

**Universidad de Costa Rica**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**Construcción de un perfil de calidad de agua de la Quebrada Seca desde  
la confluencia con el río Burío hasta el límite cantonal Belén – Alajuela**

**Trabajo Final de Graduación**

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

**Adriana Aguilar Gómez**

Directora de Proyecto de Graduación:


**Ing. Paola Vidal Rivera**

Cuidad Universitaria Rodrigo Facio

**Comité Asesor**

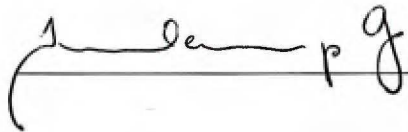
**Directora del Trabajo Final de Graduación**

Ing. Paola Vidal Rivera

Handwritten signature of Paola Vidal R. in blue ink, written over a horizontal line.

**Asesores**

Ing. Irene Campos Gómez

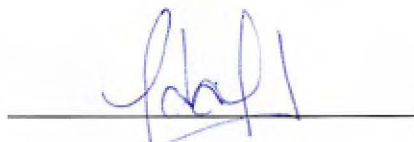
Handwritten signature of Irene Campos G. in black ink, written over a horizontal line.

Ing. Erick Centeno Mora

Handwritten signature of Erick Centeno M. in black ink, written over a horizontal line.

**Autora del Trabajo Final de Graduación**

Adriana Aguilar Gómez

Handwritten signature of Adriana Aguilar G. in blue ink, written over a horizontal line.

Fecha: 2017, Mayo, 9

**La suscrita, Adriana Aguilar Gómez**, cédula 1-1404-0545, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné A70113, manifiesta que es autora del Proyecto Final de Graduación **Construcción de un perfil de calidad de agua de la Quebrada Seca desde la confluencia con el Río Burío hasta el límite cantonal Belén – Alajuela**, bajo la Dirección de la Ingeniera Paola Vidal Rivera, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presenta trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

**Nota:** De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en la publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

### ***Agradecimientos***

En primera instancia agradezco a mi familia, que con su compañía y apoyo he logrado alcanzar las metas propuestas, tanto personales como profesionales. Quedo por siempre agradecida por las oportunidades que me han brindado.

A mi directora de tesis, Ing. Paola Vidal Rivera, por su acompañamiento y guía durante la elaboración de este trabajo, en sus etapas de campo, laboratorio y redacción.

A mis profesores asesores, Ing. Irene Campos Gómez y el Ing. Erick Centeno Mora, por sus aportes a la investigación de este tema.

A Dagoberto Oviedo Meza y a Mauricio Martínez Esquivel, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Al Departamento de Prácticas Artísticas de la Vicerrectoría de Acción Social de la Universidad de Costa Rica, por brindar el espacio para el desarrollo de habilidades y la sensibilización a través del arte.

Aguilar Gómez, Adriana  
Construcción de un perfil de calidad de agua de la Quebrada Seca desde la confluencia con el río Burío hasta el límite cantonal Belén – Alajuela  
Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C.R.:  
A. Aguilar G., 2017  
iv, 69, [68]h; ils. col. – 21 refs.

## **Resumen**

La variación en la calidad del agua de un cuerpo de agua superficial, afecta directamente al aprovechamiento que se le pueda dar al recurso, no solo en el punto en el que se pueda reconocer el foco de contaminación sino también aguas abajo de ese punto, debido al flujo normal del cauce que arrastra consigo los contaminantes presentes.

Al realizar este trabajo, se procuró establecer nueve puntos a lo largo del cauce, que fueran de fácil acceso y que permitieran analizar los parámetros requeridos, durante todo el periodo de estudio; además, que esos puntos fueran representativos para cada municipalidad involucrada por la decisión de la Sala Constitucional mediante el voto 4050, para así poder analizar la afectación ambiental que cada una de estas, ejerce sobre el cuerpo de agua. En cada gira se tomaron las muestras de cada punto, para su posterior análisis en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental, donde se evaluaron parámetros físico – químicos regulados o de especial atención debido a los efectos que pueden causar sobre la calidad del agua.

Finalmente, se obtienen las conclusiones sobre la calidad presente en el agua de la Quebrada Seca, durante el periodo de estudio, según la valoración que resulta del índice holandés. Se exponen los puntos y resultados críticos, que señalan una zona o parámetro que requiere mayores análisis futuros y, también, se presentan las recomendaciones sobre el actuar de las municipalidades y de la comisión del voto 4050, en los ejes de controles ambientales, planificación urbana y educación ambiental, para plantear un plan de acción común que ayude a mejorar la calidad del recurso de la Quebrada Seca.

CALIDAD DE AGUA; APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO; MECANISMOS DE MEJORAMIENTO DEL AGUA; TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES; PLANIFICACIÓN URBANA; EDUCACIÓN AMBIENTAL

Ing. Paola Vidal Rivera  
Escuela de Ingeniería Civil

## Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
Justificación.....	1
Problema específico .....	1
Importancia .....	1
Antecedentes .....	2
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Delimitación del problema.....	5
Alcance.....	5
Limitaciones .....	5
Metodología .....	6
Fase preliminar.....	7
Fase intermedia.....	9
Fase final .....	9
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL.....	11
Marco teórico .....	11
Reglamentación Nacional.....	11
Parámetros considerados.....	14
Calidad y usos del agua.....	17
CAPÍTULO 3. ZONA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE CONTROL .....	19
Zona de estudio.....	19
Datos de precipitación .....	21
Puntos de control.....	23
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE CALIDAD..	35
Resultados obtenidos .....	35

Aforo .....	35
Parámetros físico - químicos .....	37
Distribución de sólidos totales .....	43
Nutrientes y minerales .....	48
DBO – DQO.....	52
Caracterización del cauce .....	55
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
Conclusiones .....	61
Recomendaciones .....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS .....	71
ANEXO A.....	72
ANEXO B.....	74
ANEXO C.....	129

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Asignación de puntaje según el sistema holandés. ....	12
Cuadro 2. Asignación de clases de calidad de agua según sistema holandés.....	12
Cuadro 3. Parámetros complementarios para clasificación de cuerpos de agua. ....	13
Cuadro 4. Información de las estaciones meteorológicas .....	22
Cuadro 5. Valores promedio de precipitación .....	23
Cuadro 6. Área de drenaje y porcentaje cantonal para cada punto de control.....	25
Cuadro 7. Método área – velocidad para el cálculo del caudal. ....	36
Cuadro 8. Promedios mensuales de la alcalinidad de las muestras. ....	38
Cuadro 9. Promedios mensuales de la dureza de las muestras. ....	40
Cuadro 10. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistemáticas frecuentes. ....	41
Cuadro 11. Resultados de Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli, en trabajo final de graduación de Mena, L. (2011). ....	43
Cuadro 12. Promedios mensuales de sólidos disueltos y suspendidos en el cauce. ....	44
Cuadro 13. Valores de sólidos totales de cada fecha de la época seca, con el porcentaje de sólidos orgánicos y filtrables para cada caso. ....	45
Cuadro 14. Valores de sólidos totales de cada fecha de la época lluviosa, con el porcentaje de sólidos orgánicos y filtrables para cada caso. ....	46
Cuadro 15. Datos puntuales en los que el nitrato supera la concentración de 5 mg/l.....	49
Cuadro 16. Datos puntuales en los que el nitrito supera la concentración de 1 mg/l.....	50
Cuadro 17. Valores promedio en cada gira, de fósforo y hierro en el cauce. ....	51
Cuadro 18. Valores adimensionales de la relación DQO / DBO en cada punto y en cada gira.....	54
Cuadro 19. Factores para la asignación de puntajes según el Sistema Holandés, para época seca .....	56
Cuadro 20. Factores para la asignación de puntajes según el Sistema Holandés, para época lluviosa .....	56
Cuadro 21. Calidad del agua de la Quebrada Seca según Sistema de Valoración Holandés, de la tesis de Mena, L.....	60



## Índice de figuras

Figura 1. Saturación de oxígeno disuelto de los distintos puntos de muestreo.....	3
Figura 2. Esquema de fases de la metodología para la realización del trabajo .....	7
Figura 3. Esquema de distribución de los sólidos totales en una muestra .....	17
Figura 4. Ubicación de la zona de estudio .....	19
Figura 5. Identificación de los diferentes usos de suelo dentro de la cuenca .....	20
Figura 6. Área para cada tipo de cobertura de suelo en km <sup>2</sup> y porcentaje.....	21
Figura 7. Ubicación de estaciones meteorológicas .....	22
Figura 8. Ubicación de los puntos de muestreo .....	24
Figura 9. Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 10, en giras de enero, febrero y abril, de izquierda a derecha. ....	25
Figura 10. Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 11, en giras de enero y junio, de izquierda a derecha. ....	26
Figura 11. Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 11, en giras de agosto y octubre, de izquierda a derecha.....	27
Figura 12. Fotografías del punto de salida de la quebrada Aries, en giras de agosto y octubre, de izquierda a derecha.....	28
Figura 13. Fotografías viendo hacia aguas abajo del punto 13, en giras de abril y octubre, de izquierda a derecha. ....	29
Figura 14. Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 14, en giras de febrero y octubre, de izquierda a derecha.....	30
Figura 15. Empresas ubicadas en los alrededores del punto 14. ....	31
Figura 16. Fotografías en los alrededores del punto 15, en giras de enero, febrero y abril, de izquierda a derecha. ....	31
Figura 17. Fotografías aguas arriba del punto 16, en giras de junio y octubre, de izquierda a derecha. ....	32
Figura 18. Fotografías aguas abajo del punto 17, en giras de enero, febrero y junio, de izquierda a derecha. ....	33
Figura 19. Fotografías de los alrededores del punto 18, en giras de enero, junio y octubre, de izquierda a derecha. ....	34
Figura 20. Datos del aforo realizado en el punto 16.....	36
Figura 21. Efecto del pH en las formas de carbono en el agua.....	39
Figura 22. Relaciones de alcalinidad.....	39
Figura 23. Puntos es los que se tiene un oxígeno disuelto por debajo de los 5 mg/l. ....	42
Figura 24. Concentración promedio de sólidos totales en cada punto, según el mes.....	48

Figura 25. Clasificación de un sistema acuático según sea su concentración de fósforo ..	52
Figura 26. Valores puntuales en mg/l de DBO <sub>5, 20</sub> en cada punto y según la gira .....	53
Figura 27. Valores puntuales en mg/l de DQO en cada punto y según la gira .....	54
Figura 28. Efecto de la temperatura sobre las concentraciones de oxígeno disuelto en agua, con valores representativos para agua pura a nivel del mar con una presión de 760 mm Hg.....	57
Figura 29. Índice holandés de calidad de aguas para los meses de época seca. ....	58
Figura 30. Índice holandés de calidad de aguas para los meses de época lluviosa.....	58
Figura 30. Vertido de aguas residuales observado durante la gira de febrero en el punto 10, visto desde dos puntos.....	62
Figura 31. Identificación de tubería de vertido directo a la quebrada en el punto 15, fotografía tomada en la gira de junio. ....	63
Figura 32. Identificación de tres salidas de agua directas hacia la quebrada en el punto 17, fotografía tomada en la gira de enero.....	63

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **Justificación**

#### **Problema específico**

El progresivo cambio en la estructura económica y social del país, ha generado la necesidad de transformar un uso de suelo mayoritariamente agrícola, a un uso de suelo enfocado en proyectos residenciales o comerciales.

El desarrollo de infraestructura para ese tipo de proyectos, tiene como consecuencia directa la impermeabilización del suelo, con lo que se genera una mayor escorrentía; además, por falta de control de las construcciones, se da una invasión en las zonas de protección de quebradas o ríos, generando un estrangulamiento del cauce natural de esos cuerpos de agua y un posible aumento en las aguas vertidas, entre otras.

Estas situaciones, aunadas a la falta de un proceso correcto de tratamiento de aguas residuales y a una tendencia a densificar la ciudad con cascos urbanos y comerciales, han generado que la Quebrada Seca tenga cada vez más limitada su capacidad de autodepuración, empobreciendo cada día la calidad del agua que fluye por este cuerpo.

El uso que se le da al recurso hídrico en esta quebrada es primordialmente agrícola, aunque esto sólo se da en la parte alta de la misma, pues en la parte baja, principalmente por un asunto de apreciación visual de la calidad del agua, no se considera como un recurso aprovechable. De esto la importancia de estudiar esta sección de la quebrada, y poder determinar los posibles usos que se le puedan dar.

#### **Importancia**

La Quebrada Seca desemboca en el río Bermúdez que, a su vez, desagua en el río Virilla y este último en el río Tárcoles, por ende la Quebrada Seca pertenece a la cuenca nacional Grande de Tárcoles que en el tema de contaminación se clasifica como una cuenca con prioridad alta. (Tábora & Argüello, 2011)

Las municipalidades que comparten el área de drenaje de la Quebrada Seca, a saber: San Rafael, Barva, Heredia, Flores y Belén; tienen la indicación de la Sala Constitucional mediante el voto 4050, del año 2005, de no permitir el desarrollo de actividades que vengán a deteriorar la calidad del agua de la Quebrada. Entonces se crea un plan para, entre otras cosas, caracterizar las condiciones ambientales de la microcuenca y formular proyectos para restaurar y aprovechar los recursos. En respuesta a esto es que, resulta necesario un análisis como el que se plantea en este trabajo.

Este trabajo funcionará como una fotografía de la calidad del agua al momento de este estudio, según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, pues no se hacen estudios demográficos ni hidrológicos, aunque se hace uso de los "Estudios hidrológicos e hidráulicos en la cuenca Quebrada Seca – Río Burío", realizados en el Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES).

Esa fotografía se tendrá como base de comparación, para evaluar la efectividad de la planta de tratamiento que se ubicará en La Uruca, que se presenta como un proyecto que vendría a solventar la situación de las aguas residuales de la GAM y que forma parte del plan de tratamiento de aguas negras y saneamiento de cuencas contaminadas, que el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (AyA) planea ejecutar en años siguientes.

### **Antecedentes**

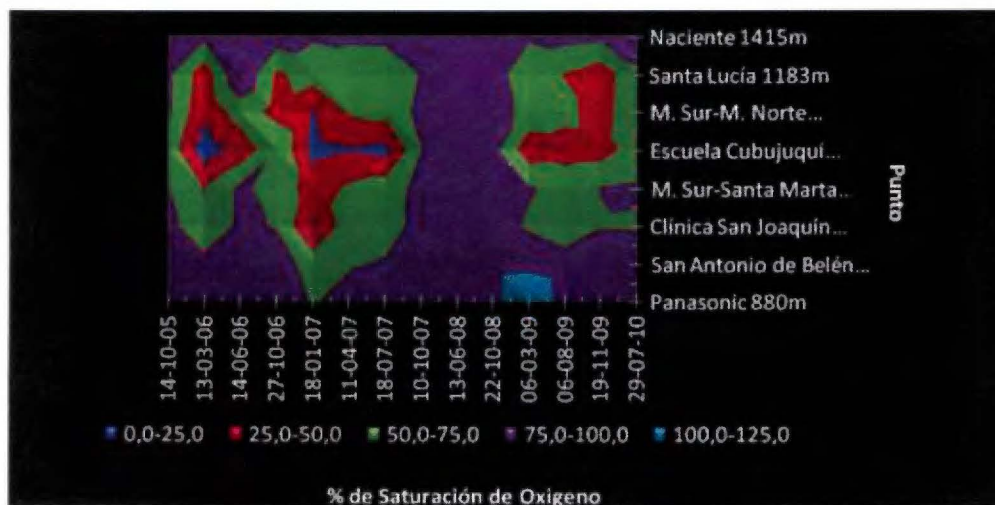
En el año 2005, la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia, dicta la sentencia 4050-05 en el tema ambiental, donde se ordena que diferentes entes y encargados de las municipalidades que colindan con la quebrada, acaten las recomendaciones de los informes finales de la Defensoría de los Habitantes nos. 1825-23-97 y 09653-23-2000-QJ, además de las disposiciones técnicas del informe DFOE-SM-106/2004, del Gerente General de Servicios Municipales a.i. de la División de Fiscalización Operativa y Evaluación de la Contraloría General de la República, sobre el otorgamiento de permisos de construcción, manejo de acueducto municipal y el alcantarillado pluvial. Esto con el fin de establecer una planificación urbana integral, considerando los aspectos de desarrollo urbanístico, desarrollo industrial y controles ambientales.

Posteriormente, se tiene el contrato número 14-2013/LA000048-01, firmado del 5 de febrero de 2013 entre las partes, el alcalde de la municipalidad del cantón central de

Heredia, José Manuel Ulate Avendaño, y el Rector de la Universidad de Costa Rica, Henning Jensen Pennington; con el objeto de: "Elaborar un Plan Maestro Integral para el Manejo de la Microcuenca del río Burío-Quebrada Seca que permita la identificación y diseño de medidas de conservación, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales existentes, con un enfoque eco sistémico y de ordenamiento del territorio."

Entre los trabajos realizados, se tiene el informe final sobre los "Estudios hidrológicos e hidráulicos en la cuenca Quebrada Seca – Río Burío", realizados en el Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES), presentado en setiembre del 2015. En este informe se analiza, principalmente, el comportamiento del cauce y sus crecientes ante tormentas con diferentes periodos de retorno, desde un punto de vista hidrológico e hidráulico.

También, en el 2010 se publicó el trabajo de Carrillo *et al*, en el que se muestran resultados de un estudio de la variación del oxígeno disuelto en el Río Burío – Quebrada Seca, para el período 2005 – 2010. En este trabajo se tomaron muestras en ocho puntos, tres de los cuales están dentro del área de interés para este trabajo (Clínica San Joaquín, San Antonio de Belén y Panasonic). En la siguiente figura se muestran las concentraciones obtenidas:



**Figura 1.** Saturación de oxígeno disuelto de los distintos puntos de muestreo

Fuente: Carrillo, 2010.

En la figura 1 se puede ver como en general, el porcentaje de saturación de oxígeno se mantuvo entre 75 % y 100% (en los puntos de interés). Estos valores servirán para crear una relación con los resultados que se obtengan de este trabajo.

En el trabajo de Carrillo *et al*, además, se recomienda mantener controles bimestrales de la variación de oxígeno disuelto.

Se tiene el trabajo final de graduación de Leonardo Arturo Mena Rivera, de la Universidad Nacional. En este se presentan valores de temperatura, pH, amonio, oxígeno disuelto, DBO, coliformes totales, coliformes fecales y E. coli1, para 19 puntos de la quebrada Seca y del río Burío, siete de los cuales están dentro del área de interés para este trabajo.

Para ese trabajo se realizaron cuatro muestreos, el primero el 1 de noviembre de 2009, el segundo el 20 de enero de 2010, el tercero el 1 de julio de 2010 y el último el 29 de julio de 2010. Entonces, se podrá generar una comparación con los valores de esa tesis y los valores que se obtengan en enero, además de una aproximación con los resultados que se obtengan entre junio y agosto. Las demás mediciones, presentes en esa tesis, se podrán utilizar como un valor de referencia en general.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Construir el perfil de calidad de agua desde el punto de confluencia con el Río Burío hasta el límite cantonal Belén – Alajuela, de la Quebrada Seca.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar cada punto de control, tomando en cuenta los límites cantonales, focos de contaminación aguas arriba de cada punto, uso de suelo, entre otros.
- Clasificar la calidad físico - química del agua, según la regulación vigente, en los puntos determinados.
- Recomendar métodos de saneamiento y aprovechamiento del recurso hídrico según la calidad de agua obtenida.

## **Delimitación del problema**

### **Alcance**

Se realizará un estudio de calidad de agua, en la quebrada Seca, bajo las condiciones presentes en el período de análisis. Entonces, no se harán estudios de crecimiento de población ni de cambios en la industria o en el uso del suelo.

El tramo a analizar comienza en la confluencia de la quebrada Seca con el río Burío y termina en el límite entre los cantones de Belén y Alajuela. Una vez definidos los puntos en los que se tomarán las muestras, estos se mantendrán constantes durante el estudio.

Los parámetros a considerar en este estudio se limitan a aquellos que están regulados en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficial, que es la legislación vigente en el país al momento de la realización de este trabajo.

El análisis biológico para determinar la calidad de agua queda fuera del alcance de este trabajo ya que, por indicaciones del reglamento mencionado anteriormente, el estudio biológico debe estar a cargo de un profesional en el área de la biología.

Se realizarán 6 muestras, tomando la primera muestra en enero y de ahí aproximadamente a cada mes, con el objetivo de realizar muestreos en la época seca y en la lluviosa, de modo que se puede analizar la variación de la calidad de agua en la Quebrada.

