

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS

EVALUACIÓN Y CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE
VARIOS CUERPOS DE AGUA EN LA PENINSULA DE OSA

Investigadores:

Lic. Guillermo Calvo Brenes, MBA.

Lic. Jesús Mora Molina, PhD.

Julio 30, 2010

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMEN | 5 |
| PALABRAS CLAVE | 6 |
| ABSTRACTS | 6 |
| KEY WORDS | 6 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| Situación General del Recurso Hídrico | 8 |
| METODOLOGIA | 11 |
| Selección de los puntos de muestreo. | 11 |
| Evaluación de la Calidad del Agua | 12 |
| Determinación del Caudal | 13 |
| Determinación del Area Transversal del Río. | 13 |
| Elaboración de la Hoja de Cálculo en Excel. | 14 |
| Medición de otros parámetros físico químicos | 16 |
| Determinación de coliformes fecales | 16 |
| Determinación de la precipitación pluvial | 17 |
| Densidad Poblacional | 17 |
| Análisis estadístico | 18 |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 18 |
| CONCLUSIONES | 24 |
| RECOMENDACIONES | 25 |
| AGRADECIMIENTO | 26 |
| BIBLIOGRAFIA | 26 |
| ANEXO 1: Mapas de la Zona | 29 |
| ANEXO 2: Datos de la Zona | 37 |
| ANEXO 3: Análisis Estadístico | 51 |
| ANEXO 4: Artículo sobre Coliformes Fecales | 59 |

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS

**EVALUACIÓN Y CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE
VARIOS CUERPOS DE AGUA EN LA PENINSULA DE OSA.**

Autores:

Lic. Guillermo Calvo Brenes, MBA/Coordinador del proyecto^a
Escuela de Química, ITCR, Cartago.
Correo electrónico: gcalvo@itcr.ac.cr

Lic. Jesús Mora Molina/Investigador del proyecto^b
Escuela de Química, ITCR, Cartago.
Correo electrónico: jmora@itcr.ac.cr

1. RESUMEN:

El agua es un elemento esencial no solo para la preservación de la vida, sino también para la conservación de la flora y fauna de la región. Su conservación y su calidad están estrechamente vinculadas prácticamente a todas las actividades económicas y sociales en forma ineludible, así como la salud de su población.

A la Península de Osa se le reconoce como la más rica zona biológica de Mesoamérica. Alberga una diversidad del hábitat y riqueza biológica raramente encontrada en un área pequeña.

Este exótico territorio no está exento de amenazas debido a la fragmentación y destrucción del hábitat, deforestación por la explotación de la madera y mal planeamiento en el uso de la tierra, extracción ilegal de recursos, entre ellos el oro y el crecimiento de la población en sus alrededores.

El presente diagnóstico tuvo como objetivo definir la situación actual y los posibles riesgos de contaminación del recurso hídrico evaluada en varios de los ríos de la zona de Osa. Se muestrearon varios cuerpos de agua en la zona de Piedras Blancas que se encuentra cerca de Chacarita, así como Rincón, Puerto Jiménez y la Bahía Drake, estas últimas tres zonas pertenecientes a la Península de Osa. La valoración de la calidad del agua se hizo utilizando el Índice de Clasificación Holandés.

A pesar de las características de la zona, esta ya presenta una contaminación incipiente, dependiendo del sitio y el mes del muestreo. La contaminación en los ríos depende de la densidad poblacional; sin embargo, el

Nota a y b: Investigadores del Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA), Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

alcance de la contaminación en cada zona dependerá del tipo de suelo, del desarrollo urbanístico y la cobertura boscosa. Típico ejemplo de esta variabilidad son los poblados de Puerto Jiménez, el de Piedras Blancas y el de la Bahía de Drake.

PALABRAS CLAVE:

Índice de Clasificación Holandés de la calidad del agua, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Nitrógeno Amoniacal.

ABSTRACTS

Water is not only essential for the preservation of life, but also for the conservation of flora and fauna of the region. Its quality and conservation is closely related to economical and social activities in an inevitable way, as well as health issues.

Península de Osa is acknowledged as the richest biological zone of Mesoamerica. The diversity of its habitat and the biological richness is rarely found in such small areas.

This exotic territory, named Península de Osa, is not immune to environmental attacks due to fragmentation and destruction of the habitat, deforestation and misused of land, illegal extraction of resources, like gold; and the population increase around the Peninsula.

The actual diagnostic is focused on knowing the actual situation and possible risks of contamination of several rivers in Osa. Several rivers were sampled in Piedras Blancas, a town close to Chacarita, as well as Rincón, Puerto Jiménez and Drake Bay, the last three of them belonging to Península de Osa. The water quality was analyzed based on the Classification Holland Index.

Even though the area characteristics, there is already light contamination present, according to density population; but the effect will also depend on soil type, urban development and vegetation coverage. Typical examples of these variability are the towns of Puerto Jiménez, Piedras Blancas and Drake Bay.

KEY WORDS

Holland Index Classification Method, Oxygen Biological Demand, Dissolved Oxygen, Oxygen Saturation Percentage, Ammonium Nitrogen.

2. INTRODUCCION

A la Península de Osa se le reconoce como la más rica zona biológica de Mesoamérica y como la última frontera salvaje del país (figura 1). Este remoto paraíso alberga una diversidad del hábitat y riqueza biológica raramente encontrada en un área pequeña. Aquí la jungla se junta con el mar; existen bosques tropicales lluviosos, así como manglares en las cercanías de los lagos de agua dulce¹⁹ (figura 3).



Figura 1. Ubicación de la Península de Osa

Aproximadamente un tercio de las especies de árboles existentes en Costa Rica se han registrado en la región incluyendo la mitad de las especies de árboles amenazadas en el país. Se estima que existen entre 4000-5000 especies de plantas vasculares en la península. La variedad de fauna es increíblemente rica; se han registrado unas 375 especies de aves, 124 especies de mamíferos, 40 especies de peces de agua dulce y aproximadamente 8000 especies de insectos. Las especies registradas en la región representan entre el 30%-50% de todas las especies conocidas en el país¹⁵.

Por sus características y aislamiento con respecto de otras áreas con bosques, estos ecosistemas tienen alta fragilidad de conservación; su flora y su fauna constituyen una reserva de mucha importancia a nivel mundial. Algunos expertos identifican en la península tres zonas de vida y cuatro transiciones: Bosque Húmedo Tropical, Bosque Húmedo Tropical transición a Perhúmedo, Bosque muy Húmedo Tropical, Bosque muy Húmedo Tropical transición a Premontano, Bosque muy Húmedo Premontano transición a Basal, Bosque Pluvial Premontano y Bosque Pluvial Premontano transición a Basal⁹. Basado en los atributos ecológicos claves como objetos de conservación de la región se distinguen las siguientes categorías: Bosque Basal Lluvioso del Pacífico, Bosque Nuboso, Bosques Anegados, Manglares, Ecosistemas Lóticos, Ecosistemas Lénticos y Felinos Grandes¹⁷.

Este exótico territorio no está exento de amenazas debido a la fragmentación y destrucción del hábitat, deforestación por la explotación de la madera y mal planeamiento en el uso de la tierra, extracción ilegal de recursos, entre ellos el oro y el crecimiento de la población en sus alrededores¹⁴. En 1975 se creó el Parque Nacional de Corcovado, el más importante parque de Costa Rica. Este parque es un lugar de extraordinaria belleza y considerado como una de las más importantes reservas en América (figura 2). El parque protege a un tercio de la península; sin embargo, la explotación de recursos naturales aún dentro del parque y de otros parques continúa degradando el bosque. La minería de oro, una vez el principal motor económico de la región especialmente durante la fiebre del oro de los años 30, dejó depósitos y túneles en el área así como ríos y quebradas contaminadas. El talado de árboles tanto legal como ilegal amenaza la riqueza natural de la zona¹⁰.

Entre 1940 a 1995, la península pasó de estar cubierta de bosque de un 81% a un 55%, es decir una reducción del bosque en aproximadamente 40000 hectáreas. La población en el mismo período pasó de 2 mil habitantes a 11 mil. En 1984 la población más importante era Puerto Jiménez con 1300 habitantes (2000 habitantes en 1995). El 72% de la fuerza de trabajo se ocupa de labores agrícolas¹⁵.



Figura 2. Sector montañoso situado en la Península de Osa

Situación general del recurso hídrico.

El agua es un elemento esencial no solo para la preservación de la vida, sino también para la conservación de la flora y fauna de la región, que representa el atractivo turístico de la zona. El uso del agua es el mejor indicador del grado de desarrollo social y económico de un país. Su conservación y su calidad están estrechamente vinculadas prácticamente a todas las actividades económicas y sociales en forma ineludible, así como a la salud de la población. El agua es un recurso finito: únicamente el 2,5 % del total de agua del planeta es dulce. De ese 2,5 %, el 70% es hielo, un 30% está en el subsuelo y únicamente un 1% es superficial¹⁶. La cantidad total de agua fresca que existe en el mundo puede satisfacer todas las necesidades de la raza humana si la misma estuviera uniformemente distribuida y fuera accesible¹³. Pero la realidad es otra, de ahí que diferentes regiones del mundo enfrentan distintos tipos de problemas asociados a la disponibilidad del recurso, su uso y control.

La Organización Mundial de la Salud ha dicho que el 80 % de las enfermedades del mundo se debe a problemas con el agua.¹² El agua, necesaria e indispensable para sostener la vida, también es portadora de enfermedades y muerte. La tifoidea, el cólera, la disentería, la diarrea y la hepatitis infecciosa son cinco enfermedades que se transmiten por agua contaminada o por lavar alimentos, utensilios y manos en ella. La malaria y la fiebre amarilla son enfermedades transmitidas por vectores que se crían en el agua¹². Una de las causas, según reconocen los especialistas, es la poca atención a la problemática de las aguas residuales en las zonas urbanas, donde las acequias y quebradas son utilizadas como receptores de dicha contaminación². Los expertos en la materia nos advierten continuamente que nuestro país estará enfrentando una emergencia hídrica en los próximos años, si no se toman ahora las medidas preventivas para evitarlo. Tal pronóstico se debe en parte a los niveles altos de contaminación que sufren los distintos cuerpos de agua y por el uso indiscriminado que se hace del recurso hídrico sin que medie el control adecuado.

La calidad de los cuerpos de agua en la zona de Osa ha experimentado un proceso de degradación progresiva en las últimas décadas. A ello contribuyen diversos factores, tales como el crecimiento de la población

alrededor de los ríos, la falta de tratamiento de las aguas proveniente de los sectores doméstico, industrial y agrícola, los deficientes controles de las regulaciones ambientales en cuanto a contaminación hídrica y la escasa conciencia ambiental de la población.

Península de Osa

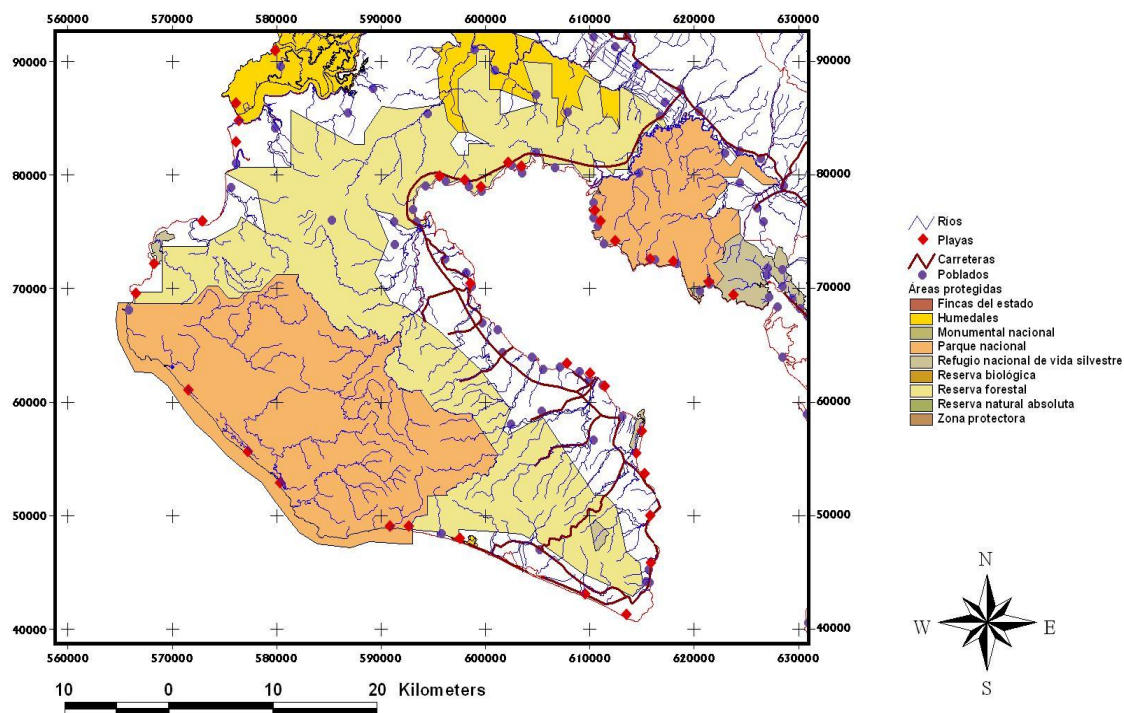


Figura 3. Generalidades de la Península de Osa.

El presente diagnóstico tuvo como objetivo definir la situación actual y los posibles riesgos de contaminación del recurso hídrico de la Península de Osa, tomando en consideración aquellas zonas con:

- alta población de turistas.
- alta densidad poblacional que reside en la región.
- uso agrícola intensivo de la tierra.
- explotación minera en ciertos lugares de la península.

Esta información permitirá relacionar el efecto de la contaminación sobre la flora y la fauna que vive en los alrededores de los cuerpos de agua estudiados. Asimismo, áreas relativamente contaminadas tendrían un lugar prioritario en la implementación de tratamientos previos de los desechos líquidos antes de su descarga en los cuerpos de agua.

Este proyecto viene a ser un complemento del estudio titulado EVALUACION ECOLOGICA RAPIDA PENINSULA DE OSA, llevado a cabo por la FUNDACION NEOTROPICA en el año 1992, bajo el auspicio del FONDO MUNDIAL PARA LA CONSERVACION DE VIDA SILVESTRE (WWF). El estudio efectuado por la Fundación fue bastante amplio en varios aspectos pero sin incluir la valoración del recurso hídrico. En esa oportunidad se

recomendó el efectuar posteriormente un monitoreo de varios ríos y lagos de la zona. De ahí que esta propuesta venga a complementar dicho estudio.

También viene a ser un complemento del PROGRAMA DE MONITOREO ECOLOGICO DEL ESTADO DE CONSERVACION DEL SITIO OSA, desarrollado por el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Este proyecto vendría a reforzar el estudio que el INBio efectúa sobre los ecosistemas lóticos y lénticos, donde el tema del recurso hídrico no es cubierto con profundidad.

Además, el Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales (CEDARENA) está gestionando un programa de monitoreo e investigación titulado EL CORREDOR BIOLOGICO DE OSA: CONSERVACION Y DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL CORAZON DE LA PENINSULA DE OSA. Dentro de este programa se menciona el recurso hídrico donde este proyecto también aportaría información valiosa dentro del programa denominado GESTION INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO que ellos manejan. Similar al caso anterior, este tema no es abordado con profundidad por ellos.

La FUNDACION NEOTROPICA ha mostrado interés en que el ITCR participe con proyectos de investigación en la Península de Osa en las cuales actualmente participan varias instituciones del país. Dada la relevancia que esa zona presenta para el país como patrimonio biológico, requiere de esfuerzos conjuntos entre organismos e instituciones nacionales e internacionales para su conservación.

Se han contactado otras instituciones ligadas con la zona las cuales han mostrado especial interés en la propuesta que estamos haciendo por enmarcarse dentro del ámbito de trabajo que cada una de ellas tiene, tales como CEDARENA, INBio, Coalición Técnica Corredor Biológico de Osa.

El objetivo general de esta investigación fue determinar la calidad del agua de varios cuerpos de agua seleccionados en la Península de Osa.

Los objetivos específicos planteados fueron:

1. Seleccionar varios cuerpos de agua para su monitoreo y evaluación.
2. Adquirir el equipo necesario para las mediciones en campo y laboratorio.
3. Monitorear los cuerpos de agua durante el período de tiempo establecido.
4. Evaluar y clasificar los cuerpos de agua de acuerdo al Sistema Holandés de Codificación.
5. Evaluar el efecto contaminante que ejercen las poblaciones cercanas, tanto permanentes como en tránsito, en los cuerpos de agua seleccionados.
6. Analizar las variaciones en función del tiempo que presenta cada punto de muestreo con respecto a cada parámetro fisicoquímico evaluado.
7. Divulgar los resultados obtenidos al final del proyecto.

3. METODOLOGIA

Selección de los puntos de muestreo.

