

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE BOCAS DEL TORO

RESULTADO FINAL DE LA INVESTIGACIÓN:

***CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LA CALIDAD
DE LAS AGUAS DEL RÍO SAN SAN***

Código: 20-04-04-00-2008-2009

Línea de Investigación: Estudio de la calidad de agua de cuenca

Investigador Principal: Manuel caballero. Análisis físico-químico

Colaboradores:

Juana Montero M.Sc.	Análisis bacteriológico.
Vanessa Valdés M.Sc.	Bióloga-Zoóloga- Identificación de Vertebrados en las riveras del Río San San
Enrique Williams M.Sc.	Ubicación de Coordenadas con GPS.
Alexander Santos M.Sc.	Apoyo a los análisis físico-químicos
Rosalba De León	Apoyo a los análisis bacteriológicos

ACRÓNIMOS Y CONCEPTOS

Agua: es el nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H₂O.

Biocidas: sustancias químicas en presencia de las cuales no es posible la vida. Habitualmente se utiliza este término para hacer referencia a aquellas sustancias químicas utilizadas para el control de vectores de enfermedades humanas y animales, así como de las plagas que sufre la agricultura. Los Biocidas pueden ser de diversos tipos: acaricidas (afectan a los ácaros), nematocidas (afectan a los nemátodos), fungicidas (afectan a los hongos), herbicidas (afectan a las plantas adventicias), insecticidas (afectan a los insectos), rodenticidas (afectan a los roedores, especialmente los cavernícolas) y helicidas (afectan a caracoles y babosas).

BMWP-CR: Biological Monitoring Party. Índice que evalúa la calidad del agua de los cursos fluviales (ANAI).

Cloruros: principales aniones inorganicos en el agua.

Coliformes Totales: bacterias principalmente asociadas con los desechos humanos y animales. Este parámetro proporciona una medida de la contaminación de agua proveniente de contaminación fecal.

Conductividad: Propiedad física de una solución para transportar corriente eléctrica que depende de la concentración de iones, estado de oxidación, movilidad y la temperatura. Se determina con el conductímetro directamente en el campo.

Contaminación del agua: Es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

CDB: Covenio sobre la Diversidad Biológica

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno usado por las bacterias bajo condiciones aeróbicas en la oxidación de la materia orgánica.

DQO: Demanda Química de Oxígeno es una medida equivalente en oxígeno del contenido de la materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte.

CLORO TOTAL (Cl): El indicador N, N – dietil- p- fenilendiamina (DFD) es utilizado para métodos colorimétricos. Las interferencias se corrigen con tioacetamida. Campo.

CRUBO: Centro Regional Universitario de Bocas del Toro (Universidad de Panamá).

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica.

FOSFATOS: El método aplicado en la determinación es el ortofosfato en donde reacciona con el molibdato en medio ácido produciendo un complejo de fosfomolibdato. Entonces el ácido ascórbico reduce el complejo desarrollando un color azul intenso de molibdeno el cual es proporcional. Compuestos que contienen fósforo. Son nutrientes vegetales que, al mismo tiempo, pueden ser contaminantes. Cuando penetran en el agua, contribuyen a la formación de algas, de la misma forma en que lo hacen los nitratos.

Fluoruro, F: El método de SPADNS se utiliza para la determinación de flúor con un desarrollo de color instantáneo decreciente, el cloro libre se elimina con arseniato de sodio. Es aplicado a un rango de 0 a 2 ppm. Campo.

GEF: siglas en inglés del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environment Facility).

Hierro Total: Para aguas naturales y tratadas, el colorimétrico de Fenantrolina es adecuado desarrollando un color anaranjado que es proporcional a la concentración de hierro. Reacciona con el hierro soluble, todos y la mayoría de las formas insolubles de hierro en la muestra para producir hierro ferroso soluble y se analiza en el campo.

Nitrato: Nitrogeno en estado de oxidación. El Nitrato se forma de la composición de los compuestos nitrogenados, ejemplo: urea utilizada como un abono en las plantaciones. De la descomposición de los nitratos se forma amoníaco o amonio.

Nitritos: Sales o ésteres del ácido nitroso. En la naturaleza los nitritos se forman por la oxidación biológica de las aminas o del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaerobias.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OP-12: Programa Operativo # 12 del GEF: Manejo Integrado de Ecosistemas.

Organofosforados: grupo de pesticidas artificiales aplicados para controlar las poblaciones plagas de insectos.

Oxígeno Disuelto (OD): Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal.

Pesticidas: sustancias de control de plagas, incluyendo pesticidas, herbicidas y fungicidas utilizados en los cultivos para la prevención y el combate de plagas.

PH: Concentración de iones de hidrógeno.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Salinidad, PPM DE NaCl: La determinación de la salinidad se realizó directamente en el campo, previa calibración del instrumento digital portátil y consistió en introducir la sonda aproximadamente 3 metros de profundidad para los puntos de monitoreo. Campo.

Solidos Totales Disueltos: medida de la parte de sólidos en una muestra de agua.

SPAW: Protocolo Relativo a las Áreas y Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas (Protocolo que forma parte del Convenio de Cartagena).

SVAP: Stream Visual Assessment Protocol. Sistema de valoración de los hábitats acuáticos de los cursos fluviales (ANAI).

Sulfatos: son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. Se determina mediante el método de Sulfa ver 4 en donde se forma un sulfato de Bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato. Laboratorio.

Temperatura: Se utiliza en el cálculo de diversas formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad respecto al carbonato de calcio. Determinado con un termómetro.

Turbidez: Se debe a materia en suspensión como orgánicos solubles, coloreados, inorgánicos minúsculos, planctón y microorganismos. Se determina en el campo.

UNCLOS: Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

pH: se utilizan el pHmetro y comparadores universales. Así se expresa la acidez o la basicidad de las soluciones diluidas. Además del método calorimétrico rojo fenol. Campo.

INDICE

	<u>Páginas</u>
Introducción	7
1. Antecedentes del problema	8
1.1. Justificación del estudio	8
1.2. Objetivos del estudio	9
1.3. Alcances	9
2. Metodología	9
2.1. Área de estudio	9
2.2. Técnicas de Recolección de Datos	10
a. Datos Geográficos	10
b. Análisis Colorimétrico	10
c. Análisis microbiológico de agua	11
d. Análisis fisicoquímico	13
e. Identificación de Fauna	13
3. Resultados y Análisis	13
3.1. Caracterización Geográfica de la Micro Cuenca Hidrográfica del Río San San	13
3.2. Fauna característica de las riveras del Río San San	20
3.3. Resultados de los Análisis Bacteriológicos	22
3.4. Resultados de los Análisis Físico-Químicos	26
Conclusión	32
Bibliografía	34
Anexo N°1 Métodos de Análisis para Agua Naturales, Residuales y Tratadas.....	36
Anexo N°2 Normas sobre Calidad de aguas 2006. Valores Permisibles.....	37
Anexo N°3 Valores máximos permisibles de las descargas de efluentes líquidos a Cuerpos receptores.....	38

Anexo N°4	
Determinando las coordenadas en los puntos de muestreo del río San San.....	40
Anexo N°5	
La descarga del agua no tratada de toda la comunidad de Changuinola por la Bomba A.....	40
Anexo N°6	
Desarrollo de Actividades domésticas en las riveras del río San San.....	41
Anexo N°7	
Preparación de las muestras para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	41
Anexo N°8	
Colorímetro DR 890	42
Anexo N°9	
El conductímetro portátil utilizado para determinar conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad y Temperatura.....	42

Introducción

El agua es un recurso natural que cada día se vuelve más escaso debido al incremento de su consumo por parte de un mayor volumen de población, el crecimiento de nuevos sistemas de cultivo que demandan el recurso, así como por el incremento de la producción industrial. El incremento del consumo de agua va parejo al deterioro de su calidad, debido a la falta de sistemas de depuración que permitan su regeneración una vez usada.

El incremento del consumo de agua afecta tanto a las aguas superficiales como a las subterráneas, a lo que se une las dificultades cada vez mayores para recargar los mantos freáticos debido a los procesos de deforestación, y el incremento de grandes y complejos sistemas agrícolas y suelo urbano en zonas de recarga de los acuíferos subterráneos.

El agua es un componente imprescindible en la vida del planeta, y su calidad es estratégica para el ser humano y la naturaleza, si tenemos en cuenta que el concepto “calidad” es la expresión de un conjunto de características de un bien o servicio para posibilitar la satisfacción de un usuario o consumidor. Considerando estos aspectos podríamos definir por contaminación de las aguas: la incorporación de elementos extraños al recurso que pueden ser de carácter físico, químico o biológico, y que hacen inútil o riesgoso su uso para el consumo humano, la vida acuática, la recreación, el riego, y su uso en sectores económicos como la industria, energía y transporte¹.

¹ Organización Mundial de la Salud. Guía para la evaluación de agua potable de la OMS.