La toma de muestras se realiza con el método de muestreo simple, lo que corresponde al llenado de una botella que, previamente, se enjuaga tres veces con el agua del punto de control, para luego llenarla, cerrarla y finalmente almacenarla en una hielera con hielo, hasta llegar al laboratorio donde se colocan las muestras en el refrigerador.

### **Limitaciones**

Los parámetros a medir quedan limitados por el equipo disponible en el laboratorio de ambiental, de la Universidad de Costa Rica, al momento de este trabajo.

El perfil de calidad se construirá con los datos medidos en un punto y un día al mes, con esto se entiende que no se tiene un control constante de la variación en la concentración de contaminantes en la quebrada.

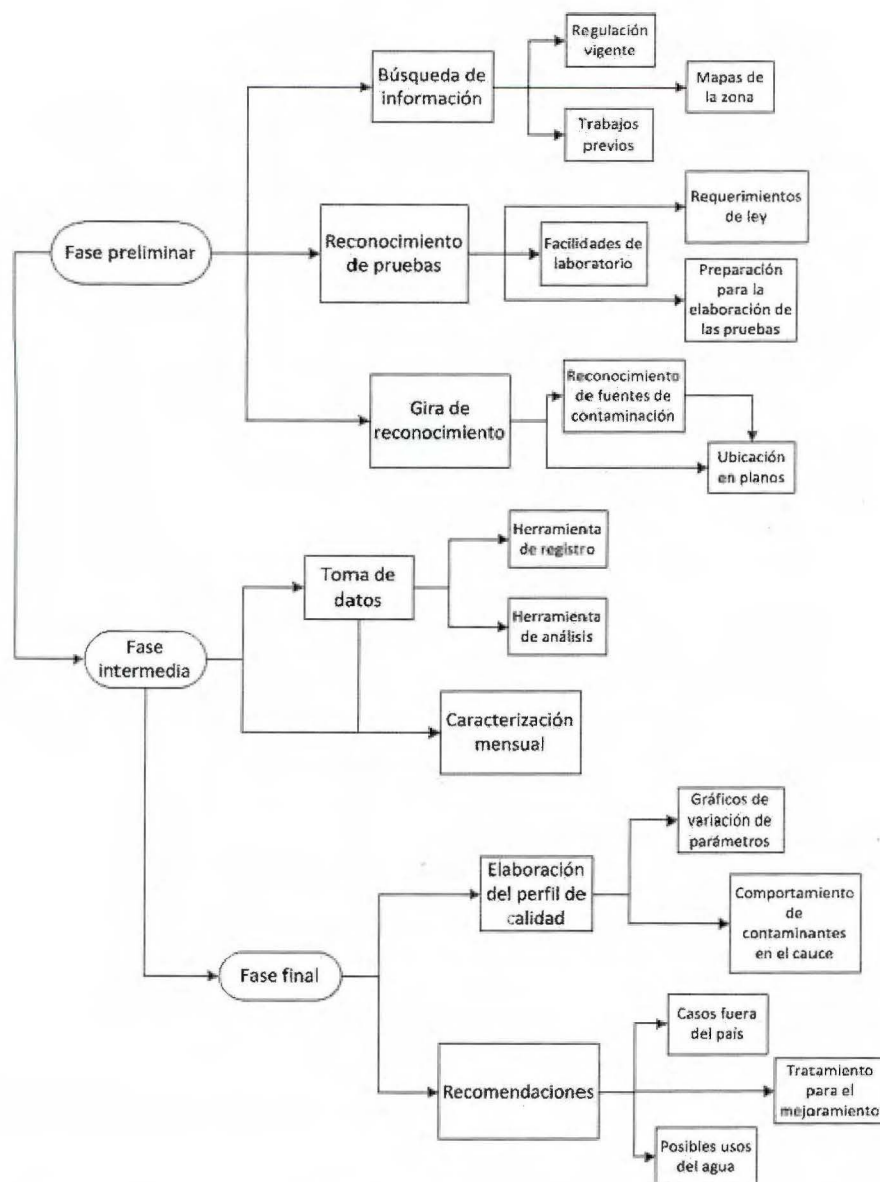
La toma de datos se limita a la facilidad de acceso al punto de medición, el día en el que se vaya a registrar los valores.

Los valores medidos serán datos puntuales, referentes al punto de muestra, y las muestras tomadas, para su posterior análisis en el laboratorio, se harán por medio de la técnica de muestreo simple

### **Metodología**

Consiste en tres fases lineales: una fase preliminar, una intermedia y la final. En la siguiente figura se presenta el esquema de interacción y, seguidamente, se expone el detalle de cada etapa.





**Figura 2.** Esquema de fases de la metodología para la realización del trabajo  
Fuente: Aguilar, 2014.

### Fase preliminar

En esta fase se concentró la búsqueda de información previa a la toma de datos y realización del análisis.

#### Búsqueda de información

Entre la información necesaria destaca la regulación vigente en el país, al momento de la realización de este trabajo. Entre los reglamentos necesarios, se tienen: el reglamento

para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales y el reglamento del vertido y reuso de aguas residuales.

Es necesario, para la ubicación geográfica de la zona a trabajar y para el reconocimiento del uso de suelo, contar con mapas del área de interés. Para tener un buen detalle, se utilizarán los mapas 1 : 10000, y las hojas para la Quebrada Seca, en la zona de estudio, son: Burío (3346 – II – 23), Río Segundo (3346 – II – 22), San Antonio (3345 – I – 2) y Coco (3345 – I – 1).

La problemática en esta quebrada se he venido dando desde años atrás, por esto es importante conocer los trabajos previos que se han realizado y que sean de interés para efectos de este trabajo. Los resultados obtenidos en esos trabajos funcionarán como valor histórico del grado de contaminación, con lo que se podrán hacer relaciones al finalizar este trabajo.

#### Reconocimiento de pruebas a realizar

En esta sección fue necesario definir las pruebas que se iban a realizar, respondiendo a los requerimientos que se establecen en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales y a las posibilidades que se tienen con el equipo del laboratorio de ambiental de la Escuela de Ingeniería Civil, de la Universidad de Costa Rica. Estos no necesariamente serán iguales ya que, en el reglamento se establecen parámetros, para los cuales no hay equipo de medición en el laboratorio.

Ya establecidos los parámetros a estudiar, fue necesario conocer los métodos para cada prueba, conocer el equipo y su funcionamiento y comprender los resultados que se obtienen, para su posterior análisis.

#### Gira de reconocimiento

Es importante conocer el cuerpo de agua con el que se está trabajando y ubicarlo en el espacio. Además, se debe identificar fuentes de contaminación y, también, ubicarlas en el espacio pues son un factor importante en la comprensión y análisis de la variación en la calidad de agua.

Una vez realizadas estas actividades y ya con la información necesaria, se pasó a la fase intermedia en la que se concentran las actividades de campo.

## **Fase intermedia**

Los requerimientos para esta fase son relativamente pocos, sin embargo es la fase más extensa con respecto al tiempo.

### Toma de datos

En esta sección, se tienen las visitas realizadas para medir los parámetros a analizar. Para esto fue necesario elaborar una herramienta de registro, de manera que, el tiempo efectivo en la visita sea mayor y que se eliminara la posibilidad de olvidar la medición de algún parámetro.

Para los parámetros que requieren de pruebas en el laboratorio, se elaboró un sistema de registro, en el que se anotaban los resultados obtenidos. Con estos se completó una ficha de análisis, en la que se presentan todos los resultados para todos los parámetros de interés, para cada día de medición.

### Análisis mensual

Con los resultados obtenidos de cada visita, se hizo el análisis de los parámetros para el respectivo mes de medición. Se intentó identificar patrones de comportamiento de los contaminantes y aquellos valores que se salían de la tendencia que marcaba el flujo en cada fecha.

Se discuten casos particulares según los parámetros analizados que fueron: parámetros físico – químicos, nutrientes y minerales, sólidos, DBO y DQO.

Ya finalizado el análisis de las seis visitas realizadas, se procede a la fase final. En ésta se tiene el análisis macro de la variación de contaminación y las recomendaciones finales.

## **Fase final**

En esta fase se presenta el análisis final y global, de la variación del grado de concentración de contaminantes en la Quebrada Seca, durante el periodo de estudio y diferenciando entre la época seca y la lluviosa.

### Elaboración del perfil de calidad

En esta sección se analizaron los valores de DBO, porcentaje de saturación de oxígeno y concentración de nitrógeno amoniacal con lo que, según la herramienta de valoración del

sistema Holandés, se asignaron los puntajes que representan la calidad del agua en cada punto y en cada gira.

También, se graficó la variación de la calidad del agua en la longitud del cauce y diferenciando entre la época seca y la lluviosa. Con esto se verificó la diferencia de la calidad global del cauce entre una época y la otra.

### Recomendaciones

Teniendo la primera entrega (el perfil de calidad), se continúa con la segunda entrega, que es la planeación o recomendación de mecanismos, para el mejoramiento de las condiciones comprobadas del cuerpo de agua.

Para esto se investigó sobre las soluciones que se han implementado en otros países, para contener la contaminación en sus cauces. Se indicó, también, los posibles tratamientos que se le pueden dar al agua para mejorar su clasificación y los usos que se le pueden dar el agua, ya sea con tratamiento o sin tratamiento.

## **CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL**

### **Marco teórico**

Se entiende como cuerpo de agua superficial a todo río, quebrada, laguna, etc., por el que fluya o se almacene agua dulce. Este tipo de agua es la que puede ser aprovechada para uso y consumo humano, después del debido tratamiento, y corresponde a aproximadamente el 3 % de la totalidad del recurso hídrico en el planeta. A nivel nacional, la oferta hídrica rodea un volumen de los 113.1 km<sup>3</sup> de agua superficial y llovida por año, de lo que se aprovecha un 20.73 % (Tábora & Argüello, 2011)

El aprovechamiento del recurso depende del grado de contaminación del cuerpo de agua, ya que esto define el tratamiento que se le debería dar al recurso según sea el uso final de este. Según Chapman (1996), algunos factores hidrológicos que influyen en la calidad del agua son: la velocidad del flujo en el cuerpo de agua ya que afecta la capacidad de transportar contaminantes, el caudal pues tiene una relación directa con la concentración de contaminantes, el nivel freático ya que marca la dirección de flujo entre dos cuerpos con calidades de agua distintas de modo que esas calidades se combinan y la materia suspendida, pues es responsable del transporte de contaminantes.

### **Reglamentación Nacional**

Para medir la calidad del agua se tienen parámetros físicos, químicos y biológicos que, según su concentración, definen el estado del cuerpo de agua superficial. En Costa Rica esos parámetros se regulan con el Decreto N° 33903-MINAE-S, que dicta el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, publicado en el diario La Gaceta el 17 de setiembre del 2007.

En dicho reglamento se establecen cinco calidades, o clases, de cuerpos de agua. Esas calidades se definen por medio del índice Holandés de valoración de la calidad de agua para cuerpos receptores, que se trata de un método que asigna un puntaje al cuerpo dependiendo de los parámetros físico-químicos para la clasificación inicial: el porcentaje de oxígeno disuelto (PSO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la concentración de nitrógeno amoniacal. En el Cuadro 1 se presenta como se designa el puntaje.

**Cuadro 1.** Asignación de puntaje según el sistema holandés.

Puntos	PSO (%)	DBO (mg/l)	N-NH <sup>4+</sup> (mg/l)
<b>1</b>	91 – 100	< = 3	< 0.50
<b>2</b>	71 – 90 111 – 120	3.1 – 6.0	0.5 – 1.0
<b>3</b>	51 – 70 121 – 130	6.1 – 9.0	1.1 – 2.0
<b>4</b>	31 – 50	9.1 – 15	2.1 – 5.0
<b>5</b>	< = 30 y > 130	> 15	> 5.0

Fuente: La Gaceta Digital, 2007.

Una vez asignados los puntajes correspondientes, se determina la clase del cuerpo de agua mediante la sumatoria de los puntos obtenidos y se asocia con un código de color y una interpretación de la calidad (Cuadro 2)

**Cuadro 2.** Asignación de clases de calidad de agua según sistema holandés

Clase	Sumatoria de puntos	Código de Color	Interpretación de Calidad
<b>1</b>	3	Azul	Sin contaminación
<b>2</b>	4 – 6	Verde	Contaminación incipiente
<b>3</b>	7 – 9	Amarillo	Contaminación moderada
<b>4</b>	10 – 12	Anaranjado	Contaminación severa
<b>5</b>	13 – 15	Rojo	Contaminación muy severa

Fuente: La Gaceta Digital, 2007.

También se puede determinar la clase del cuerpo de agua, por medio de un análisis complementario, que considera otros parámetros físicos, químicos y biológicos con sus respectivos límites permitidos. En el Cuadro 3 se presentan las características con las que se debe cumplir en cada clase.

**Cuadro 3.** Parámetros complementarios para clasificación de cuerpos de agua.

Parámetros complementarios (unidades)	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
<b>Turbiedad (UNT)</b>	< 25	25 a < 100	100 a 300	(1)	(1)
<b>Temperatura (°C)</b>	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>	6.5 a 8.5	6.0 a 8.5	6.0 a 9.0	5.5 a 9.5	5.5 a 9.5
<b>Nitratos, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg N/l)</b>	< 5	5 a < 10	10 a < 15	15 a < 20	> 20
<b>Demanda química de oxígeno (mg/l)</b>	< 20	20 a < 25	25 a < 50	50 a < 100	100 a 300
<b>Cloruros (como Cl) (mg/l)</b>	< 100	100 a 200	NA	NA	NA
<b>Fluoruros (como F) (mg/l)</b>	< 1.0	1 a 1.5	NA	NA	NA
<b>Color (Pt-Co)</b>	2.5 a 10	10 a 100	(1)	(1)	(1)
<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	< 10	10 a 25	25 a 100	100 a 300	> 300
<b>Sólidos disueltos (mg/l)</b>	< 250	250 a < 500	500 a 1000	> 1000	> 1000
<b>Grasas y aceites (mg/l)</b>	ND	ND	ND	ND	15 a 25
<b>Sustancias activas al azul de metileno (mg/l)</b>	ND	ND	ND a 1	1 a 2	2 a 5
<b>Arsénico (mg/l)</b>	< 0.01	<0.01	0.01 a 0.05	> 0.05	> 0.05
<b>Boro (mg/l)</b>	0.1	0.2	0.5	1	1
<b>Cadmio (mg/l)</b>	< 0.005	0.005	0.01	0.02	0.02
<b>Cianuro (mg CN<sup>-</sup>/l)</b>	< 0.1	0.1 a < 0.2	0.2	> 0.2	> 0.2

<b>Cobre (mg/l)</b>	< 0.5	0.5 a < 1	1.0 a 1.5	1.5 a 2.0	2.0 a 2.5
<b>Cromo total (mg/l)</b>	< 0.05	0.05	0.20	0.5	> 0.5
<b>Magnesio (mg MgCO<sup>3</sup>/l)</b>	< 30	30 a 50	> 50	> 50	> 50
<b>Mercurio (mg/l)</b>	< 0.001	0.001	0.002	0.004	0.005
<b>Níquel (mg/l)</b>	< 0.05	0.05	0.1	0.2	0.3
<b>Plomo (mg/l)</b>	< 0.03	0.03 a < 0.05	0.05 a < 0.10	0.1 a < 0.20	0.20
<b>Selenio (mg/l)</b>	< 0.005	0.005 a < 0.010	0.010 a < 0.020	0.020 a < 0.050	0.050
<b>Sulfatos (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> (mg/l)</b>	< 150	150 a 250	> 250	> 250	> 250
<b>Parámetros orgánicos</b>					
<b>Sumatoria de los compuestos organoclorados (mg/l)</b>	ND	ND	ND	0.01	0.01
<b>Sumatoria de compuestos organofosforados (mg/l)</b>	ND	ND	ND	0.01	0.01
<b>Biológicos</b>					
<b>Coliformes fecales (NMP/100 ml)</b>	< 20	20 a 1000	1000 a 2000	2000 a 5000	> 5000

ND: No detectable por el método utilizado.

NA: No aplicable

(1) Natural o que no afecte el uso indicado

Fuente: La Gaceta Digital, 2007.

### Parámetros considerados

A continuación, se definen los parámetros a estudiar en este trabajo y se expone que efecto tiene sobre la calidad del agua.

- Porcentaje de oxígeno disuelto (PSO):

El porcentaje de oxígeno disuelto es una medida de la cantidad de oxígeno presente en el agua. La solubilidad del oxígeno depende de la temperatura, presión, coeficiente de



solubilidad, tensión de vapor del gas, salinidad del agua, entre otros. (Catalán, 1969). El oxígeno en el agua proviene del proceso de fotosíntesis y de la mezcla con el oxígeno presente en el ambiente.

Este elemento permite la vida acuática, tanto de peces como de algas y también participa en el proceso de degradación de materia. Entonces el gasto de oxígeno se da por respiración y por oxidación.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es "una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aeróbicas, en un período de 5 días y a 20 °C.) (Romero, S.A., p. 107).

Entonces si la demanda es muy alta y el oxígeno presente muy bajo, se empieza con el desequilibrio del sistema, de manera que se acumula materia que no se pudo degradar.

- Nitrógeno amoniacal:

El nitrógeno amoniacal, es el resultado de la máxima reducción de sustancias nitrogenadas. Se puede obtener por el nitrógeno atmosférico, debido a fijación química, por las proteínas de animales y vegetales, debido a la putrefacción, y por la reducción de nitritos. (Catalán, 1969).

Debido a que es el producto final de la reducción del nitrógeno, es un parámetro que se puede utilizar para aproximar el momento en el que se dio la contaminación.

- Turbiedad:

La turbiedad, es una característica física que se refleja en la capacidad de la luz de atravesar el agua. Entonces a menor luz que atraviere, mayor será la cantidad de partículas en suspensión y así, menor será la calidad del agua.

- Temperatura:

La temperatura es un parámetro físico que afecta otros parámetros como lo son la concentración de oxígeno disuelto, las reacciones biológicas, la disolución de sales, entre otros.

- Potencial de hidrógeno (pH):

El potencial de hidrógeno, es la medida de la acidez del agua. Tiene una escala de 0 a 14, teniendo el neutro absoluto en el 7, por debajo de este se tiene el rango ácido y por encima el rango básico.

Es una condición que se genera por efectos naturales, como minerales de rocas o suelo por el que pasa el río, y por afectos artificiales, como los vertidos de las industrias.

- Nitratos:

Los nitratos, junto con los nitritos y el amoníaco, son los compuestos en los que, generalmente, se presenta el nitrógeno, que es un nutriente importante en el desarrollo de animales y plantas. (Barrenecha, 2004).

Los nitratos son sales muy solubles debido a la polaridad del ión, que además resulta ser un ión más estable que el ión del nitrito, por lo que éstos se transforman rápidamente en nitratos, entonces los nitratos suelen predominar en aguas superficiales o subterráneas. (Barrenecha, 2004).

También, la concentración de nitratos puede elevarse ante un uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y ante la presencia de contaminación de excretas humanas o animales. (Barrenecha, 2004).

- Demanda química de oxígeno (DQO):

La demanda química de oxígeno (DQO), es la medida del oxígeno que se necesitaría para reducir la materia orgánica a dióxido de carbono y agua, sin intervención de microorganismos. Esta prueba se basa en que la materia orgánica puede ser oxidada en condiciones ácidas por medio de agentes oxidantes fuertes. (Vidal, 2014)

Es un ensayo más rápido que el de DBO y de él se obtiene la cantidad de materia orgánica que puede oxidarse por dicromato en una mezcla ácida. (Romero, S.A.)