Para cumplir con los objetivos del proyecto se seleccionaron varios cuerpos de agua siguiendo algunos criterios técnicos. Las zonas y puntos de control se escogieron considerando la existencia de pueblos de cierta densidad poblacional que pudieran afectar la calidad de los cuerpos de agua cercanos a esas poblaciones así como la accesibilidad, localización cercana a carreteras,

tiempo total disponible en cada uno de los muestreos programados y facilidad para la toma de la muestra. La localización exacta por coordenadas fue establecida con la ayuda del instrumento de localización satelital conocido como Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS).

El muestreo se efectuó tanto en la época seca como en la lluviosa de tal forma que se generara información sobre la calidad del agua durante todo un ciclo anual. El período cubierto del muestreo fue desde Setiembre del 2008 hasta Agosto del 2009.

Cuadro 1. Ubicación por coordenadas geográficas de los distintos puntos muestreados.

| Subcuenca | Punto de Muestreo | Coordenadas Geográficas | |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------|
| | | Latitud N | Longitud O |
| Río Esquinas | Río Piedras Blancas Inicial | 08° 47' 25.43" | 83° 13' 31.28" |
| Río Esquinas | Río Piedras Blancas Final | 08° 46' 44.44" | 83° 14' 35.82" |
| Río Drake | Río Drake Inicial | 08° 42' 45.51" | 83° 37' 45.76" |
| Río Drake | Río Drake Final | 08° 43' 09.89" | 83° 38' 44.92" |
| Quebrada El Carmen | Quebrada El Carmen Inicial | 08° 41' 02.33" | 83° 39' 47.03" |
| Quebrada El Carmen | Quebrada El Carmen Final | 08° 41' 26.34" | 83° 39' 44.69" |
| Río Rincón | Río Rincón Inicial | 08° 36' 55.74" | 83° 29' 12.22" |
| Río Rincón | Río Rincón Final | 08° 41' 20.98" | 83° 28' 33.29" |
| Río Tigre | Río Tigre Inicial | 08° 31' 23.12" | 83° 24' 03.53" |
| Río Tigre | Río Tigre Final | 08° 32' 47.59" | 83° 20' 03.15" |
| Quebrada Cacao | Quebrada Cacao Inicial I | 08° 31' 49.46" | 83° 18' 14.65" |
| Quebrada Cacao | Quebrada Cacao Inicial II | 08° 31' 41.96" | 83° 18' 02.41" |
| Quebrada Cacao | Quebrada Cacao Final | 08° 32' 09.27" | 83° 18' 11.65" |

Se muestrearon varios cuerpos de agua en la zona de Piedras Blancas que se encuentra cerca de Chacarita, localizada a la entrada hacia la Península de Osa, así como Rincón, Puerto Jiménez y la Bahía Drake, estos últimos tres pertenecientes a la Península de Osa. Los puntos de muestreo seleccionados se indican en el cuadro 1.

Evaluación de la Calidad del Agua

Para efectos de la clasificación de los cuerpos de agua superficial existen a disposición de los interesados, algunos métodos para su categorización. Los

más conocidos tienen 5 categorías. Estas categorías se pueden designar en función de los usos potenciales de las aguas, por el establecimiento de rangos para los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos, o por la obtención de un puntaje de acuerdo a varios parámetros analizados como lo es el Sistema Holandés de Codificación de colores, recientemente introducido en el país y que goza de bastante aceptación.

Para medir la calidad del agua se utilizó el Sistema de Valoración Holandés. Por lo tanto, los parámetros que se analizaron fueron la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), el OXIGENO DISUELTO (OD) y el NITROGENO AMONIACAL ($N-NH_4^+$). El OD es un parámetro que se mide en el campo así como la temperatura del cuerpo de agua donde se tomen las muestras. Con la medición del OD, se puede calcular el Porcentaje de Saturación de Oxígeno (PSO), parámetro necesario para la clasificación de la calidad del agua. Los procedimientos de análisis que se siguieron fueron los recomendados en el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 20 edición, 2000, cuyas metodologías han sido aceptadas en el país, según decreto No. 25018-MEIC, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 59 del 25 de marzo de 1996¹.

De acuerdo con el valor obtenido para cada parámetro, se asigna el puntaje correspondiente según lo indica el cuadro 1:

Cuadro 2. Asignación de puntaje para PSO, DBO_5 y del $N-NH_4^+$, según el sistema de clasificación Holandés.

| PUNTOS | PSO, % | DBO_5 , mg/L | $N-NH_4^+$, mg/L |
|--------|----------------------|----------------|-------------------|
| 1 | 91 - 100 | ≤ 3 | < 0.50 |
| 2 | 71 - 90 111 - 120 | 3.1 - 6.0 | 0.50 - 1.0 |
| 3 | 51 - 70 121 - 130 | 6.1 - 9.0 | 1.1 - 2.0 |
| 4 | 31 - 50 | 9.1 - 15 | 2.1 - 5.0 |
| 5 | ≤ 30 y > 130 | > 15 | > 5.0 |

De acuerdo con la metodología del código Holandés de colores, la calidad en términos de estas variables se pondera con una puntuación la cual es el resultado de sumar el puntaje individual de cada parámetro evaluado, según el cuadro 2. Posteriormente se clasificó la calidad del agua al comparar esta ponderación con la información del cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación numérica de las variables según la metodología del código Holandés de colores

| CLASE | PROMEDIO DE PUNTOS | CÓDIGO DE COLOR | INTERPRETACIÓN DE CALIDAD |
|-------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| 1 | 3 | AZUL | SIN CONTAMINACIÓN |
| 2 | 4 - 6 | VERDE | CONTAMINACIÓN INCIPIENTE |
| 3 | 7 - 9 | AMARILLO | CONTAMINACIÓN MODERADA |
| 4 | 10 - 12 | ANARANJADO | CONTAMINACIÓN SEVERA |
| 5 | 13 - 15 | ROJO | CONTAMINACIÓN MUY SEVERA |

Determinación del Caudal

En el momento de recolectar la muestra se determinó el caudal del cuerpo receptor en aquellos casos en que las condiciones del cuerpo receptor lo permitieron. Para la determinación del caudal se utilizó un medidor de flujo de la marca GLOBAL WATER modelo FP 101.

Determinación del Área Transversal del Río.

En el primer muestreo de cada río, se midió el ancho del cauce y se dividió en tramos midiéndose la profundidad en cada uno de ellos. Esta cuidadosa medición se hizo tres veces durante el año para verificar cualquier posible cambio en el área transversal del río. Además, se seleccionó un punto de referencia fijo a un costado del efluente tal como una piedra grande sobre la cual se estableció una marca con pintura aproximadamente a 20 centímetros sobre el nivel del agua en el primer muestreo. En cada muestreo posterior, la distancia de esta marca al nivel del agua es medida nuevamente pues este sistema representa la base del cálculo como se explica más adelante.

Para la determinación del área se asumió la figura geométrica de un trapecio para cada tramo (figura 4), para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

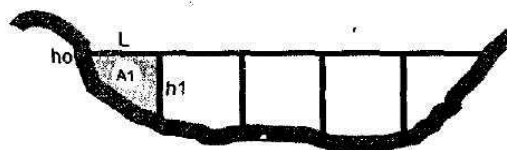


Figura 4. Medición de las profundidades en distintos puntos del efluente.

$$A_1 = \frac{h_0 + h_1}{2} \times L \quad (1)$$

donde:

- A_1 = área del tramo 1
- h_0, h_1 = profundidades en los extremos del tramo
- L = ancho de la superficie del tramo

Si $h_0 = 0$, la figura es un triángulo, siendo su área:

$$A_1 = \frac{h_0}{2} \times L \mathbf{(2)}$$



Figura 5. Medición de la profundidad del río Piedras Blancas final por tramos.

Elaboración de la Hoja de Cálculo en Excel.

El procedimiento descrito anteriormente simplifica el proceso de medición del área ya que en los subsecuentes muestreos sólo fue necesario medir el nivel del agua con respecto a la marca de referencia y el ángulo de medición. Para el cálculo del caudal se elaboró una hoja de cálculo en Excel la cual se muestra a continuación⁵.

Tabla 1. Hoja de cálculo desarrollada para determinar el caudal en el lugar conocido como Virilla 6.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|------------|---------|-------------|--------|-------------|-------|-----------|---------|--------|--------|
| 1 | | NIVEL | | | | | | | | |
| 2 | | Inicial | final | | Inclinacion | Largo | Inc. | | | |
| 3 | | (m) | (m) | | (grados) | (m) | (m) | | | |
| 4 | | 0.20 | 0.21 | | 20 | 8.0 | 0.1 | | | |
| 5 | NIVEL | 0.19 | 0.20 | | | | | | | |
| 6 | CORREGIDO | | | | | | | | | |
| 7 | Referencia | 0.01 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | Punto | Ancho | Profundidad | | Inc. | area | Velocidad | Caudal | | Inc. |
| 10 | Medicion | Tramo | | | (m) | (m2) | (m/s) | (m3/s) | (l/s) | (m) |
| 11 | (m) | (m) | (m) | | (m) | | | | | |
| 12 | 0.00 | | 0.21 | -0.21 | 0.005 | | | | | |
| 13 | 0.50 | 0.50 | 0.25 | -0.25 | 0.005 | 0.115 | 0.183 | 0.021 | 21.08 | 0.0200 |
| 14 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | -0.325 | 0.005 | 0.144 | 0.183 | 0.026 | 26.35 | 0.0154 |
| 15 | 2.00 | 1.00 | 0.89 | -0.89 | 0.005 | 0.608 | 0.183 | 0.111 | 111.38 | 0.0056 |
| 16 | 3.00 | 1.00 | 0.85 | -0.85 | 0.005 | 0.870 | 0.117 | 0.102 | 101.50 | 0.0059 |
| 17 | 4.00 | 1.00 | 0.93 | -0.93 | 0.005 | 0.890 | 0.117 | 0.104 | 103.83 | 0.0054 |
| 18 | 5.00 | 1.00 | 1.19 | -1.19 | 0.005 | 1.060 | 0.117 | 0.124 | 123.67 | 0.0042 |
| 19 | 6.00 | 1.00 | 0.72 | -0.715 | 0.005 | 0.953 | 0.160 | 0.152 | 152.40 | 0.0070 |
| 20 | 7.00 | 1.00 | 0.36 | -0.36 | 0.005 | 0.538 | 0.160 | 0.086 | 86.00 | 0.0139 |
| 21 | 8.00 | 1.00 | 0.65 | -0.645 | 0.005 | 0.503 | 0.160 | 0.080 | 80.40 | 0.0078 |
| | | | | | | | | PROMEDI | 0.0095 | |
| | | | | | | | | TOTAL | 806.61 | 12.6 |

Una explicación detallada referente a esta hoja de cálculo se encuentra en la referencia bibliográfica de Calvo, G y Mora, J. 2007 para su revisión⁵.

La velocidad del cuerpo receptor se midió en tres puntos diferentes a lo ancho del río; estos datos se anotaron en la zona azul oscuro. Se asume que en los otros tramos donde no se efectuó la medición, la velocidad es la misma a una de esas tres mediciones. De ahí la importancia de seleccionar cuidadosamente el punto donde se efectúan las mediciones en cada muestreo el cual debe ser lo más homogéneo posible en su velocidad. Multiplicando el "área" por la "velocidad" obtenemos la columna de "caudal". Dado que la columna "caudal" muestra el cálculo de esta medición por tramo, entonces se deben sumar cada uno de ellas para conocer el caudal asociado a todo el río.

También se incluyen columnas para indicar la incertidumbre asociada al equipo de medición y hacer el cálculo correspondiente de la incertidumbre final del resultado para el uso adecuado de cifras significativas en el reporte del caudal. La forma de calcular este resultado queda a criterio del usuario⁵.

Los datos de "profundidad" generados en valores negativos (D12-D21) son empleados para la generación de la siguiente figura:

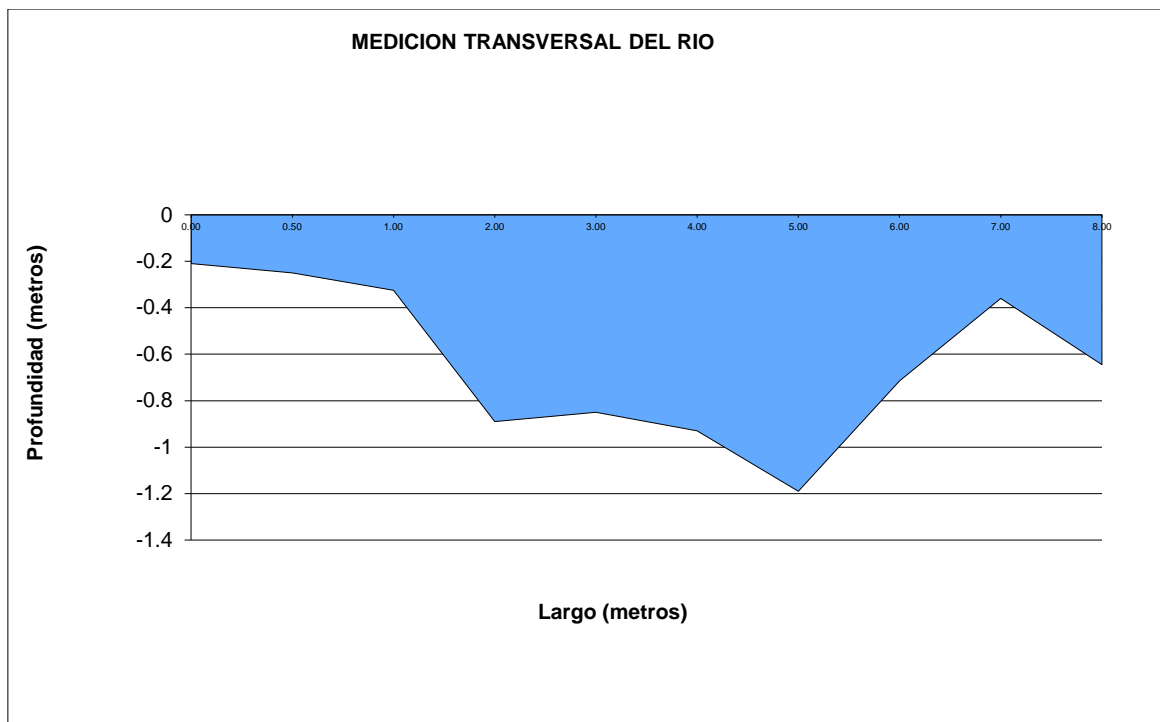


Figura 6. Representación gráfica del área transversal del efluente.

Medición de otros parámetros físico químicos

Además, se midió la temperatura y el pH del río, durante todo el período de estudio en los lugares de muestreo.

En los meses de Febrero a Agosto del 2009, se midieron otros parámetros físicos químicos que no forman parte del proyecto pero que complementan la información adquirida en los ríos muestreados, estos son: contenido de fosfatos, de sólidos suspendidos totales y de cloruros. Su medición se hizo para conocer el comportamiento de estos parámetros en la zona de Osa y que serán mediciones que se efectuarán en otro estudio posterior pero que resulta conveniente incluirlos dentro de estos resultados para ampliar la información adquirida.

Determinación de coliformes fecales

La contaminación por coliformes fecales fue uno de los problemas más influyentes en el deterioro de los cuerpos de agua. Igualmente, este parámetro no fue contemplado en el proyecto; sin embargo, se agregó como complemento al estudio efectuado en la zona.

El contenido de los coliformes fecales se determinó en los meses de Enero a Agosto del 2009. En este estudio se usó el método de fermentación de tubos múltiples, conocidos como número más probable (NMP) para determinar las bacterias coliformes fecales del Standard Methods for the examination of water and wastewater¹.

Determinación de la precipitación pluvial

Los datos de precipitación pluvial fueron suministrados por la organización no gubernamental (ONG) Amigos de Osa. Adjunto el plano donde se encuentran localizadas las 4 estaciones meteorológicas: San Pedrillo, Sirena, los Patos y La Leona.