1. Antecedentes del Problema

Hace aproximadamente 15 años que se hicieron los últimos estudios sobre la distribución y estado del Manatí en Panamá y se concluyó que las poblaciones han estado disminuyendo, en dicho informe publicado en 1990 se consideró que su número pudo haber estado entre 42 y 72 individuos, se desconoce actualmente su estado, aunque después de aquel estudio se creó el Humedal de Importancia Internacional San San Pond Sack (1993) en la Provincia de Bocas del Toro. Recientemente (2004) se ha puesto en marcha un proyecto para la recuperación de las poblaciones de manatíes a través de la concienciación y conservación de sus hábitats y ecosistemas.

Cerca de los años 2007 se cree que la población de los manatíes en el área está estimada entre 70 y 100 individuos, pero desafortunadamente, su población está disminuyendo rápidamente por la acción del hombre tanto directa como indirectamente. De forma directa porque lo utilizan como fuente de alimento e indirectamente porque sus actividades provocan la contaminación del río, entre las cuales se puede mencionar, la ganadería, la agricultura, tráfico de especies silvestres y las actividades domésticas entre otras.

En cuanto a la agricultura, además de las plantas cultivadas y las especies pioneras, también se encuentran numerosos individuos de las especies de los bosques contiguos, especialmente matumba. Aunque el ambiente del humedal no parece apropiado para la agricultura ni la ganadería en gran escala, sí es adecuado para varios de los cultivos preferidos por lo habitantes de Bocas del Toro: plátano (*Musa paradisiaca*), dachín (*Colocasia esculenta*) y arroz (*Oryza sativa*), además de frutales típicos de zonas muy húmedas como cacao (*Theobroma cacao*) y pixbae (*Bactris gasipaes*)².

1.1. Justificación del Estudio

El problema que ha venido enfrentando la población de manatíes en la Provincia de Bocas del Toro es alarmante, por lo que su conservación es materia primordial en la Provincia. Los manatíes de Panamá están protegidos por ley, sin embargo, son perseguidos por cazadores furtivos a punta de rifles y arpones, interesados en los animales por su piel, grasa y carne.³

En el año 2006 se celebró el taller Binacional en la República de Panamá para la elaboración del Manual Operativo Binacional Transfronterizo entre Panamá y Costa Rica como una herramienta para luchar contra el tráfico ilegal de especies silvestres CITES. En esta participaron Aduanas, Cuarentena, Policía Ecológica y representante de los fiscales ambientales⁴.

² CEPASA. 2004. Plan de Manejo del Humedal de Importancia Internacional San San Pond Sak. Autoridad Nacional del Ambiente, República de Panamá.

³ Los Manatíes en Bocas del Toro. Encontrado en: <http://www.entertainmentpanama.com/Curiosidades/Los-manaties-en-Bocas-del-Toro.html>

⁴ 2006. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. SC54.43.3 (Rev.1). Encontrado en: <http://209.85.207.104/search?q=cache:cG0jcb0RX1QJ:www.cites.org/eng/com/SC/54/E54-43-3.pdf+convenci%C3%B3n+sobre+la+conservaci%C3%B3n+de+manat%C3%ADes&hl=es&ct=clnk&cd=13>

De allí que se hace imprescindible el estudio de la caracterización físico química y bacteriológica de las aguas del Río San San para poder establecer medidas de salud pública que contribuyan a su conservación.

1.2. Objetivos del Estudio

- ✚ Diagnosticar la calidad de las aguas del río San San
- ✚ Comparar normas nacionales e internacionales sobre calidad de las aguas.
- ✚ Conocer las condiciones elementales en que viven los manatíes en el río San San.
- ✚ Cuantificar por medio de análisis físicos, químicos y microbiológicos los diferentes parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

1.3. Alcances

El manejo propuesto para el recurso agua del Río San San permitirá un uso y cuidado racional de este recurso natural, así como el cumplimiento de los compromisos y acuerdos de mejorar la calidad de las aguas del mar Caribe, y por ende de la flora y fauna que lo habitan.

II. Metodología

La metodología utilizada en este estudio es la siguiente:

2.1. Área de Estudio

El río San San desemboca en el Mar Caribe, en la provincia de Bocas del Toro, al noroeste de Panamá. Mide 37.3 km de largo y su cuenca es de 222.5 km². Se encuentra entre los ríos Changuinola y Sixaola.

Posee poca profundidad y en su desembocadura, hay una barrera de arena que forma una laguna costera. En dicho río se encuentra el manatí, un mamífero en peligro de extinción. Razón por el cual se realizó el monitoreo entre los meses de enero hasta marzo de 2008.

En este trabajo se encuentra la información acerca del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua del río San San más específicamente, de los distintos puntos de muestreos (A: La Lata; B: La cabaña; C: Tres Bocas; D: Bomba Abajo; E: Bomba A Arriba) en donde se realizaron análisis de campo y de laboratorio para determinar la calidad y diagnosticar el tipo de contaminación que poseen estas aguas.



San San	
<u>Longitud</u>	37,3 km
<u>Altitud de la fuente</u>	--- msnm
<u>Caudal medio</u>	-- m³/s
<u>Superficie de la cuenca</u>	222,5 km²
<u>País que atraviesa</u>	<u>Panamá</u>
<u>Desemboca en</u>	<u>Atlántico</u>
<u>Ancho de desembocadura</u>	---

Fuente: Wikipedia. La Enciclopedia Libre.

http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_San_San

2.2. Técnicas de Recolección de Datos

a. Datos Geográficos

Para poder determinar las características geofísicas del área de estudio, se procedió a georeferenciar los mapas temáticos, para luego, de acuerdo con las coordenadas obtenidas en el sitio de estudio con el Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.), realizarlas sobre posiciones de los puntos muestrales y poder deducir una base científica.

b. Análisis colorimétrico

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para la cuantificación del color, o sea para la obtención de valores numéricos del color.

Procedimiento de la medida del color

Existe una necesidad de estandarizar el color para poderlo clasificar y reproducir. El procedimiento utilizado en la medida del color consiste sustancialmente en sumar la respuesta de estímulos de colores y su normalización a la curva espectral de respuesta del fotorreceptor sensible al color. Como referencia, se utiliza la curva espectral codificada de la Comisión Internacional de Iluminación, (conocida por sus siglas CIE en francés), la llamada función colorimétrica. Debe notarse que el color es una característica subjetiva, pues solo existe en el ojo y en el cerebro del observador humano, no siendo una característica propia de un objeto. Los fotorreceptores del ojo humano son los conos de la retina, de los que existen diferentes tipos, con sensibilidades diferentes a las distintas partes del espectro luminoso.

El matemático alemán Hermann Grassmann enunció unas leyes sobre la mezcla aditiva del color. Ellas muestran que cualquier color puede expresarse como suma de tres colores primarios, es decir, de tres colores en los cuales uno no puede obtenerse por la mezcla de los otros dos. Aplicando sus leyes, se obtiene la denominada ecuación unitaria del color, que representada, da una forma parecida a un triángulo, el triángulo internacional de color. El área dentro de las tres curvas que se obtienen al fin del procedimiento dan origen a tres valores: las coordenadas triestímulo X, Y y Z ligadas a las coordenadas de cromaticidad x e y por relaciones lineales. El paso de un espacio de colores a otro son datos de relaciones de transformación de coordenadas.

Percepción

La saturación de un color es su grado de pureza. Un color está más saturado cuanto menor sea su contenido de grises o de blancos. Los colores de la naturaleza siempre son más o menos saturados. La intensidad, o luminosidad de un color, es la característica que hace que este aparezca más claro, independientemente de su saturación.

La colorimetría ha tenido una gran expansión debido a la industria cosmética por el estudio de sombras, tintas, polvos y colores para el cabello. En la actualidad se utiliza esta técnica para el análisis colorimétrico es posible llegar a un análisis químico del material superficial que se está analizando, como el análisis de la respuesta espectral.

c. Análisis Microbiológico de agua.

Las bacterias Coliformes y *Echerichia coli* son dos tipos de bacterias que pueden ser cultivadas en una rápida prueba en los "Petrifilm," 3M o en un laboratorio en las petri-placas. "Coliform" refiere a una amplia clase de las bacterias que se cultivan fácilmente del agua o de las muestras ambientales, y refiere a la forma de las bacterias cuando está visto debajo de un microscopio. La mayoría son organismos vivos libres encontrados naturalmente en suelo y el sedimento. Sin embargo, las bacterias coliforme no deben estar presentes en agua y se utilizan pues como indicador de contaminación en agua potable. Estas bacterias se encuentran comúnmente en muestras abiertas de agua superficial, por ejemplo corrientes, ríos, lagos, y charcas.