- Color:

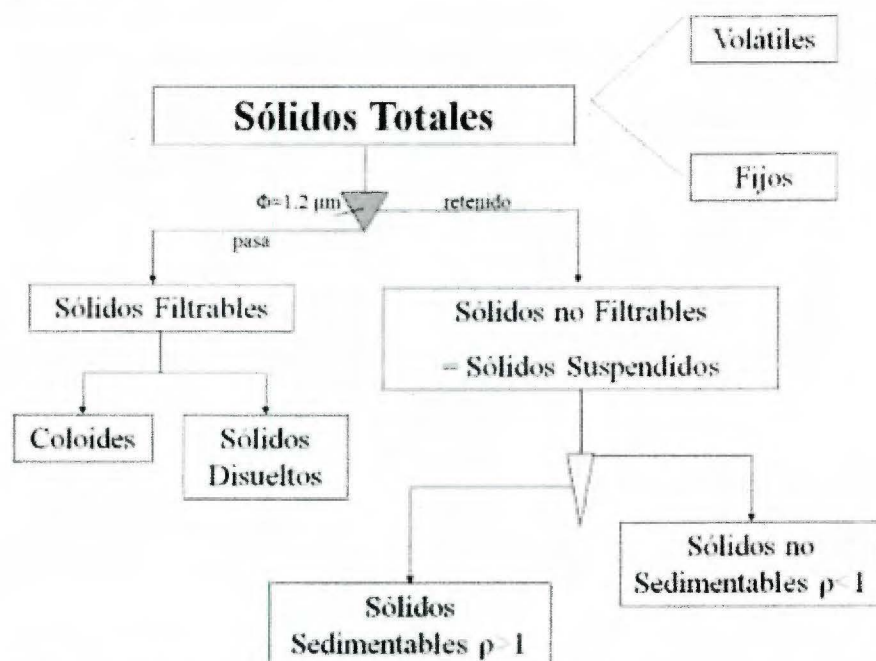
El color es una característica física del agua. Puede ser aparente, que es el color que tiene el agua cruda, o verdadero, que es el color que queda en la muestra después de remover la materia en suspensión.

Algunos colores son azul, debido a la absorción de radiación, café, debido a la presencia de materia orgánica, verde, debido a un contenido alto de fitoplancton, pardo o rojizo, debido al paso por un macizo granítico y de rocas silíceas, gris oscuro o negro, debido al vertido de aguas negras, entre otros. (Catalán, 1969).

- Sólidos totales:

Se entiende como sólidos totales a toda la materia que queda en una muestra después de un proceso de evaporación y secado, entre las temperaturas de 103 °C y 105 °C. Es una medición importante en los procesos de tratamiento.

Los sólidos totales, pueden ser: volátiles, que es la cantidad de sólidos orgánicos en la muestra; fijos, que es la cantidad de materia inorgánica en la muestra; suspendidos, que son los sólidos no filtrables o que tienen un tamaño mayor 1.2  $\mu\text{m}$ ; o filtrables, que son las partículas sólidas más pequeñas. En la siguiente figura se muestra la distribución de los sólidos totales.



**Figura 3.** Esquema de distribución de los sólidos totales en una muestra  
Fuente: Vidal, 2014.

### Calidad y usos del agua

En el Reglamento de Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficial, se consideran 5 clases, o 5 calidades de agua. Esto varía según el uso que se

le piense dar al recurso hídrico, de manera que, según las clases y usos mencionados en el Reglamento, se tienen las siguientes limitaciones:

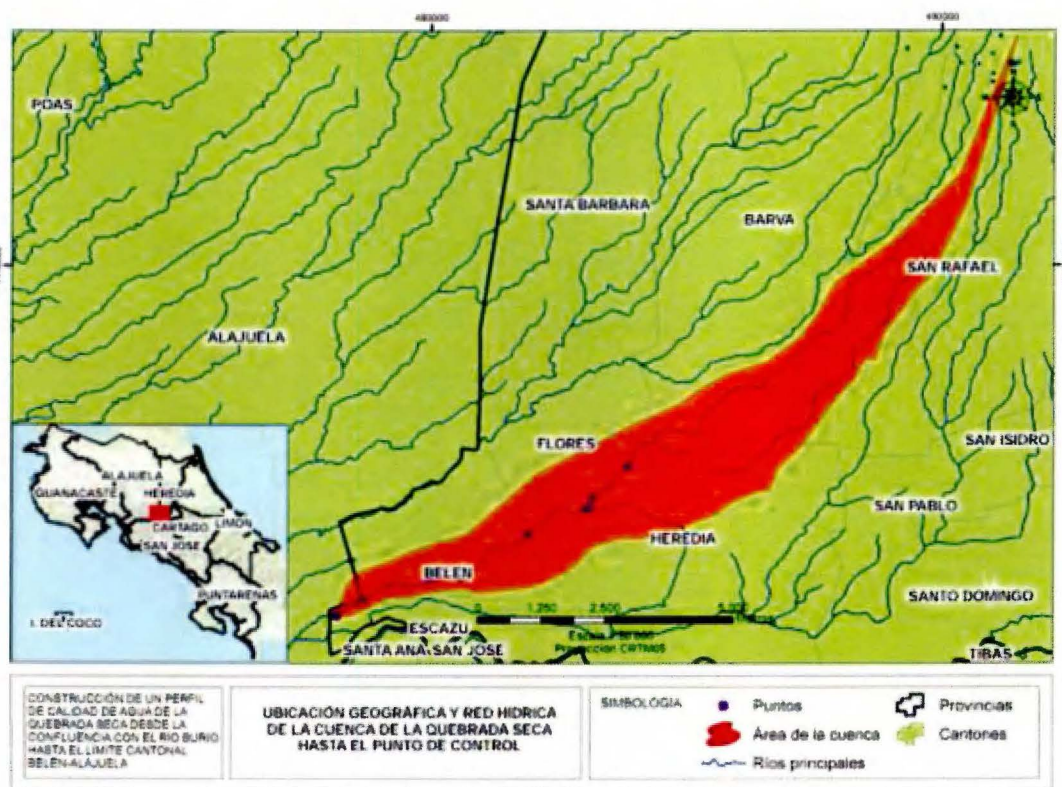
- A. Para abastecimiento de agua para uso y consumo humano, se pueden utilizar aquellos cuerpos clasificados como clase 1, después de un tratamiento simple que incluya desinfección; clase 2, después de aplicarle un tratamiento convencional y clase 3, después de aplicarle un tratamiento avanzado. Aquella agua en cuerpos clasificados como clase 5, no debe ser explotada para este uso.
- B. Para abastecimiento de agua destinada a industrias de producción de alimentos de consumo humano, se tiene las mismas limitaciones que para el punto A, agregando que si el recurso es calificado como clase 1 se podría utilizar aún sin tratamiento previo.
- C. Para abastecimiento de agua para abrevadero y actividades pecuarias, las clases 1, 2 y 3 se pueden utilizar sin limitaciones, aquel recurso clase 4 debe utilizarse con limitaciones y no se permite el uso de recurso tipificado como clase 5.
- D. Para actividades recreativas de contacto primario, pueden ser utilizados aquellos cuerpos tipificados como clase 1 y 2; no deben ser utilizados aquellos tipos 3, 4 ó 5.
- E. Para acuacultura se tienen las mismas condiciones que para el punto D.
- F. Para ser fuente de conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas, puede ser utilizada aquel cuerpo clase 1 y no deben utilizarse aquellos cuerpos clase 2, 3, 4 ó 5.
- G. Para ser fuente de protección de comunidades acuáticas, se tienen las mismas condiciones que para el punto D.
- H. Para generación eléctrica, se pueden utilizar aquellos cuerpos clase 1, 2 y 3, y se permite el uso con limitaciones de aquellos cuerpos clase 4 ó 5.
- I. Para la navegación, no debe utilizarse los cuerpos de agua clase 1 y 2; pueden utilizarse aquellos cuerpos clase 3, 4 y 5.
- J. Para riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras, se puede utilizar los cuerpos tipificados como clase 1, 2 y 3, no debe utilizarse aquellos cuerpos clase 4 ó 5.
- K. Para riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que se ingieren sin eliminación de la cáscara, se pueden utilizar las aguas de aquellos cuerpos clase 1 y 2, no debe utilizarse el agua de aquellos cuerpos clase 3, 4 ó 5.

### CAPÍTULO 3. ZONA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE CONTROL

#### Zona de estudio

La Quebrada Seca, drena en dirección suroeste, abarcando un sector en la misma región de la provincia de Heredia y un pequeño sector al sureste de Alajuela, donde finalmente desemboca en el río Bermúdez.

Hasta el punto de control 18, el punto que define el área de drenaje, se tiene que drena un área aproximada de 22.53 km<sup>2</sup>. En la Figura 4, se presenta la ubicación geográfica de la cuenca de la Quebrada Seca.



**Figura 4.** Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Atlas del ITCR, 2008.

Elaborado por: Martínez, M., 2016.

En la Figura 5 se presentan los diferentes usos que se le da al suelo, dentro del área de la cuenca de la Quebrada Seca. Se podrá apreciar, que el uso mayoritario es el destinado a uso urbano.



**Figura 5.** Identificación de los diferentes usos de suelo dentro de la cuenca  
Fuente: Atlas del ITCR, 2008.

Elaborado por: Martínez, M., 2016.

Las principales coberturas de suelo dentro de la cuenca son: urbana (tratándose de espacios destinados actividades urbanas, como carreteras, servicios, residencias, comercios, etc.), no forestal (que indica espacios con fines, principalmente, agrícolas como pastizales o charrales, sin sombra) y café; además, se tienen los tipos de cobertura forestal forestal y de bosque secundario, pero estas no representan una cuantía importante del área

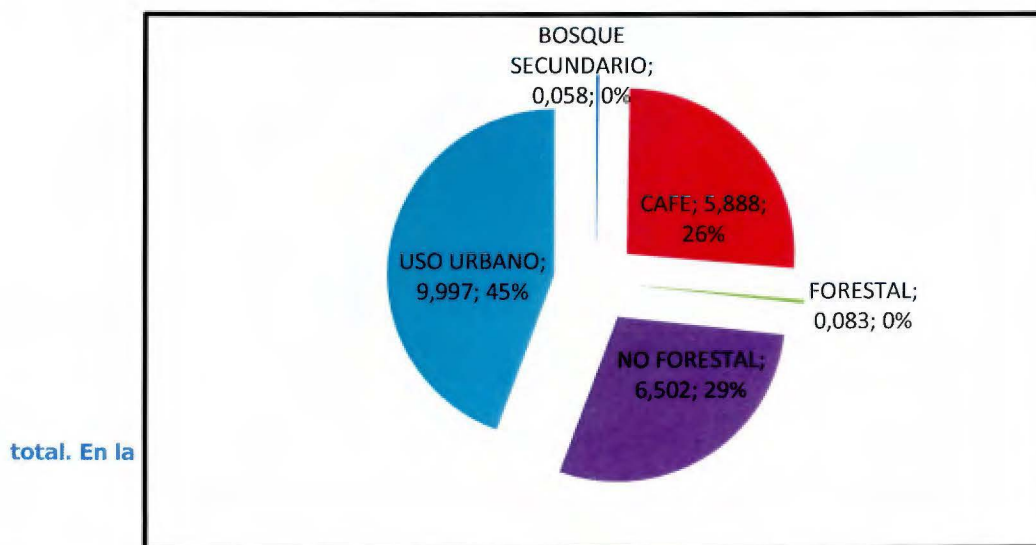
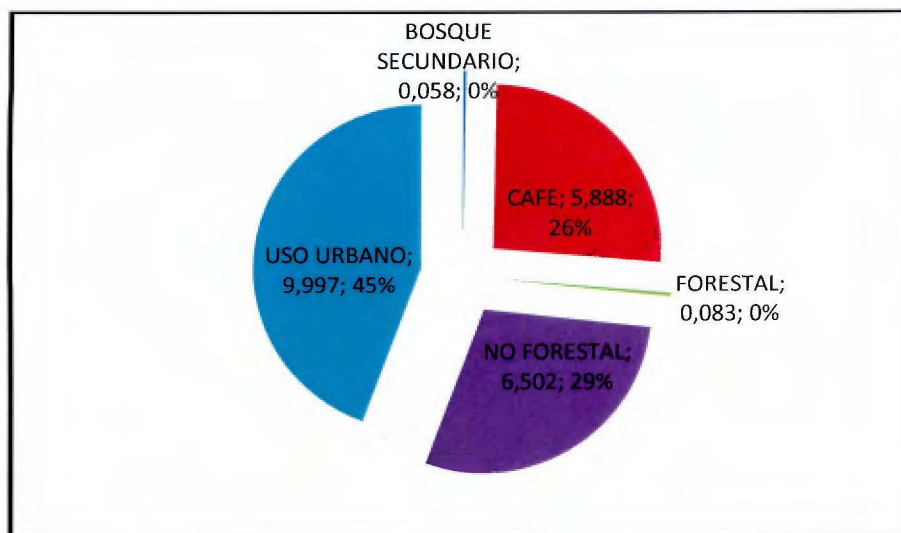


Figura 6, se muestran los valores de área según el tipo de cobertura.



**Figura 6.** Área para cada tipo de cobertura de suelo en km<sup>2</sup> y porcentaje.  
Fuente: Aguilar, 2016.

En la figura anterior, se aprecia el uso urbano, el cual equivale a poco más de 44 % del total de área de drenaje, además representa casi la suma de los usos de café y no forestales (que representan tierras agrícolas), que suman un 55 % del total del área.

Teniendo esa distribución, se esperan dos comportamientos: 1. Que la capacidad de infiltración de la precipitación permita que, ante un evento de lluvia, el aumento del caudal en la Quebrada Seca no se produzca de manera inmediata, pues no se tiene totalmente impermeabilizado el terreno, por lo que el suelo permitirá la infiltración, siempre y cuando no esté saturado; y 2. Que se presenten concentraciones importantes de subproductos de fertilizantes y abonos, además de componentes de subprocesos de industrias o residenciales, como jabones o grasas, esto debido a efectos antropogénicos.

### Datos de precipitación

Durante el desarrollo del trabajo de campo, se realizan mediciones en estación seca, transición y lluviosa, para realizar un mejor análisis del comportamiento de los contaminantes a lo largo del cauce e intentar hacer una relación de esto con la variación de caudal.

El periodo de muestreo fue de enero 2015 a octubre del mismo año, tomando 3 muestras de cada punto en la época seca y otras 3 muestras en la época lluviosa.

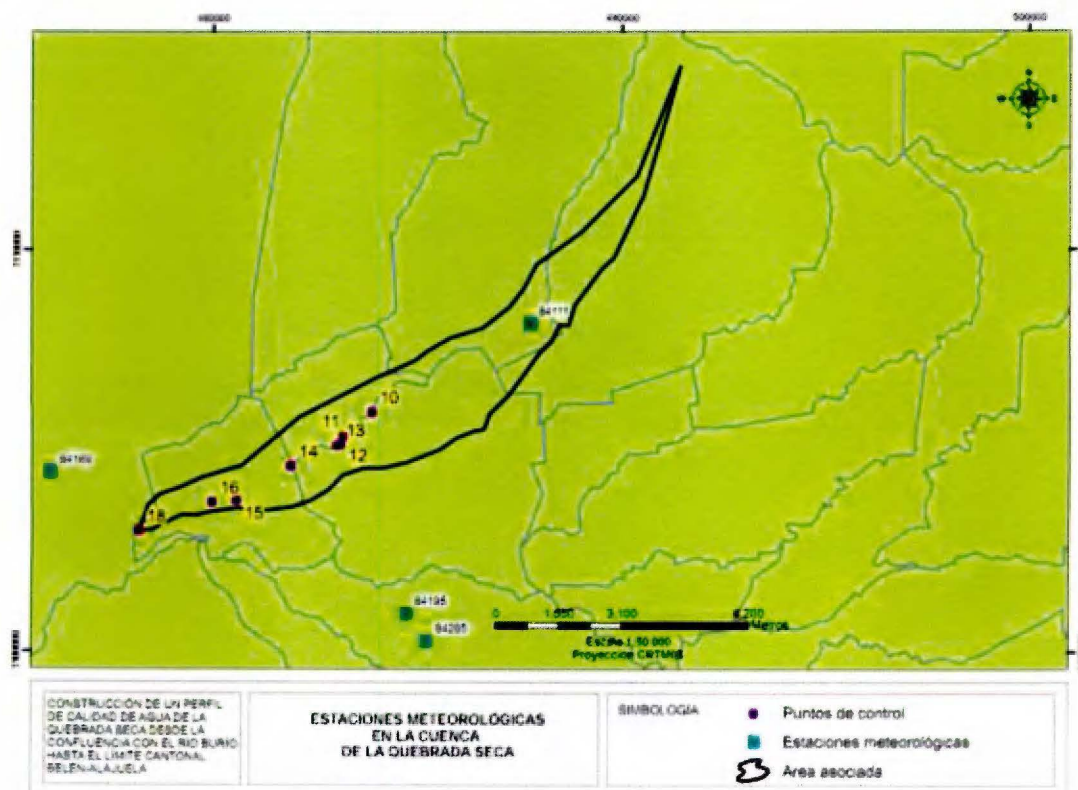
Para analizar el comportamiento de las precipitaciones se solicitaron, al Instituto Meteorológico Nacional (IMN), los valores de precipitación promedio para el día anterior y el día real de cada fecha de muestreo. En el Cuadro 4 se presentan las estaciones solicitadas.

**Cuadro 4.** Información de las estaciones meteorológicas

Número	Nombre	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m.s.n.m)
<b>84111</b>	Santa Lucía, Heredia	10° 01' 19"	84° 06' 42"	1200
<b>84169</b>	Aeropuerto Juan Santamaría, AUT.	09° 59' 28"	84° 10' 52"	913
<b>84195</b>	Aeropuerto Pavas Oeste, AUT.	09° 57' 23,68	84° 08' 17,29	997
<b>84285</b>	Aeropuerto Tobías Bolaños Oeste	09°57'02"	84°08'05"	997

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

La ubicación de estas estaciones meteorológicas se muestra en la Figura 7.



**Figura 7.** Ubicación de estaciones meteorológicas

Fuente: Atlas del ITCR, 2008.

Elaborado por: Martínez, M., 2016.



Los datos entregados por el IMN, se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5.** Valores promedio de precipitación

Días reportados	Estaciones (mm de lluvia)			
	84111	84169	84195	84285
20 / 1 / 2015	0,0	0,0	0,0	
21 / 1 / 2015	0,0	0,0	0,0	
24 / 2 / 2015	0,0	0,0	0,0	
25 / 2 / 2015	0,0	0,0	0,0	
26 / 2 / 2015	1,6	0,0	0,0	
9 / 4 / 2015	0,0	0,0	—	0,0
10 / 4 / 2015	0,0	0,0	—	0,0
9 / 6 / 2015	26,6	0,4		0,2
10 / 6 / 2015	16,5	0,3		0,6
25 / 8 / 2015	—	0,0		0,0
26 / 8 / 2015	—	0,0		0,0
8 / 10 / 2015	0,0	0,5		0,0
9 / 10 / 2015	24,8	0,0		0,0

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

---: no hay dato

### Puntos de control

La escogencia de los nueve puntos de control, se basó en una división físico política de los diferentes distritos por los que cruza la quebrada, además de considerar la ubicación de industrias que pueden representar un vertido importante al cauce natural de la quebrada. Con esta ubicación, se puede analizar el comportamiento de los contaminantes por el cauce, el aporte de cada distrito y la variabilidad debida a industrias o vertidos residenciales.

Estos puntos dependieron, además, de la facilidad de acceso a ellos, aspecto que se verificó en el campo durante la primera gira realizada. Durante las giras, también se pudo apreciar aspectos generales de esos puntos, como vegetación presente, permanencia de fauna, presencia de residuos sólidos, existencia de vertidos residenciales directos, entre otros aspectos que se comentarán en la sección de resultados.