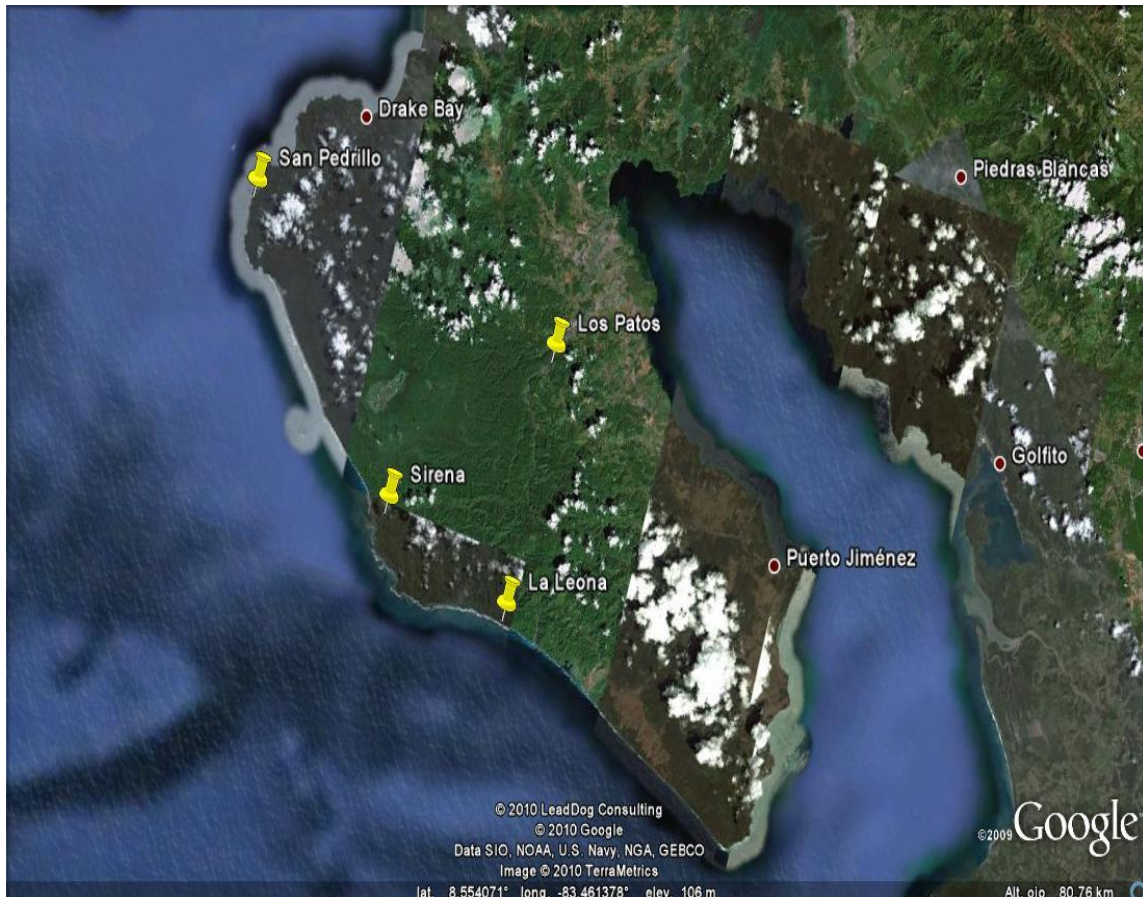


Figura 7. Localización de las 4 estaciones meteorológicas de la ONG, Amigos de Osa

Los datos de precipitación pluvial de la estación meteorológica de San Pedrillo se utilizaron para los datos de los muestreos recolectados en la zona de Drake. La de los Patos brindó información con referencia a la información de la subcuenca del Río Rincón, la zona de Piedras Blancas, del Río Tigre y la Quebrada Cacao en Puerto Jiménez.

Densidad Poblacional

No existe información sobre densidad poblacional en la Península de Osa, excepto en Puerto Jiménez. Por tal motivo fue necesario entrevistar a los pobladores de cada una de las zonas muestreadas en un rango de un kilómetro cuadrado para tener un dato aproximado del número de habitantes promedio por casa de habitación. El número de casas por área en cada punto, se efectuó contando la totalidad de ellas.

El cálculo de la densidad poblacional no se hizo tomando la población total y el área total de la zona de interés, sino que se determinó la población existente en las cercanías de los puntos de muestreo. Este cálculo se efectuó de esta manera porque interesa conocer el grado de impacto de la población sobre la calidad del agua en los puntos muestreados.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con la ayuda de programa de cómputo “Statistical Package for Social Science” (SPSS).

El análisis de correlación bivariada requiere que se cumpla el supuesto de normalidad en los datos así como homogeneidad en las varianzas⁸.

Posterior a esta etapa se analizó el grado de asociación lineal entre pares de variables a través del coeficiente de correlación de Pearson (Análisis de Correlación Bivariada). Este coeficiente indica si existe o no correlación entre 2 variables⁸. Fue de especial interés verificar si existía correlación entre la calidad del agua y cada una de las variables dependientes. Si el programa de cálculo lo permite, se debe emplear un nivel de significancia de 0.10.

Durante el período de muestreo, se evaluarán dos épocas, la seca y la lluviosa, las cuales pueden presentar diferencias significativas entre ambas. Siendo así necesario que el modelo contemplara ambas épocas del año. Para corroborar dicha posibilidad se efectuó un análisis estadístico de todos los datos diferenciados por tipo de indicador y por punto de muestro recolectado. Se les analizó a través de la Prueba de Comparación Múltiple, tales como la de Scheffe ($\alpha = 0.05$) y Turkey ($\alpha = 0.05$), que son de las más empleadas pero que presentan sensibilidades diferentes⁸.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro 4 muestra los resultados obtenidos en cada uno de los puntos muestreados por 12 meses, empleando el Sistema de Clasificación Holandés para la clasificación de la calidad del agua. Se puede observar que predominaron los niveles de “no contaminada” y “contaminación incipiente”. En el caso de la Quebrada de Cacao en Puerto Jiménez ninguno de los meses muestreados mostró niveles de “no contaminada”; en cambio, predominan los de “contaminación incipiente” y “moderada”.

Cuadro 4. Calidad del agua según el Sistema Holandés durante 12 meses.

| PUNTO DE MUESTREO\MES | Se t | Oc t | No v | Di c | En e | Fe b | Ma r | Ab r | Ma y | Ju n | Ju l | Ag o | Pro m |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Rio PiedrasBlancasInicial | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.7 |
| Rio PiedrasBlancas final | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.4 |
| Rio Drake Inicial | 6 | 7 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Rio Drake Final | 6 | | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 6 | 4 | 3 | 6 | 4.3 |
| QuebradaEl CarmenInicial | 5 | | 4 | 3 | 4 | 6 | 9 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4.5 |
| QuebradaEl Carmen final | 6 | | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.6 |
| Rio Rincon Inicial | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.1 |
| Rio Rincon Final | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Rio Tigre Inicial | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 6 | 3.6 |
| Rio Tigre Final | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3.4 |
| Quebrada Cacao I | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 5 | 6 | 5 | 5.7 |
| Quebrada Cacao II | | | | 6 | | | | | | 10 | 7 | 7 | 7.5 |
| Quebrada Cacao final | | | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5.6 |

El cuadro 5 muestra que la localidad de Puerto Jiménez al cual pertenece la Quebrada Cacao, es la más poblada de las zonas muestreadas. El punto de Quebrada Cacao Final está cerca del aeropuerto de Puerto Jiménez y su densidad poblacional en ese punto es de 3330 habitantes/km². Existe un movimiento importante de turistas al poblado pero no fue posible determinar la proporcionalidad residente y los turistas que andan de paso.

Los niveles de contaminación de los tres puntos muestreados en Quebrada Cacao son similares uno de otro. A pesar de no haber población residente en un km² de los puntos iniciales muestreados, sus valores son similares a los de Quebrada Cacao Final. Tal situación puede deberse a que el caudal en estas Quebradas es sumamente pequeño por lo que el efecto de los vecindarios cercanos repercute en la calidad de sus aguas. Otro factor fue que no existe mucha diferencia entre las distancias de Cacao I o II a Cacao Final pues la distancia es de apenas 600 metros.

Cuadro 5. Densidad poblacional en cada punto de muestreo.

| Puntos de muestreo | Densidad Poblacional (hab/km ²) |
|-----------------------------|--|
| Rio Piedras Blancas Inicial | 13.3 |
| Rio Piedras Blancas final | 1794.0 |
| Rio Drake Inicial | 5.0 |
| Rio Drake Final | 135.0 |
| Quebrada El Carmen Inicial | 5.0 |
| Quebrada El Carmen final | 207.0 |
| Rio Rincon Inicial | 0.0 |
| Rio Rincon Final | 2.0 |
| Rio Tigre Inicial | 4.0 |
| Rio Tigre Final | 0.0 |
| Quebrada Cacao I | 0.0 |
| Quebrada Cacao II | 0.0 |
| Quebrada Cacao final | 3330.0 |

La zona de Piedras Blancas Final posee una densidad poblacional que es la mitad de Puerto Jiménez por lo que podría preverse una contaminación incipiente. Sin embargo, predomina la “no contaminación”. Esta diferencia puede explicarse en el hecho de que existe una escasa cobertura boscosa en un radio de 1-2 km en la zona de Puerto Jiménez, mientras que la cobertura boscosa es bastante exuberante en la zona de Piedras Blancas. En Piedras Blancas inicial predominan los bosques naturales compuesta de árboles altos, mientras que en los alrededores de Piedras Blancas Final existe una densa siembra de Palma Africana (ver imágenes satelitales en el anexo 1). Además, en la zona de Puerto Jiménez, el río es una quebrada con un caudal muy bajo; mientras que en la localidad de Piedras Blancas, el caudal del río es alto (ver el cuadro 9).

La subcuenca del Río Tigre se caracteriza por su carácter de no contaminada durante la época seca. Sin embargo, cambia de categoría a “contaminación incipiente” durante la época lluviosa probablemente por el arrastre de sedimentos y otros materiales orgánicos hacia los ríos, lo cual es bastante notorio después de la caída de lluvias. Este río presentó un caudal alto, especialmente durante la época lluviosa (ver cuadro 9 y un mayor detalle en el anexo 2). La cantidad de sólidos suspendidos fue bastante notoria en la época de invierno (ver anexo 2). Su densidad poblacional fue prácticamente cero en los puntos muestreados aunque existe población localizada a lo largo de su ruta como lo es el pueblo de Gallardo localizado a la mitad de ambos puntos de muestreo y la población en Dos Brazos, que se encuentra posterior al punto de muestreo inicial. La distancia entre el punto inicial y el final fue de 8 kilómetros.

El análisis estadístico de Correlación de Pearson Bivariado mostró que existe una correlación negativa entre la calidad del agua y la densidad poblacional. A mayor densidad poblacional, la calidad del agua disminuye (nivel de significancia de un 90%, Anexo 3).

El análisis individual de cada uno de los parámetros involucrados en el cálculo del Índice de Calidad Holandés permitió evaluar las posibles fuentes de contaminación que afecta a cada uno de los ríos.

Cuadro 6. Determinación de la calidad de agua utilizando únicamente el DBO como parámetro de cálculo.

| PUNTO DE MUESTREO\MES | DBO | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago |
| Rio PiedrasBlancasInicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio PiedrasBlancas final | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Drake Inicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Drake Final | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Drake Inicial | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Drake final | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Rincon Inicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Rincon Final | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Tigre Inicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Rio Tigre Final | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Cacao I | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Cacao II | | | | 2 | | | seco | | | 3 | 2 | 1 |
| Quebrada Cacao final | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

El cuadro 6 muestra que la concentración del DBO, la cual se asocia a la carga orgánica que le llega a los ríos, es idónea pues predomina el color azul (no contaminación).

Igualmente ocurre con el contenido de $N-NH_4^+$ que se muestra en el cuadro 7, el cual tiene que ver con presencia de fertilizantes usado en actividades agrícolas o por la presencia de excretas provenientes de humanos, excepto en los meses de Setiembre y Octubre donde los cambios en la calidad del agua fueron marcados.

En las zonas de mayor densidad poblacional como lo son las poblaciones en Bahía Drake, Puerto Jiménez y Piedras Blancas, donde predomina el uso del tanque séptico, los resultados encontrados en los cuadros 6 y 7 parecen indicar que las aguas residuales domésticas generadas por estas poblaciones no tienen un impacto negativo hacia el ambiente.

Cuadro 7. Determinación de la calidad de agua utilizando únicamente el N-NH_4^+ como parámetro de cálculo.

| PUNTO DE MUESTREO\MES | N-NH ₄ ⁺ | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago |
| Rio PiedrasBlancasInicial | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio PiedrasBlancas final | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Drake Inicial | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Drake Final | 4 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Drake Inicial | 3 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Drake final | 3 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Rincon Inicial | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Rincon Final | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Tigre Inicial | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Tigre Final | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Cacao I | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| Quebrada Cacao II | | | | 1 | | | seco | | | 2 | 1 | 1 |
| Quebrada Cacao final | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Los datos sobre precipitación pluvial que se encuentran en el anexo 2 muestran que los meses con mayores precipitaciones pluviales fueron Setiembre, Octubre y Noviembre. Octubre presentó el doble de lluvia con relación a Setiembre o Noviembre. Los niveles de amonio se incrementaron notoriamente en Setiembre y Octubre posiblemente por un efecto de escorrentía de los suelos hacia los ríos asociados a las fuertes lluvias. En cada uno de los puntos muestreados el efecto fue el mismo (ver cuadro 7). Sin embargo, el efecto mayor fue en la zona de Piedras Blancas y la zona de Drake. Se presume que la causa se debe a que estas zonas poseen una alta actividad agrícola y ganadera con respecto a las otras zonas.

El análisis del PSO y su relación con la calidad del agua (cuadro 8) muestra variaciones mayores, según el punto muestreado y el mes. El PSO se relaciona con el OD en los ríos, parámetro estrechamente relacionado con la sustentabilidad de la vida en los mismos. Se considera que valores menores a 4 mg de Oxígeno/L no permite la vida de peces de cierto tamaño.

A pesar de que el análisis de Correlación de Pearson Bivariado entre el Caudal y el PSO no presenta una correlación significativa (nivel de significancia al 90%, Anexo 3), sí se puede intuir al comparar el cuadro 8 y el 9, que los mayores niveles de contaminación de los ríos utilizando únicamente el PSO, fueron los puntos en la Quebrada de Drake y la Quebrada Cacao, los cuales se relacionan con niveles de caudal bastante bajos (ver cuadro 9). El movimiento de las aguas en esos dos puntos usualmente fue lento, mientras que en el resto de los ríos presentaban corrientes grandes con cauces llenos de piedras donde la aireación se facilita.

Cuadro 8. Determinación de la calidad de agua utilizando únicamente el PSO como parámetro de cálculo.

| PUNTO DE MUESTREO\MES | PSO | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago |
| Rio PiedrasBlancasInicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio PiedrasBlancas final | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Rio Drake Inicial | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Rio Drake Final | 1 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 |
| Quebrada Drake Inicial | 1 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Quebrada Drake final | 2 | | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Rio Rincon Inicial | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Rio Rincon Final | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Rio Tigre Inicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Rio Tigre Final | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Quebrada Cacao I | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| Quebrada Cacao II | | | | 3 | | | seco | | | 5 | 4 | 5 |
| Quebrada Cacao final | | | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 |

Cuadro 9. Variabilidad de los niveles de caudal en los puntos muestreados.

| Puntos de muestreo | Promedio (L/s) | Rango (L/s) |
|------------------------|----------------|-------------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 1401 | 170-3200 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 1339 | 25-5500 |
| Rio Drake Ini | 213 | 20-1000 |
| Rio Drake Fin | 1182 | 380-2500 |
| Quebrada Drake Ini | 1 | 0-4 |
| Quebrada Drake fin | 23 | 3-50 |
| Rio Rincon Ini | 268 | 50-800 |
| Rio Rincon Fin | 8294 | 2000-20000 |
| Rio Tigre Ini | 60 | 7-210 |
| Rio Tigre Fin | 290 | 0-1000 |
| Quebrada Cacao 1 | 1 | 0-4 |
| Quebrada Cacao 2 | 0 | 0-0.5 |
| Quebrada Cacao fin | 27 | 4-100 |

Las zonas que presentaron una mayor contaminación, como se mencionó antes, fueron las de Puerto Jiménez y la población de Bahía Drake. Puerto Jiménez tiene la densidad poblacional mayor de todas (3330 habitantes/km²); además es la mayor zona turística de todas las estudiadas. La población de Drake presento una contaminación menor pero importante. Sin embargo, su densidad poblacional es relativamente baja en cuanto a sus habitantes residentes y el turismo. La población de Río Piedras Blancas tiene una población importante de 1794 habitantes/km² pero no mostro una

contaminación importante, a pesar de su alta población. La zona de Piedras Blancas presenta una cobertura boscosa bastante alta, a pesar del desarrollo urbanístico. En cambio, Puerto Jiménez y la zona de Drake muestran una reducción en la cobertura boscosa bastante notoria el cual ha sido remplazado para el desarrollo urbanístico y para actividades agrícolas y ganaderas (ver imágenes satelitales en el anexos 1D, 1E y 1F).

El análisis de Correlación de Pearson Bivariable mostró una fuerte correlación positiva del pH con respecto a la calidad del agua (nivel de significancia de 99.1%, Anexo 3). Asimismo, hay una fuerte correlación negativa del contenido de fosfatos (nivel de significancia de un 99.9%), una correlación negativa del contenido de cloruros (nivel de significancia de un 98%) y una correlación negativa del contenido de coliformes fecales (nivel de significancia de un 91%) con relación a la calidad de los ríos. Igualmente importante es mencionar que este análisis no mostró correlación significativa de la variable Densidad Poblacional con respecto al parámetro DBO o N-NH_4^+ . Sin embargo, sí existe una correlación negativa entre Densidad Poblacional y OD, así como entre Densidad Poblacional y PSO (nivel de significancia de 99.7%).