La *E. coli* es una especie de bacterias coliformes que se encuentra comúnmente en los intestinos de organismos de sangre caliente. Mientras que la mayoría de la *E. coli* es inofensiva a los seres humanos, algunas tipos tales como *E. coli* 157:H7 se han demostrado ser patógenos, y a veces mortal. Y más importantemente, la *E. coli* se puede utilizar como indicador para una variedad amplia de enfermedades que causan los microorganismos que están presentes en materia fecal, e indique que una cierta clase de materia fecal está contaminando el agua. Altos niveles de *E. coli* indica un mayor riesgo de la enfermedad por patógenos en el agua, incluyendo virus, parásitos intestinales y otras bacterias que pueden ser más dañinas. La *E. coli* no se debe detectar nunca en agua potable, y solamente las concentraciones pequeñas se permiten en las aguas usadas para la reconstrucción primaria o secundaria del contacto, según lo descrito en la sección de la interpretación.

El Petrifilm recomendado para esta prueba puede detectar tanto las bacterias coniformes generales como también la *E. coli*. Un tinte especial en el agente de gelificación reacciona con las bacterias, y dará un color rosa a la presencia de colonias de coliformes formadas por unidad, y dará un color azul

y una burbuja del gas en la presencia de una colonia de *E. coli*. Una colonia formada por unidad es creada por la inoculación con las bacterias microscópicas que se dividirán y crecerán en una colonia, o punto en la placa que es visible al ojo desnudo después de un período de la incubación. Ésta es la base de la prueba, pero todavía se llama a esta una "prueba rápida," con respecto a pruebas de laboratorio, porque puede ser realizada en la casa, pero en realidad se tiene que esperar el crecimiento de las colonias durante el período de la incubación antes de que se pueda contar y registrar sus datos.

Herramientas - Plato 3M Petrifilm para conteo de *E. coli*/coliformes

Descripción: Las placas de la EC de Petrifilm⁵ fueron diseñadas originalmente para contar bacterias *E. coli* y coliformes en el alimento y los sectores lecheros. Este producto es un sistema confeccionado del medio de cultivo que contiene los alimentos, un agente de gelificación -agua-soluble, y tintes rojos y azules del indicador a ayudar a identificar y a contar a colonias de las bacterias. Las pipetas estériles (uno-utilice) de 1 ml también se necesitan para esta prueba, junto con su muestra de agua, y una incubadora, o lugar relativamente caliente para incubar las placas.

Las clasificaciones presentes en el Cuadro se aplican solamente al agua superficial. Si se usa el Petrifilm para verificar agua potable el estándar tanto para coliformes como para *E. coli* es el cero. Para el agua superficial, usamos 200 cfu/100 ml criterios para la reconstrucción de contacto (2 cfu por plato), y cfu/100 2000 ml (20 cfu por plato) nivel para la reconstrucción de no contacto como nuestros niveles de umbral. No hay ningún estándar EPA para Coliformes, pero basado en nuestras pruebas de granjas y corrientes en Kansas, hemos hecho pautas sugeridas. En sus hojas de datos usted puede ser que también observe si hay patrones con estos datos, así como con *E. coli* en diversas horas del año, en diversos sitios del muestreo, o en el colmo contra agua del flujo de la línea de fondo.

4	3	2	1
Clasificaciones de <i>E. Coli</i>			
Ninguno descubierto. (Para el agua potable, este es el único nivel aceptable)	<i>E. coli</i> detectado, pero menos de 2 por la placa. (seguro para la reconstrucción del contacto, por ejemplo la natación)	<i>E. coli</i> entre 2 y 20 cfu/placa. (No seguro para la reconstrucción del contacto, pero aceptable para la reconstrucción sin contacto, como canotaje).	<i>E. coli</i> mayor de 20 por la placa. (No incluso seguro para la reconstrucción sin contacto).
Clasificaciones de Coliformes Totales			
Ninguno descubierto. (Para el agua potable, este es el único nivel aceptable)	Menos de 20 colonias por plato.	20-200 colonias por plato.	200 + colonias o demasiado para contar (TMTTC).

Fuente: 3M Do Brasil LTDA.2002. "3M Petrifilm Staph Express Count System Interpretation Guide." USA.

⁵ 3M Do Brasil LTDA.2002. "3M Petrifilm Staph Express Count System Interpretation Guide." USA.

d. Análisis Físico-Químico

Este método evalúa la condición de la calidad de las aguas a través de los aspectos físicos y químicos. La desventaja de este tipo método es el elevado costo de las pruebas, que se ve incrementado por los constantes cambios por la propia dinámica de los ríos. Dentro de los análisis se contemplaron los siguientes: Conductividad, sólidos totales disueltos, salinidad, temperatura, cloro libre, oxígeno disuelto, fosfatos, hierro, fluoruro, turbidez, Ph, nitrato(NO_3^{-1}), nitrito(NO_2^{-1}), sulfato(SO_4^{-2}), DQO y DBO.

e. Identificación de Fauna

Para la identificación de la Fauna del área de estudio se procedió a utilizar la siguiente metodología:

- ❖ Descripción de las principales fuentes de consulta (Literatura, Entrevistas y Observación).
- ❖ Descripción de las características morfológicas específicas y principales consideraciones de diferenciación para diferentes grupos taxonómicos.
- ❖ Salida de campo para realizar la observación y/o captura de especies selectas y su identificación.

3. Resultados y Análisis

A continuación se presenta el análisis y diagnóstico de la calidad de las aguas superficiales del Río San San, así como los indicadores de la línea de base en materia de calidad de aguas, en base a los modelos físico-químico y bacteriológico. Para ello se realizó una gira de campo para identificar los puntos de muestreo que sirvan para monitorear la calidad de las aguas en este estudio y en estudios posteriores. En todo momento se utilizaron los métodos recomendados por la EPA⁶ para el análisis de aguas y aguas residuales.

3.1. Caracterización Geográfica de la Micro Cuenca Hidrográfica del Río San San

a. Localización Geográfica del Río San San Pond Sack

El área en la cual se desarrolla el proyecto “Caracterización de las aguas del Río San San” está ubicada en la proximidad de la playa de la Costa Atlántica, localizado en la parte Noroeste de la Provincia de Bocas del Toro, Distrito de Changuinola, Corregimiento de Guabito. Presenta una extensión superficial de 16,125 hectáreas.

⁶ EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EEUU. Métodos Estándares para la examinación de aguas y aguas residuales



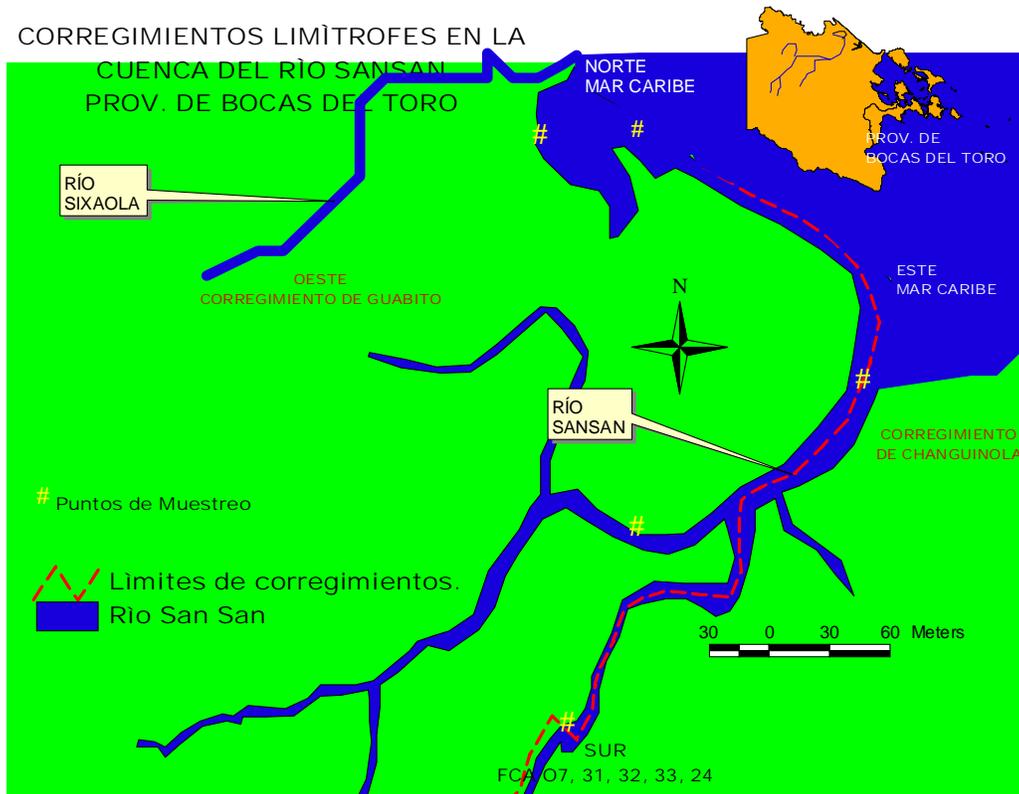
Límites:

Al Norte: con la Cuenca Baja del Río Sixaola y el Mar Caribe

Al Sur: con el Río Teribe, Quebrada Soposa, Quebrada Zegla, Charagre, Wetso.