Los nueve puntos se mantuvieron constantes, con posibles variaciones de su ubicación en cada cada gira en la dimensión de metros, durante las seis giras realizadas. En la

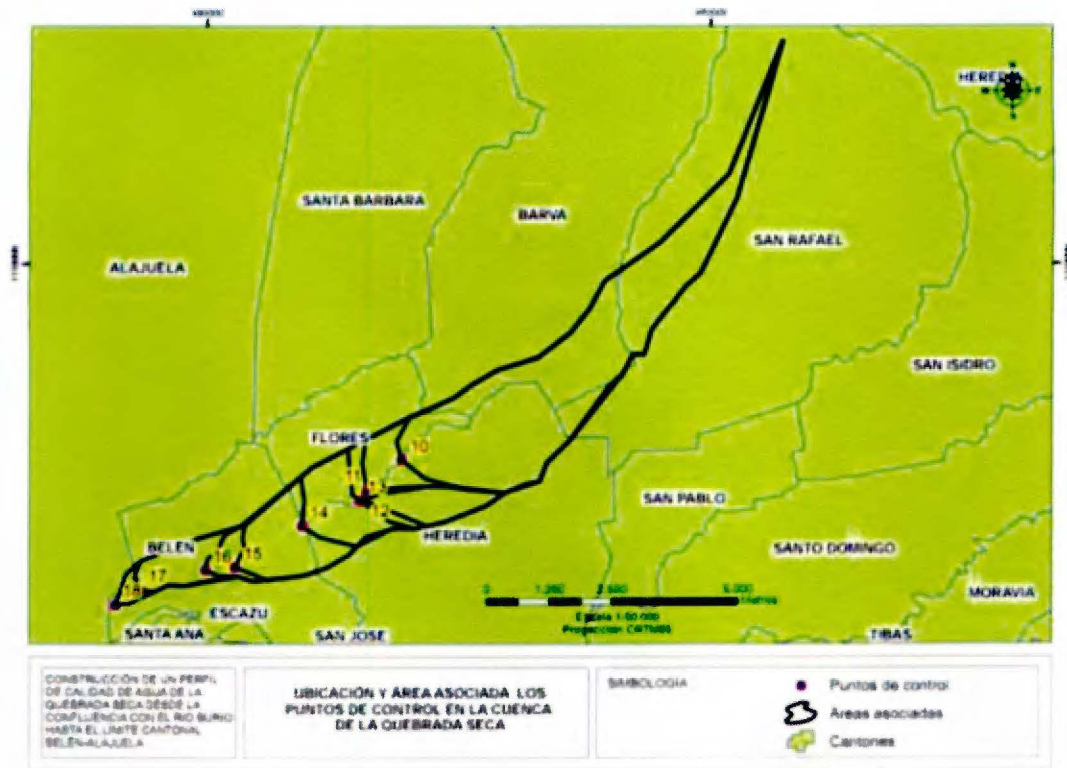
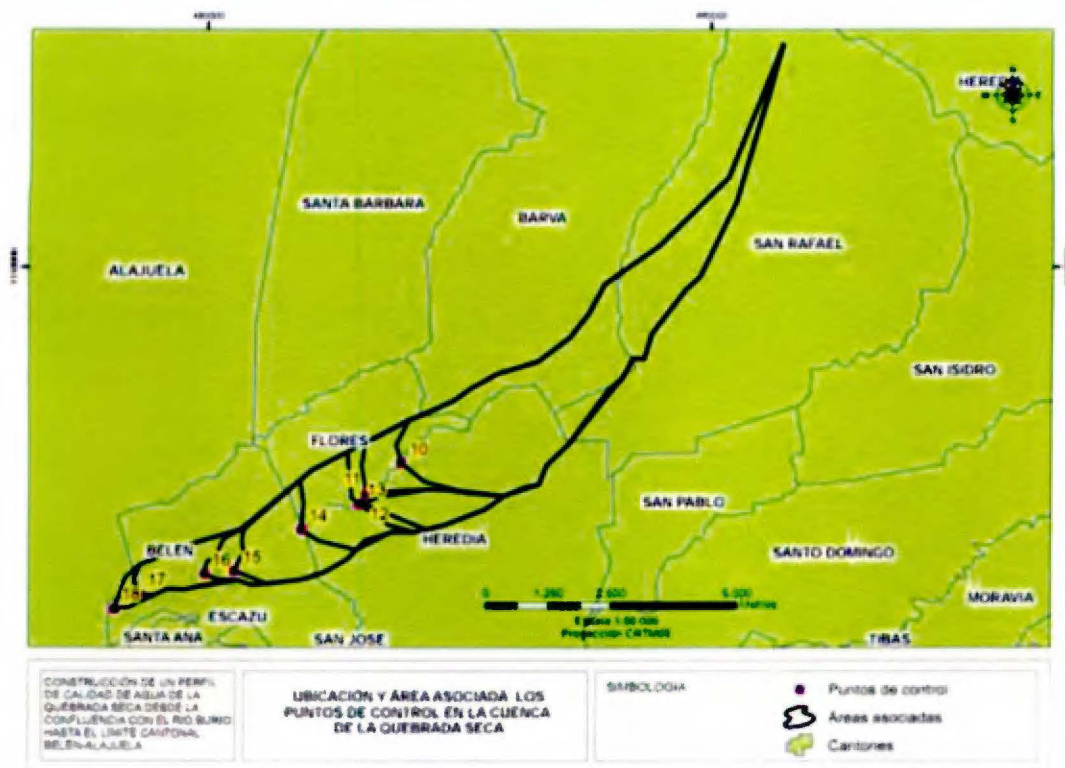


Figura 8 se presenta la ubicación de cada punto en el cauce.



**Figura 8.** Ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: Atlas del ITCR, 2008.

Elaborado por: Martínez, M., 2016.

En la figura anterior, se puede apreciar la ubicación de los puntos de control con respecto al total de la cuenca y, también, se nota gráficamente cuáles cantones drena cada punto de control. La numeración inicia con el punto 10, para dar continuidad con el trabajo realizado por Yeiner Arguedas Hernández, que elaboró un trabajo similar a éste, evaluando la zona alta de la cuenca.

**En el**

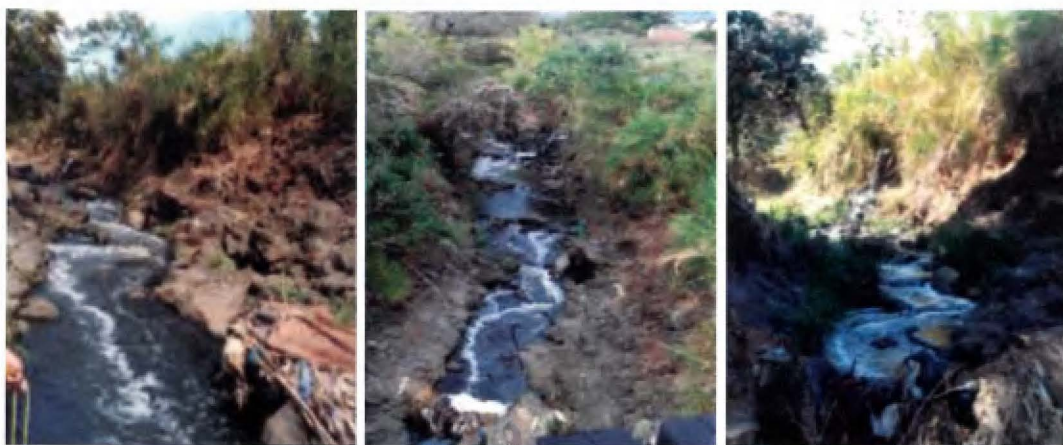
Cuadro 6 se presentan los valores de las áreas de drenaje de cada punto de control y el porcentaje cantonal que conforma cada área.

**Cuadro 6.** Área de drenaje y porcentaje cantonal para cada punto de control.

Punto	Área (km <sup>2</sup> )	Alajuela (%)	Barva (%)	Belén (%)	Flores (%)	Heredia (%)	San Rafael (%)
10	12.96	0	27	0	4	36	34
11	14.07	0	25	0	8	31	36
12	1.3	0	0	0	0	100	0
13	15.97	0	22	0	9	27	42
14	18.01	0	19	0	14	24	43
15	20.39	0	17	9	13	21	40
16	20.97	0	17	12	12	21	38
17	22.3	0	16	17	12	20	36
18	22.53	1	15	17	19	13	36

Fuente: Aguilar, 2016.

El punto 10 se ubica a la altura del puente del ferrocarril en la comunidad de San Joaquín. En las siguientes figuras, se muestran fotografías comparativas del punto de control, tomadas aproximadamente desde el mismo ángulo, de modo que se pueden apreciar algunas variaciones en el aspecto del cauce.



**Figura 9.** Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 10, en giras de enero, febrero y abril, de izquierda a derecha.

Fuente: Aguilar, 2015.

En todas las fotografías tomadas en este punto, se puede apreciar la presencia de espuma densa, fácilmente rastreada por el cauce, y una presencia importante de residuos mal dispuestos, de modo que se generan obstrucciones al flujo, y así puede

repercutir en la evacuación del agua en época lluviosa. Se presenta una mayor acumulación de residuos, o de material de arrastre, entre los meses de febrero y abril, pues se aprecia una retención de la espuma y la formación de una barrera, que cruza de un lado al otro del cauce, con el material arrastrado.

En este punto se observó una variación en el espejo de agua entre las diferentes giras, resultando tener mayor amplitud durante la gira de enero.

El punto 11 se ubica en la vertiente de la quebrada Seca; aproximadamente, diez metros aguas arriba de la confluencia con la quebrada Aries. Seguido, se presentan algunas imágenes de los alrededores del punto, en diferentes giras.



**Figura 10.** Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 11, en giras de enero y junio, de izquierda a derecha.

Fuente: Aguilar, 2015.



**Figura 11.** Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 11, en giras de agosto y octubre, de izquierda a derecha.

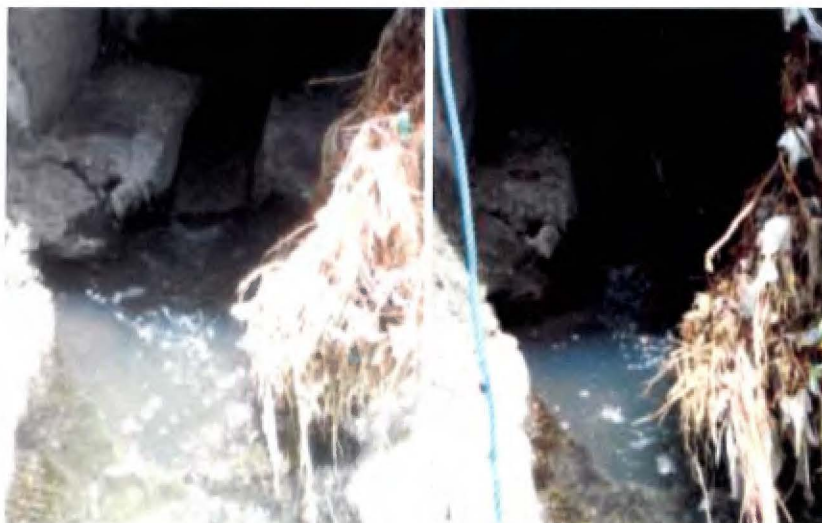
Fuente: Aguilar, 2015.

En este punto se evidencia, igualmente, el arrastre de residuos mal dispuestos y de material natural; sin embargo, se presenta la mayor concentración de éstos en la gira del mes de enero. Con respecto al espejo de agua, se aprecia el mayor ancho de superficie libre en los meses de agosto y octubre, comportamiento esperado pues se trata de la época lluviosa, por lo que se espera un aumento en el caudal y así, manteniendo la formación natural del cauce, se espera que el perímetro mojado aumente.

Además, se puede apreciar la presencia de un color con tonos grisáceos, casi jabonosos, durante la gira del mes de junio.

El punto 12, se ubica en la alcantarilla de salida de la quebrada Aries. Esta quebrada es un afluente de la Quebrada Seca, por lo que posee características distintas, que afectan el comportamiento de resultados que se tienen sobre el cauce en estudio, esto se ve reflejado con la relación entre los puntos 11, 12 y 13.

En las siguientes imágenes se presentan algunas de las condiciones observadas en este punto, en diferentes giras.



**Figura 12.** Fotografías del punto de salida de la quebrada Aries, en giras de agosto y octubre, de izquierda a derecha.

Fuente: Aguilar, 2015.

Esta quebrada tiene un flujo constante y el ancho del cauce no varía en el tiempo de manera tan notable, como en otros puntos de control. Además de esto, su desfogue a la Quebrada Seca, se da por medio de una sección controlada, pues tiene una estructura en concreto que confina el cauce.

Entre los aspectos que comparte con la Quebrada Seca, se tiene la condición de arrastre de sedimentos, también que mantiene una coloración grisácea, como jabonosa. Importante resaltar que ésta quebrada transcurre por zonas residenciales, por lo que puede ser receptora de aguas grises, sin previo tratamiento.

El punto 13 se ubica a un costado de un parque infantil y se encuentra por debajo de la zona de combinación de los puntos 11 y 12.

Estos últimos tres puntos, el 11, 12 y 13, se encuentran en los alrededores del Residencial Jerez. A continuación, se presentan fotografías del punto 13, tomadas desde un punto similar en diferentes fechas, de manera que se puedan apreciar algunas variaciones físicas del cauce.



**Figura 13.** Fotografías viendo hacia aguas abajo del punto 13, en giras de abril y octubre, de izquierda a derecha.

Fuente: Aguilar, 2015.

Se puede apreciar una clara diferencia entre el espejo de agua del cauce, teniendo la mayor superficie libre durante la gira de abril y la menor superficie libre en octubre. Esto es un comportamiento diferente al esperado, pues no responde a lo que se puede proyectar durante la época lluviosa.

Este punto tiene la característica de ser de fácil acceso y estar cercano a una vía de importante flujo vehicular, entonces se pueden encontrar residuos no ordinarios mal dispuestos, como en el caso de la gira en el mes de abril, que se encontró un sillón dentro del cauce.

El punto 14 se ubica, aproximadamente, quince metros aguas abajo del paso de una alcantarilla, por la Autopista General Cañas. Este punto, al igual que el punto de control 13, se encuentra cercano a una vía con importante flujo vehicular; pero por el tipo de vía (autopista), no se presentan residuos no ordinarios mal dispuestos, pues la autopista no ofrece espacio para estacionamiento de ningún tipo de vehículo. Seguidamente, se presentan fotografías capturadas en diferentes fechas, tomadas desde aproximadamente el mismo punto, para poder comparar características físicas del cauce.





**Figura 14.** Fotografías viendo hacia aguas arriba del punto 14, en giras de febrero y octubre, de izquierda a derecha.  
Fuente: Aguilar, 2015.

Este punto siempre mantuvo un caudal importante, de manera que no se puede apreciar a simple vista la variación en su cauce. Además, siempre presentó esa condición de color café y con presencia de espuma.

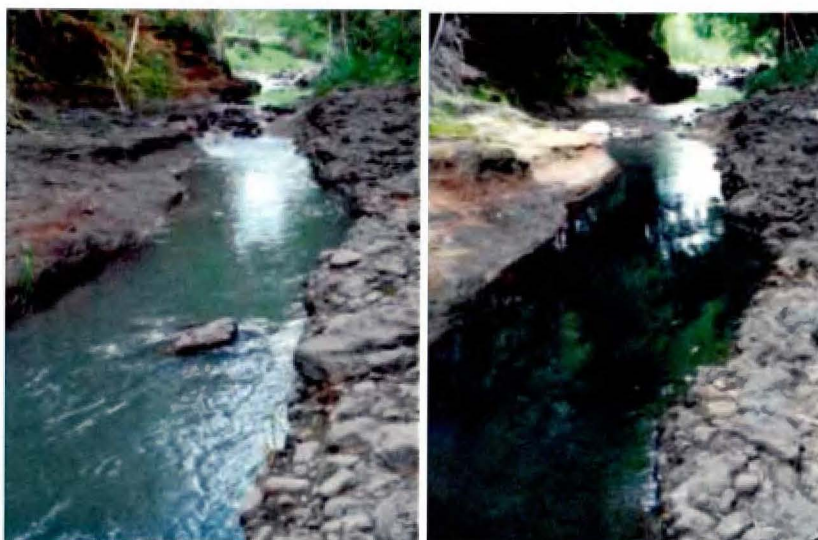
En los alrededores de la salida de alcantarilla, presentada en las fotografías, se tienen áreas con uso de suelo agrícola, lográndose constatar un cultivo de tomate, adyacente al cauce de la Quebrada Seca, en este punto. El agua de este sector es utilizada, mediante bombeo, para el riego de esos cultivos, esta práctica quedó en evidencia en al menos dos giras realizadas y en la fotografía del mes de octubre, se puede apreciar parte del equipo empleado para el bombeo.

En este punto se tiene alta presencia de industrias y comercios, como Pipasa, Bridgestone, zonas francas, entre otros, que pueden dar un indicio de que las aguas residuales de sus plantas e instalaciones, deben ser vertidas en la Quebrada Seca. En la Figura 15, se presentan algunas de las empresas ubicadas cerca del punto 14, el cual se marca como el punto rojo en la imagen.



En este punto el estado físico del flujo es similar durante las 6 giras, se puede apreciar un mayor espejo de agua, en la gira del mes de enero y la menor, o menores anchuras, durante los meses de febrero y abril. Esto responde al comportamiento esperado, pues se espera tener una disminución del flujo durante los meses de la época seca, con respecto a los meses de la época lluviosa o de transición.

El punto 16 se ubica en las cercanías del puente sobre la calle 9, en San Antonio de Belén. Este punto, aun estando cerca del paso vehicular y peatonal, en todas las visitas presentó características físicas muy favorables, agua clara, sin mucho color o turbidez y poco o nula presencia de residuos mal dispuestos en el cauce. Seguidamente, se muestran fotografías de la zona, tomadas en diferentes giras y desde un punto similar, tratando de presentar las variaciones en el cauce.



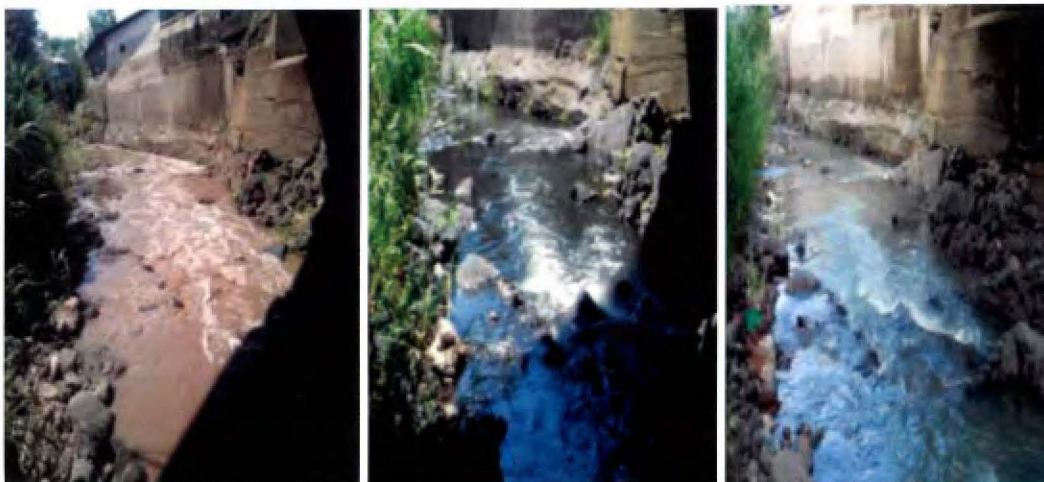
**Figura 17.** Fotografías aguas arriba del punto 16, en giras de junio y octubre, de izquierda a derecha.  
Fuente: Aguilar, 2015.

En este punto, se tienen condiciones de baja pendiente, por lo que la velocidad del flujo también es baja, no se evidenció presencia de espumas o señales de eutrofización, esto es de esperar pues es una zona cubierta por vegetación alta, que genera mucha sombra, por lo que se impide el ingreso de luz solar, con lo que se restringe el crecimiento de algas.

Se puede apreciar claramente, una tonalidad en el agua en el mes de junio, similar a la de los otros puntos, con un tono grisáceo, casi jabonoso; apariencia que se ha evidenciado en otros puntos, durante esa misma visita.

En términos de forma del cauce, por la formación tipo canal que se ha generado a su paso, no hay una variación apreciable de su espejo de agua, lo que se puede notar es una variación en la profundidad del mismo, teniendo la mayor profundidad en octubre, situación que es de esperar, debido al efecto de la época lluviosa.

El punto 17, se encuentra bajo el puente del ferrocarril, por las inmediaciones del Polideportivo de Belén. Este punto no está cercano a una vía con flujo vehicular importante; sin embargo, se tienen bloques residenciales importantes en sus cercanías. Seguidamente, se muestran fotografías de este punto, tomadas en diferentes giras y desde aproximadamente la misma ubicación.



**Figura 18.** Fotografías aguas abajo del punto 17, en giras de enero, febrero y junio, de izquierda a derecha.  
Fuente: Aguilar, 2015.

En este punto, se tiene en enero un mayor arrastre de sólidos, esto por la turbidez y color que presenta el flujo durante la gira de enero, donde se nota ese tono café en el agua y que, además, se confirma en los resultados de los sólidos totales, que se comentará más adelante en este trabajo. También, se mantiene el color grisáceo que se ha presentado en diferentes puntos durante la gira de junio.

Este punto cumplía con los requisitos para realizar aforos, teniendo márgenes definidos y una única sección por la que fluyera toda el agua, por esto se decidió este punto para

realizar el único aforo contenido en este trabajo. Estos resultados se mostrarán más adelante.

Finalmente, el punto 18 se ubica, aproximadamente, diez metros aguas abajo del paso de alcantarilla por la Radial Santa Ana – Belén, a un costado de la propiedad de Proyecto Goal en Lindora. Este punto está rodeado, principalmente, por industrias; además, se encuentra bajo una vía con flujo vehicular importante. A continuación, se presentan imágenes capturadas, de este punto en diferentes fechas.