Finalmente para determinar si existe diferencia entre los datos obtenidos en el verano con los obtenidos en el invierno, se efectuó el análisis estadístico Prueba de Comparación Múltiple. Se utilizó la metodología de Scheffe, la de Duncan y la de Tukey con un nivel de significancia de un 95%. Estas metodologías tienen distinto grado de sensibilidad por lo que los resultados difieren entre sí. Pero fue claro de que no existe una diferencia significativa entre un período y otro, por lo que sería inapropiado separarlos.

5. CONCLUSIONES

La Península de Osa es una zona de una riqueza particular que alberga una biodiversidad tanto en fauna como en flora extraordinaria. Ha sido objeto de esfuerzos por parte de distintas instituciones y organizaciones en darle protección. A pesar de las características de la zona, ya presenta una contaminación incipiente, dependiendo del sitio y el mes del muestreo. Particularmente de especial atención es el poblado de Puerto Jiménez que muestra niveles de contaminación moderada, según el Índice de Clasificación Holandés.

La contaminación en los ríos depende de la densidad poblacional; sin embargo, el alcance de la contaminación en cada zona dependerá del tipo de suelo, del desarrollo urbanístico y la cobertura boscosa. Típicos ejemplos de esta variabilidad son los poblados de Puerto Jiménez, el poblado de Piedras Blancas y el pueblo en la Bahía de Drake.

El análisis por separado de los parámetros que conforman el sistema del Índice de Clasificación Holandés de la calidad del agua, parece indicar que la variación en la calidad de las aguas no depende de la carga orgánica o por la posible descarga de excretas humanas a los ríos. El parámetro que más influye es la variación en el oxígeno disuelto lo cual parece primordialmente depender del caudal del mismo y la geomorfología del río.

Tanto el contenido de fosfatos, de cloruros y de coliformes fecales está correlacionado con la calidad de las aguas en forma negativa; esto es, a mayor cantidad de fosfatos, de cloruros y/o coliformes fecales, menor es la calidad de las aguas. Mientras que el valor de pH de las aguas se correlaciona en forma positiva; esto es, a menor valor en el pH, menor la calidad de las aguas.

Es importante que instituciones y organismos interesados en el tema de la conservación en la Península de Osa trabajen con la comunidad para que los niveles bajos de contaminación no se incrementen en el futuro. La zona de Osa ha experimentado un crecimiento económico y social, principalmente por el crecimiento turístico y por el incremento en la infraestructura en la zona.

RECOMENDACIONES

El presente trabajo tiene la virtud de haber recopilado información valiosa sobre la calidad de las aguas en diversos ríos importantes de la zona considerando diversos parámetros físico químicos y microbiológicos, durante todo un año con muestreos mensuales, trabajo que no había sido hecho en el pasado.

En la actualidad, la zona se viene desarrollando velozmente por su gran atractivo turístico y por la inversión en infraestructura, tales como el pavimentado de las carreteras y la construcción de puentes nuevos como reemplazo a aquellos que tienen más de 40 años.

Dada la importancia que tiene la zona por su alta biodiversidad en plantas y animales, así como su valor invaluable y el legado que representa para la humanidad, es importante continuar con este tipo de monitoreos con el fin de seguir valorando la calidad de las aguas. Igualmente importante es generar nuevos proyectos que mitiguen el impacto negativo en el ambiente a través de sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas, el manejo apropiado de los desechos sólidos y un proceso de concientización a la población sobre la importancia del cuidado del ambiente.

Es necesario hacer estudios sobre las prácticas agrícolas y ganaderas que se dan en la zona con la finalidad de promover prácticas sostenibles. Siendo la Península de Osa una zona de fuertes lluvias, un manejo inadecuado de la tierra genera en procesos erosivos acelerados y el arrastre de sedimentos por los ríos de alto caudal.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Instituto Tecnológico de Costa Rica (**ITCR**), y en especial a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (**VIE**) por el apoyo tanto financiero como administrativo. También a la **Fundación Neotrópica** por el apoyo logístico brindado en este proyecto durante la realización de las giras para los muestreos. Además, agradecemos al Centro de Investigación en Protección Ambiental (**CIPA**) y al Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (**CEQIATEC**) por su gran respaldo al proyecto.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. APHA. 2000. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 edición, Digital edition.
2. Autores varios. 2003. **Periódico El Financiero**. 21-27 de Julio, 2003, páginas 217-281.
3. AyA. 2003. **VII Congreso Nacional de ingeniería sanitaria y ambiental**. Patrocinado por ACREH, CII, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. San José, Costa Rica. 27-29 Agosto 2003.
4. Brenes, L.G. 1988. **Impacto ambiental de la explotación del oro en el Parque Nacional Corcovado**. PENINSULA DE OSA. Tesis.
5. Calvo, G y Mora, J. 2007. **Evaluación y clasificación preliminar de la calidad de agua de la cuenca del Río Tárcoles y el Reventazón. Parte II.: Modelo utilizado en la medición de caudales investigados**. *Tecnología en Marcha*, 20(3), Julio-Setiembre, 2007.
6. CEDARENA. 2007. **El corredor biológico de Osa: Conservación y desarrollo sostenible en el corazón de la Península de Osa**. Documento.
7. FAO. 2001. **Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural**. Boletín de tierras y aguas de la FAO. <http://uned.blackboard.com/webct/urw/lc5116001.tp0/cobaltMainFrame.dowebct> (15/06/2009).
8. Ferrán, M. 2001. **SPSS para Windows: Análisis estadístico**. Edición primera. McGraw-Hill. Madrid, España.
9. Fundación Neotrópica. 1992. **Evaluación ecológica rápida Península de Osa**. Programa BOSCOA de la Fundación Neotrópica. Informe Final, Agosto 1992.
10. González, C.R. 1992. **Impacto ambiental de la explotación de oro artesanal, Península de Osa**. Tesis.
11. Nass, S.S. et al. 2008. **Effects of some wáter quality parameters on the dissolved oxygen balance of streams**. Polish Journal of Environmental Studies, 2008, Vol. 17 Issue 4, p531-538, 8p.

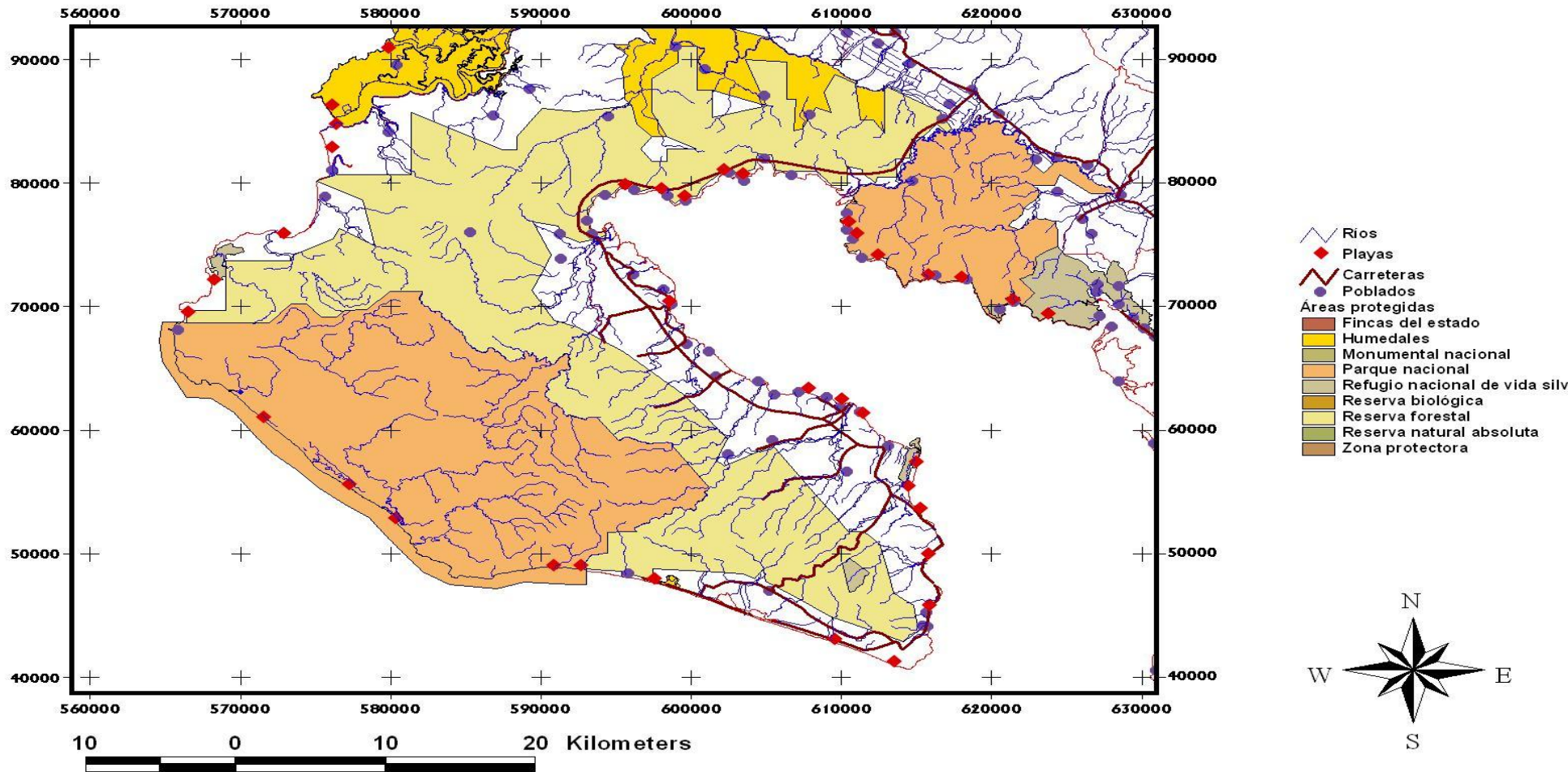
12. OMCO. 2010. **Estadísticas de enfermedades provocadas por el agua.** Consumer World Organization. www.omco.org/agua/estadisticas_enfermedades_por_agua.htm. (13/02/10).
13. Parparov, A. et al. 2006. **Water quality quantification: basics and implementation.** Hydrobiologia, May 2006, Vol. 560 Issue 1, p227-237, 11p.
14. ProDUS. 2006.. **Plan regulador cantonal de Osa: Prediagnóstico.** Primer Informe de Diagnóstico. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
15. Rosero, L. y otros. 2007. **Bosque y población en la Península de Osa.** <http://ccp.ucr.ac.cr/seminario/pdf/rosero.pdf>.
16. Sanchez V., A. 2009. **Antología curso: geodinámica y problemas ambientales.** Doctorado en Ciencias Naturales para el desarrollo, 3ª promoción 2009, Universidad de Chapingo, México. p. 262.
17. Ugalde, J. et al. 2007. **Programa de monitoreo ecológico del estado de conservación del sitio Osa.** Documento de Trabajo. INBio.
18. Vargas, G. **Evaluación ecológica de impactos ambientales en la explotación del Oro: Casos del Río Tigre y Agujas. Península de Osa.** Informe Final.
19. Varios. 2007. **Corcovado and Osa Península.** <http://raindoesttours.com/coco/htm>.

ANEXO 1

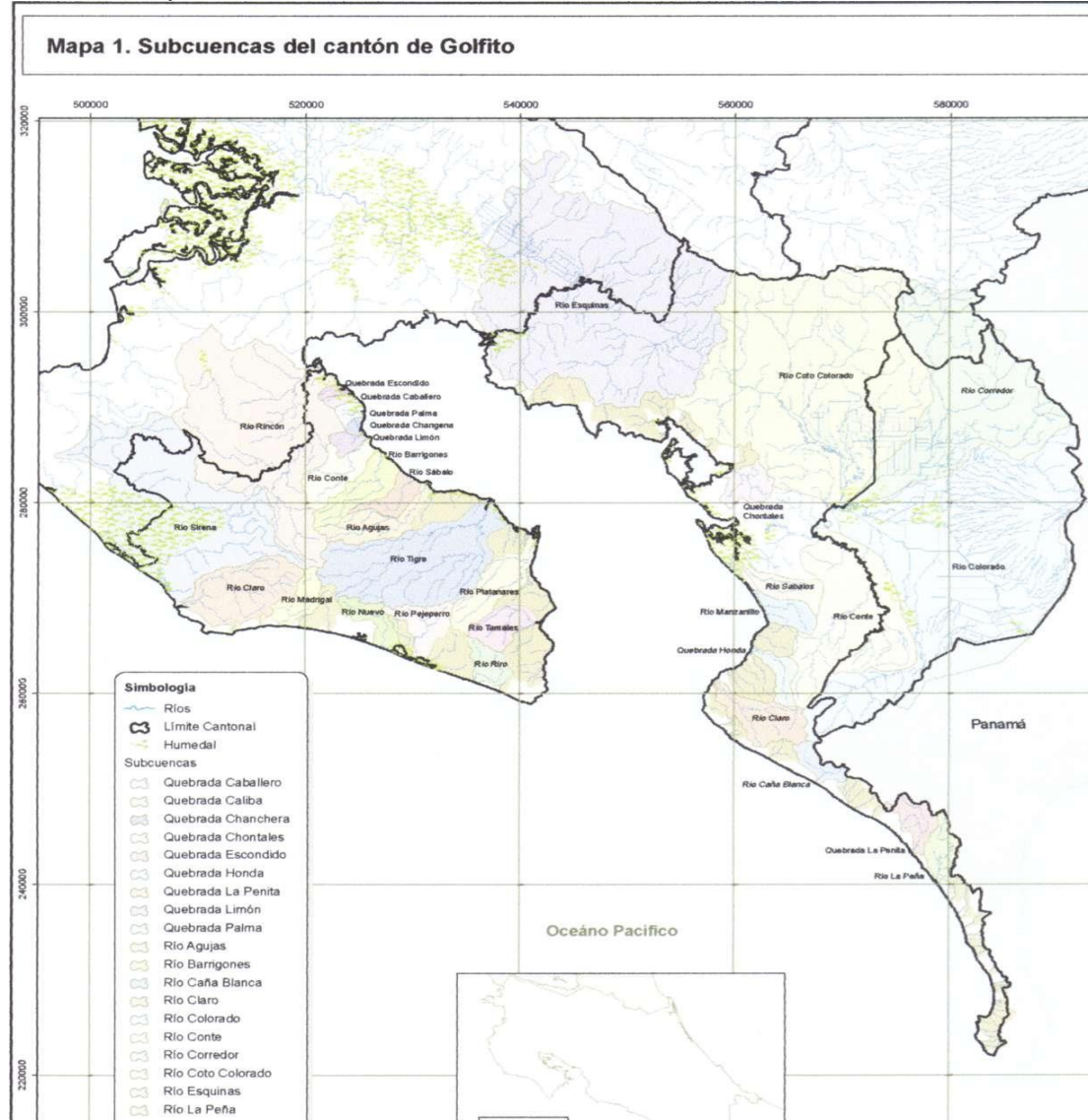
MAPAS DE LA ZONA

Anexo 1A. Mapa de la Península de Osa donde se indican algunos usos de la tierra.

Península de Osa



Anexo 1B. Mapa de la zona de Osa donde se identifican las distintas subcuencas.