Al Este: con el Río Changuinola, Corregimiento de Changuinola.

Al Oeste: Con el Corregimiento de Guabito, el río Yorkin y parte del Río Sixaola



Fuente: Sistema de Información Geográfica GRU de Bocas del Toro

Coordenadas Geográficas de la Cuenca del Río San San

LATITUD	LONGITUD
09°30'20"	83°34'01"
09°33'58"	82°33'52'
09°25'59"	82°21'19"
09°17'39"	82°20'49"

Fuente: Sistemas de información Geográfica del CRUBO.

Ubicación de las Coordenadas U.T.M de Los Sitios Clasificados para la Toma de Muestras de Agua en El Río San San Distrito de Changuinola

DENOMINACIÓN	LATITUD	LONGITUD
Oficina de ANAM	1046575 N	17329901 E
La Lata (A)	1054012 N	17332514 E
Cabaña (B)	1053127 N	17334235 E
Tres Bocas (C)	1051038 N	17333588 E
Bomba a (D)	1048144 N	17331278 E
Arriba de Bomba a (E)	1047102 N	17330701 E

Fuente: Sistemas de información Geográfica del CRUBO.

b. Características físicas:

Las características morfoestructurales del área de estudio son las siguientes:

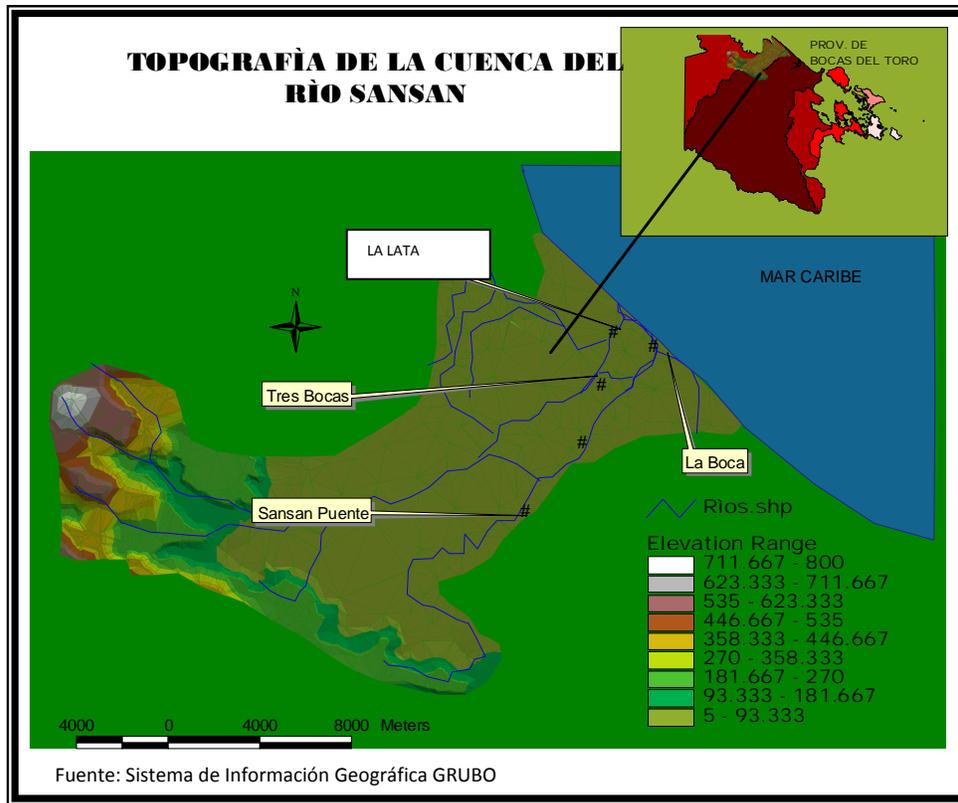
Marco morfoestructural

La geomorfología (planicies costeras) ha conformado un conjunto de canales y lagunas que definen una extensa área de transición entre la sección terrestre y el frente costero.

La influencia de las mareas proporciona un ambiente dinámico para el intercambio de nutrientes y la remoción de desechos, favoreciendo la flora y la fauna local; principalmente como hábitat muy importante para aves marinas.

La cuenca del Río San San es una región de planicies costeras situada al noroeste de la provincia de Bocas del Toro. Consiste en una cuenca sedimentaria del terciario, catalogada como región de planicies bajas y litoral del cuaternario.

Las elevaciones máximas, se observan al noroeste de la cuenca del Río San San presentando alturas máximas entre 600 y 700 metros y las elevaciones mínimas oscilan entre 10 y 100 metros sobre el nivel del mar (ver mapa)



Marco Geológico:

Geológicamente, el sitio de estudio presenta características del periodo cuaternario; pertenece al grupo Aguadulce, Formación Las Lajas, y su composición litológica es de aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales manglares, conglomerados y lutitas carbonosas; la deposición de sedimento es de tipo delta.

Tectónica del área:

El área está caracterizada por la presencia de un sin número de fallas tectónicas, así como de fracturas de mucha importancia en la micro placa de Panamá, denominada también “bloque tectónico”. Esta micro placa se localiza cerca del la costa del Caribe. San San – Pond Sack actúa de territorio vértice, siendo sometido a altas presiones provenientes de la placa del Caribe contra el continente. Debido a este movimiento tectónico, esta región ha sido denominada por los sismógrafos como la esquina del cinturón deformado de Panamá.

Según la posición realizada en el mapa geológico, se observa en el sitio de estudio, tres tipos de fallas o fracturas, las cuales son:

- **Fallas de Corriente con esfuerzos hacia el sur:** Este tipo de fallas corre paralelo a la costa norte y es visible en fotografías aéreas y con mejor resolución en las imágenes satelitales Landsat TM y MSS.
- **Fallas por deformación:** Las fallas de este tipo también son denominadas de “estructuras plegadas”, debido a que próximo al área, específicamente hacia el sur, se perciben dos grandes estructuras anticlinales bien definidas, con fuerte control estructural en los terrenos plegados.

Descripción del suelo

La mayor parte del HIISSPS (Humedal de Importancia Internacional San San Pond Sack) esta formada por lagunas y áreas permanentemente inundadas. Esta región esta formada por clásticas activas y depósitos orgánicos sedimentarios. Estos depósitos son recientes (Cuaternario Reciente), con altas tasas de sedimentación provenientes de los aportes de los ríos Changuinola y San San principalmente.

Con los orígenes, anteriormente mencionados, se puede esperar que los suelos sean entisoles mineralizados a partir de derivados de materiales tanto aluviónicos como residuales. Estos entisoles pueden dividirse en Fluvents (depósitos aluviónicos propiamente dichos), que se presentan en pequeños bolsones a lo largo del HIISSPS, y en los Acuents (suelos saturados de agua con alto contenido de carbono orgánico y bajo humedad permanente), que dominan la mayor parte de la superficie del área protegida.

Marco sísmico

El HIISSPS se sitúa al borde de la placa del Caribe, lo cual ha resultado en que reciba altas presiones sísmicas y controles estructurales en el área. El sitio se ubica en la zona de alto impacto sísmico en el borde de la microplaca Panamá, en el cinturón deformado de Panamá, siendo empujado por la placa del Caribe. El impacto sísmico se encuentra entre los valores de VII a VIII MM (escala Mercali Modificada), por lo que el área se sitúa en la región de alto impacto sísmico. El área de estudio está trazada por grandes fallas regionales y locales, producto de las altas presiones de la placa adyacente. El alto riesgo de esta zona “sensu stricto” es considerado “mediano” por la baja densidad poblacional.

Ambiente biológico

Se emplearon imágenes satelitales obtenidas por CATHALAC – CIUDAD DEL SABER, con una resolución de píxel 30 x 30 para realizar una clasificación supervisada con las bandas del infrarrojo cercano 4, 3,2 conocidas técnicamente como imagen de falso color aplicado al programa Erdas 8.1