**Figura 19.** Fotografías de los alrededores del punto 18, en giras de enero, junio y octubre, de izquierda a derecha.

Fuente: Aguilar, 2015.

Al igual que en el punto anterior, se aprecia una turbiedad importante en la gira del mes de enero, dato que se viene a confirmar con el resultado de los sólidos totales en este punto, que se mencionará más adelante en este trabajo.

También, se tiene una coloración grisácea, casi jabonosa, en la gira del mes de junio, situación que se vino reflejando en otros puntos durante esa misma gira.

En términos del espejo de agua, se tiene poca variabilidad en este punto de control; sin embargo, si se puede apreciar una mayor superficie libre del agua en la gira del mes de octubre.

## **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL DE CALIDAD**

Las muestras se tomaron mediante el método de muestreo simple y, posteriormente, se trasladaron al Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Costa Rica.

En el campo, se tomaron los datos de temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y sólidos disueltos; todos los anteriores, mediante lectura directa del lector de multi-parámetros. Los demás valores analizados, se obtuvieron mediante su respectiva prueba en el Laboratorio.

### **Resultados obtenidos**

En esta sección se presentarán los datos representativos generales de cada punto y los casos excepcionales, según las giras, para consultar la totalidad de los resultados, referirse al ANEXO B.

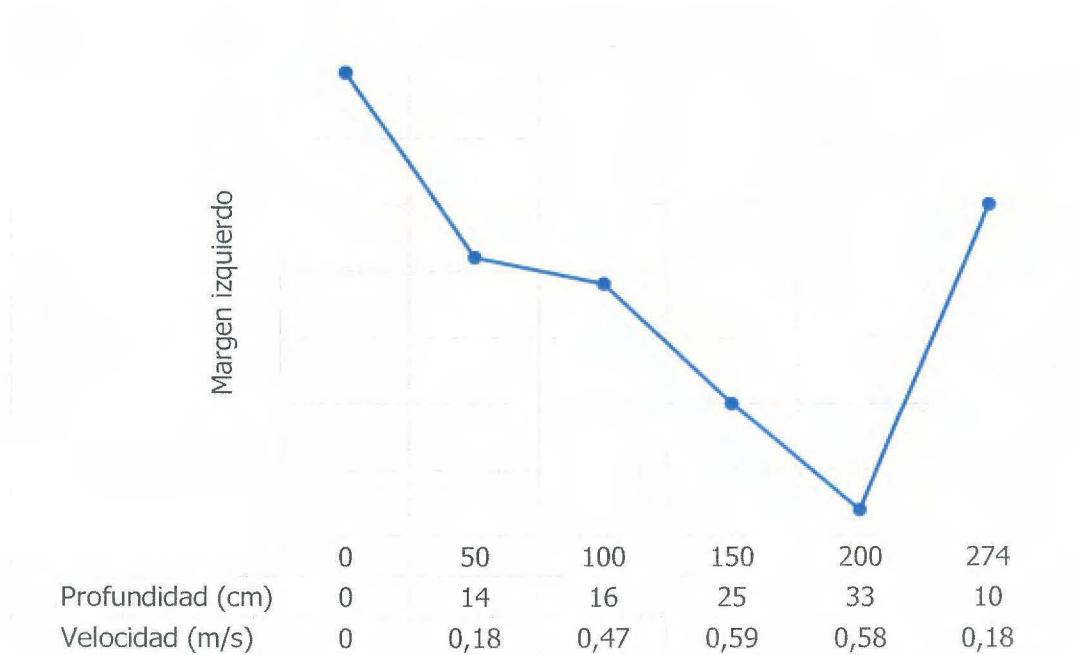
Los datos de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH, se toman por lectura directa con el equipo multi-parámetros. Si desea realizar una revisión de los métodos utilizados para obtener los demás parámetros, referirse al ANEXO C.

Inicialmente, se presentarán y analizarán los resultados de los parámetros indicados en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales, señalando valores promedio y comentando los valores que se alejen más de ese promedio. Finalmente, se presenta la caracterización del cauce, según el índice holandés, con los resultados obtenidos.

Las giras se realizaron en los meses de enero, febrero, abril, junio, agosto y octubre, del año 2015 considerando así el comportamiento de los contaminantes en época seca (las primeras tres giras) y en época lluviosa (las últimas tres giras).

### **Aforo**

Para este proyecto, solamente fue posible realizar un aforo, éste se hizo en el mes de febrero, el día 26 a las 12:00 m.d. aproximadamente, en el punto 17 ya que este punto cumple con un fácil acceso y una sección por la que pasa la totalidad del agua del cuerpo.



**Figura 20.** Datos del aforo realizado en el punto 16

Fuente: Aguilar, 2016.

Con la información de la Figura 20, se puede calcular el caudal presente en el cuerpo de agua el día de la medición. Esto se logra, con el método de área – velocidad, obteniendo los resultados que se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Método área – velocidad para el cálculo del caudal.

Profundidad (m)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
0	0	0	0
0,14	0,75	0,18	0,0189
0,16	0,5	0,47	0,0376
0,25	0,5	0,59	0,0738
0,33	0,5	0,58	0,0957
0,10	0,25	0,18	0,0045

Fuente: Aguilar, 2016.

Finalmente, el caudal total es la suma de todos los caudales calculados anteriormente, resultando un caudal aproximado de 230 l/s.

La precipitación registrada no representa un evento de lluvia intenso; esto porque, según Oreamuno y Villalobos (2015), un evento con periodo de retorno de 2 años, puede generar un caudal pico cercano a los 10 m<sup>3</sup>/s, que está distante a los 0.23 m<sup>3</sup>/s que lanzó

el aforo realizado; por lo que se puede considerar que el caudal presente en la Quebrada Seca, durante la realización del aforo, es un caudal base durante la época seca.

### **Parámetros físico - químicos**

La temperatura tiene incidencia en el valor de diferentes parámetros físico – químicos que afectan la calidad del agua, como las reacciones que se lleven a cabo en el agua, la solubilidad del agua o la capacidad de mantener un ecosistema, entre otros; además, puede afectar la capacidad de aprovechamiento de este recurso dentro de procesos industriales.

En el desarrollo de este trabajo, se midió la temperatura en todos los puntos y en todas las giras, resultando un parámetro muy estable, con un promedio de 23.7° C, un máximo de 26.5° C en el punto 10 en la gira de abril, muestreo tomado al rondar la 1:00 p.m. y un mínimo de 21.1° C en el punto 12 de la gira de enero, rondando las 12:45 p.m. del día de muestreo.

El pH, igualmente, se mantuvo muy estable, variando entre 6.5 y 8.5 en todos los casos y con un valor promedio de 7.6. Entonces, por lo general, se trata de un pH neutro con una tendencia a subir un punto hacia el rango alcalino.

La turbiedad se mantuvo por debajo de las 25 UNT, con excepción del punto 17, en la gira de enero, donde se obtuvo una lectura del turbidímetro de: > 1000 UNT. Este resultado salta a la vista pues, las mediciones de los nueve puntos de esta gira se realizaron el mismo día y con el mismo equipo de medición, por esto se podría eliminar la opción de algún problema de calibración del equipo y, por ende, puede indicar un problema en el proceso de preparación de la muestra para la medición, ya que estas muestras no se agitaron todas de igual manera, entonces se pudo haber tenido ejemplares con más o menos sedimentos, obteniendo así un prototipo con menor o mejor calidad del flujo. Sin embargo, a simple vista la muestra presentaba alta turbiedad, aspecto que será confirmado con los resultados de sólidos totales de esta misma muestra. Evaluar el color del agua resulta importante para definir el uso del recurso, además puede indicar la presencia de alguna sustancia disuelta en el agua y es de utilidad para calcular la dosis de químicos en plantas de tratamiento, o definir si es necesaria la colocación de filtros. (Vidal, 2014).

Se requiere que el agua tenga una tonalidad natural o que no afecte el uso que se le vaya a dar al agua. Según Barrenechea, el color puede deberse al contenido orgánico del suelo, la descomposición de la materia, presencia de compuestos metálicos, extracción de sustancias de origen vegetal o alguna combinación de esos procesos.



En los puntos analizados, el color se mantiene en un rango de 10 Pt-Co hasta 100 Pt-Co, con algunos casos en los que el valor de este parámetro es todavía mayor a los 100 Pt-Co. El mayor valor de color en todas las fechas de recolección de datos, se obtiene en el punto 14. Con esos valores, se supera el máximo valor dictado por la Organización Mundial de la Salud para aguas de consumo humano, que establece en 15 unidades de color.

La alcalinidad no está especificada en el reglamento; sin embargo, se analiza por su relación con el pH y por los componentes de esa alcalinidad. La clasificación de la alcalinidad es, baja para rangos menores a los 75 mg/l, media para el rango de los 75 mg/l a los 150 mg/l y alta para un valor mayor a los 150 mg/l. (Massol-Deyá, 2002).

También, según Barrenechea, la importancia del análisis de la alcalinidad del agua reside, principalmente, en su tratamiento, ya que "reacciona con coagulantes hidrolizables (...) durante el proceso de coagulación" (Barrenechea, 2004, pág. 17). Además, puede incidir en la capacidad corrosiva o incrustante del agua, y con altos niveles puede afectar el sabor.

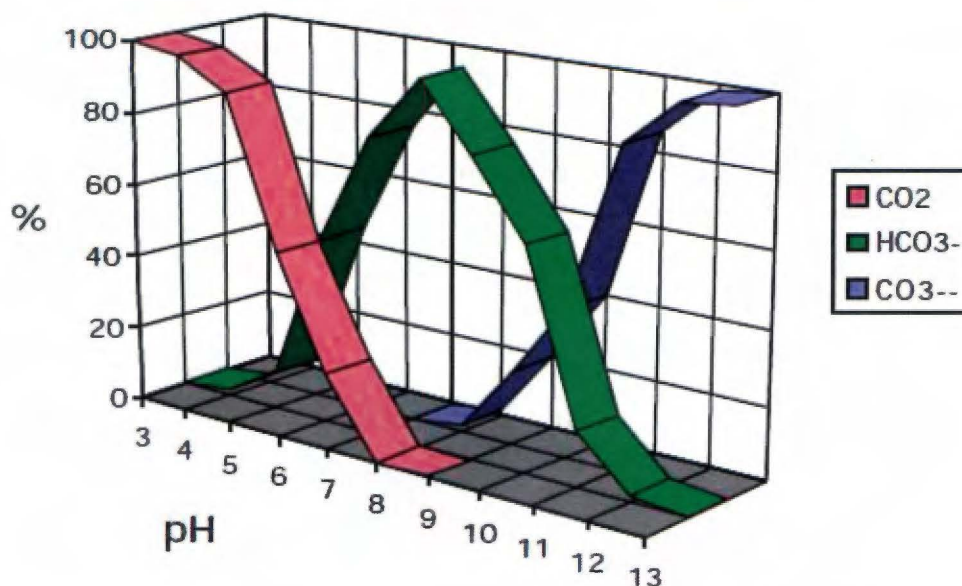
Para las muestras tomadas, se obtienen los promedios mensuales que se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8.** Promedios mensuales de la alcalinidad de las muestras.

<b>Mes</b>	<b>Promedio de alcalinidad (mg/l)</b>	<b>Rango de alcalinidad</b>
<b>Enero</b>	130	Media
<b>Febrero</b>	158	Alta
<b>Abril</b>	157	Alta
<b>Junio</b>	74	Baja
<b>Agosto</b>	109	Media
<b>Octubre</b>	114	Media

Fuente: Aguilar, 2016.

Además, se tiene una relación entre pH y composición de la alcalinidad, que se presenta en la Figura 21. Con esa figura y sabiendo que los valores de pH se mantuvieron entre 6.5 y 8.5, se esperaría que el mayor componente de la alcalinidad se deba a los bicarbonatos.



**Figura 21.** Efecto del pH en las formas de carbono en el agua  
Fuente: Massol-Deyá, 2002.

El supuesto de la composición de la alcalinidad se confirma con los resultados, pues la alcalinidad debido al compuesto de fenolftaleína es igual a cero en todos los casos, entonces, y por la Figura 22, se tiene que el total de la alcalinidad se debe a los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). Según el autor (Massol-Deyá, 2002), ese compuesto y los hidróxidos, son de especial importancia cuando se tiene gran actividad fotosintética de algas o cuando se presentan descargas industriales al cuerpo de agua.

RESULTADOS DE LA TITULACION	ALCALINIDAD DE HIDROXIDO ( $\text{CaCO}_3$ )	ALCALINIDAD DE CARBONATO ( $\text{CaCO}_3$ )	CONCENTRACION DE BICARBONATO ( $\text{CaCO}_3$ )
$P = 0$	0	0	T
$P < 1/2 T$	0	2P	$T - 2P$
$P = 1/2 T$	0	2P	0
$P > 1/2 T$	$2P - T$	$2(T - P)$	0
$P = T$	T	0	0

**Figura 22.** Relaciones de alcalinidad  
P: alcalinidad de fenolftaleína. T: alcalinidad total

Fuente: Massol-Deyá, 2002.

El análisis de dureza es importante, para determinar la conveniencia o no, de usar un tipo de agua en usos domésticos o industriales y la necesidad o no, de algún tratamiento de ablandamiento. Según la dureza, las aguas pueden clasificarse como blanda, si la dureza es menor a 75 mg/l, moderadamente dura si está entre los 75 mg/l y los 150 mg/l, dura si está entre el rango de 150 mg/l a los 300 mg/l y muy dura si supera los 300 mg/l. (Romero, S.A., pág. 69)

En el Cuadro 9 se muestran los promedios mensuales de las muestras tomadas en cada gira.

**Cuadro 9.** Promedios mensuales de la dureza de las muestras.

<b>Mes</b>	<b>Promedio de dureza (mgCaCO<sub>3</sub>/l)</b>	<b>Rango de dureza</b>
<b>Enero</b>	105	Moderadamente dura
<b>Febrero</b>	105	Moderadamente dura
<b>Abril</b>	94	Moderadamente dura
<b>Junio</b>	72	Blanda
<b>Agosto</b>	96	Moderadamente dura
<b>Octubre</b>	---	---

Fuente: Aguilar, 2016.

---: No se tienen datos

En términos de promedios, se tiene que el valor de la alcalinidad es mayor que el de dureza, en todas las fechas de muestreo, por lo que la dureza es carbonácea, el tipo de dureza que está químicamente relacionada con los carbonatos y bicarbonatos de calcio y de magnesio. Conocida también como temporal, ya que es el tipo de dureza que puede eliminarse mediante ebullición del agua, formando incrustaciones o depósitos suaves, que pueden ser removibles por soplado o por el paso de agua a presión. (Romero, S.A.)

La dureza responde a elementos carbonáceos en la superficie o en los sedimentos arrastrados y, según Mora y Alfaro, contar con una dureza entre los 30 mg/l y los 100 mg/l, puede indicar que se tiene agua proveniente de áreas calizas. Esto puede relacionarse también, con una alcalinidad alta, como se muestra en los resultados de ese parámetro.

Como se mencionó anteriormente, el estudio de la dureza responde de manera principal, al posible uso industrial que se le pueda dar al agua, teniendo su importancia en evitar corrosión o incrustaciones en las tuberías de los procesos. En términos de salud, el

consumo de aguas blandas se ha relacionado a problemas cardíacos y, el consumo de aguas duras, se relaciona con cálculos renales. (Alfaro, N. & Mora D., 1999).

Se puede ver la relación entre alcalinidad y dureza, y como ambos parámetros presentan su valor promedio mínimo en el mes de junio, cuando se reportaron precipitaciones en la estación Santa Lucía. Esto se puede correlacionar como una mayor dilución de la concentración de esos parámetros, al contar con mayor flujo en el cauce.

Los resultados obtenidos para alcalinidad y dureza, señalan que el agua de la Quebrada Seca debe ser tratada, para ablandarla y disminuir posibilidades de incrustaciones o corrosión.

Los valores de oxígeno disuelto se utilizan, principalmente, para analizar el porcentaje de saturación de oxígeno y con esto, aportar un puntaje al resultado total del índice holandés. Además, permite caracterizar la capacidad potencial de guardar vida acuática.

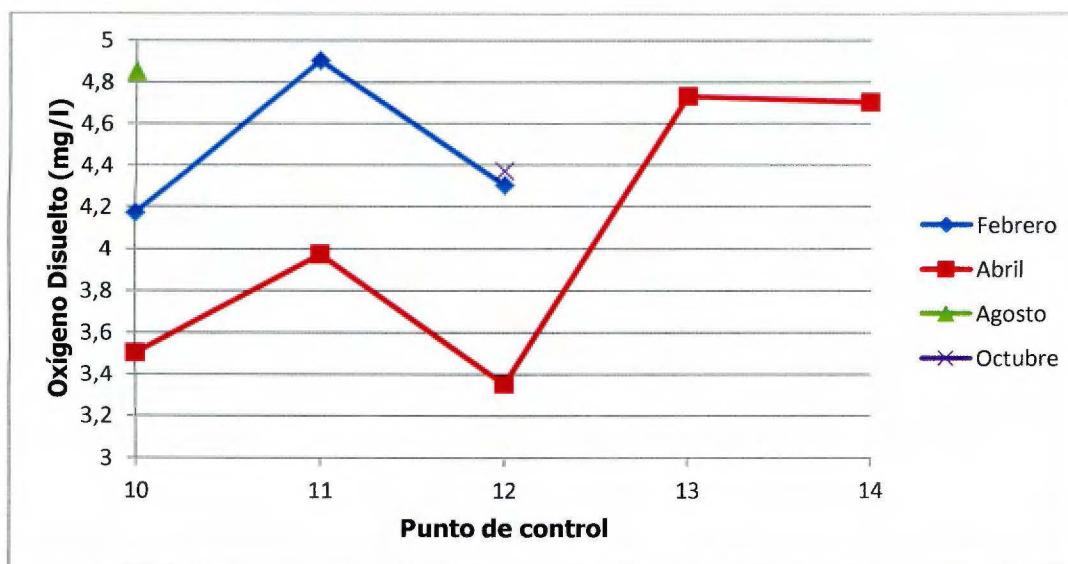
Su determinación es importante pues "el oxígeno disuelto es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica" (Massol-Deyá, 2002, Oxígeno, pág. 1). De manera que se pueden establecer las distinciones de calidad presentadas en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistemáticas frecuentes.

<b>OD (mg/l)</b>	<b>Condición</b>	<b>Consecuencias</b>
<b>0</b>	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
<b>0 - 5</b>	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
<b>5 - 8</b>	Aceptable	Adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de
<b>8 - 12</b>	Buena	peces y otros organismos acuáticos
<b>&gt; 12</b>	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética

Fuente: [imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf), 2016.

En las muestras analizadas, se tiene la mayoría de los resultados dentro del rango de los 5 mg/l a los 12 mg/l variando, entonces, entre calidad aceptable y buena, con lo que se tiene un sistema adecuado para la vida de una gran mayoría de especies. Sin embargo, se obtienen resultados que se encuentran por debajo de los 5 mg/l de oxígeno disuelto, esos datos se presentan en el Figura 23.



**Figura 23.** Puntos es los que se tiene un oxígeno disuelto por debajo de los 5 mg/l.  
Fuente: Aguilar, 2016.

Con la figura anterior se determina que las concentraciones más bajas de oxígeno disuelto se obtienen en el mes de abril, donde se tiene la mayor cantidad de puntos de muestreo por debajo de los 5 mg/l, además de ser los valores más bajos.

Según Carrillo *et al*, se tiene que la limitación más importante para la capacidad de auto-purificación de un cauce natural, es la baja solubilidad del oxígeno, la cual aumenta conforme aumenta la turbulencia. Así, el efecto de la contaminación dependería de dos aspectos: la naturaleza del contaminante y las características propias del río.

También, en la gira de abril, se realizó un muestreo para el análisis de Coliformes Totales en dos puntos de control, el punto 14 y el punto 18; a cargo del Laboratorio de Microbiología de Aguas, informe LMA-INF-097-15, resultando en ambos puntos que la concentración de Coliformes Totales es igual a la concentración de Coliformes Fecales y, a su vez, igual a la concentración de *Escherichia coli* presente en el agua.

Los puntos de muestreo se establecen de ese modo, para evaluar el efecto del casco central de población de Belén, sobre este parámetro. Finalmente, los valores obtenidos son de 23 NMP/100 ml en el punto 14 y de 11 NMP/100 ml en el punto 18, cumpliendo para clasificación tipo 1 y tipo 2, respectivamente, respondiendo a una fuente de muestreo de un agua natural limpia.