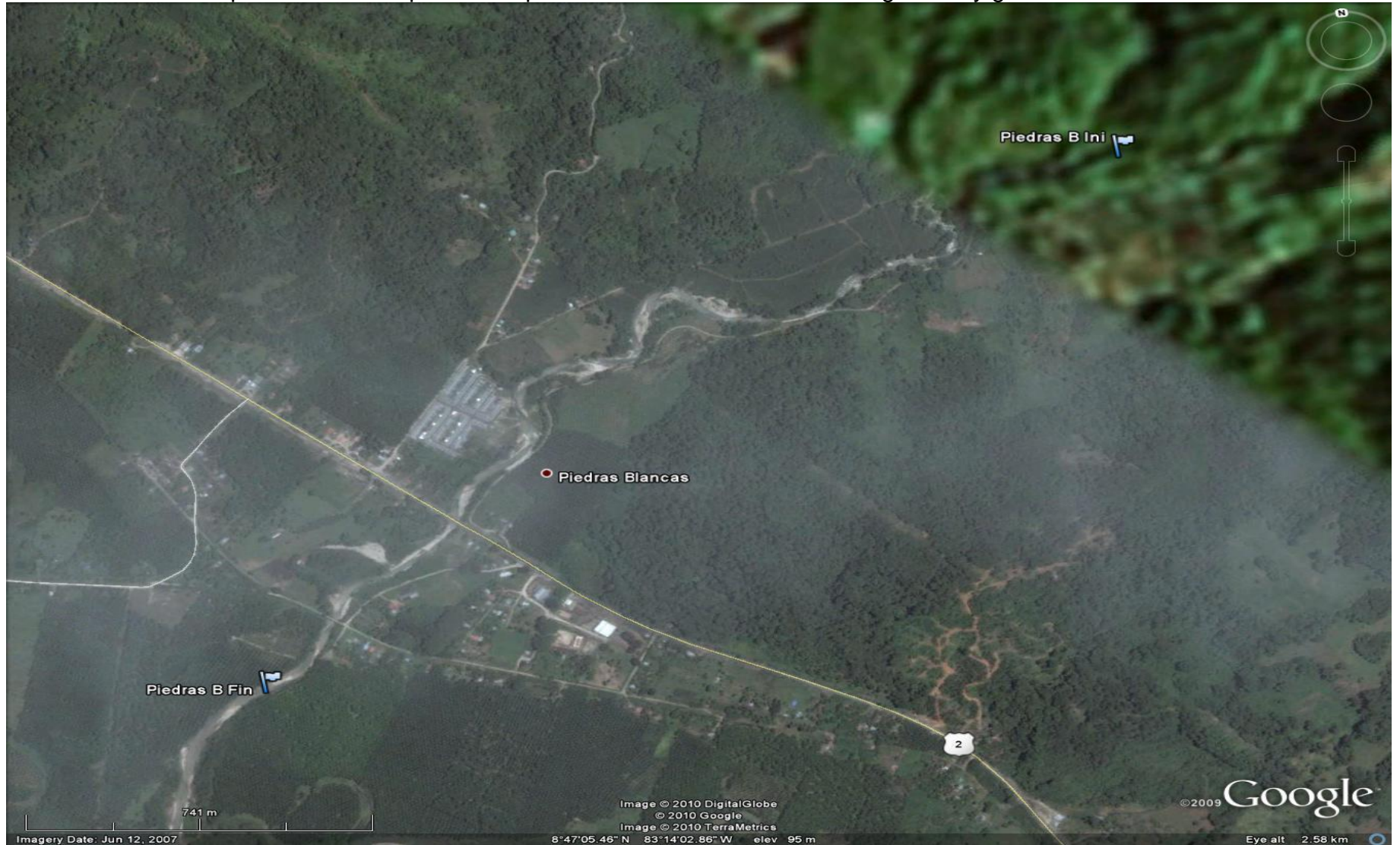
Anexo 1C. Imagen satelital de la Península de Osa donde se observan cada uno de los puntos muestreados.



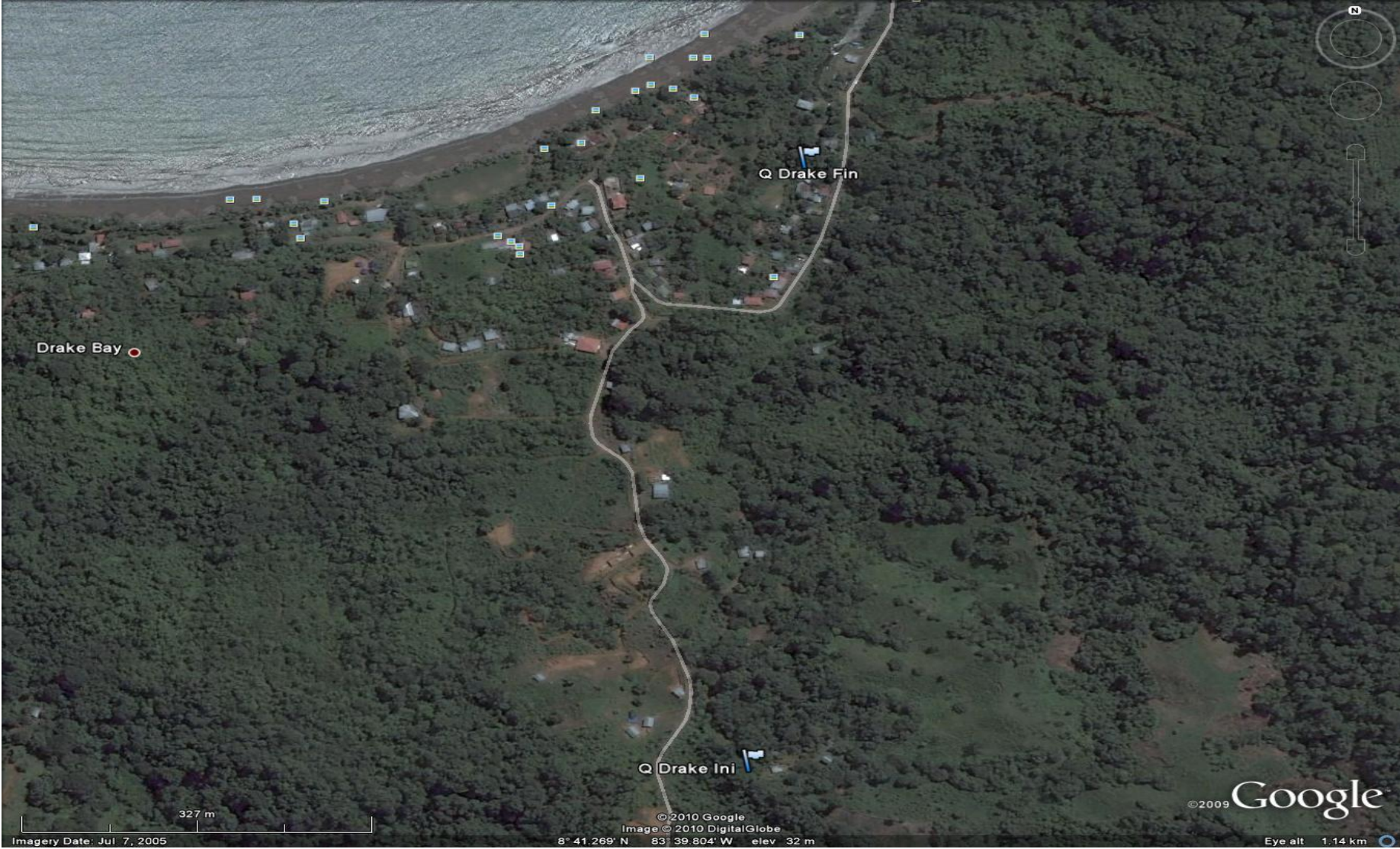
Anexo 1D. Imagen satelital de Puerto Jiménez donde se aprecian las diferencias en cobertura boscosa. Las zonas en café corresponde aquellas dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas.



Anexo 1E. Imagen satelital de Piedras Blancas donde se aprecian las diferencias en cobertura boscosa. Las zonas en verde claro cerca de la población corresponde a aquellas dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas.



Anexo 1F. Imagen satelital de Bahía de Drake donde se aprecian las diferencias en cobertura boscosa. Se nota una importante pérdida de la cobertura boscosa en zonas dedicadas al desarrollo urbanístico.



ANEXO 2

DATOS DE LA ZONA

Anexo 2A. Índice de calidad de las aguas muestreadas según el sistema Holandés de Clasificación.

| PUNTO DE MUESTREO\MES | Se t | Oc t | No v | Di c | En e | Fe b | Ma r | Ab r | Ma y | Ju n | Ju l | Ag o | Pro m |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.7 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3.4 |
| Rio Drake Inicial | 6 | 7 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Rio Drake Final | 6 | | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 6 | 4 | 3 | 6 | 4.3 |
| Quebrada Drake Inicial | 5 | | 4 | 3 | 4 | 6 | 9 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4.5 |
| Quebrada Drake final | 6 | | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4.6 |
| Rio Rincon Inicial | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4.1 |
| Rio Rincon Final | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Rio Tigre Inicial | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 6 | 3.6 |
| Rio Tigre Final | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3.4 |
| Quebrada Cacao I | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 5 | 6 | 5 | 5.7 |
| Quebrada Cacao II | | | | 6 | | | | | | 10 | 7 | 7 | 7.5 |
| Quebrada Cacao final | | | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5.6 |

Anexo 2B. Índice de calidad de las aguas muestreadas según el sistema Holandés de Clasificación utilizando únicamente el parámetro PSO.

| PUNTO DE MUESTREO\MES | PSO | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | |
| Rio PiedrasBlancasInicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Rio PiedrasBlancas final | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Rio Drake Inicial | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| Rio Drake Final | 1 | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | |
| Quebrada Drake Inicial | 1 | | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
| Quebrada Drake final | 2 | | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | |
| Rio Rincon Inicial | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | |
| Rio Rincon Final | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | |
| Rio Tigre Inicial | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | |
| Rio Tigre Final | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | |
| Quebrada Cacao I | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | |
| Quebrada Cacao II | | | | 3 | | | seco | | | 5 | 4 | 5 | |
| Quebrada Cacao final | | | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | |

Anexo 2E. Datos del Oxígeno Disuelto medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|------------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 8.40 | 8.62 | 8.43 | 8.25 | 8.05 | 8.23 | 7.92 | 8.14 | 8.37 | 8.31 | 8.35 | 8.23 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 9.58 | 8.21 | 8.04 | 8.22 | 9.30 | 7.32 | 7.71 | 7.56 | 7.97 | 7.75 | 7.09 | 7.58 |
| Laguna Chocuaco | 0.26 | 3.73 | 0.87 | | | | | | | | | |
| Rio Riyito | 2.72 | 4.34 | 4.35 | | | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 7.41 | 7.56 | 7.47 | 7.32 | 7.17 | 7.40 | 6.57 | 7.47 | 7.72 | 7.42 | 6.42 | 7.06 |
| Rio Drake Fin | 7.41 | | 7.25 | 7.09 | 6.70 | 5.52 | 8.66 | 8.00 | 2.45 | 5.48 | 7.73 | 3.79 |
| Quebrada Drake Ini | 7.52 | | 8.28 | 7.76 | 7.39 | 3.43 | 0.97 | 4.51 | 5.60 | 7.48 | 7.45 | 7.46 |
| Quebrada Drake fin | 7.15 | | 6.77 | 7.25 | 6.00 | 6.16 | 4.92 | 5.61 | 5.90 | 6.98 | 6.61 | 7.05 |
| Rio Rincon Ini | 7.29 | 7.10 | 7.80 | 5.70 | 6.84 | 7.78 | 5.66 | 7.82 | 6.84 | 6.98 | 5.28 | 7.02 |
| Rio Rincon Fin | 8.08 | 7.07 | 7.10 | 6.97 | 7.96 | 7.29 | 6.91 | 6.80 | 6.66 | 6.56 | 5.68 | 6.66 |
| Rio Barrigones | 6.98 | | | | | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 7.85 | 8.10 | 7.93 | 8.02 | 7.81 | 7.70 | 7.44 | 7.75 | 7.14 | 7.10 | 7.60 | 7.96 |
| Rio Tigre Fin | 7.25 | 7.30 | 8.01 | 7.16 | 7.93 | 8.19 | 8.30 | 7.90 | 7.12 | 7.24 | 7.19 | 7.36 |
| Rio PlatanaresIni | 7.35 | 7.17 | | | | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 7.09 | 5.39 | 6.87 | 5.51 | 5.29 | 2.94 | 1.52 | 1.90 | 1.78 | 4.28 | 4.84 | 4.92 |
| Quebrada Cacao 2 | | | | 4.40 | | seco | seco | seco | seco | 2.09 | 2.54 | 1.08 |
| Quebrada Cacao fin | | | 4.74 | 5.06 | 3.97 | 2.95 | 1.24 | 4.2 | 1.70 | 4.62 | 5.42 | 4.56 |

Anexo 2F. Datos del PSO medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|------------------------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 100.70 | 101.30 | 100.3 | 97.8 | 95.4 | 48.5 | 95.8 | 98.1 | 100.5 | 99.8 | 101.0 | 97.9 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 119.30 | 97.00 | 97.2 | 93.3 | 11.7 | 89.5 | 93.7 | 92.5 | 97.2 | 93.4 | 93.8 | 91.4 |
| Laguna Chocuaco | 3.00 | 43.10 | 10.7 | | | | | | | | | |
| Rio Riyito | 33.30 | 51.80 | 53.1 | | | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 90.90 | 90.40 | 92.0 | 88.4 | 86.6 | 92.6 | 86.9 | 95.0 | 96.6 | 92.0 | 85.1 | 85.8 |
| Rio Drake Fin | 91.70 | | 92.0 | 87.3 | 82.0 | 74.8 | 118.0 | 104.0 | 32.1 | 70.8 | 99.7 | 47.7 |
| Quebrada Drake Ini | 94.00 | | 102.5 | 94.1 | 88.8 | 41.5 | 12.6 | 59.6 | 70.7 | 94.3 | 93.1 | 92.3 |
| Quebrada Drake fin | 90.00 | | 89.6 | 88.5 | 73.3 | 76.8 | 63.6 | 70.4 | 73.7 | 87.0 | 82.9 | 87.1 |
| Rio Rincon Ini | 94.70 | 86.00 | 93.5 | 70.4 | 87.1 | 103.4 | 70.4 | 96.8 | 88.0 | 85.9 | 67.4 | 87.9 |
| Rio Rincon Fin | 106.60 | 84.50 | 86.5 | 88.3 | 103.5 | 96.0 | 87.7 | 82.0 | 89.0 | 83.3 | 70.3 | 87.2 |
| Rio Barrigones | 90.10 | | | | | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 97.60 | 98.20 | 93.5 | 96.3 | 97.2 | 98.9 | 93.3 | 96.6 | 91.7 | 87.4 | 93.7 | 97.3 |
| Rio Tigre Fin | 93.30 | 91.80 | 96.7 | 90.4 | 108.5 | 110.1 | 96.3 | 98.1 | 100.7 | 89.1 | 90.4 | 93.7 |
| Rio PlatanaresIni | 63.00 | 89.50 | | | | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 88.70 | 66.50 | 85.8 | 69.5 | 65.9 | 36.8 | 19.3 | 23.6 | 22.1 | 52.6 | 59.3 | 61.4 |
| Quebrada Cacao 2 | | | | 55.6 | | seco | seco | seco | seco | 23.2 | 31.0 | 12.1 |
| Quebrada Cacao fin | | | 60.5 | 63.8 | 50.2 | 40.0 | 16.3 | 55.2 | 23.5 | 57.2 | 66.8 | 56.2 |

Anexo 2G. Datos del DBO medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|------------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 0.66 | 0.81 | 0.54 | 0.38 | 3.34 | 0.00 | 1.75 | 0.00 | 2.35 | 0.20 | 0.37 | 0.45 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 0.21 | 1.33 | 0.09 | 0.15 | 3.09 | 0.00 | 1.50 | 0.19 | 1.55 | 1.40 | 0.00 | 0.30 |
| Laguna Chocuaco | 0.95 | 1.22 | 3.47 | | | | | | | | | |
| Rio Riyito | 0.24 | 1.74 | 0.03 | | | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 0.25 | 0.97 | 0.62 | 0.30 | 1.94 | 0.00 | 1.60 | 0.00 | 1.05 | 0.15 | 0.81 | 0.39 |
| Rio Drake Fin | 0.63 | | 0.29 | 2.60 | 1.89 | 0.90 | 1.70 | 0.00 | 2.25 | 1.70 | 0.00 | 0.00 |
| Quebrada Drake Ini | 2.18 | | 3.59 | 1.00 | 2.94 | 0.50 | 5.70 | 0.24 | 1.35 | 2.10 | 0.00 | 0.00 |
| Quebrada Drake fin | 1.23 | | 2.04 | 0.90 | 3.74 | 0.30 | 3.55 | 1.29 | 1.25 | 2.50 | 0.16 | 0.00 |
| Rio Rincon Ini | 0.83 | 1.23 | 0.88 | 0.20 | 3.59 | 0.00 | 1.40 | 0.79 | 1.35 | 2.70 | 1.21 | 0.00 |
| Rio Rincon Fin | 0.23 | 0.76 | 0.03 | 1.25 | 2.79 | 0.00 | 2.00 | 0.58 | 0.40 | 0.55 | 1.91 | 0.00 |
| Rio Barrigones | 0.19 | | | | | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 2.76 | 1.48 | 0.03 | 1.20 | 3.44 | 0.70 | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 2.70 | 2.56 | 11.44 |
| Rio Tigre Fin | 1.58 | 1.74 | 2.14 | 0.00 | 2.69 | 0.00 | 1.70 | 0.59 | 0.00 | 2.15 | 1.01 | 0.00 |
| Rio PlatanaresIni | 2.11 | 1.27 | | | | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 0.98 | 1.74 | 1.23 | 1.10 | 2.99 | 0.50 | 1.40 | 0.22 | 0.75 | 2.70 | 2.61 | 0.19 |
| Quebrada Cacao 2 | | | | 3.35 | seco | seco | seco | seco | seco | 7.30 | 3.96 | 0.14 |
| Quebrada Cacao fin | | | 0.73 | 0.00 | 2.79 | 0.90 | 1.15 | 2.19 | 2.35 | 2.10 | 1.46 | 0.00 |

