL disponga de la información recabada en el REPORTE DE ANÁLISIS LCA-0009-2009 en forma estadística.

Última línea


Unidad de Aseguramiento de Calidad


M. Sc. Jerjaro Acuña González
Director a.i. CICA


M. Sc. Ligia Delgadillo



REPORTE DE ANÁLISIS

Solicitante:	PROGRAMA DE VOLUNTARIADO, VICERRECTORÍA DE VIDA ESTUDIANTIL
Solicitado por:	M. SC. LIGIA DELGADILLO
Teléfono / Fax:	2511-4390 / 2234-2427
Dirección del Cliente:	Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca
Cotización No.:	COT-0062-2009
Muestreado por:	Interesada
Número de muestras:	cuatro
Fecha y hora del muestreo:	21 de Enero de 2009
Fecha de Ingreso al Laboratorio:	22 de Enero de 2009
Fecha de Emisión del Reporte:	4 de Febrero de 2009

REPORTE DE ANÁLISIS LCA-0009-2009

Resultados en la siguiente página

NOTAS:

- 1) Los resultados de este informe son exclusivos para el análisis realizado a las:
Muestra 1 de agua tomada en la quebrada Camaronera, 5:20 p.m.
Muestra 2 de agua tomada en la quebrada Camaronera, 4:25 p.m.
Muestra 3 de agua tomada en la quebrada Camaronera, 4:10 p.m.
Muestra 4 de agua tomada en la quebrada Camaronera, 3:40 p.m.
- 2) Las **Muestras 1 a 4** son muestras simples.
- 3) Las incertidumbres corresponden a incertidumbres expandidas con un factor de cobertura de 2 (k=2) lo cual da un nivel de confianza del 95%.
- 4) Métodos de Análisis Químico Ambientales (MAQA) realizados de acuerdo con: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 21^a Edición. 2005.

DBO.....MAQA 10/09

- 5) Documento confidencial para uso del **PROGRAMA DE VOLUNTARIADO, VICERRECTORÍA DE VIDA ESTUDIANTIL**. No puede reproducirse parcialmente sin autorización del Laboratorio.
- 6) Ver notas adicionales en la Adenda al Reporte de Análisis LCA-0009-2009.
- 7) Las muestras a que se refiere este reporte se mantendrán en custodia por 15 días luego de la emisión de este informe. Concluido este período se desecharán.

----- Última línea -----

Unidad de Aseguramiento de Calidad



Wilson Beita Sandí, B. Sc.
 Laboratorio Calidad de Aguas





REPORTE DE ANÁLISIS LCA-0009-2009

Análisis	Unidad	Muestra 1	Muestra 2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	mg O ₂ /L	< 2,0	2,50 ± 0,02

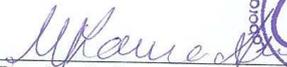
Análisis	Unidad	Muestra 3	Muestra 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	mg O ₂ /L	< 2,0	< 2,0

----- Última línea -----

Anexo 3. Reportes de análisis microbiológico reportados por el Laboratorio de Microbiología de Aguas de la UCR.

	UNIVERSIDAD DE COSTA RICA FACULTAD DE MICROBIOLOGIA LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUAS	Laboratorio de Microbiología de Aguas  Facultad de Microbiología Universidad de Costa Rica
CODIGO: LMA-PGT-09/ R-01	Reporte de ensayo LMA-REP-0015-09	Versión N° 4 Fecha: 18-12-2007

4. El Laboratorio no se hace responsable por la representatividad de las muestras traídas por el cliente.
5. No puede reproducirse parcial ni totalmente sin autorización del Laboratorio de Microbiología de Aguas
6. Reporte de ensayo nulo sin el sello del LMA.
7. NMP= número más probable de coliformes fecales o totales.


 Dra. María Laura Arias Echandi
 Directora del LMA
 Facultad de Microbiología
 Universidad de Costa Rica

TEL/FAX (506) 207-4270



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE MICROBIOLOGIA
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA DE AGUAS



CODIGO:
LMA-PGT-09/
R-01

Reporte de ensayo
LMA-REP-0015-09

Versión N° 4
Fecha: 18-12-2007

SOLICITANTE: Elizabeth Loaiza
DIRECCION: Cartago
ORIGEN DE LA MUESTRA: Traídas por el interesado
NUMERO DE MUESTRAS: 4 (cuatro)
FECHA DE MUESTREO: 21/1/09
FECHA DE INGRESO MUESTRA Y REALIZACION DEL ENSAYO: 22/1/09
CONSECUTIVO DOCUMENTOS DE MUESTREO: _____
(muestreos realizados por el Laboratorio)
FECHA EMISION DEL 28/1/09

REPORTE:

Identificación de la muestra	Coliformes Totales (NMP/100mL)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)
Quebrada Camaronera 1	>1600	>1600
Quebrada Camaronera 2	>1600	>1600
Quebrada Camaronera 3	>1600	>1600
Quebrada Camaronera 4	>1600	920

Interpretación: muestras destacadas en negrita NO potables según normativa de la OMS.

Notas:

1. Los resultados de este informe son exclusivos para la(s) muestra(s) analizada(s) que corresponde(n) al presente reporte.
2. Métodos de análisis y muestreos realizados de acuerdo a los instructivos basados en la traducción del **LMA-E-025 Standard Methods for the examination of water and Wastewater**, 21ª Edición. 2005.
3. Si el cliente desea conocer la incertidumbre asociada a los resultados presentados puede comunicarse a los teléfonos del LMA indicados en la parte inferior de este documento. También puede dirigirse a las instalaciones del Laboratorio ubicadas en la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio, en San Pedro de Montes de Oca.