Estos resultados son muy bajos, considerando los resultados obtenidos por Mena, en su trabajo de graduación del 2011 donde, en correspondencia de los puntos de muestreo de ese trabajo con respecto a este trabajo, obtuvo los resultados:

**Cuadro 11.** Resultados de Coliformes Totales, Fecales y Escherichia Coli, en trabajo final de graduación de Mena, L. (2011).

<b>Punto</b>	<b>Fecha</b>	<b>Totales (NMP/100 ml)</b>	<b>Fecales (NMP/100 ml)</b>	<b>Esquerichia Coli (NMP/100 ml)</b>
<b>14</b>	1/11/2009	2.40E+04	1.60E+04	5.40E+03
	20/1/2010	1.60E+05	5.40E+05	3.50E+04
	1/7/2010	2.40E+06	4.90E+04	3.50E+04
	29/7/2010	2.40E+05	2.40E+05	2.40E+05
<b>18</b>	1/11/2009	2.40E+04	9.20E+03	2.40E+03
	20/1/2010	1.60E+05	5.40E+04	5.40E+04
	1/7/2010	2.40E+05	2.40E+05	2.40E+05
	29/7/2010	2.40E+05	2.40E+05	3.50E+04

Fuente: Mena, 2011.

Elaborado por: Aguilar, 2016.

Así, los resultados obtenidos en este trabajo pueden indicar un mejoramiento en la calidad del agua, en el parámetro de Coliformes; sin embargo, se debería analizar la necesidad de un estudio microbiológico más robusto, que detalle mejor los hallazgos que se obtengan en la Quebrada Seca.

### **Distribución de sólidos totales**

Los sólidos totales, presentes en el agua, son los responsables de aportar al flujo características como color, turbidez, sabor u olor. Su valor representa la cantidad de contaminantes arrastrados por el río y su determinación es un paso clave para la escogencia de algún método de tratamiento del agua. Dentro de estos sólidos se tiene divisiones por origen y por tamaño.

En términos del reglamento para clasificación de cuerpos de agua superficiales, los parámetros importantes son los sólidos disueltos totales y los sólidos suspendidos. Entonces, en el Cuadro 12 se presentan los valores promedio mensuales de esos parámetros y la clasificación según el reglamento, de ese valor.

**Cuadro 12.** Promedios mensuales de sólidos disueltos y suspendidos en el cauce.

<b>Mes</b>	<b>Disueltos (mg/l)</b>	<b>Clase</b>	<b>Suspendidos<sup>1</sup> (mg/l)</b>	<b>Clase</b>
<b>Enero</b>	245	Clase 1	15 <sup>2</sup>	Clase 2
<b>Febrero</b>	227	Clase 1	18	Clase 2
<b>Abril</b>	222	Clase 1	26	Clase 3
<b>Junio</b>	137	Clase 1	18	Clase 2
<b>Agosto</b>	207	Clase 1	11	Clase 2
<b>Octubre</b>	203	Clase 1	11	Clase 2

Fuente: Aguilar, 2016.

<sup>1</sup>: Este promedio se ve muy afectado por muchos resultado puntuales de 0 mg/l

<sup>2</sup>: Sacando del promedio los resultados del punto 17 (750 mg/l) y del punto 18 (440 mg/l)

En el caso de los puntos 17 y 18, excluidos en el cuadro anterior al calcular el promedio de los sólidos suspendidos de las muestras tomadas en enero, se tiene que ambos casos se refieren a una clasificación de agua tipo 5, ya que ambos resultaron valores mayores a los 300 mg/l.

En el **Cuadro 13** y el

Cuadro 14, se presentan los valores de sólidos para cada fecha, representando la naturaleza y los tamaños de los sólidos de las muestras, con respecto al resultado de los sólidos totales.

**Cuadro 13.** Valores de sólidos totales de cada fecha de la época seca, con el porcentaje de sólidos orgánicos y filtrables para cada caso.

<b>Mes</b>	<b>Punto</b>	<b>Totales (mg/l)</b>	<b>Inorgánicos (%)</b>	<b>Filtrables (%)</b>
<b>Enero</b>	10	370	100	92
	11	320	100	91
	12	300	40	77
	13	360	22	100
	14	460	78	89
	15	390	10	85
	16	280	100	100
	17	1290	32	42
	18	1120	79	61
<b>Febrero</b>	10	320	63	91
	11	280	100	89
	12	340	47	79
	13	300	13	97
	14	310	65	97
	15	290	28	83
	16	290	28	72
	17	280	86	100
	18	290	28	86
<b>Abril</b>	10	300	67	63
	11	290	0	76
	12	360	11	53
	13	330	36	97
	14	380	21	86
	15	290	55	100
	16	320	37	94
	17	320	37	97
	18	300	53	93

Fuente: Aguilar, 2016.



**Cuadro 14.** Valores de sólidos totales de cada fecha de la época lluviosa, con el porcentaje de sólidos orgánicos y filtrables para cada caso.

Mes	Punto	Totales (mg/l)	Inorgánicos (%)	Filtrables (%)
<b>Junio</b>	10	170	94	88
	11	190	0	100
	12	300	80	100
	13	190	42	95
	14	310	26	48
	15	270	0	93
	16	210	38	62
	17	180	22	94
	18	120	67	83
<b>Agosto</b>	10	260	46	73
	11	280	86	79
	12	270	0	93
	13	240	17	94
	14	330	24	100
	15	290	83	100
	16	300	13	100
	17	300	27	100
	18	370	54	92
<b>Octubre</b>	10	310	65	100
	11	350	46	100
	12	430	9	91
	13	500	24	100
	14	440	18	91
	15	390	62	92
	16	400	30	88
	17	380	21	100
	18	360	44	92

Fuente: Aguilar, 2016.

Se da una tendencia a bajar la concentración promedio de sólidos totales conforme se acerca el mes de junio, que fue la única fecha en la que se reportó un valor de

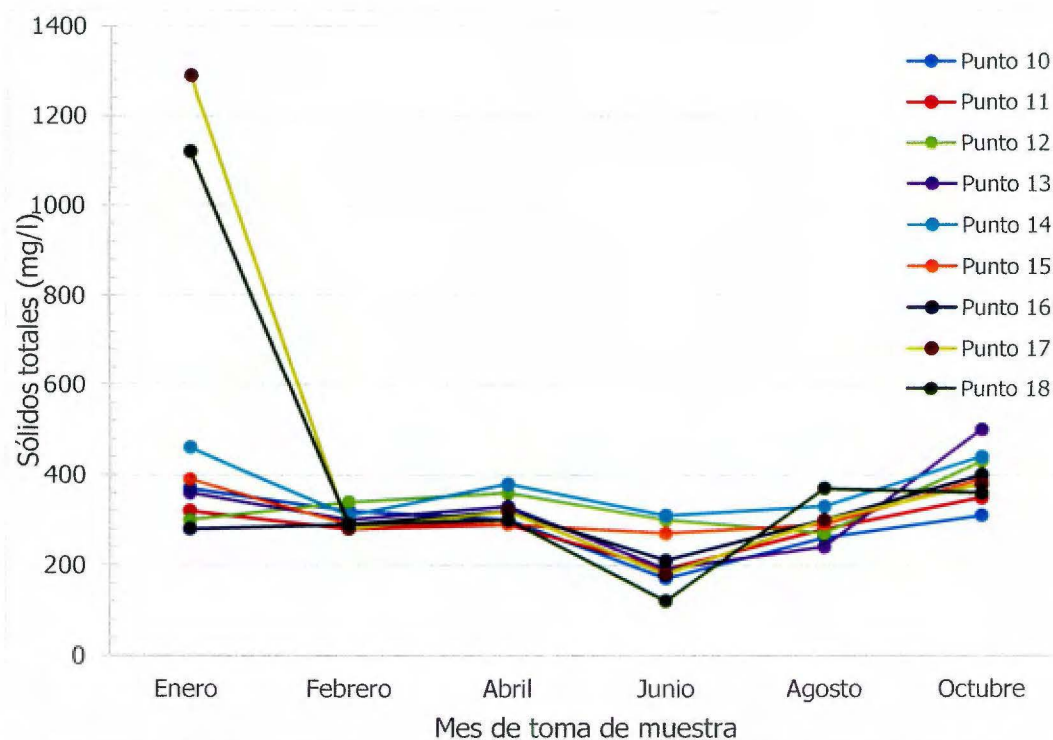
precipitación, indicando que el efecto del arrastre de finos por escorrentía, en un evento de precipitación como el reportado, no representa un aumento importante en la concentración de sólidos.

En enero, se tiene un valor promedio de sólidos totales, muy por encima de los demás promedios, esto ya que los puntos 17 y 18 de esa fecha, presentaron un pico en la concentración de sólidos, obteniendo valores de 1290 mg/l y 1120 mg/l, respectivamente. Según datos del IMN, durante el día de la gira de enero y el día previo, no se reportan lluvias en las estaciones meteorológicas consultadas, por lo que esta variación no se podría atribuir a un arrastre de sólidos por escorrentía, pero si podría indicar un aporte a la Quebrada Seca por un agente externo, entre el punto 16 y el 17.

La cantidad promedio de sólidos fijos, o sea de naturaleza inorgánica, va disminuyendo conforme avanza el año, entendiendo con esto que la cantidad promedio de sólidos volátiles aumenta en las muestras. Así, se tiene que la cantidad de materia degradable aumenta durante la época lluviosa, esto puede deberse a un mayor arrastre de componentes vegetales y animales.

Con relación al tamaño, se tiene una presencia mayoritaria de sólidos filtrables, sobre aquellos no filtrables. Los filtrables son aquellos que pasan por el filtro de 1.2  $\mu\text{m}$ , siendo así los sólidos de menor tamaño, indicando que, la mayor cantidad de sólidos presentes no podrán ser eliminados por medio de procesos de filtración meramente físicos.

Se tiene, entonces, la Figura 24, donde se puede visualizar, de manera gráfica, la variación de la concentración del promedio de sólidos totales, según el mes de la gira y el punto de muestreo.



**Figura 24.** Concentración promedio de sólidos totales en cada punto, según el mes  
Fuente: Aguilar, 2016.

Se puede apreciar cómo, excluyendo los valores de enero para el punto 17 y el punto 18, los valores oscilan los 120 mg/l y los 500 mg/l, teniendo el menor valor en junio.

Para la gira realizada en junio, se tienen reportes de precipitaciones en la estación Santa Lucía, lo que lleva a pensar que provocará un mayor arrastre de sólidos por escorrentía; sin embargo, los resultados indican que el factor predominante es el aumento del caudal, pues la concentración de sólidos, contrario a lo esperado, se reduce en las muestras tomadas ese día.

### Nutrientes y minerales

En términos de lo que se establece en el Reglamento, dentro del análisis se consideran las concentraciones de nitratos y de cobre en la muestra.

Sobre el cobre, el reglamento determina una concentración máxima de 0,5 mg/l, condición que se cumple en la totalidad de las muestras tomadas.

En el caso de los nitratos, se tiene que para una clasificación tipo 1, la concentración debe ser menor a los 5 mg/l, situación que se cumple, salvo los casos que se presentan en el Cuadro 15, donde se presentan los valores que se salen de ese rango y se indica la clasificación según el valor de cada caso.

**Cuadro 15.** Datos puntuales en los que el nitrato supera la concentración de 5 mg/l.

<b>Gira</b>	<b>Punto</b>	<b>Valor (mg/l)</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Enero</b>	15	5,2	Tipo 2
<b>Febrero</b>	18	8,8	Tipo 2
<b>Abril</b>	17	8,3	Tipo 2
	18	6,8	Tipo 2
<b>Junio</b>	12	6	Tipo 2
	15	5,4	Tipo 2
<b>Octubre</b>	---	---	---

Fuente: Aguilar, 2016.

---: No hay dato.

Para las muestras tomadas en octubre, no se pudo hacer el análisis de nitratos debido a limitaciones en el laboratorio.

Según Chapman (1996, pág. 79), la concentración natural de nitrato rara vez excederá los 0,1 mg/l; sin embargo, cuando hay actividad humana que pueda afectar al cuerpo de agua se pueden tener concentraciones de hasta 5 mg/l de nitrato, con valores mayores se tienen indicaciones de contaminación humana, desperdicio animal o filtraciones de fertilizantes.

Entonces, con los datos tomados, se tienen valores que varían entre los 0,1 mg/l y los 8,8 mg/l, por lo que se puede deducir que la actividad humana cercana al cauce está afectando la concentración natural de nitratos en el cuerpo de agua. Esto corresponde con lo esperado en la cuenca, según se detalló en la sección de Zona de Estudio, pues se logró identificar que el mayor uso de suelo responde a actividades agropecuarias (55 % con cobertura de café y no forestal), seguido de un 44 % de cobertura urbana (que involucra tanto residencias como industrias), así que el parámetro de afectación humana debido a sus actividades, en términos de área de la cuenca, representa un 99 %.

En general, la concentración de nitrato en las 5 fechas en las que fue evaluado, mantenía una tendencia al aumento hacia aguas debajo de la Quebrada Seca, registrando los mayores valores a partir del punto 15. Además, resulta interesante que en el mes de abril, el valor promedio de nitrato fue el mayor (4.4 mg/l) y fue el mes en que la temperatura promedio del agua fue mayor (25 °C). Siendo abril, históricamente, de los meses más calientes de la época seca, ese reflejo de una mayor concentración, puede deberse a una reducción del caudal, pues se tienen menos litros en los que se pueden disolver los mg del compuesto nitrato.

Además de estos parámetros establecidos por el reglamento, se miden los valores de nitrito, fósforo y hierro.

En el caso del nitrito, según Chapman (1996, pág. 83), se indica que el nitrito rara vez supera la concentración de 1 mg/l y que altas concentraciones de este compuesto, suelen indicar efluentes industriales y generalmente se asocia con baja calidad microbiológica del agua.

Con respecto a los resultados obtenidos, las concentraciones se mantienen por debajo de 1 mg/l a nivel general, pero si se presentan casos en los que esa concentración se supera. Esos casos se presentan en el Cuadro 16.

**Cuadro 16.** Datos puntuales en los que el nitrito supera la concentración de 1 mg/l.

<b>Gira</b>	<b>Punto</b>	<b>Valor (mg/l)</b>
<b>Febrero</b>	14	1230
	16	1,36
<b>Abril</b>	10	250
	11	790
	14	1,11
	15	972
<b>Junio</b>	11	83
	12	320
	13	143

Fuente: Aguilar, 2016.

Resulta inmediatamente alarmante, la concentración de nitrito en el punto 14, donde se obtuvo el resultado de 1230 mg/l. El procedimiento para el cálculo de nitrito fue repetido, pues se trató de un resultado muy por fuera del comportamiento de los demás puntos del cauce, en ambas ocasiones resultó con valores mayores a los 1000 mg/l. Según Barrenechea (2004), el ión nitrato es más estable que el ión nitrito, por lo que se espera contar con una mayor concentración de nitratos en un cuerpo de agua; entonces, los altos valores de nitrito presentados en el cuadro anterior, pueden indicar algún error en el procedimiento de medición de este parámetro.

Siendo así los resultados de la concentración de nitrito, se tiene una situación que puede estar indicando un efluente industrial, cómo lo señala Chapman; además es un punto cercano a terrenos con cultivos, por lo que se podría haber tenido algún exceso de fertilizante.

En el punto 14, como fue desarrollado en la sección de Puntos de Control, se encuentran espacios destinados a cultivos y un alta presencia de industrias, como parques industriales, hoteles y empresas como Intel, Bridgestone, Pipasa, Unilever; por lo que se da una correspondencia a lo indicado por Chapman.

Tanto el fósforo como el hierro, son minerales naturales presentes en los cuerpos de agua, pero su análisis se justifica por el estudio de la concentración de esos componentes, ya que a altas concentraciones comienzan a ser perjudiciales ya sea para el sistema o para el aprovechamiento de las aguas.

Los resultados para las concentraciones en los puntos de muestro de fósforo y hierro, se presentan en el Cuadro 17, como valores promedio según el mes de la gira.

**Cuadro 17.** Valores promedio en cada gira, de fósforo y hierro en el cauce.

<b>Mes</b>	<b>Fósforo (mg/l)</b>	<b>Hierro (mg/l)</b>
<b>Enero</b>	2,93	0,52
<b>Febrero</b>	2,98	0,34
<b>Abril</b>	3,46	0,28
<b>Junio</b>	1,14	0,2
<b>Agosto</b>	16,29	0,31
<b>Octubre</b>	17,96	0,35

Fuente: Aguilar, 2016.

En el caso del hierro, Romero (S.A., pág. 98), indica que en aguas superficiales la concentración de este metal es baja, menor a 1 mg/l, aspecto que se refleja en los resultados obtenidos, pues la mayoría de los valores reales se mantuvieron por debajo de esa concentración, con excepción de los puntos 17 y 18 en la gira de enero, donde alcanzaron una concentración de 1,13 mg/l y 1,98 mg/l, respectivamente.

Sin embargo, la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (1979, pág. 210), indica que un suministro de agua con una concentración de hierro mayor a los 0,2 mg/l, puede ser perjudicial para usos industriales, por lo que indica que, en caso de aprovechar el flujo de esta quebrada para un fin industrial, se debe hacer un tratamiento previo para bajar la concentración del hierro.

Para el parámetro de fósforo, tampoco se tiene un valor limitante definido; sin embargo, la Organización Mundial de la Salud si establece niveles de concentración de cianobacterias para aguas de baño y usos recreativos, pues pueden generar irritaciones,

alergias o problemas digestivos graves. (Servicio de Información y Noticias Científicas, 2013)

En el artículo publicado por el Servicio de Información y Noticias Científicas, se indica que la probabilidad de aumentar el nivel 1 para aguas de baño según la OMS (nivel 1 implica "bajas probabilidades de efectos adversos para la salud"), aumentan de 5 % a 40 %, cuando la concentración de fósforo varía de 16  $\mu\text{g/l}$  a 54  $\mu\text{g/l}$ , señalando una correspondencia de aumento de cianobacterias conforme aumenta concentración de fósforo.

Siendo así, los resultados obtenidos indican una alta probabilidad de afectar negativamente la salud de quienes utilicen ésta quebrada de modo recreativo.

El autor, Massol-Deyá (2002), indica que las aguas superficiales no contaminadas presentan una concentración de fósforo entre los 10  $\mu\text{g/l}$  y los 50  $\mu\text{g/l}$  y señala que esa concentración aumenta en zonas bajas originadas de depósitos rocosos sedimentarios. En su manual de fósforo se incluye el cuadro de clasificación de un sistema acuático según sea su concentración de fósforo, que se presenta en la siguiente imagen.

<b>NIVEL DE PRODUCTIVIDAD</b>	<b>FOSFORO TOTAL (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>
<b>ULTRA - OLIGOTROFICO</b>	<b>&lt; 5</b>
<b>OLIGO - MESOTROFICO</b>	<b>5 - 10</b>
<b>MESO - EUTROFICO</b>	<b>10 - 30</b>
<b>EUTROFICO</b>	<b>30 - 100</b>
<b>HIPER - EUTROFICO</b>	<b>&gt; 100</b>

**Figura 25.** Clasificación de un sistema acuático según sea su concentración de fósforo  
Fuente: Massol-Deyá, 2002.

Según la Figura 25 y los resultados obtenidos en este trabajo, la concentración de fósforo presente en la Quebrada Seca, indica un ambiente hiper-eutrófico, que puede deberse fertilizantes, uso de detergentes o vertidos descontrolados, y que generan un espacio donde se podría facilitar la explosión poblacional de las cianobacterias.

### **DBO – DQO**

Según Barrenechea (S.A., pág. 36), un cuerpo de agua con una baja concentración de materia orgánica presenta menor contaminación de su flujo. Por esto es importante el análisis de la cantidad de materia orgánica dentro de la Quebrada Seca, y esto se logra





**Figura 27.** Valores puntuales en mg/l de DQO en cada punto y según la gira  
Fuente: Aguilar, 2016.

Entonces, a nivel general se puede establecer que el punto de control con mayor carga orgánica es el punto 14, medido tanto bioquímica como químicamente, salvo en enero y abril para el valor de DBO, y abril y octubre para el valor de DQO.

El cauce se mantiene, mayoritariamente en una clase 1, con excepción de la gira de enero, donde la clasificación general es tipo 3. Esto sin incluir los valores puntuales que caracterizan el cauce como clase 5.

Otra relación que se puede establecer con la DQO y la DBO, es la razón entre esos parámetros, ayudando a caracterizar los posibles tipos de vertido que se pueden dar en el cauce. Esta relación se presenta en el Cuadro 18.