Anexo 2H. Datos del Amonio medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 0.172 | 1.236 | 0.075 | 0.336 | 0.104 | 0.242 | 0.866 | 0.744 | 0.164 | 0.190 | 0.123 | 0.170 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 0.14 | 1.243 | 0.080 | 0.148 | 0.136 | 0.193 | 0.258 | 0.111 | 0.154 | 0.170 | 0.135 | 0.150 |
| Laguna Chocuaco | 0.117 | 1.124 | 0.146 | | | | | | | | | |
| Rio Riyito | 2.853 | 1.226 | 0.133 | | | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 2.934 | 2.432 | 0.065 | 0.060 | 0.071 | 0.178 | 0.217 | 0.189 | 0.153 | 0.070 | 0.153 | 0.210 |
| Rio Drake Fin | 3.316 | | 0.185 | 0.156 | 0.104 | 0.160 | 0.068 | 0.151 | 0.228 | 0.144 | 0.081 | 0.200 |
| Quebrada Drake Ini | 1.386 | | 0.111 | 0.126 | 0.118 | 0.180 | 0.860 | 0.100 | 0.251 | 0.160 | 0.233 | 0.180 |
| Quebrada Drake fin | 1.232 | | 0.116 | 0.134 | 0.056 | 0.154 | 0.329 | 0.094 | 0.174 | 0.109 | 0.113 | 0.180 |
| Rio Rincon Ini | 0.964 | 0.134 | 0.039 | 0.184 | 0.100 | 0.110 | 0.240 | 0.011 | 0.126 | 0.091 | 0.07 | 0.180 |
| Rio Rincon Fin | 1.309 | 0.223 | 0.066 | 0.054 | 0.120 | 0.116 | 0.228 | 0.078 | 0.178 | 0.076 | 0.086 | 0.200 |
| Rio Barrigones | 1.08 | | | | | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 0.828 | 0.536 | 0.106 | 0.098 | 0.052 | 0.160 | 0.000 | 0.048 | 0.094 | 0.008 | 0.150 | 0.170 |
| Rio Tigre Fin | 0.966 | 0.736 | 0.042 | 0.170 | 0.032 | 0.104 | 0.080 | 0.158 | 0.212 | 0.260 | 0.069 | 0.220 |
| Rio PlatanaresIni | 0.82 | 1.262 | | | | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 1.022 | 0.754 | 0.200 | 0.192 | 0.0176 | 0.224 | 0.323 | 0.189 | 0.190 | 0.228 | 0.594 | 0.260 |
| Quebrada Cacao 2 | | | | 0.139 | seco | seco | seco | seco | seco | 0.516 | 0.298 | 0.250 |
| Quebrada Cacao fin | | | 0.335 | 0.124 | 0.179 | 0.434 | 0.250 | 0.230 | 0.264 | 0.192 | 0.327 | 0.280 |

Anexo 2I. Datos de pH medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|------------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 8.36 | 7.96 | 6.57 | 7.65 | 7.93 | 8.25 | 8.46 | 8.40 | 8.13 | 8.1 | 8.25 | 8.30 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 7.97 | 7.90 | 6.70 | 7.78 | 8.40 | 8.14 | 8.36 | 8.45 | 8.19 | 8.4 | 7.74 | 8.35 |
| Laguna Chocuaco | 6.43 | 6.58 | 6.01 | | | | | | | | | |
| Rio Riyito | 6.52 | 6.75 | 6.02 | | | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 7.18 | 7.16 | 6.30 | 7.35 | 6.70 | 7.45 | 7.53 | 7.83 | 7.38 | 7.26 | 7.03 | 7.25 |
| Rio Drake Fin | 7.12 | | 6.37 | ??? | 6.94 | 7.60 | 8.23 | 8.13 | 6.67 | 6.9 | 7.25 | 6.60 |
| Quebrada Drake Ini | 6.77 | | 6.53 | 7.06 | 6.52 | 6.85 | 6.96 | 7.11 | 6.44 | 7.6 | 7.12 | 7.57 |
| Quebrada Drake fin | 6.83 | | 6.60 | 6.88 | 6.61 | 7.45 | 7.32 | 7.33 | 6.90 | 6.87 | 7.10 | 7.05 |
| Rio Rincon Ini | 7.48 | 7.20 | 6.27 | 6.95 | 7.15 | 7.98 | 7.46 | 7.91 | 7.40 | 7.1 | 7.10 | 7.37 |
| Rio Rincon Fin | 8.40 | 6.90 | 6.40 | 7.42 | 7.63 | 7.92 | 7.66 | 7.80 | 7.54 | 7.24 | 7.15 | 7.45 |
| Rio Barrigones | 7.50 | | | | | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 7.96 | 7.82 | 6.39 | 7.25 | 7.70 | 7.48 | 8.40 | 8.56 | 8.14 | 8.24 | 8.21 | 8.35 |
| Rio Tigre Fin | 7.91 | 7.45 | 6.31 | 8.10 | 7.83 | 8.40 | 8.29 | 8.36 | 8.13 | 7.88 | 7.90 | 8.10 |
| Rio PlatanaresIni | 4.91 | 7.65 | | | | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 7.83 | 6.84 | 7.28 | 7.45 | 7.03 | 7.52 | 7.50 | 7.64 | 7.12 | 7.06 | 7.05 | 7.36 |
| Quebrada Cacao 2 | | | | 7.13 | seco | seco | seco | seco | seco | 6.62 | 6.82 | 7.04 |
| Quebrada Cacao fin | | | 6.56 | 7.25 | 7.06 | 7.37 | 7.50 | 7.42 | 7.07 | 7.21 | 7.07 | 7.26 |

Anexo 2J. Datos de temperatura medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|------------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 24.4 | 23.5 | 24.2 | 23.5 | 23.8 | 24.2 | 24.8 | 24.7 | 24.6 | 24.3 | 24.3 | 24.0 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 26.4 | 23.7 | 24.6 | 23.7 | 27.4 | 25.9 | 25.2 | 25.5 | 25.2 | 25.0 | 25.4 | 24.4 |
| Laguna Chocuaco | 25.5 | 23.8 | 25.1 | | | | | | | | | |
| Rio Riyito | 25.4 | 24.0 | 25.0 | | | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 23.5 | 25.0 | 26.0 | 24.4 | 24.8 | 26.8 | 29.8 | 27.9 | 27.1 | 26.9 | 28.6 | 25.1 |
| Rio Drake Fin | 25.0 | | 27.6 | 25.6 | 25.3 | 28.4 | 31.8 | 29.5 | 30.2 | 28.7 | 28.8 | 27.2 |
| Quebrada Drake Ini | 26.6 | | 26.4 | 24.9 | 24.7 | 24.5 | 26.4 | 27.2 | 26.7 | 27.4 | 26.1 | 26.1 |
| Quebrada Drake fin | 25.6 | | 27.4 | 25.4 | 25.6 | 26.0 | 28.6 | 26.8 | 26.9 | 26.7 | 27.1 | 26.2 |
| Rio Rincon Ini | 28.1 | 24.5 | 24.7 | 25.6 | 27.9 | 29.6 | 26.2 | 28.4 | 28.4 | 26.7 | 27.7 | 26.8 |
| Rio Rincon Fin | 27.3 | 24.8 | 26.0 | 26.7 | 29.8 | 30.0 | 27.1 | 26.9 | 31.1 | 27.6 | 28.8 | 28.4 |
| Rio Barrigones | 29.1 | | | | | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 25.9 | 24.9 | 24.1 | 24.9 | 26.7 | 28.1 | 26.6 | 26.6 | 28.0 | 25.8 | 25.8 | 25.6 |
| Rio Tigre Fin | 28.3 | 27.5 | 24.7 | 27.3 | 31.3 | 30.7 | 27.0 | 27.8 | 33.0 | 25.7 | 27.8 | 27.5 |
| Rio PlatanaresIni | 27.5 | 26.6 | | | | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 26.7 | 26.6 | 26.2 | 26.9 | 26.7 | 26.9 | 26.3 | 26.3 | 27.5 | 26.4 | 25.8 | 26.3 |
| Quebrada Cacao 2 | | | | 26.9 | seco | seco | seco | seco | seco | 25.7 | 24.9 | 25.3 |
| Quebrada Cacao fin | | | 27.4 | 26.9 | 27.4 | 27.1 | 27.6 | 27.1 | 29.3 | 26.3 | 25.8 | 26.2 |

Anexo 2K. Datos de fosfatos medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Ago |
|------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 0.16 | 0.17 | 0.13 | 0.18 | 0.16 | 0.20 | 0.35 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 0.07 | 0.17 | 0.13 | 0.20 | 0.20 | 0.35 | 0.10 |
| Laguna Chocuaco | | | | | | | |
| Rio Riyito | | | | | | | |
| Rio Drake Ini | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.12 | 0.16 | 0.40 | 0.20 |
| Rio Drake Fin | 0.13 | 0.14 | 0.18 | 0.18 | 0.22 | 0.60 | 0.30 |
| Quebrada Drake Ini | 0.52 | 0.57 | 0.26 | 0.24 | 0.18 | 0.40 | 0.20 |
| Quebrada Drake fin | 0.48 | 0.68 | 0.46 | 0.42 | 0.27 | 0.45 | 0.25 |
| Rio Rincon Ini | 0.16 | 0.24 | 0.17 | 0.24 | 0.20 | 0.50 | 0.35 |
| Rio Rincon Fin | 0.14 | 0.21 | 0.10 | 0.24 | 0.20 | 0.60 | 0.15 |
| Rio Barrigones | | | | | | | |
| Rio Tigre Ini | 0.29 | 0.24 | 0.18 | 0.21 | 0.45 | 0.15 | 0.25 |
| Rio Tigre Fin | 0.16 | 0.35 | 0.34 | 0.49 | 0.46 | 0.25 | 0.30 |
| Rio PlatanaresIni | | | | | | | |
| Quebrada Cacao 1 | 0.00 | 0.82 | 0.83 | 0.86 | 0.43 | 0.00 | 0.35 |
| Quebrada Cacao 2 | seco | seco | seco | seco | 2.00 | 0.00 | 0.10 |
| Quebrada Cacao fin | 0.44 | 0.66 | 0.66 | 0.61 | 1.20 | 0.00 | 0.60 |

Anexo 2L. Datos de sólidos suspendidos totales (SST) medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Ago | PROMEDIO |
|------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|----------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 0.0 | 410.0 | 8.0 | 15.0 | 47.0 | 0.0 | 30.0 | 72.9 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 4.0 | 111.0 | 8.0 | 24.0 | 45.0 | 5.0 | 45.0 | 34.6 |
| Rio Drake Ini | 23.0 | 14.0 | 4.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 78.4 | 17.5 |
| Rio Drake Fin | 8.0 | 6.0 | 5.0 | 7.0 | 6.0 | 26.0 | 62.0 | 17.1 |
| Quebrada Drake Ini | 7.0 | 2.0 | 0.0 | 34.0 | 47.0 | 0.0 | 29.0 | 17.0 |
| Quebrada Drake fin | 9.0 | 0.0 | 2.0 | 13.0 | 38.0 | 14.0 | 16.0 | 13.1 |
| Rio Rincon Ini | 13.0 | 1.0 | 0.0 | 10.0 | 21.0 | 0.0 | 10.0 | 7.9 |
| Rio Rincon Fin | 11.0 | 13.0 | 0.0 | 5.0 | 25.0 | 46.0 | 32.0 | 18.9 |
| Rio Tigre Ini | 15.0 | 0.0 | 0.0 | 7.0 | 43.0 | 62.0 | 22.0 | 21.3 |
| Rio Tigre Fin | 8.0 | 15.0 | 31.0 | 30.0 | 69.0 | 78.0 | 17.0 | 35.4 |
| Quebrada Cacao 1 | 52.0 | 2.0 | 0.0 | 6.0 | 14.0 | 51.0 | 10.0 | 19.3 |
| Quebrada Cacao 2 | seco | seco | seco | seco | 45.0 | 10.0 | 10.0 | 21.7 |
| Quebrada Cacao fin | 15.0 | 0.0 | 4.0 | 26.0 | 76.0 | 25.0 | 27.0 | 24.7 |

Anexo 2M. Datos de cloruros (Cl⁻) medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Ago |
|------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 5.15 | 8.43 | 5.15 | 3.70 | 4.20 | 6.09 | 3.70 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 4.22 | 5.62 | 4.68 | 3.70 | 3.30 | 6.09 | 4.20 |
| Rio Drake Ini | 3.75 | 4.68 | 3.28 | 3.70 | 3.30 | 3.75 | 3.30 |
| Rio Drake Fin | 52.94 | 58.09 | 43.10 | 51.50 | 8.40 | 4.68 | 5.60 |
| Quebrada Drake Ini | 3.28 | 8.43 | 4.22 | 6.60 | 3.70 | 3.75 | 4.20 |
| Quebrada Drake fin | 4.68 | 11.24 | 4.22 | 4.70 | 4.70 | 7.03 | 25.80 |
| Rio Rincon Ini | 5.62 | 7.50 | 6.09 | 6.10 | 4.70 | 5.62 | 4.70 |
| Rio Rincon Fin | 42.16 | 191.15 | 50.60 | 15.00 | 8.90 | 37.48 | 6.60 |
| Rio Tigre Ini | 10.31 | 12.18 | 11.24 | 8.40 | 5.60 | 5.62 | 7.50 |
| Rio Tigre Fin | 9.37 | 16.87 | 13.12 | 15.50 | 10.80 | 7.96 | 8.40 |
| Quebrada Cacao 1 | 5.62 | 7.50 | 5.62 | 4.20 | 3.70 | 4.68 | 4.70 |
| Quebrada Cacao 2 | seco | seco | seco | seco | 3.70 | 2.81 | 3.70 |
| Quebrada Cacao fin | 12977 | 5809 | 5247 | 5669 | 702.7 | 210.8 | 201.50 |

Anexo 2N. Datos de coliformes fecales (NMP/100 ml) medidos en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Ago |
|-------------------------|-------|------|-------|--------|--------|-------|------|--------|
| Rio Piedras Blancas Ini | 150 | 240 | 1500 | 93 | 2400 | 460 | 1100 | 11000 |
| Rio Piedras Blancas fin | 240 | 23 | 11000 | 240 | 4600 | 240 | 460 | 11000 |
| Rio Drake Ini | 240 | 1100 | 93 | 460 | 93 | 460 | 1100 | 11000 |
| Rio Drake Fin | 1100 | 43 | 23 | 21000 | 2400 | 460 | 460 | 46000 |
| Quebrada Drake Ini | 240 | 93 | 93 | 150 | 11000 | 460 | 1100 | 1100 |
| Quebrada Drake fin | 15000 | 1100 | 11000 | 93 | 1100 | 150 | 1100 | 21000 |
| Rio Rincon Ini | 240 | 75 | 240 | 1100 | 2100 | 4600 | 460 | 1100 |
| Rio Rincon Fin | 240 | 43 | 150 | 460 | 1100 | 4600 | 460 | 46000 |
| Rio Tigre Ini | 43 | 43 | | 150 | 93 | 1500 | 460 | 1100 |
| Rio Tigre Fin | 93 | 460 | 93 | 240 | 2400 | 4600 | 460 | 1100 |
| Quebrada Cacao 1 | 1100 | 130 | 28 | 1100 | 2400 | 1100 | 460 | 4600 |
| Quebrada Cacao 2 | seco | seco | seco | seco | seco | 460 | 210 | 1100 |
| Quebrada Cacao fin | 1100 | 460 | 11000 | 110000 | 110000 | 11000 | 4600 | 110000 |

Anexo 2O. Mediciones de caudal en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009

| Puntos de muestreo | Promedio (L/s) | Rango (L/s) |
|------------------------|----------------|-------------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 1401 | 170-3200 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 1339 | 25-5500 |
| Rio Drake Ini | 213 | 20-1000 |
| Rio Drake Fin | 1182 | 380-2500 |
| Quebrada Drake Ini | 1 | 0-4 |
| Quebrada Drake fin | 23 | 3-50 |
| Rio Rincon Ini | 268 | 50-800 |
| Rio Rincon Fin | 8294 | 2000-20000 |
| Rio Tigre Ini | 60 | 7-210 |
| Rio Tigre Fin | 290 | 0-1000 |
| Quebrada Cacao 1 | 1 | 0-4 |
| Quebrada Cacao 2 | 0 | 0-0.5 |
| Quebrada Cacao fin | 27 | 4-100 |

Anexo 2P. Datos de densidad poblacional en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | DensidadPoblacional (hab/km ²) |
|---------------------------|--|
| Rio PiedrasBlancasInicial | 13.3 |
| Rio PiedrasBlancas final | 1794.0 |
| Rio Drake Inicial | 5.0 |
| Rio Drake Final | 135.0 |
| Quebrada Drake Inicial | 5.0 |
| Quebrada Drake final | 207.0 |
| Rio Rincon Inicial | 0.0 |
| Rio Rincon Final | 2.0 |
| Rio Tigre Inicial | 4.0 |
| Rio Tigre Final | 0.0 |
| Quebrada Cacao I | 0.0 |
| Quebrada Cacao II | 0.0 |
| Quebrada Cacao final | 3330.0 |