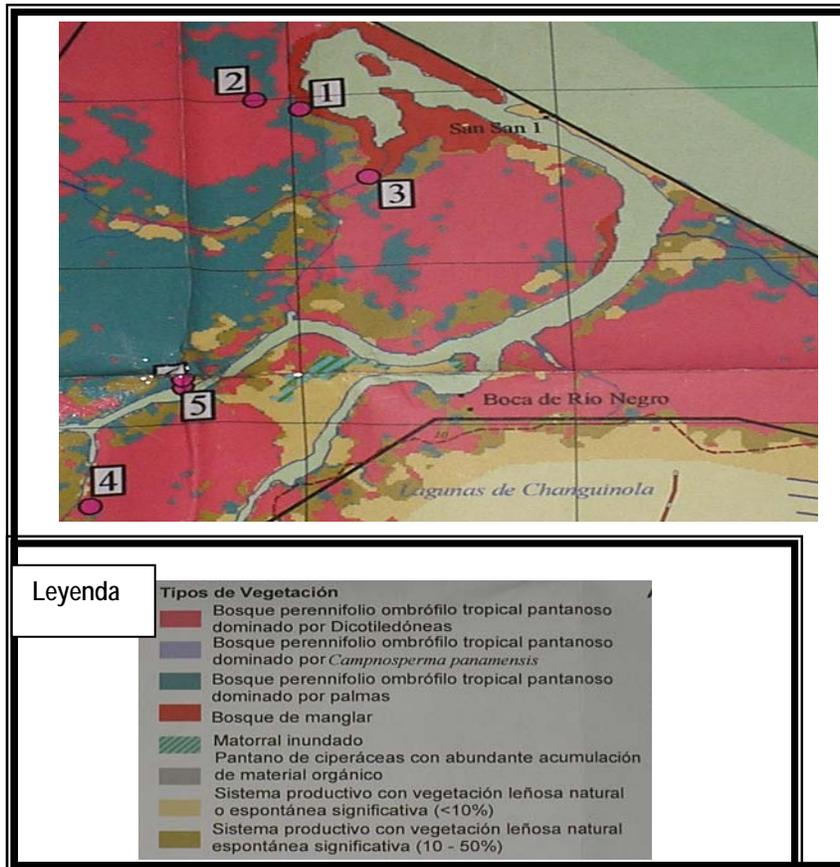
con el propósito de obtener información sobre el tipo de vegetación existente en el área de estudio. Luego se realizó correcciones de la clasificación obtenida a través del análisis de la imagen con el tipo de vegetación observadas durante la gira de campo a fin de realizar una representación cartográfica de la flora existente en el área.

En el sitio de estudio se observó ocho tipos de bosque; perennifolio ombrófilo tropical empleando el programa Arcview 3.3 se logró determinar que este tipo de bosque tiene una extensión de 4,942.8 hectáreas las cuales equivalen a 25% de la superficie total.

El bosque perennifolio ombrófilo tropical pantanoso dominado por *Camposperma panamensis* tiene una extensión de 3, 561 hectáreas es decir, 18%; bosque perennifolio ombrófilo tropical pantanoso dominado por palmas en donde representan 3,135 hectareas, 16%.

Bosque de Manglar 197,400 hectáreas, 0.99%, Matorral 1,768 ha representa un 8.83%; sistema productivo con vegetación leñosa 2,202.6 ha es decir, 11.00%.(Ver mapa).

TIPO DE VEGETACIÓN OBSERVADA EN EL RÍO SANSAN



FUENTE: Imagen Satelital Ladsat TM, digitalizado con el programa Erdas 8.3

El sitio de estudio, según la clasificación realizada, se pudo observar varias clases de vegetación inundable y parches de vegetación no inundable. Algunas de las especies arbóreas más comunes en este humedal son: Orey (*Camposperma panamensis*), Cativo (*Prioria copaifera*), Cerillo (*Symphonia globulifera*), Matumba (*Raphia taedigera*), Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*), Sancrillo (*Pterocarpus officinalis*).

3.2. Fauna característica de las riveras del Río San San

El Humedal San San Pond Sack posee una gran diversidad de hábitats acuáticos y terrestres que brindan las condiciones adecuadas para la reproducción y crecimiento de una gran diversidad de animales.

Los diversos ecosistemas que se presentan son los esteros, llanuras de inundación, pantanos, turberas, ríos, bosques inundables y lagunas costeras. Por todos estos motivos el humedal es considerado como uno de los ecosistemas más ricos en biodiversidad dentro de la región.

Lista de Algunos Animales registrados y observados en el Humedal San San Pond Sack

Anfibios:

N. Científico	N. Común	Fuente
<i>Bufo marinus</i>	Sapo común	L, E, O
<i>Dendrobates pumilio</i>	Ranas venenosas	L, E, O
<i>Colostethus talamancae</i>	Rana	O
<i>Phillobates lugubris</i>	Rana	O

Fuente: E: Entrevista, L: Literatura, O: Observado.

Reptiles:

N. Científico	N. Común	Fuente
Reptiles		
<i>Kinodermnon angustiopons</i>	Tortuga terrestre	L, E
<i>Bothrops schlegelli</i>	Serpiente de pestaña	L, E
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortuga Baula	L, E, O
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortuga carey	L, E, O
<i>Iguana iguana</i>	Iguana	L, E, O
<i>Ameiva ameiva</i>	Borriquero común	L, E, O

Fuente: E: Entrevista, L: Literatura, O: Observado.

Aves:

N. Científico	N. Común	Fuente
Aves		
<i>Columba leucocephala</i>	Paloma coroniblanca	E, O
<i>Ramphocelus passerinii</i>	Tangara lomiescarlata	E, O
<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquero social	L, E
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola de montezuma	L, E, O
<i>Melanerpes pucherani</i>	Carpintero carinegro	L, E
<i>Amazona autumnalis</i>	Loro frentirrojo	L, E
<i>Aratinga finschi</i>	Perico frentirrojo	E, O
<i>Cairina moschata</i>	Pato real	L, E, O
<i>Crypturellus soui</i>	Perdiz de rastrojo	L, E, O
<i>Procnias tricarunculata</i>	Pájaro Campana	L, E, O
<i>Actitis macularia</i>	Playero Coleador	L, E, O
<i>Tringa melanoleuca</i>	Playero Patiamarillo	L, E, O
<i>Pandion Haliaetus</i>	Aguila pescadora	L, E, O

Fuente: E: Entrevista, L: Literatura, O: Observado.

Mamíferos:

N. Científico	N. Común	Fuente
Mamíferos		
<i>Tritechus manatus</i>	Vaca marina o Manatí	L, E, O
<i>Tapirus bairdii</i>	Tapir	L, E, O
<i>Tajassu tajacu</i>	Saino	L, E
<i>Tajassu pecari</i>	Puerco de Monte	L, E
<i>Mazama americana</i>	Venado Corzo	L, E
<i>Pantera onca</i>	Jaguar	L, E, O
<i>Leopardos pardalis</i>	Manigordo	O
<i>Choloepus hoffmanni</i>	Perezoso de dos dedos	L, E, O
<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso de tres dedos	L, E, O
<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono Araña	R, O
<i>Aotus lemurinus</i>	Mono Nocturno	E, O
<i>Cebus capucinus</i>	Mono Cariblanco	L, E, O
<i>Leopardos wiedii</i>	Tigrillo	E, O
<i>Leopardos pardalis</i>	Tigre	E
<i>Contra longicaudis</i>	Gato de agua	L

Fuente: E: Entrevista, L: Literatura, O: Observado.

3.3. Resultados de los Análisis bacteriológicos

Los análisis microbiológicos arrojaron valores de crecimiento bacteriano, por debajo de lo establecido para muestras de agua superficiales según la norma CDGNTI-COPANIT 35-2000⁷, para el caso de coliformes totales, donde el nivel permisible de estas bacterias es de 1000 UFC por 100/ml en este tipo de aguas (Cuadro N°1, 3 y 5). Estos resultados se mantienen en los tres muestreos realizados, contrario a los resultados registrados para coliformes fecales (Cuadro N°2,4 y 6), las cuales mostraron un nivel alto para el agua de consumo humano, sin embargo, es permisible para aguas superficiales. Los efectos de estos resultados pueden deberse en procesos de autorregulación de los factores físicos, químico y biológicos que intervienen simultánea y alternativamente en el proceso de estabilización a lo largo del curso (Rinaldi *et al.*, 1979)⁸. Uno de los factores que intervienen en la reducción del crecimiento bacteriano es la radiación solar que ejerce una acción bactericida importante. Incide en forma directa sobre la capacidad fotosintética y la consiguiente producción de oxígeno por el fitoplancton y malezas acuáticas. Esto contribuye a compensar la demanda bioquímica de oxígeno, al saturar de oxígeno el medio acuático degradado.

Elosegi *et al.* (1995)⁹ indicó que los materiales incorporados en los ríos se diluyen progresivamente en el agua sobre todo cuando se da un aumento en el caudal a medida que se reciben nuevos afluentes. Tal es el caso del Río San San que recibe aportaciones hídricas de diversos tributarios.

Para algunos científicos como Branco (1984)¹⁰, el proceso de autodepuración de las aguas debe entenderse como la sucesión de etapas ecológicas que se inicia con la incorporación de los desechos hasta la recuperación de las características originales del ambiente acuático perturbado. Lo que podría explicar el bajo crecimiento de coliformes totales y fecales en las muestras recogidas en los diferentes puntos del Río San San a pesar de que existen evidencias de descargas de aguas que no cumplen con las normas de agua residuales CDGNTI-COPANIT 35-2000¹¹.

⁷ Ministerio de Comercio e Industrias. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000

⁸ Rinaldi, S; Soncini-Sessa, R; Stehfest, H; Tamura, H. 1979. Modeling and control of river quality. McGraw -Hill. 380p.

⁹ Elosegi, A; Arana, X; Basaguren, A; Pozo, J. 1995. Self-purification processes along a medium-size stream. *Environmental management* 19(6):931-939.