**Cuadro 18.** Valores adimensionales de la relación DQO / DBO en cada punto y en cada gira.

Punto	Enero	Febrero	Abril	Junio	Agosto	Octubre
10	*	1,25	*	2,26	*	2,05
11	*	*	1,92	1,5	1,43	3,25
12	*	1,19	4,47	2,92	1,06	*
13	---	*	*	3,79	1,78	1,32
14	---	5,47	*	1,72	*	1,21
15	---	3,24	*	2,95	*	*
16	---	*	*	10	---	1
17	2,7	*	*	17,5	---	*
18	1,5	*	*	8	---	*

Fuente: Aguilar, 2016.

---: Operación irreal.

\*: DBO > DQO, relación teóricamente incorrecta

Las pruebas de DBO y de DQO son muy susceptibles a la manipulación humana. La medición de DQO se puede ver afectada por la luz, la temperatura de medición y el tipo de reactivo con el que se cuenta.; la prueba de DBO se puede ver afectada por un cierre que permita el ingreso y salida de aire y por exceso de luz. Así que, estos factores pudieron haber afectado la exactitud de las mediciones hechas, por lo que para el siguiente análisis solo se consideran los valores mostrados en el Cuadro 18.

Según Vidal (Laboratorio DQO, diapositiva 3), la relación DQO/DBO puede indicar la fuente de las cargas orgánicas, de modo que una relación cercana a un valor de 2 puede responder a aguas residuales domésticas, una relación entre 2 y 2,5 puede responder a aguas residuales de un beneficio de café y una relación mayor o igual a 3 puede responder a efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Siendo así, la mayoría de los resultados indican que la carga orgánica se debe a aguas residuales domésticas o beneficios de café, que se podría corresponder a actividades agrícolas; sin embargo, se tienen casos en los que se supera hasta casi un 600 % el valor de 3. Salta a la vista que la fecha con los resultados más altos de esa relación, fue la de junio, teniendo siete puntos por encima de la relación de 2 y de esos, cuatro puntos por encima de una relación de 3. Además, es en este mes que se reportaron lluvias el día antes de la realización de la gira de recolección de muestras, lo que puede indicar una práctica incorrecta de vertidos por parte de industrias cercanas al cauce (algunas se mostraron en la Figura 15) o de particulares, aprovechando un mayor caudal dentro del cuerpo de agua y así una mayor dilución del vertido.

### **Caracterización del cauce**

El Reglamento para Evaluación y Clasificación de Cuerpos de Agua Superficial, trabaja con la metodología del sistema holandés de valoración de la calidad físico-química del agua. Este sistema de valoración se ve afectado por tres parámetros, el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, la concentración de nitrógeno amoniacal y la concentración de DBO en el cauce.

**Con las muestras analizadas, se obtienen los datos que se presentan en los**

**Cuadro 19 y**  
**Cuadro 20 .**

El porcentaje de saturación de oxígeno se calcula obteniendo el valor de oxígeno disuelto teórico, por medio de la ecuación de concentración de saturación de oxígeno disuelto del modelo Streeter y Phelps, a saber:

$$[O_2]_s = 0.0035 * T^2 - 0.3369 * T + 14.407 \text{ (Vidal, 2014)}$$

**Cuadro 19.** Factores para la asignación de puntajes según el Sistema Holandés, para época seca

Punto	PSO	DBO	N-NH <sup>+4</sup>	PSO	DBO	N-NH <sup>+4</sup>	PSO	DBO	N-NH <sup>+4</sup>
	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)
	ENERO			FEBRERO			ABRIL		
10	92.25	50	4.66	61.86	6,4	4,82	61.76	19,40	2,63
11	98.34	52	4.34	73.08	5,2	4,2	65.59	2,60	2,52
12	79.37	56	1.88	61.62	8,4	1,72	53.85	7,60	1,72
13	81.31	0	3.21	74.78	18	6,08	81.33	17,20	2,34
14	79.55	0	6.2	85.57	21,2	7,3	76.04	17,40	2,45
15	77.02	0	3.13	100.10	13,6	4,04	89.85	10,40	2,49
16	83.31	0	2.67	85.61	10,8	3,18	108.73	23,20	2,29
17	90.45	10	5.8	143.91	4,4	1,96	111.75	18,80	1,65
18	85.44	18	5.6	148.13	8	1,84	110.00	8,40	1,12

Fuente: Aguilar, 2016.

**Cuadro 20.** Factores para la asignación de puntajes según el Sistema Holandés, para época lluviosa

Punto	PSO	DBO	N-NH <sup>+4</sup>	PSO	DBO	N-NH <sup>+4</sup>	PSO	DBO	N-NH <sup>+4</sup>
	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)	(%)	(mg/l)	(mg/l)
	JUNIO			AGOSTO			OCTUBRE		
10	80.60	6,20	0,09	77.15	12,80	0,03	78.38	4,40	0,04

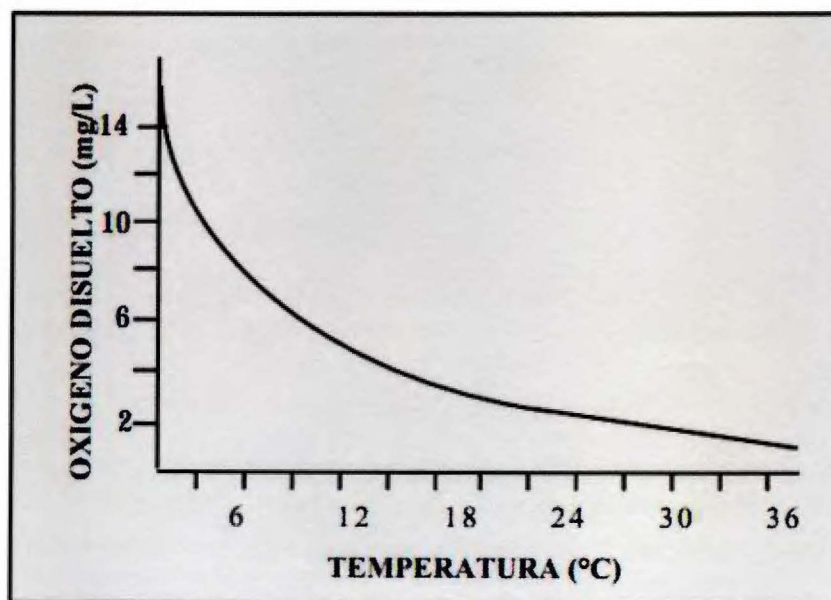
<b>11</b>	92.83	8,00	0,12	84.85	7,00	0,00	89.38	12,00	0,03
<b>12</b>	92.68	9,60	0,09	57.10	18,00	0,01	65.56	14,60	0,01
<b>13</b>	96.55	5,80	0,13	91.71	9,00	0,00	95.94	6,80	0,05
<b>14</b>	90.63	32,60	0,61	76.64	24,20	0,09	88.70	18,20	0,10
<b>15</b>	106.57	4,40	0,09	90.41	14,60	0,00	85.88	12,00	0,00
<b>16</b>	108.45	1,20	0,05	94.24	0,00	0,02	104.08	6,00	0,02
<b>17</b>	115.73	1,20	0,06	107.43	0,00	0,00	110.96	6,40	0,03
<b>18</b>	107.66	2,00	0,05	100.29	0,00	0,00	103.19	5,40	0,03

Fuente: Aguilar, 2016.

En los casos en que se obtiene un valor de DBO negativo, ese valor se interpreta como una concentración de 0 mg/l.

Los valores de PSO superiores a 100 % indican una sobresaturación del flujo, que puede deberse a una tasa elevada de actividad fotosintética y que, al igual que bajos niveles de saturación, es perjudicial para los ecosistemas acuáticos.

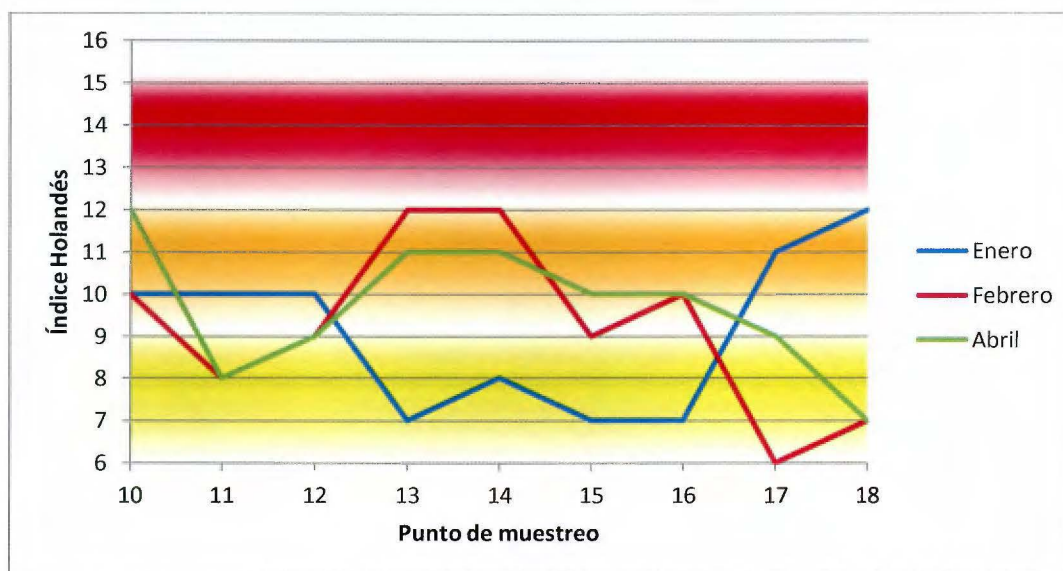
En términos promedios, se tiene que la menor concentración de oxígeno disuelto se tiene en el mes de abril, con un valor de 5.21 mg/l y que, a su vez, fue el mes con mayor temperatura promedio del agua, con un valor de 25.07 °C, por lo que se cumple la relación esperada entre la temperatura y su efecto sobre el oxígeno disuelto, como se muestra en la Figura 28.



**Figura 28.** Efecto de la temperatura sobre las concentraciones de oxígeno disuelto en agua, con valores representativos para agua pura a nivel del mar con una presión de 760 mm Hg

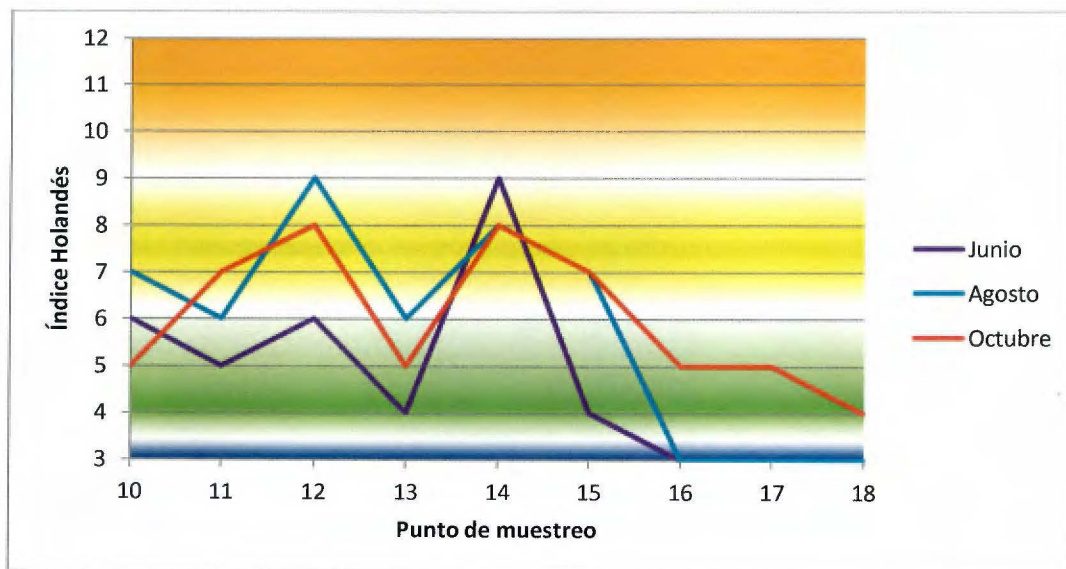
Fuente: Massol-Deyá, 2002.

Con esos resultados obtenidos, se puede realizar la asignación de puntaje para cada punto en cada gira, según lo definido en el Cuadro 1. Seguidamente se muestran, de manera gráfica, las variaciones en la calidad según el índice holandés.



**Figura 29.** Índice holandés de calidad de aguas para los meses de época seca.

Fuente: Aguilar, 2016.



**Figura 30.** Índice holandés de calidad de aguas para los meses de época lluviosa.

Fuente: Aguilar, 2016.

Con los comportamientos representados en las imágenes anteriores, se tiene que para la época seca, el promedio del índice holandés resulta en 9.5, respondiendo a una contaminación severa, y para la época lluviosa se tiene un promedio de 5.5, categorizándose así como contaminación incipiente. Con esto, se puede interpretar que la concentración de contaminantes varía según la cantidad de agua dentro del cauce de la Quebrada Seca, al tener menor solvente (época seca) las concentraciones de contaminantes tienden a aumentar y con ello empeora la calidad del agua de la Quebrada Seca; caso contrario a cuando se tiene mayor solvente (época lluviosa).

En ambas figuras, Figura 29 y Figura 30, se mantiene el código de colores definido en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, de ese modo es fácil notar que el grado de contaminación durante la época seca, se mantiene entre una contaminación moderada a muy severa; mientras que durante la época lluviosa se mantiene entre una contaminación incipiente a severa.

Además de eso, se puede notar como en la época seca, el patrón varía entre los meses, de modo que las curvas de febrero y abril mantienen un comportamiento similar; sin embargo, la curva de enero se comporta de manera casi inversa, ejemplo cuando la curva de enero está en un valor máximo, las curvas de febrero y abril señalan un valor mínimo. El aumento en los puntos 17 y 18 de la curva de enero, puede correlacionarse con el aumento de la concentración de sólidos en esos puntos durante esa gira por lo que, al no tener registros de lluvias en esa gira y así no poder suponer un arrastre de contaminantes, se fortalece la hipótesis de que hubo un aporte externo entre el punto 16 y el punto 17.

Esto no sucede así en la época lluviosa, donde las curvas se comportan muy similares entre sí, señalando como foco de mayor contaminación los puntos 14 y 12.

Según los resultados de Arguedas, sobre la zona alta de la Quebrada Seca, se tiene que para la época seca, la clasificación de contaminación varía entre severa y muy severa y en época lluviosa, principalmente, entre moderada y severa. Esto fortalece la hipótesis de que, la concentración de carga contaminante presenta una mayor dependencia con la cantidad de agua para disolución, que con la cantidad de contaminante vertido. El efecto de la dilución fue un factor que Arguedas también identificó en su trabajo: "Las épocas seca y lluviosa, presentan una marcada diferencia, y esto tiene correlación con la calidad del agua, debido a que el río y la quebrada, presentan un caudal mayor, lo que disminuye las concentraciones de los distintos parámetros analizados, por dilución." (Arguedas, 2015, pág. 83)

### En el

Cuadro 21 se muestran las clasificaciones de calidad de agua resultantes del trabajo de graduación de Mena, con la correspondencia de los puntos de análisis de ese trabajo. Los muestreos de noviembre y julio del trabajo de Mena, se compararon con los muestreos de octubre y junio, respectivamente, de este trabajo

**Cuadro 21.** Calidad del agua de la Quebrada Seca según Sistema de Valoración Holandés, de la tesis de Mena, L.

Puntos Aguilar	Puntos Mena	Fecha muestreo Mena			
		1/11/2009	20/1/2010	1/7/2010	29/7/2010
<b>10</b>	<b>9RB</b>	Moderada	Muy severa	Severa	Moderada
<b>11</b>	<b>10RB</b>	Moderada	Severa	Severa	Moderada
<b>14</b>	<b>11RB</b>	Moderada	Severa	Severa	Severa
<b>15</b>	<b>12RB</b>	Moderada	Severa	Severa	Incipiente
<b>17</b>	<b>13RB</b>	Moderada	Severa	Severa	Incipiente
<b>18</b>	<b>14RB</b>	Moderada	Severa	Moderada	Incipiente

Fuente: Mena, 2011.

Elaborado por: Aguilar, 2016.

Con los resultados obtenidos en este trabajo y los valores presentados en el cuadro anterior, se tiene que la calidad de la Quebrada Seca ha mejorado en, al menos, un escalón del Sistema de Valoración Holandesa.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Durante la época lluviosa, se marca un foco importante de contaminación a la altura media de la zona de estudio; caso contrario durante la época seca, donde los focos de contaminación se encuentran más dispersos por el cauce.

La Quebrada Seca mantiene un grado de contaminación, en términos generales, incipiente durante la época lluviosa y severa durante la época seca. Correspondiendo al comportamiento esperado, pues en época seca se tienen menores afluentes naturales a la Quebrada Seca, por lo que se tiene menor volumen de agua que diluya los contaminantes.

El índice de valoración calidad de agua según el sistema holandés, indica una mejoría en la calidad del agua de la Quebrada Seca, con respecto a los resultados del 2011 del trabajo de graduación de Mena, que indicó una contaminación severa y muy severa para enero y una contaminación entre incipiente y moderada en julio.

El trabajo de Arguedas, que se realizó en paralelo a este trabajo pero en la zona alta de la Quebrada Seca y del Río Burío, presenta como resultado que la contaminación durante la época seca varía entre severa y muy severa; para la misma época, en este trabajo, se tiene una variación entre moderada y severa. Arguedas indica que para la época lluviosa el grado de contaminación varía entre moderada a muy severa, además de un punto que en dos ocasiones resultó tener contaminación incipiente; en este trabajo, durante esa época, se tiene una variación de la contaminación entre incipiente y moderada. Demostrándose así que la Quebrada Seca presenta mejor calidad de agua en la zona baja que en la alta, fortaleciendo la hipótesis de que al contar con mayor volumen para la disolución del agente contaminante (debido a la confluencia de los dos cuerpos de agua y a la suma de los vertidos al cauce), es el factor que más afecta la medición tomada.

Los valores del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, son semejantes a los obtenidos por Carrillo en el 2010; sin embargo, se tienen muchos valores por encima del 100 % de saturación, lo que puede indicar un crecimiento abundante de algas, que puede resultar en eutrofización de la Quebrada Seca. Por esto, se debe mantener un control constante de este parámetro.



En términos generales y según la relación DQO/DBO, se tiene que la mayor carga orgánica presente en la Quebrada Seca puede corresponder, mayoritariamente, a efluentes de zonas residenciales y agrícolas. Este análisis según lo obtenido en el Cuadro 18 y según lo indicado por Vidal.

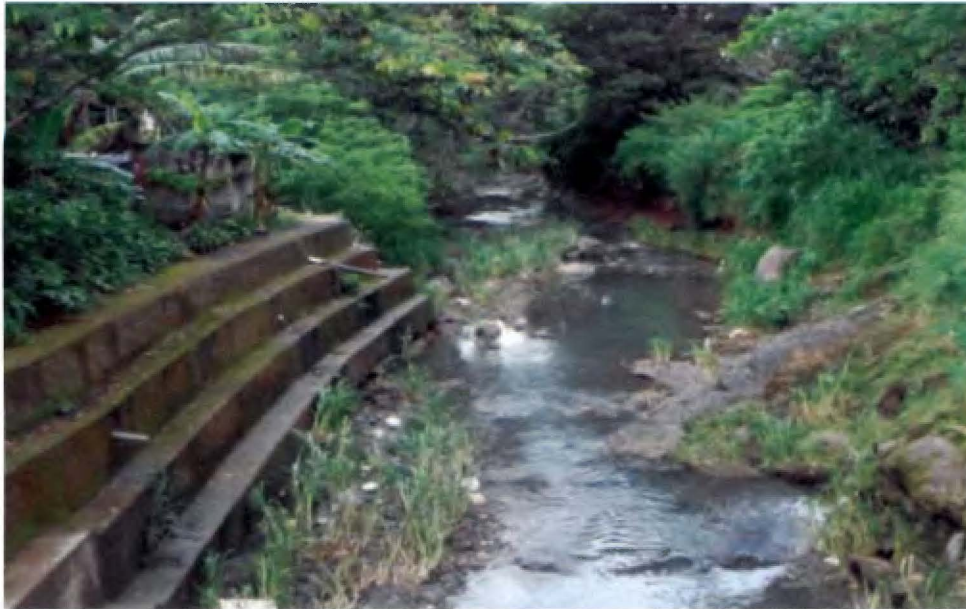
Con respecto a las descargas residenciales, lo que se pudo apreciar es el desfogue de aguas grises, aparentemente, sin tratamiento. Además, el uso extensivo del sistema de tanque séptico para tratar las aguas negras, generalmente sin estudios de permeabilidad del suelo, puede estar resultando en drenajes ineficientes y así filtraciones de aguas con cargas de coliformes fecales, que están llegando directamente a la Quebrada Seca.