Anexo 2Q. Datos de precipitación pluvial en cada uno de los puntos en 12 meses del 2008-2009.

| Puntos de muestreo | Set. | Oct | Nov. | Dic | Enero | Feb | Marzo | Abril | Mayo | Jun | Jul | Agosto |
|---------------------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|---------------|
| Rio PiedrasBlancasIni | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Rio PiedrasBlancas fin | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Rio Drake Ini | 582.6 | 1250.9 | 812.8 | 102.5 | 136.4 | 0.0 | 74.0 | 31.6 | 215.6 | 366.5 | 504.0 | 596.8 |
| Rio Drake Fin | 582.6 | 1250.9 | 812.8 | 102.5 | 136.4 | 0.0 | 74.0 | 31.6 | 215.6 | 366.5 | 504.0 | 596.8 |
| Quebrada Drake Ini | 582.6 | 1250.9 | 812.8 | 102.5 | 136.4 | 0.0 | 74.0 | 31.6 | 215.6 | 366.5 | 504.0 | 596.8 |
| Quebrada Drake fin | 582.6 | 1250.9 | 812.8 | 102.5 | 136.4 | 0.0 | 74.0 | 31.6 | 215.6 | 366.5 | 504.0 | 596.8 |
| Rio Rincon Ini | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Rio Rincon Fin | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Rio Tigre Ini | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Rio Tigre Fin | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Quebrada Cacao 1 | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Quebrada Cacao 2 | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |
| Quebrada Cacao fin | 680.7 | 1250.9 | 610.0 | 143.4 | 136.2 | 0.0 | 65.8 | 161.0 | 448.3 | 238.2 | 498.0 | 452.3 |

ANEXO 3

ANALISIS ESTADISTICO

PROGRAMA SPSS

ANALISIS DE CORRELACION BIVARIADA
DE PEARSON

Correlations

| | | Mes | Calidad | OD | PSO | DBO | N-NH4+ | pH |
|---------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Mes | PearsonCorrelation | 1 | -.110 | .171 [*] | .197 [*] | -.168 [*] | .204 [*] | -.317 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | | .191 | .041 | .018 | .045 | .014 | .000 |
| | N | 156 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| Calidad | PearsonCorrelation | -.110 | 1 | -.783 ^{**} | -.805 ^{**} | .425 ^{**} | .350 ^{**} | -.286 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | .191 | | .000 | .000 | .000 | .000 | .001 |
| | N | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| OD | PearsonCorrelation | .171 [*] | -.783 ^{**} | 1 | .901 ^{**} | -.177 [*] | .037 | .358 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | .041 | .000 | | .000 | .035 | .663 | .000 |
| | N | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| PSO | PearsonCorrelation | .197 [*] | -.805 ^{**} | .901 ^{**} | 1 | -.207 [*] | .037 | .288 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | .018 | .000 | .000 | | .013 | .658 | .001 |
| | N | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| DBO | PearsonCorrelation | -.168 [*] | .425 ^{**} | -.177 [*] | -.207 [*] | 1 | -.011 | -.085 |
| | Sig. (2-tailed) | .045 | .000 | .035 | .013 | | .897 | .313 |
| | N | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| N-NH4+ | PearsonCorrelation | .204 [*] | .350 ^{**} | .037 | .037 | -.011 | 1 | -.007 |
| | Sig. (2-tailed) | .014 | .000 | .663 | .658 | .897 | | .930 |
| | N | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| pH | PearsonCorrelation | -.317 ^{**} | -.286 ^{**} | .358 ^{**} | .288 ^{**} | -.085 | -.007 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .001 | .000 | .001 | .313 | .930 | |
| | N | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 |
| T | PearsonCorrelation | -.347 ^{**} | -.025 | -.150 | -.020 | -.021 | -.210 [*] | .076 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .769 | .073 | .811 | .803 | .012 | .368 |
| | N | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| NO3- | PearsonCorrelation | .289 | -.120 | .154 | .102 | .200 | .343 | .269 |
| | Sig. (2-tailed) | .114 | .522 | .408 | .583 | .280 | .059 | .143 |
| | N | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| PO4 | PearsonCorrelation | .040 | .555 ^{**} | -.487 ^{**} | -.474 ^{**} | .319 ^{**} | .173 | -.309 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | .712 | .000 | .000 | .000 | .003 | .109 | .004 |
| | N | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 |
| SST | PearsonCorrelation | .052 | -.055 | .129 | .113 | .093 | .442 ^{**} | .156 |
| | Sig. (2-tailed) | .635 | .616 | .235 | .299 | .392 | .000 | .149 |
| | N | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 |
| Cl | PearsonCorrelation | -.193 | .254 [*] | -.351 ^{**} | -.329 ^{**} | .029 | .170 | -.099 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--------|-------|---------|---------|-------|--------|---------|
| | Sig. (2-tailed) | .074 | .018 | .001 | .002 | .791 | .115 | .361 |
| | N | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 |
| CF | PearsonCorrelation | .187 | .172 | -.263** | -.228* | -.037 | .085 | -.155 |
| | Sig. (2-tailed) | .066 | .091 | .009 | .025 | .717 | .409 | .131 |
| | N | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 | 97 |
| Caudal | PearsonCorrelation | .254* | -.043 | .049 | .060 | -.027 | -.100 | -.022 |
| | Sig. (2-tailed) | .018 | .699 | .657 | .589 | .810 | .367 | .844 |
| | N | 87 | 83 | 83 | 83 | 83 | 83 | 82 |
| Lluvia | PearsonCorrelation | .614** | -.003 | .190* | .200* | -.058 | .378** | -.242** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .975 | .023 | .017 | .489 | .000 | .004 |
| | N | 156 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| Densidad Poblacional | PearsonCorrelation | .000 | .140 | -.245** | -.284** | -.045 | -.042 | .027 |
| | Sig. (2-tailed) | 1.000 | .096 | .003 | .001 | .595 | .616 | .751 |
| | N | 156 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |
| Llovio ? | PearsonCorrelation | .386** | .013 | .086 | .076 | -.094 | .271** | .016 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .875 | .308 | .369 | .263 | .001 | .851 |
| | N | 156 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 |

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

| | | T | NO3- | PO4 | SST | Cl | CF | Caudal |
|---------|--------------------|---------|-------|---------|-------|---------|---------|--------|
| Mes | PearsonCorrelation | -.347** | .289 | .040 | .052 | -.193 | .187 | .254* |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .114 | .712 | .635 | .074 | .066 | .018 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 87 |
| Calidad | PearsonCorrelation | -.025 | -.120 | .555** | -.055 | .254* | .172 | -.043 |
| | Sig. (2-tailed) | .769 | .522 | .000 | .616 | .018 | .091 | .699 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 83 |
| OD | PearsonCorrelation | -.150 | .154 | -.487** | .129 | -.351** | -.263** | .049 |
| | Sig. (2-tailed) | .073 | .408 | .000 | .235 | .001 | .009 | .657 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 83 |
| PSO | PearsonCorrelation | -.020 | .102 | -.474** | .113 | -.329** | -.228* | .060 |
| | Sig. (2-tailed) | .811 | .583 | .000 | .299 | .002 | .025 | .589 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 83 |
| DBO | PearsonCorrelation | -.021 | .200 | .319** | .093 | .029 | -.037 | -.027 |
| | Sig. (2-tailed) | .803 | .280 | .003 | .392 | .791 | .717 | .810 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 83 |

| | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|
| N-NH4+ | PearsonCorrelation | -.210* | .343 | .173 | .442** | .170 | .085 | -.100 |
| | Sig. (2-tailed) | .012 | .059 | .109 | .000 | .115 | .409 | .367 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 83 |
| pH | PearsonCorrelation | .076 | .269 | -.309** | .156 | -.099 | -.155 | -.022 |
| | Sig. (2-tailed) | .368 | .143 | .004 | .149 | .361 | .131 | .844 |
| | N | 142 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 82 |
| T | PearsonCorrelation | 1 | -.322 | .009 | -.214* | .072 | .050 | -.015 |
| | Sig. (2-tailed) | | .077 | .935 | .046 | .505 | .627 | .893 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 83 |
| NO3- | PearsonCorrelation | -.322 | 1 | .063 | .568** | -.125 | .231 | .019 |
| | Sig. (2-tailed) | .077 | | .736 | .001 | .504 | .219 | .943 |
| | N | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 30 | 17 |
| PO4 | PearsonCorrelation | .009 | .063 | 1 | -.023 | .178 | .181 | -.179 |
| | Sig. (2-tailed) | .935 | .736 | | .830 | .100 | .098 | .174 |
| | N | 87 | 31 | 87 | 87 | 87 | 85 | 59 |
| SST | PearsonCorrelation | -.214* | .568** | -.023 | 1 | -.050 | .017 | .011 |
| | Sig. (2-tailed) | .046 | .001 | .830 | | .649 | .876 | .934 |
| | N | 87 | 31 | 87 | 87 | 87 | 85 | 59 |
| Cl | PearsonCorrelation | .072 | -.125 | .178 | -.050 | 1 | .347** | -.078 |
| | Sig. (2-tailed) | .505 | .504 | .100 | .649 | | .001 | .558 |
| | N | 87 | 31 | 87 | 87 | 87 | 85 | 59 |
| CF | PearsonCorrelation | .050 | .231 | .181 | .017 | .347** | 1 | -.024 |
| | Sig. (2-tailed) | .627 | .219 | .098 | .876 | .001 | | .842 |
| | N | 97 | 30 | 85 | 85 | 85 | 97 | 70 |
| Caudal | PearsonCorrelation | -.015 | .019 | -.179 | .011 | -.078 | -.024 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .893 | .943 | .174 | .934 | .558 | .842 | |
| | N | 83 | 17 | 59 | 59 | 59 | 70 | 87 |
| Lluvia | PearsonCorrelation | -.230** | .365* | .000 | .027 | -.143 | .184 | -.076 |
| | Sig. (2-tailed) | .006 | .043 | .997 | .802 | .186 | .071 | .487 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 87 |
| Densidad Poblacional | PearsonCorrelation | -.041 | -.012 | .188 | .024 | .612** | .508** | -.053 |
| | Sig. (2-tailed) | .631 | .948 | .081 | .822 | .000 | .000 | .623 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 87 |
| Lllovio ? | PearsonCorrelation | -.304** | .666** | .113 | .451** | -.129 | .148 | .159 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .298 | .000 | .235 | .148 | .141 |
| | N | 143 | 31 | 87 | 87 | 87 | 97 | 87 |

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

| | | Lluvia | Densidad Poblacional | Llovio ? |
|---------|--------------------|---------|----------------------|----------|
| Mes | PearsonCorrelation | .614** | .000 | .386** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | 1.000 | .000 |
| | N | 156 | 156 | 156 |
| Calidad | PearsonCorrelation | -.003 | .140 | .013 |
| | Sig. (2-tailed) | .975 | .096 | .875 |
| | N | 143 | 143 | 143 |
| OD | PearsonCorrelation | .190* | -.245** | .086 |
| | Sig. (2-tailed) | .023 | .003 | .308 |
| | N | 143 | 143 | 143 |
| PSO | PearsonCorrelation | .200* | -.284** | .076 |
| | Sig. (2-tailed) | .017 | .001 | .369 |
| | N | 143 | 143 | 143 |
| DBO | PearsonCorrelation | -.058 | -.045 | -.094 |
| | Sig. (2-tailed) | .489 | .595 | .263 |
| | N | 143 | 143 | 143 |
| N-NH4+ | PearsonCorrelation | .378** | -.042 | .271** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .616 | .001 |
| | N | 143 | 143 | 143 |
| pH | PearsonCorrelation | -.242** | .027 | .016 |
| | Sig. (2-tailed) | .004 | .751 | .851 |
| | N | 142 | 142 | 142 |
| T | PearsonCorrelation | -.230** | -.041 | -.304** |
| | Sig. (2-tailed) | .006 | .631 | .000 |
| | N | 143 | 143 | 143 |
| NO3- | PearsonCorrelation | .365* | -.012 | .666** |
| | Sig. (2-tailed) | .043 | .948 | .000 |
| | N | 31 | 31 | 31 |
| PO4 | PearsonCorrelation | .000 | .188 | .113 |
| | Sig. (2-tailed) | .997 | .081 | .298 |
| | N | 87 | 87 | 87 |
| SST | PearsonCorrelation | .027 | .024 | .451** |

| | | | | |
|----------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| | Sig. (2-tailed) | .802 | .822 | .000 |
| | N | 87 | 87 | 87 |
| CI | PearsonCorrelation | -.143 | .612** | -.129 |
| | Sig. (2-tailed) | .186 | .000 | .235 |
| | N | 87 | 87 | 87 |
| CF | PearsonCorrelation | .184 | .508** | .148 |
| | Sig. (2-tailed) | .071 | .000 | .148 |
| | N | 97 | 97 | 97 |
| Caudal | PearsonCorrelation | -.076 | -.053 | .159 |
| | Sig. (2-tailed) | .487 | .623 | .141 |
| | N | 87 | 87 | 87 |
| Lluvia | PearsonCorrelation | 1 | .000 | .433** |
| | Sig. (2-tailed) | | .997 | .000 |
| | N | 156 | 156 | 156 |
| Densidad Poblacional | PearsonCorrelation | .000 | 1 | .005 |
| | Sig. (2-tailed) | .997 | | .950 |
| | N | 156 | 156 | 156 |
| Llovio ? | PearsonCorrelation | .433** | .005 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .950 | |
| | N | 156 | 156 | 156 |

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ANEXO 4

ARTICULO SOBRE COLIFORMES FECALES

ESTADO ACTUAL DE CONTAMINACIÓN CON COLIFORMES FECALES DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA PENINSULA DE OSA

MORA JESÚS^a, CALVO GUILLERMO^b;

RESUMEN

La contaminación de los cuerpos de agua en Costa Rica y en todo el mundo es uno de los principales problemas ambientales debido a la importancia estratégica de este recurso. El recurso hídrico es un elemento esencial no solo para la preservación de la vida, sino también para la conservación de la flora y fauna de la región. Su conservación y su calidad están estrechamente vinculadas prácticamente a todas las actividades económicas y sociales en forma ineludible, así como la salud de su población.

La Península de Osa se ha caracterizado por ser una zona con una exuberante biodiversidad tanto en su flora como en su fauna, raramente encontrada en una zona pequeña. En 1975 se creó el Parque Nacional de Corcovado, el más importante parque de Costa Rica y que protege a un tercio de la península. Este exótico territorio, que es la Península de Osa, no está exento de amenazas debido a la fragmentación y destrucción del hábitat, la deforestación por la explotación de la madera y el mal planeamiento en el uso de la tierra, la extracción ilegal de recursos, entre ellos el oro y el crecimiento de la población en sus alrededores.

El Reglamento para la Evaluación y la Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales establece como límite en el contenido de coliformes fecales para el uso del agua para actividades recreativas de contacto primario, un valor de 1000 (NMP/100ml). Este mismo valor máximo se aplica para el riego de hortalizas y otros alimentos que se consumen crudos; mientras que para el uso en abrevaderos y actividades pecuarias, el máximo valor permisible en coliformes fecales es de 2000; por mencionar algunos casos.

Se realizó un estudio sobre la contaminación microbiológica utilizando como indicador el contenido de coliformes fecales en varios de los ríos en las localidades de Piedras Blancas cerca de Chacarita, así como en Puerto Jiménez, Rincón y la Bahía de Drake, estos últimos tres pertenecientes a la Península de Osa. El objeto fue conocer la situación actual y los posibles riesgos de contaminación de estos cuerpos de agua, dado el desarrollo que se viene dando en la zona, tales como el incremento en las actividades agrícolas, industriales, mineras y turísticas. En la Península no se cuenta con estudios microbiológicos efectuados previamente, excepto el estudio llevado a cabo por Jean-Batiste Livenais en la zona de Drake.

Se encontró que la mayoría de los cuerpos de agua de la Península no se pueden utilizar para fines recreativos de contacto primario, la acuicultura o para el riego de cultivos que se consumen crudos, ya que sobrepasan el límite máximo permisible en su contenido de coliformes fecales que establecen los reglamentos nacionales.

PALABRAS CLAVES

Recurso hídrico, contaminación de aguas, Península de Osa, Análisis microbiológicos, Coliformes fecales

ABSTRACT

The contamination of waters in Costa Rica and around the world is one of the main environmental topics because it represents an strategic resource. Water is essential not only for life preservation but for plants and animals conservation. Quality and preservation are tightly related with all economic and social activities as well as human health.

Península de Osa is well known for its extraordinary diversity in plants and animals, rarely found in such small areas. In 1975 Parque Nacional de Corcovado was created being the most important park of Costa Rica that protects one third of the Península. This exotic territory, named Península de Osa, is not immune to environmental attacks due to fragmentation and destruction of the habitat, deforestation and misused of land, illegal extraction of resources, like gold; and the population increase around the Peninsula.