¹⁰ Branco, SM. 1984. Limnología sanitaria: estudio de la contaminación de aguas continentales. OEA (Organización de Estados Americanos). 120 p.

¹¹ Ministerio de Comercio e Industrias. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000

Cuadro N°1

Caracterización Bacteriológica de Coliformes Totales de las Aguas del Río San San en Enero 2008

Estándar de comparación	Estaciones de muestreo	Cantidad de Coliformes encontradas en las diluciones efectuadas a las muestras obtenidas en el mes de enero.					
		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
200ufc/100ml		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
	A-la lata	29	3	-	-	-	-
	B- La Cabaña	34	12	-	-	-	-
	C- Las tres bocas	66	13	-	-	-	-
	D- Bomba Abajo	42	6	-	-	-	-
	E- Bomba A arriba	38	9	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°2

Caracterización Bacteriológica de *E. coli* de las Aguas del Río San San en Enero 2008

Estándar de comparación	Estaciones de muestreo	Cantidad de <i>E. coli</i> encontradas en las diluciones efectuadas a las muestras obtenidas en el mes de enero.					
		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
200ufc/100ml		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
	A-la lata	8	-	-	-	-	-
	B- La Cabaña	13	1	-	-	-	-
	C- Las tres bocas	28	3	-	-	-	-
	D- Bomba A abajo	18	2	-	-	-	-
	E- Bomba A arriba	17	2	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°3

Caracterización Bacteriológica de Coniformes Totales de las Aguas del Río San San en Febrero

Estándar de comparación	Estaciones de muestreo	Cantidad de Coliformes encontradas en las diluciones efectuadas a las muestras obtenidas en el mes de enero.					
		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
200ufc/100ml		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
	A-la lata	8	-	-	-	-	-
	B- La Cabaña	39	5	-	-	-	-
	C- Las tres bocas	15	2	-	-	-	-
	D- Bomba A abajo	123	22	6	-	-	-
	E- Bomba A arriba	142	44	7	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°4

Caracterización Bacteriológica de *E. coli* de las Aguas del Río San San en Febrero

Estándar de comparación	Estaciones de muestreo	Cantidad de <i>E. coli</i> encontradas en las diluciones efectuadas a las muestras obtenidas en el mes de enero.					
		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
200ufc/100ml		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
	A-la lata	-	-	-	-	-	-
	B- La Cabaña	7	-	-	-	-	-
	C- Las tres bocas	5	-	-	-	-	-
	D- Bomba A abajo	61	11	1	-	-	-
	E- Bomba A arriba	35	7	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°5

Caracterización Bacteriológica de Coniformes Totales de las Aguas del Río San San en Marzo 2008

Estándar de comparación	Estaciones de muestreo	Cantidad de Coliformes encontradas en las diluciones efectuadas a las muestras obtenidas en el mes de enero.					
		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
200ufc/100ml		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
	A-la lata	5		-	-	-	-
	B- La Cabaña	11		-	-	-	-
	C- Las tres bocas	12		-	-	-	-
	D- Bomba A abajo	37	4	-	-	-	-
	E- Bomba A arriba	54	10	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°6

Caracterización Bacteriológica de *E. coli* de las Aguas del Río San San en Marzo 2008

Estándar de comparación	Estaciones de muestreo	Cantidad de <i>E. coli</i> encontradas en las diluciones efectuadas a las muestras obtenidas en el mes de enero.					
		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
200ufc/100ml		Sin dilución	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
	A-la lata	-	-	-	-	-	-
	B- La Cabaña	-	-	-	-	-	-
	C- Las tres bocas	-	-	-	-	-	-
	D- Bomba A abajo	3	-	-	-	-	-
	E- Bomba A arriba	8	-	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

3.4. Resultados de los Análisis Físico-Químicos

De conformidad con el método de la EPA de los EEUU de Norteamérica se evaluaron “in situ” los parámetros turbidez, temperatura, pH, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, Fosfatos, Sulfatos, Nitratos y Nitritos, mientras que en el “laboratorio” del Centro Regional Universitario de Bocas del Toro (Universidad de Panamá), se analizaron los siguientes parámetros: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Cloro libre, Fluoruro y Hierro, con el fin de determinar el grado de contaminación proveniente de las aguas residuales de las empacadoras y aguas residuales de los poblados.

Los resultados de estos parámetros se pueden observar en los Cuadros N° 7, 8 y 9.

Conductividad:

Según los resultados tabulados se puede decir que el primer parámetro realizado fue la conductividad encontrándose en mayor proporción en el punto A, (La Lata) con 58,10 ms/cm durante el tercer muestreo, valor que está por arriba de las Normas contempladas, 750 μ hos/cm. Esto se explica, ya que, el punto A se encuentra después de la desembocadura del río y se concentran las diferentes especies iónicas solubles en mayor concentración.

Sólidos Totales Disuelto

Para el parámetro de STD se determinó la mayor concentración en el punto A que fue de 32600 mg/l, el cual al compararlo con las normas detalladas en el Anexo (2), indica que los valores detectados sobrepasan el rango permisible en las diferentes reglamentaciones.

Salinidad:

Es importante señalar que durante el segundo muestreo se encontró un 34% partes por millón de cloruro de sodio, valor de máxima concentración en el punto A producto del intercambio de agua salada y agua dulce en la desembocadura del Río San San.

Temperatura:

Durante el tercer muestreo las temperaturas fueron más elevadas, esto pudo ser debido a la hora en que se realizó el muestreo; pudiendo esto influir en el análisis in situ así como en el laboratorio. Es importante indicar que esto influye también en el comportamiento de las diferentes especies que habitan este ecosistema.

Cloro Libre:

La mayor concentración de este parámetro fue detectada en el punto E con una concentración de 0.74 mg/l, la cual no sobrepasa la norma. Esto es producto de las actividades antropogénicas que se desarrollan en las riveras del río tales como; el uso doméstico y la agroindustria.

Oxígeno Disuelto:

Los mamíferos que habitan en estas agua podrían verse afectados por las concentraciones mínimas < 3mg/l lo que da lugar al desarrollo de microorganismos patógenos, además de que durante los monitoreos realizados el comportamiento climático fue uniforme (estación seca).

Fosfatos:

La máxima concentración de fosfato se determinó en el punto B del primer muestreo con una concentración de 4.30 mg/l., en donde su presencia nos indica que puede provenir de las actividades agroquímicas, domésticas y solubilización de sales naturales. Esto favorece el crecimiento de las plantas acuáticas, regula el comportamiento ácido – base y por ende a la fauna que habita el área. Según la norma COPANYT que establece los límites permisibles, que para el caso de los fosfatos es de 0.1 mg/l, encontramos que es todos los puntos y durante los tres muestreos se encontraron valores superiores al parámetro.

Hierro:

Este parámetro se determinó por el método colorimétrico encontrándose la máxima concentración de 0.79 mg/l en el punto B durante el primer muestreo. Su presencia podría indicar un alto uso de agroquímicos en las márgenes del río así como también de las escorrentías producto de las diferentes actividades que se desarrollan en el área ya que en dicho afluente se vierten aguas sin tratar que pasan por los diferentes canales que finalmente llegan al río, Tal es el caso de las Bombas A y B.

Fluoruro:

Su máxima concentración se determinó en el punto A durante el segundo muestreo (1,4 ppm) por el aporte del agua salada y de las actividades domésticas en las riberas del río. Este valor está dentro de lo establecido por las normas señaladas en el Anexo (2).

Turbidez:

La turbidez está expresada en unidades atenuadas de formalina (FAU) y su máxima concentración fue de 112 FAU localizada en el punto D durante el primer muestreo. Esto pudo deberse al producto del aporte de materia orgánica en suspensión, solubles y coloreados que emanan de la descarga en la Bomba A, ya que previo al muestreo se presentó gran cantidad de lluvias sobre el área. Sin embargo en los demás puntos fue mínima e inclusive no detectables (ND).

pH

Para que se realicen todas las actividades físicas, químicas y biológicas se requiere de un pH neutro y su control permite establecer controles de algunos parámetros químicos en el laboratorio. Razón por el cual se determinó directamente en el campo a través del método colorimétrico de rojo fenol y su máxima concentración fue de 7,2 en el punto durante el segundo muestreo. Cabe destacar que durante el primer muestreo se determinaron valores por debajo de lo establecido por las normas, lo que es indicativo de condiciones no favorables para la vida acuática del río.

Nitrato, NO_3^{-1} :

Normalmente los valores se encuentran entre 0.1 y 10 ppm pero en aguas polucionadas puede llegar a 200 ppm y en algún caso hasta 1000 ppm. El agua del mar tiene alrededor de 1 ppm o menos. Pues, su máxima concentración se obtuvo durante el primer muestreo siendo 5,4 ppm en el punto B, lo que señala que el producto de las escorrentías es mínima y que la aplicación de agroquímicos en los alrededores no afecta durante la estación seca. Esta concentración esta por debajo de las normas.

Nitrito, NO_2^{-1} :

La presencia de nitritos en aguas naturales es indicativo de contaminación bacteriana, ya que reducen el nitrato a nitrito y su concentración máxima es de 11 ppm durante el tercer muestreo. Aunque el aporte de nitrato es mínimo, es necesario resaltar que este valor está por arriba del valor normal (0,1 ppm), pues los estudios bacteriológicos lo justifican.

Sulfato, SO_4^{-2} :

Normalmente se encuentra entre 2 y 150 ppm en aguas dulces pudiendo llegar a 5000 ppm en aguas salinas. El agua del mar contiene alrededor de 3000 ppm. En efecto, el punto A fue el de mayor concentración (1 180 ppm), determinado durante el tercer muestreo, valor que está por encima de la norma (250ppm). Bajo estas condiciones, el crecimiento de las plantas acuáticas puede verse afectada y por ende también la fauna acuática del río.

Demanda Química de Oxígeno, DQO:

La cantidad de oxígeno consumido durante el refluo cerrado para oxidar la cantidad de materia orgánica presente en las muestra se determinó durante el tercer muestreo con un máximo de 677 ppm en el punto C, mayor aporte de los tres afluentes. Indicando que está por arriba del valor normal (3 ppm).

Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO:

La cantidad de oxígeno consumido por las bacterias para descomponer la cantidad de materia orgánica en el agua del río San San fue de 15,4 ppm durante el segundo muestreo en el punto E, esto nos señala que la presencia de materia orgánica en el agua es notoria y que también las condiciones climatológicas son de mínimas precipitaciones. Sumado a la baja concentración de oxígeno disuelto se dificulta la vida de la fauna acuática del río.

Cuadro N° 7

Caracterización Físico-Química de las Aguas del Río San San (Enero 2008)

N°	Parámetro	Unidad	SITIOS DE MUESTREO					
			La Lata	La Cabaña	Tres Bocas	Bomba A abajo	Bomba A arriba	Agua del grifo
			A	B	C	D	E	F
1	Conductividad	ms/cm	46.10	2.22	11.36	1.88	3.70	105.60
2	STD	ppm	27.20	1146.00	5.76	13.08	1600.00	51.70
3	Salinidad	%	29.00	1.20	7.40	13.80	1.70	0.00
4	Temperatura	°C	26.80	24.10	25.10	25.80	23.80	23.40
5	Cloro Libre	ppm	0.19	0.18	0.21	0.14	0.74	1.68
6	Oxígeno Disuelto	ppm	5.70	4.45	3.90	5.90	4.60	9.60
7	Fosfato	ppm	3.80	4.30	4.05	2.60	3.30	0.90
8	Hierro	ppm	0.70	0.79	0.70	0.56	0.48	0.01
9	Fluor	ppm	0.30	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10
10	Turbidez	FAU	0.00	15.00	14.00	112.00	27.00	0.00
11	PH		6.40	6.50	6.40	6.20	6.50	6.95
12	Nitrato	ppm	1.70	5.40	3.60	1.10	0.90	1.40
13	Nitrito	ppm	3.00	4.00	3.00	1.00	1.00	1.00
14	Sulfato	ppm	76.00	78.00	76.00	57.00	67.00	7.00
15	DQO	ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	DBO5	ppm	-1.4	-6.6	-9.6	-0.4	0	-3.6

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°8

Caracterización Físico-Química de las Aguas del Río San San (Febrero 2008)

N°	Parámetro	Unidad	SITIOS DE MUESTREO					
			La Lata	La Cabaña	Tres Bocas	Bomba A abajo	Bomba A arriba	Agua del grifo
			A	B	C	D	E	F
1	Conductividad	ms/cm	55.60	51.30	53.00	52.60	47.70	128.10
2	STD	ppm	32.60	30.20	30.30	30.40	27.40	63.00
3	Salinidad	%	34.00	31.40	31.50	31.60	28.50	0.10
4	Temperatura	°C	28.80	28.20	29.80	29.50	28.70	25.00
5	Cloro Libre	ppm	0.07	0.13	0.10	0.11	0.16	63.00
6	Oxígeno Disuelto	ppm	5.90	8.30	2.56	6.80	5.90	11.00
7	Fosfato	ppm	0.16	0.46	0.56	0.52	0.53	42.00
8	Hierro	ppm	0.01	0.08	0.06	0.34	0.46	ND
9	Fluor	ppm	1.40	1.20	1.10	0.80	1.00	0.30
10	Turbidez	FAU	2.00	5.00	ND	6.00	11.00	2.00
11	PH		6.80	7.20	7.10	7.00	6.90	7.24
12	Nitrato	ppm	0.80	0.90	0.70	1.20	0.80	0.30
13	Nitrito	ppm	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00
14	Sulfato	ppm	1060.00	580.00	860.00	280.00	400.00	4.00
15	DQO	ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND
16	DBO5	ppm	-1.8	-5.4	-6	1.2	15.4	1.4

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Cuadro N°9

Caracterización Físico-Química de las Aguas del Río San San (Marzo 2008)

N°	Parámetro	Unidad	SITIOS DE MUESTREO					
			La Lata	La Cabaña	Tres Bocas	Bomba A abajo	Bomba A arriba	Agua del grifo
			A	B	C	D	E	F
1	Conductividad	ms/cm	58.10	54.10	50.70	55.80	43.20	0.14
2	STD	ppm	31 600	31 500	27 700	31 400	23 600	63.90
3	Salinidad	%	33.20	32.80	28.90	32.70	24.60	0.10
4	Temperatura	°C	32.10	29.10	31.70	30.90	30.80	28.80
5	Cloro Libre	ppm	0.11	0.24	0.16	0.20	0.07	0.31
6	Oxígeno Disuelto	ppm	6.70	7.20	8.90	10.10	8.70	11.10
7	Fosfato	ppm	0.36	0.36	0.45	0.70	0.65	0.06
8	Hierro	ppm	0.04	0.08	0.08	0.18	0.32	0.02
9	Fluor	ppm	1.10	1.00	1.00	0.70	0.60	1.10
10	Turbidez	FAU	ND	4.00	6.00	12.00	1.00	ND
11	PH		6.80	6.90	7.10	6.80	6.70	6.90
12	Nitrato	ppm	NR	NR	NR	NR	NR	NR
13	Nitrito	ppm	10.00	10.00	10.00	11.00	11.00	9.00
14	Sulfato	ppm	1180.00	1120.00	1080.00	560.00	770.00	10.00
15	DQO	ppm	ND	ND	677.00	379.00	450.00	ND
16	DBO5	ppm	1.8	0.4	1.6	2.7	3.5	2.8

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua del CRUBO

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos a través de la información primaria y secundaria, se obtienen las siguientes conclusiones:

- En el Río San San no existe un protocolo adecuado para el desarrollo de un programa de monitoreo y seguimiento de la calidad de aguas superficiales. Aunque en Costa Rica y Panamá existen normas claras y específicas para analizar las aguas para el consumo humano, no existe homologación de los criterios de monitoreo de los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Por tanto es necesario homologar y validar los procedimientos metodológicos y los parámetros a analizar, a fin de permitir evaluar los niveles de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales del Río San San.
- Los análisis físico como la conductividad, sólidos totales disueltos, salinidad, temperatura, pH, y turbidez, así como los análisis químicos como el cloro libre, Oxígeno disuelto, fosfato, hierro, flúor, nitrato, nitrito, sulfato, demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno, se encuentran por arriba de lo normal, razón por la cual se ve afectada la flora y fauna acuática que habita dicho río.
- Los valores de mayor concentración durante los muestreos realizados se distribuyen de la siguiente manera: I Muestreo está el cloro, fosfato, Hierro, Turbidez y Nitratos; II muestreo está la salinidad, flúor y el pH; mientras que, la conductividad, STD, Temperatura, Nitritos y Sulfatos en el tercer muestreo. Además, en las tablas de resultados están sombreados. Importante señalar que se utilizó como patrón de análisis el agua potable de Changuinola, lo que indica que el agua del río San San está alterada en lo físico, químico y bacteriológico.
- Las aguas del Río San San presentan evidencia de la presencia de bacterias coliformes totales y fecales en cantidades que no afectan a mamíferos como los seres humanos, manatíes y otros.
- Los resultados de los parámetros bacteriológicos indican que, a pesar de que no se percibe contaminación en el área, la presencia de una baja concentración de estos indicadores biológicos representan una voz de alerta para que el gobierno panameño elabore las medidas necesarias para evitar en un futuro que se disparen los niveles de contaminación por estos parámetros en el Río San San.
- Los aspectos más urgentes a considerar en la calidad de las aguas del río San San se encuentran relacionados con el vertido de las aguas negras sin tratamiento al río y las aguas producto de actividades ganaderas y agrícolas. Esto indica que hay que hacer un importante esfuerzo en la depuración de las aguas fecales y los sistemas de drenajes de las aguas utilizadas en los sistemas de producción.