The Reglamento para la Evaluación y la Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales establish a fecal coliform limit of 1000 (NMP/100 ml) for the use of recreational waters. Same limit is established for horticulture and some other raw consumed food, but for animal watering and cattle activities, the limit is 2000.

The microbiological research based on fecal coliforms content was done in several rivers located in Piedras Blancas, a town close to Chacarita, as well as Puerto Jiménez, Rincón and Drake Bay, the last three ones belonging to Península de Osa. The target was to know the actual situation and the possible contamination risks in those rivers caused by the agricultural, industrial, mining and touristic activities. The Península de Osa lacks about microbiological studies except those investigated by Jean-Batiste Livenais in Drake Bay.

It was found that most rivers in the Península cannot be utilized for recreational purposes and neither plant and animal aquatic growings nor irrigation of raw consumed food, since the water exceeds the limit in fecal coliforms content according to the Costa Rican regulations.

KEY WORDS

Hydro Resources, water contamination, Peninsula de Osa, microbiological analysis, fecal coliforms content.

INTRODUCCIÓN

Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.

Formas patógenas de *Escherichia* y de otras bacterias (que por tener forma similar se denominan genéricamente coliformes fecales) se transmiten, entre otras vías, a través de las excretas y comúnmente por la ingestión o el contacto con agua

contaminada. La *Escherichia* no sobrevive mucho tiempo en agua de mar, pero otros coliformes fecales sí, por lo que suelen reportarse en conjunto y ambos conforman un indicador de la contaminación bacteriológica de los ríos y las playas (1).

Por otra parte la contaminación de nuestro entorno está considerada como uno de los problemas más serios que afecta la salud pública. En zonas con una densidad poblacional importante como lo es Puerto Jiménez y Bahía de Drake, es probable que descargas de aguas negras sean una fuente importante de contaminación de sus zonas costeras. Usualmente cuando esto ocurre, un gran número de bacterias patógenas y virus, como estreptococos, estafilococos, Salmonella, Shigella, Vibrio, virus de la hepatitis y la poliomielitis son descargados en el océano representando un riesgo para la salud por la propagación de enfermedades infecciosas (2).

El uso del contenido de bacterias del tipo de los coliformes fecales, como indicadores biológicos de contaminación, presentan las siguientes ventajas: se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos; su evaluación es relativamente simple y directa; su concentración en aguas residuales (unos 100 millones/100 mililitros) es significativamente más alta que el contenido de patógenos fecales en las mismas aguas; no se multiplican fuera del tracto intestinal de animales de sangre caliente; además, su presencia en sistemas acuáticos es evidencia de contaminación de origen fecal (3).

El agua es un recurso natural cuya finitud y vulnerabilidad resultan de fundamental importancia, ya que sin ella no podría existir la vida en el planeta. Además, tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades por lo cual es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que una comunidad se establezca permanentemente. El concepto de agua como un recurso natural que debe administrarse cuidadosamente es esencial a menos que se tomen medidas para un manejo racional. Las poblaciones en desarrollo y los complejos industriales tienen demandas de agua siempre crecientes.

Para satisfacer las necesidades domésticas e industriales de agua, el hombre actúa sobre el ciclo hidrológico de dos maneras: cuantitativamente, por represamiento, regulación del flujo, desvío de los cursos de agua y extracción; o cualitativamente, por descargas de aguas ya utilizadas así como el vertido directo de contaminantes. Como consecuencia de estas acciones, cuando no ha habido estudios de planificación hídricas en forma previa, se generan conflictos de uso multisectorial, en cantidad y calidad del recurso.

Actualmente se puede decir que en Costa Rica y específicamente en las zonas provinciales, no existen problemas de disponibilidad y accesibilidad hídrica. Sin embargo, dada la descompensación del Sistema Climático Global, demostrada científicamente por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la Convención sobre el Cambio Climático ratificada por el Uruguay, se presentan algunas interrogantes para el futuro en variadas regiones del planeta en torno a este tema.

Las causas fundamentales de la polución de las aguas continentales derivan de la actividad agrícola, del alto grado de urbanización y de una actividad industrial que no cumpla con las regulaciones ambientales vigentes. Por lo tanto, en las inmediaciones de las grandes ciudades y en las áreas más industrializadas los problemas de contaminación tienden a ser más agudos. Frecuentemente las áreas más industrializadas son también las más densamente pobladas, factor que agrava el problema.

No se conocen estudios efectuados en la Península sobre contaminación microbiológica, excepto el efectuado por Jean-Baptiste Livenais que se limitan al área correspondiente en la Bahía de Drake (4). De ahí la novedad del estudio el cual tuvo como objeto el conocer la situación actual y los posibles riesgos de contaminación de estos cuerpos de agua, dado el desarrollo que se viene dando en la zona, tales como el incremento en las actividades agrícolas, industriales, mineras y turísticas. El estudio se llevó a cabo valorando la contaminación microbiológica utilizando como indicador el contenido de coliformes fecales en varios de los ríos en las localidades de Piedras Blancas cerca de Chacarita localizada a la entrada de la Península; así como en Puerto Jiménez, Rincón y la Bahía de Drake, estos últimos tres pertenecientes a la Península de Osa.

METODOLOGÍA:

Se utilizaron los criterios de evaluación y clasificación contemplados en el “Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales” que regulan la calidad y el uso de todos los cuerpos de agua superficiales de Costa Rica. En el cuadro 1 se muestran los parámetros microbiológicos que forman parte de este reglamento para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales establecidas en Costa Rica. El cuadro 2 presenta la clasificación de los cuerpos de aguas según el uso potencial que se le puede dar al agua y el tratamiento que requiera en algunos casos para hacer posible su uso en casos particulares (5). La contaminación por coliformes fecales es uno de los problemas más influyentes en el deterioro de los cuerpos de agua.

Cuadro 1. Niveles de contenido microbiológicos para la clasificación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas en Costa Rica.

| CLASIFICACION | Clase1 | Clase2 | Clase3 | Clase4 | Clase5 |
|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Coliformes fecales NMP/100 ml | < 20 | 20 a1000 | 1000 a 2000 | 2000 a 5000 | > 5000 |

Fuente: “Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales” (2009), No. 33903-Minae-S.

Según la clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficial, se establecen cinco categorías de usos del agua que va desde la clase 1 hasta la clase 5. El cuadro 2 muestra un extracto de los usos que vienen en el reglamento.

Cuadro 2. Clasificación de los cuerpos de aguas según algunos usos.

| Usos | Clase1 | Clase2 | Clase3 | Clase4 | Clase5 |
|--|------------|------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| Abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias | Utilizable | Utilizable | Utilizable | Utilizable Con limitaciones | No utilizable |
| Actividades recreativas de contacto primario | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Acuicultura | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Navegación | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |
| Riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara | Utilizable | Utilizable | No utilizable | No utilizable | No utilizable |

Fuente: “Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales” (2009), No. 33903-Minae-S.

En este estudio se usó el método de fermentación de tubos múltiples, conocidos como número más probable (NMP) para determinar las bacterias coliformes fecales, según el procedimiento descrito en el Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th Ed. 1992. PAHA-AWWA-WPCE (1).

Se muestrearon varios cuerpos de agua en la localidad de Piedras Blancas que se encuentra cerca de Chacarita, que se encuentra fuera de la Península. Asimismo, se muestrearon las zonas de Rincón, Puerto Jiménez y la Bahía Drake, pertenecientes a la Península de Osa. El período cubierto en esta investigación se llevó a cabo en los meses Enero a Agosto del 2009. Las muestras se trasladaron en recipientes isotérmicos al laboratorio de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Central Cartago, donde fueron analizadas antes de transcurrir 24 horas.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el cuadro 3 puede verse la variación en el contenido de coliformes fecales que presentan cada uno de los puntos muestreados en los meses enero a agosto del 2009. En general, se puede observar una alta variación en los datos en cada uno de los puntos de muestreo que oscila entre las decenas y las varias decenas de millar. En algunos casos se muestran valores altos que invalidan la utilización de esas aguas en algunos de los usos indicados en el cuadro 2.

Cuadro 3. Contenido de coliformes fecales encontrados en las muestras de aguas recolectadas entre enero y agosto de 2009

| Puntos de muestreo | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Promedio |
|-----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|----------|
| Río Piedras Blancas inicial | 150 | 240 | 1500 | 93 | 2400 | 460 | 1100 | 11000 | 2118 |
| Río Piedras Blancas final | 240 | 23 | 11000 | 240 | 4600 | 240 | 460 | 11000 | 3475 |
| Río Drake Progreso inicial | 240 | 1100 | 93 | 460 | 93 | 460 | 1100 | 11000 | 1818 |
| Río Drake Progreso final | 1100 | 43 | 23 | 21000 | 2400 | 460 | 460 | 46000 | 8936 |
| Quebrada El Carmen inicial | 240 | 93 | 93 | 150 | 11000 | 460 | 1100 | 1100 | 1780 |
| Quebrada El Carmen final | 15000 | 1100 | 11000 | 93 | 1100 | 150 | 1100 | 21000 | 6318 |
| Río Rincon inicial | 240 | 75 | 240 | 1100 | 2100 | 4600 | 460 | 1100 | 1239 |
| Río Rincon final | 240 | 43 | 150 | 460 | 1100 | 4600 | 460 | 46000 | 6632 |
| Río Tigre inicial | 43 | 43 | 75 | 150 | 93 | 1500 | 460 | 1100 | 433 |
| Río Tigre final | 93 | 460 | 93 | 240 | 2400 | 4600 | 460 | 1100 | 1181 |
| Quebrada Cacao inicial | 1100 | 130 | 28 | 1100 | 2400 | 1100 | 460 | 4600 | 1365 |
| Quebrada Cacao final | 1100 | 460 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 | 4600 | 11000 | 44770 |
| | | | | 0 | 0 | | | 0 | |
| PROMEDIO | 1648 | 318 | 2941 | 1125 | 1164 | 2469 | 1018 | 2208 | |
| | | | | 7 | 0 | | | 3 | |

El gráfico 1 presenta los datos promedio de cada uno de los puntos muestreados por mes, como una forma de simplificación de la información obtenida y que muestra la variabilidad en el contenido de los coliformes fecales (ver cuadro 4). Se puede observar en el gráfico que en los meses de enero, febrero, marzo, junio y julio el número promedio de bacterias de coliformes fecales por cada 100 mililitros de agua oscila entre 300 y 2500. Abril, mayo y agosto presentaron un gran incremento, mayor a las 10000 unidades de bacterias, meses con una mayor precipitación pluvial. Usualmente los períodos con alta precipitación pluvial están asociados con el arrastre de sustancias contaminantes provenientes de actividades humanas así como a la de excretas de animales, tanto domésticos como salvajes, que habitan en la zona. Los meses que el número de bacterias fue relativamente bajo usualmente está asociado a una turbiedad y a una precipitación pluvial menor (1,6).

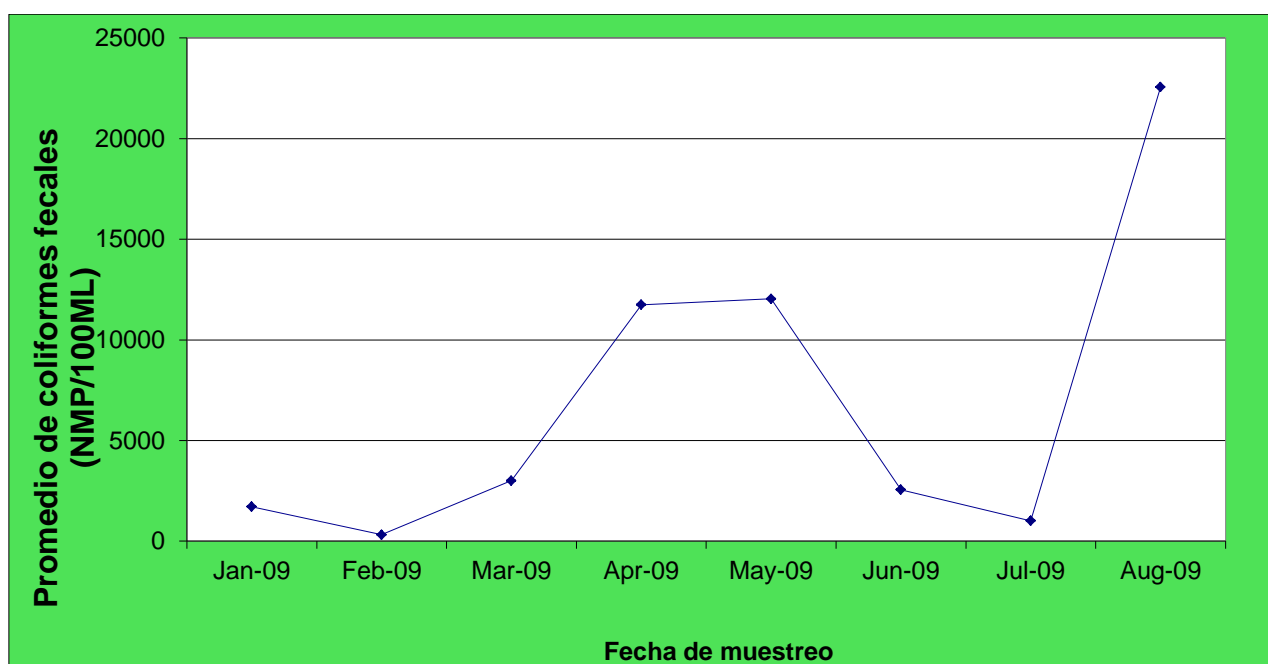


Figura 1. Comportamiento promedio de los coliformes fecales encontrados en las muestras según fecha de estudio.

Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales establece que las aguas que se utilicen para actividades recreativas de contacto directo como el bañarse en los ríos, deben tener valores inferiores a los 1000 NMP/100 ml en su contenido de coliformes fecales. El cuadro 3 muestra que ninguno de los ríos muestreados presenta valores inferiores a ese valor máximo permisible en cada uno de los meses muestreados, invalidando dicho uso para esos fines recreativos. Es interesante recalcar que aún el Río Tigre inicial que se encuentra cerca del Parque Corcovado y que no tiene poblaciones cercanas, es apto para la natación en algún momento del año.

Igualmente el reglamento establece como aptas para riego para cultivos que se consumen crudos o para acuicultura, aquellas aguas que se clasifican como clase 1 ó 2 (menos de 1000 coliformes fecales/ 100 mL para la clase 2). Por lo tanto, ninguno de estos ríos tampoco clasifica para dicha actividad en algún momento de los meses muestreados.

CONCLUSIONES

- El estudio de la contaminación de coliformes fecales durante los ocho meses del muestreo en varios de los ríos situados en la Península de Osa y cerca de la localidad de Piedras Blancas representa una clara señal de alerta para proceder a la implementación de las medidas necesarias para proteger los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico.
- Por otra parte, es necesario que distintas entidades, tanto gubernamentales como no gubernamentales, empiecen a formular programas de recuperación y protección en las microcuencas de la región.
- El nivel de coliformes fecales en los ríos son indicadores de contaminación, cuyo contenido inhabilita el uso de algunos ríos en cierto tipo de actividades. Por tanto, es vital empezar a informar a la población sobre la situación actual de contaminación de los ríos y los cuidados que se deben tener con ríos contaminados con coliformes fecales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Instituto Tecnológico de Costa Rica (**ITCR**), y en especial a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (**VIE**) por el apoyo tanto financiero como administrativo. También a la **Fundación Neotrópica** por el apoyo logístico brindado en este proyecto durante la realización de las giras para los muestreos. Además, agradecemos al Centro de Investigación en Protección Ambiental (**CIPA**) y al Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (**CEQIATEC**) por su gran respaldo al proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chaves A., Mora J., et al. 2002. **Contaminación actual de la cuenca del río San Carlos con coliformes fecales y totales**, Tecnología en Marca, Vol. 15-2, pp. 29-35.
2. María del C. Cortés-Lara. 2003. **Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit**. Rev. Biomed. 14:121-123.

3. Delgadillo-Hinojosa F, Orozco-Borbón MV. 1987. **Bacterias Patógenas en sedimento de la Bahía de Todos Santos**. Baja California. Ciencias Marinas; 13: 31-38.
4. Livenais, J.B. 2009. **Caracterización de las Fuentes de contaminación de las aguas litorales de la Playa Colorada, Bahía de Drake, Península de Osa, Costa Rica**. Tesis de grado de maestría. Programa de Estudios en gestión integrada de áreas costeras tropicales. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
5. MINAE, 2007. **Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales**. No. 33903-Minae-S.
6. Wong, I., Barrera, G. 1996. **Implicaciones ecológicas de la contaminación microbiológica en la zona costero-marina**. En: Botello AV, Rojas-Galaviz JL, Benítez JA, Zárata-Lomelí D, editores. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica; pp.369-376.
7. Shehane S.D., et al. 2005. **The influence of rainfall on the incidente of microbial faecal indicators and the dominant sources of faecal pollution in a Florida river**. Journal of Applied Microbiology, pp. 1127-1136.