- Se hace necesario la realización de estudios físico-químicos y microbiológicos de forma regular en el Río San San, para garantizar la integridad y la calidad de las aguas y así no solo beneficiar a la flora y fauna de la región sino también a los seres humanos que dependen de esta.

Bibliografía

Branco, SM. 1984. Limnología sanitaria: estudio de la contaminación de aguas continentales. OEA (Organización de Estados Americanos). 120 p.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora .2006.SC54.43.3 (Rev.1). Encontrado en:
<http://209.85.207.104/search?q=cache:cG0jcb0RX1QJ:www.cites.org/eng/com/SC/54/E54-43-3.pdf+convenci%C3%B3n+sobre+la+conservaci%C3%B3n+de+manat%C3%A9s&hl=es&ct=clnk&cd=13>

CEPSA. 2004. Plan de Manejo del Humedal de Importancia Internacional San San Pond Sack. Autoridad Nacional del Ambiente, República de Panamá.

De la Cruz, M. y Castillo, Luisa (1998-1999): Presencia de Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos de las Zonas Costeras y Análisis Preliminares del Riesgo Ambiental.

Díaz, A. Composición de las Aguas Subterráneas. Encontrado en:
<http://www.monografias.com/trabajos/geohidro/geohidro.shtml>.

Hach.2006. Products for Water Análisis. www.hach.com.

Elosegi, A., Arana, X., Basaguren, A. y Pozo, J. 1995. Self-purification processes along a medium-size stream. *Environmental management* 19(6):931-939.

EPA. Agencia de Protección Ambiental de los EEUU. Métodos Estándares para la examinación de aguas y aguas residuales

Koltoff, I. M. y Sandell, E. B. 1990. Textbook of Quantitative Inorganic Analysis.

Los Manatíes en Bocas del Toro. Encontrado en:
<http://www.entertainmentpanama.com/Curiosidades/Los-manaties-en-Bocas-del-Toro.html>
Ministerio de Comercio e Industrias. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000

Mora, D. y Portugués, Carlos Felipe. Diagnóstico de la cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica a principios del año 2000.

Official Methods of Análisis 15th. E, 1990. AOAC. Standard Methods of Water Analysys, 10° ed.

Organización Mundial de la Salud. Guías para la evaluación de aguas potable de la OMS.
Rinaldi, S; Soncini-Sessa, R; Stehfest, H; Tamura, H. 1979. Modeling and control of river quality. McGraw -Hill. 380p.

Snell, F. D. Y C. T. Colorimetric methods of analysis.

Strauss, M. 1991. Human wasteuse: health protection practices and scheme monitoring. Water Sci. Technol. 24: 67-79

Universidad de Navarra. Principios y microbiología del tratamiento de aguas residuales

Vogel, Arthur. 1980. Química Analítica Cuantitativa Vol I y II, Ed. Kapelutz.

3M Do Brasil LTDA.2002. "3M Petrifilm Staph Express Count System Interpretation Guide." USA.

DGNTI-COPANIT 35-2000

ANEXO N°1

Métodos de Análisis para Agua Naturales, Residuales y Tratadas

Parámetro	USEPA	Method	Rango	DR/ 890
Aluminum		Aluminon	0.008 – 0.8	+
Barium		Turbidimetric	2 - 100	-
Bromide		DPD	0.05 – 4.5	+
BOD	+	Dilution		
Calcium	+	Titration,EDTA		
Chlorine, Free	+	DPD	0.09 – 5.0	+
COD	+	Reactor Digestion	20 - 1500	+
Color	-	Pla- Cobalto	15- 1500 units	+
Copper		Porphyrin	1 – 210 ppb	+
OD, HR		HRDO	0.3 – 15	+
Fluoride, AC	+	SPADS	0.02- 2.0	+
Hardness		Calmagite Colorimetric	0.05 – 4.0	+
Hardness	+	Titration, EDTA		
Iron, AC	+	FerroVer	0.02 – 3.0	+
Nitrate		Cadmium Reduction	0.3 – 30.0	+
Nitrite		Ferrous Sulfate	2- 250	+
pH		Colorimetric Phenol Red	6.5 – 8.5	+
pH	+	Electrode		
Phosphorus		Molybdovanadate	0.3 – 45.0	+
Sulfate	+	SulfaVer 4	2 – 70	+
Sulfate	+	Turbidimetric		
Suspended Solid		Photometric	5 – 750	+
Zinc	+	Zincon	0.01 – 3.0	+
Turbidity	+	Nephelometer		

Fuente: Products for Water Analysis, Hach.2006. Pag. 9.

+ : Aprobado por la U.S. EPA y determinado colorimétricamente

Nota: Los valores se expresan en ppm para los rangos dados.

ANEXO N°2

Normas sobre Calidad de aguas 2006. Valores Permisible

Parameter	U.S. EPA	E. E. C	W.H.O	COPANIT
Alcalinidad				120
Aluminum	0.05 - 0.2	0.2	0.2	0,20
Chloride	250	----	250	
Chlorine				1,5
Coliforms, total	≤ 5% positive	0 or MPN < 1	0	
Coliforms. E.C	0	0	0	
Color	15cu	20 mg Pt-Co/ L	15cu	1,5
Copper	1.0	2	1 -2	
Fluoride	4.0	0.7 - 1.5	1.5	1,0
Hardness	----	----	----	100
Iron	0.3	0.2	0.3	0,3
Lead	0.015	0.01	0.01	
Mercury	0.002	0.001	0.001	
Nitrate	10.0, N	50.0	----	10.0
Nitrites	1.0, N	0.1	3.0, NO ₂ ⁻	1.0
pH	6.5 --- 8.5	6.5 -- 9.5	6.5 -- 8.5	6,5 - 8,5
Phosphorus	----	---	----	0.1
Potassium	----	---	----	
Selenium	0.05	0.01	0.01	
Solid, Total Dis.	500	NS	1000	500
Sulfate	250	250	250	250
Turbidity	0.3 - 1.0 NTU	NS	5NTU	1,0 UNT
Zinc	5	NS	3.0	5,0
DBO5				6.0
Conductividad				750 μhos/ cm

Fuente: Products for Water Analysis, Hach.2006. Pag. 9.

NS: No standard

USEPA: U. S. Environmental Protection Agency

EEC: European Economic Community.

WHO: World Health Organization

NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez

Nota: Todos los valores están expresados en ppm o mg / L

COPANIT: Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas, 23 395-99.

ANEXO N°3

Valores máximos permisibles de las descargas de efluentes líquidos a cuerpos receptores.

Parámetros	Unidad	Expresión	Limite máximo permitido
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	20
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0,50
Boro	mg/l	B	0,75
Cadmio	mg/l	Cd	0,01
Calcio	mg/l	Ca	1 000
Cianuro total	mg/l	CN	0,2
Cloro residual	mg/l	Cl	1,5
Cloruros	mg/l	Cl ₂	400
Cobre	mg/l	Cu	1
Coliformes totales	NMP/100 ml	Coli/100ml	1 000
Compuestos Fenólicos	mg/l	Fenoles	0,5
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁶⁺	0,05
Cromo total	mg/l	Cr _t	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	DBO ₅	35
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /l	DQO	100
Detergentes	mg/l		1
Espuma detergente o surfactante	mm	PE	7
Flúor	mg/l	F ⁻	1,5
Fósforo total	mg/l	P	5
Hidrocarburos totales	mg/l		5
Hierro total	mg/l	Fe	5
Manganeso	mg/l	Mn	0,3
Mercaptanos	mg/l		0,02
Mercurio	mg/l	Hg	0,001
Molibdeno	mg/l	Mo	2,5

Níquel	mg/l	Ni	0,2
Nitratos	mg/l	NO₃	6
Nitrógeno Orgánico Total	mg/l	N	10
Nitrógeno amoniacal	mg/l	NH₃-N	3
Olor			No perceptible
Organoclorados	mg/l		1,5
Pentaclorofenol	mg/l	C₆OHCl₅	0,009
pH	Unidad	pH	5,5 - 9,0
Plomo	mg/l	Pb	0,050
Selenio	mg/l	Se	0,01
Sodio	%	% Na	35
Sólidos sedimentables	mg/l	S.SED.	15
Sólidos suspendidos	mg/l	SS	35

NOTA:

Color: El efluente líquido líquidos no debe introducir color visible al receptor.

Las concentraciones se refieren a valores totales.

T. N: Temperatura Normal del sitio.

Fuente: Ministerio de Comercio e Industrias. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial. Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 35-2000

ANEXO N°4

Determinando las coordenadas en los puntos de muestreo del río San San.



ANEXO N°5

La descarga del agua no tratada de toda la comunidad de Changuinola por la Bomba A.



ANEXO N°6

Desarrollo de Actividades domésticas en las riveras del río San San.



ANEXO N°7

Preparación de las muestras para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.



ANEXO N°8

Colorímetro DR 890



ANEXO N°9

El conductímetro portátil utilizado para determinar conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Salinidad y Temperatura.