Se observó la descarga directa de aguas grises, de las residencias al cauce, lo cual fue confirmado en diferentes giras en los puntos 10, 11, 12, 15 y 17, como se muestra en las siguientes tres figuras, que contemplan tuberías de descarga directa en los puntos 11, 15 y 17.



**Figura 31.** Vertido de aguas residuales observado durante la gira de febrero en el punto 10, visto desde dos puntos.

Fuente: Aguilar, 2015.



**Figura 32.** Identificación de tubería de vertido directo a la quebrada en el punto 15, fotografía tomada en la gira de junio.

Fuente: Aguilar, 2015.



**Figura 33.** Identificación de tres salidas de agua directas hacia la quebrada en el punto 17, fotografía tomada en la gira de enero.

Fuente: Aguilar, 2015.

Al no realizarse análisis biológico, como conteo de macro invertebrados o análisis de patógenos ni de metales en el agua, la clasificación según el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, está limitada a los términos físico – químicos; y según esos resultados puede clasificarse como una fuente de captación con clasificación 2, con eso se tiene que puede ser:

- Utilizable con tratamiento convencional para abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y para el abastecimiento de agua para actividades industriales de producción de alimentos de consumo humano.
- Utilizable sin limitaciones como agua para abrevadero y en actividades pecuarias.
- No utilizable como fuente de conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas ni como un cuerpo para la navegación.
- Utilizable para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura, como fuente de protección de las comunidades acuáticas, para generación hidroeléctrica, para riego de especies arbóreas, cereales y plantas forrajeras y el riego de plantas sin limitación, irrigación de hortalizas que se consumen crudas o de frutas que son ingeridas sin eliminación de la cáscara.

Se debe enfatizar en que los usos anteriores, responden al Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales considerando, únicamente, los parámetros físico – químicos detallados en este trabajo. Para una valoración más acertada, se debe realizar el estudio biológico del agua y el análisis de metales en el agua.

Tanto los valores de alcalinidad como de dureza, señalan que el agua de la Quebrada Seca debe ser tratada, previo a cualquier proceso de aprovechamiento, para evitar efectos de corrosión o de incrustaciones en tuberías.

El aumento en la cantidad de sólidos totales, encontrado en las muestras de los puntos 17 y 18 durante la gira de enero, parecen indicar que se tuvo algún movimiento de tierras entre los puntos 16 y 17, pues es el tramo en el que cambian las características. Debido a que para la fecha de esa gira no se tuvo precipitaciones registradas, se puede rechazar la idea de que el aumento en sólidos dependiera de la erosión natural por escorrentía y, por el contrario, señala la posibilidad de una alteración humana del medio, por lo que se deben analizar los permisos de construcciones, otorgados durante la realización de este trabajo y su congruencia con respecto a los dictado en el voto 4050.

La mejor técnica disponible para el mejoramiento de la calidad del agua, se basa en un esfuerzo en conjunto controlando la calidad y cantidad de los vertidos, educando y culturalizando a las comunidades vecinas y manteniendo el espacio suficiente para facilitar la auto-purificación del cuerpo de agua.

### **Recomendaciones**

Realizar un análisis de metales en la Quebrada Seca, de modo que se puedan analizar todos los parámetros que se definen en el Reglamento y se puede definir el agua de esta Quebrada como fuente, o no, para riego. Confirmando con ese análisis que no se esté afectando la calidad del suelo o de las aguas subterráneas.

Retomar los resultados de concentración de nitrito y nitrato, y realizar más mediciones de estos parámetros, en la sección de la Quebrada Seca estudiada en este trabajo y preferiblemente por un periodo anual, para verificar la precisión de los resultados obtenidos.

Considerar, en un nuevo estudio, la posibilidad de instrumentación en la Quebrada Seca, de modo que se pueda realizar un análisis de la variación de los parámetros de manera más inmediata, ante algún evento de contaminación. Poder asociar esto al tiempo necesario para la autodepuración de la Quebrada Seca y así, ampliar la regulación sobre el tiempo habilitado para el vertido de cada industria, puede dar un resultado positivo en la calidad general del recurso hídrico de la quebrada.

Cada municipalidad debe aumentar su capacidad para inspecciones de su territorio, verificando cualquier construcción, remodelación y operación de industrias y residencia, con el fin de controlar los vertidos directos a la Quebrada Seca, desde residencias individuales o urbanizaciones que colindan con la Quebrada. Como herramientas para resolver esos vertidos, cada municipalidad puede apuntar a tecnologías como un alcantarillado sanitario o, en caso de no existir, hacia un tanque séptico, combinado o no, con un sistema de tratamiento de aguas grises.

Crear una "Comisión para la Gestión Integral de la cuenca de la Quebrada Seca", que debe continuar la discusión y el actuar de la comisión formada por el voto 4050, incluyendo personeros del cantón de Alajuela que no quedó representado en el esquema de ese voto; además, debe incluirse a personeros del Ministerio de Educación Pública para trabajar en la estrategia educativa en centros académicos, representantes del Ministerio de Salud y del Ministerio de Agricultura y Ganadería para la valoración del uso de esta agua en actividades agrícolas y el efecto en la salud debido al consumo de esos productos.

Esta comisión debe dar, como resultado, los lineamientos básicos a seguir en los marcos: educativo, de desarrollo de infraestructura, de orden territorial y de aprovechamiento y protección del recurso, para que con esos insumos cada municipalidad realice su planeación estratégica en torno al cauce de la Quebrada Seca; además, debe abarcar aspectos de manejo de residuos sólidos, control de vertidos de aguas grises y efecto de la impermeabilización del suelo sobre la escorrentía de la cuenca y el arrastre de contaminantes.

Los departamento de Gestión Ambiental, en coordinación con instituciones, comercios y grupos vecinales organizados de cada municipio, deben establecer una plan de acción operativo, con base en los lineamientos dictados por la Comisión para la Gestión Integral de la cuenca de la Quebrada Seca, de manera que se definan las metas, planes y acciones anuales en los temas de resguardo ambiental de la Quebrada Seca.

De la mano con la estrategia educativa, las municipalidades deben ejecutar las acciones que resulten necesarias para cumplir las metas de mejoramiento de la calidad de la quebrada; acciones como un sistema de alcantarillado que dirija las aguas residuales hacia una planta de tratamiento en coordinación con la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH); capacitar y colaborar con los vecinos en la creación o colocación de biojardineras como opción de tratamiento a sus aguas grises, entre otras que resulten con el avance de la estrategia ambiental.

Realizar una planificación urbana y un diseño de ciudades, en donde se fortalezca la creación de espacios colectivos que resalten los elementos naturales disponibles; básicamente, se trataría de evitar invisibilizar la Quebrada Seca y por el contrario, crear espacios en los que los vecinos se puedan adueñar y se identifiquen con las necesidades de mantener ese espacio en buenas condiciones.

Analizar la actualización del Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, de manera que se amplíen las limitaciones de vertido y se adapten los límites permitidos según las características propias de cada cuerpo de agua, como el caudal ecológico, los ecosistemas afectados, la velocidad del flujo y su relación con la autodepuración, y demás parámetros que se consideren pertinentes, en la búsqueda de establecer un Reglamento que resguarde de mejor manera los flujos de aguas superficiales.

Ampliar la investigación en términos de diseño urbanístico e inversión necesaria, y aplicar algún modelo de combinación del espacio humano y el natural, como el del río Cheonggyecheon en Seúl de Corea del Sur, según Giaretta, o el creciente proyecto de Parques del Río Medellín, según Cabezas, entre otros; de modo que se obtengan mejores espacios para el aprovechamiento recreacional de la Quebrada Seca.

Las municipalidades de Flores, Heredia y Belén, deben reforzar el control de la calidad del agua de la Quebrada Seca y de los vertidos que se tengan, en los puntos 13, 14 y 15, pues son los puntos donde se tiene mayor conglomerado de industrias, según las inspecciones realizadas en las giras. Además, todas las municipalidades involucradas, deben mejorar el sistema de control de construcciones y modificaciones en los terrenos de su jurisdicción y trabajar en un diseño funcional para el ordenamiento de terreno de cada municipalidad y del conjunto que componen con la Quebrada Seca.

Las mejoras que realicen las municipalidades, deben ir unidas a un análisis de la situación antes y después de la implementación, para confirmar la eficiencia de la medida.

Cada municipalidad debe tener la responsabilidad de llevar reportes de los procesos de concesión y de vertidos, esto para no tener la información en una sola institución como lo es la Dirección de Aguas. Además, de ser los responsables de aplicar controles para verificar que el aprovechamiento del cauce se realice de la mejor manera y en el modo en fue otorgada la autorización.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arguedas, Y. (2015). *Caracterización de la calidad físico química y microbiológica del agua en el Río Burío y Quebrada Seca hasta la confluencia de ambos*. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. En L. Canepa, Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Capítulo I. Lima: CEPIS/OPS. Recuperado en enero 2016 de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>
- Cabezas, C. (2014). *Primeiro Lugar no concurso internacional para o Parque do Rio em Medellín*. Recuperado en noviembre de 2016 de: <http://www.archdaily.com.br/br/01-165814/primeiro-lugar-no-concurso-internacional-para-o-parque-do-rio-em-medellin>
- Carrillo López, D., S. Carvajal Aguilar, J. M. Coto Campos, V. Salgado Silva, J. Herrera Núñez, D. Rojas Cantillano & C. Benavidez. (2010). *Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005 – 2010*. Universidad Nacional: Heredia. Recuperado de: [http://www.una.ac.cr/observatorio\\_ambiental/index.php?option=com\\_booklibrary&task=view&id=19&catid=43&Itemid=37](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=19&catid=43&Itemid=37)
- Catalán, J. (1969). *Química del agua*. (1ª Edición). España: Editorial Blumer
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2ª edición). Londres: E&FN Spon.
- Decreto N° 23042 – S – MINAE (1997). *Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales*. Diario Oficial La Gaceta Digital [versión digital].
- Decreto N° 33903 – MINAE – S (2007). *Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales*. Diario Oficial La Gaceta Digital [versión digital].
- Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica, Subdirección de Investigación y Entrenamiento, Departamento de Entrenamiento (1979). *Análisis de aguas y aguas de desecho: manual del curso*. México.

- Giaretta, R. (2011). *Uma impressionante renovação urbana em Seul*. Recuperado en noviembre de 2016 de: <http://portalarquitetonico.com.br/uma-impressionante-renovacao-urbana-em-seul/>
- Goyenola, G. (2007). *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Oxígeno Disuelto*. Recuperado en enero de 2016 de: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf)
- Massol-Deyá, A. (2002). *Manual de Laboratorios, Ecología de microorganismos, Tercera parte, Fósforo*. Recuperado en febrero de 2016 de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-fosforo.pdf>. Universidad de Puerto Rico
- Massol-Deyá, A. (2002). *Manual de Laboratorios, Ecología de microorganismos, Tercera parte, Oxígeno disuelto*. Recuperado en noviembre de 2016 de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>. Universidad de Puerto Rico
- Massol-Deyá, A. (2002). *Manual de Laboratorios, Ecología de microorganismos, Segunda parte, Parámetros Físico-Químicos: Alcalinidad*. Recuperado en febrero de 2016 de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>. Universidad de Puerto Rico
- Mena, L. (2011). *Calidad de aguas superficiales como insumo para la definición de áreas de atención prioritaria en la gestión integrada de la microcuenca del Río Burío – Quebrada Seca*. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Química Industrial, Escuela de Química, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Mora, D. & Alfaro, N. (1999). *Caracterización y distribución por cantones de la dureza del agua en fuentes utilizadas para consumo humano en Costa Rica*. Revista Costarricense de Salud Pública [en línea]. 1999, vol. 8, no. 5 [fecha de consulta: 8 noviembre 2016]. Recuperado de: [www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-14291999000200002](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291999000200002)
- Oreamuno, R. & Villalobos, R. (2015). *Estudios hidrológicos e hidráulicos en la cuenca Quebrada Seca – Río Burío*. Informe final del Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible. Universidad de Costa Rica.
- Romero, J. (Sin año). *Acuiquímica*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.



Servicio de Información y Noticias Científicas. (2013). *El 23 % de los embalses españoles presentan riesgo de 'explosiones' de cianobacterias*. SINC La ciencia es noticia. Consultado en: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/El-23-de-los-embalses-espanoles-presentan-riesgo-de-explosiones-de-cianobacterias>

Tábora, F & Argüello, M. (2011). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada*. [Versión digital]. Tegucigalpa: Impresiones Industriales.

Vidal, P. (2014). *Notas del curso Análisis Ambiental I IC – 0924*. Universidad de Costa Rica.

# ANEXOS

**ANEXO A**

Formulario utilizado para la toma de datos en campo y el registro de resultados del laboratorio.

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
Punto: \_\_\_\_\_ Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: \_\_\_\_\_

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: \_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_ pH: \_\_\_\_\_ O. Disuelto: \_\_\_\_\_

Conductividad: \_\_\_\_\_ Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_

Fenolftaleína \_\_\_\_\_ Bromocresol \_\_\_\_\_ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> \_\_\_\_\_

Dureza: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_ EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: \_\_\_\_\_ Color: \_\_\_\_\_ Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): \_\_\_\_\_ Nitrate (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): \_\_\_\_\_ Fósforo (2 min): \_\_\_\_\_

Hierro (3 min): \_\_\_\_\_ Cobre (2 min): \_\_\_\_\_

DQO (2 h): \_\_\_\_\_

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_ 60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi \_\_\_\_\_ Pf (2 h) \_\_\_\_\_

Sólidos totales: Pi \_\_\_\_\_ Pf (24 h) \_\_\_\_\_

Sólidos filtrables: Pi \_\_\_\_\_ Pf (24 h) \_\_\_\_\_

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_ 24 h \_\_\_\_\_ 48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.96 h		8.88 h	
1.92 h		9.84 h	
2.88 h		12 h	
3.84 h		1 d	
4.8 h		2 d	
6 h		3 d	
6.96 h		4 d	
7.92 h		5 d	

**ANEXO B**

Formularios completos con los resultados obtenidos en cada gira, para cada punto de control.

Fecha: 21/1/2015

Hora: 1:15 p.m.

Punto: 10

Latitud: 10.002 N

Longitud: 84.147 W

Código de muestra: G1P10

#### Datos en campo

Descripción de muestra: Agua turbia, tono verde, con espuma y desfogues

Fotografías: 35, 36, 37, 38, 39

Temperatura: 22.6/22.7

pH: 7.85

O. Disuelto: 6.41

Conductividad: 537

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

#### Datos en laboratorio

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 135

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 121

Turbiedad: 2.60 NTU

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.278 mg/l

Nitrato (5 min): 0.1 mg/l

Nitrógeno amoniacal (1 min): 4.66 mg/l

Fósforo (2 min): 3.02 mg/l

Hierro (3 min): 0.24 mg/l

Cobre (2 min): 0 mg/l

DQO (2 h): 45 mg/l

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 34.007 g

Pf (2 h) 34.017 g

Sólidos totales: Pi 72.663 g

Pf (24 h) 72.700 g

Sólidos filtrables: Pi 109.747 g

Pf (24 h) 109.781 g

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.96 h	10	8.88 h	7
1.92 h	12	9.84 h	14
2.88 h	0	12 h	8
3.84 h	7	1 d	1
4.8 h	-1	2 d	9
6 h	9	3 d	10
6.96 h	9	4 d	15
7.92 h	1	5 d	50

Fecha: 21/1/2015

Hora: 12:50 p.m.

Punto: 11

Latitud: 9.996 N

Longitud: 84.153 W

Código de muestra: G1P11

#### Datos en campo

Descripción de muestra: Agua clara, con leve tonalidad verde

Fotografías: 31, 32, 33, 34

Temperatura: 22.5/22.2

pH: 8.01

O. Disuelto: 6.93

Conductividad: 534

Sólidos disueltos:         

#### Datos en laboratorio

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 137

Dureza: Rango 500-2000

Multiplicador 5

EDTA 20 (100)

Turbiedad: 2.44

Color:         

Cloro total (3 min):         

Nitrito (10 min): 0.4

Nitrato (5 min): 2.4

Nitrógeno amoniacal (1 min): 4.34

Fósforo (2 min): 3.92

Hierro (3 min): 0.34

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 35

Sólidos sedimentables: 30 min         

60 min         

Sólidos volátiles: Pi 34.918

Pf (2 h) 34.928

Sólidos totales: Pi 71.630

Pf (24 h) 71.662

Sólidos filtrables: Pi 110.535

Pf (24 h) 110.564

Coliformes: Gas en 1 h         

24 h         

48 h         

SAAM:         

DBO:

0.96 h	13	8.88 h	10
1.92 h	14	9.84 h	18
2.88 h	0	12 h	11
3.84 h	10	1 d	2
4.8 h	-10	2 d	10
6 h	13	3 d	10
6.96 h	10	4 d	15
7.92 h	1	5 d	52

Fecha: 21/1/2015

Hora: 12:45 p.m.

Punto: 12

Latitud: 9.995 N

Longitud: 84.154 W

Código de muestra: G1P12

#### Datos en campo

Descripción de muestra: Agua turbia, color verde-gris

Fotografías: 28, 29, 30

Temperatura: 21.1/21.1

pH: 7.67

O. Disuelto: 5.92

Conductividad: 369

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

#### Datos en laboratorio

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 107

Dureza: Rango 500-2000

Multiplicador 5

EDTA 21 (105)

Turbiedad: 10.1

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.333

Nitrato (5 min): 2.1

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.88

Fósforo (2 min): 3.02

Hierro (3 min): 0.20

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 35

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 22.423

Pf (2 h) 22.426

Sólidos totales: Pi 113.136

Pf (24 h) 113.166

Sólidos filtrables: Pi 72.989

Pf (24 h) 73.012

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.96 h	7	8.88 h	5
1.92 h	9	9.84 h	16
2.88 h	-1	12 h	5
3.84 h	6	1 d	1
4.8 h	-9	2 d	9
6 h	9	3 d	9
6.96 h	9	4 d	13
7.92 h	-4	5 d	56



Fecha: 21/1/2015

Hora: 12:30 p.m.

Punto: 13

Latitud: 9.995 N

Longitud: 84.154 W

Código de muestra: G1P13

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua turbia, color verde-gris, desfogues de alcatarilla

Fotografías: 25, 26, 27

Temperatura: 22.2/22.2

pH: 7.99

O. Disuelto: 5.77

Conductividad: 493

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína NO

Bromocresol SI

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 141

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 93

Turbiedad: 3.16

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.414

Nitrato (5 min): 3.1

Nitrógeno amoniacal (1 min): 3.21

Fósforo (2 min): 2.48

Hierro (3 min): 0.35

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 46

Sólidos sedimentables: 30 min 0.1

60 min 0.1

Sólidos volátiles: Pi 38.734

Pf (2 h) 38.736

Sólidos totales: Pi 71.163

Pf (24 h) 71.199

Sólidos filtrables: Pi 73.001

Pf (24 h) 73.037

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.96 h	-15	8.88 h	-19
1.92 h	-18	9.84 h	-3
2.88 h	-6	12 h	-1
3.84 h	-9	1 d	-5
4.8 h	-17	2 d	-21
6 h	-19	3 d	-22
6.96 h	-7	4 d	-18
7.92 h	-14	5 d	-16

Fecha: 21/1/2015

Hora: 11:55 a.m.

Punto: 14

Latitud: 9.991 N

Longitud: 84.166 W

Código de muestra: G1P14

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua turbia, color verde, presencia de espuma

Fotografías: 19, 20, 21, 22, 23, 24

Temperatura: 22.5/22.4

pH: 7.90

O. Disuelto: 5.58

Conductividad: 610

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 145

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 95

Turbiedad: 19.2

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.344

Nitrato (5 min): 0.9

Nitrógeno amoniacal (1 min): 6.20

Fósforo (2 min): 4.7

Hierro (3 min): 0.16

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 99

Sólidos sedimentables: 30 min 1

60 min 1.25

Sólidos volátiles: Pi 30.637

Pf (2 h) 30.646

Sólidos totales: Pi 71.610

Pf (24 h) 71.656

Sólidos filtrables: Pi 114.663

Pf (24 h) 114.704

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.96 h	-14	8.88 h	-21
1.92 h	-22	9.84 h	5
2.88 h	-2	12 h	4
3.84 h	-1	1 d	5
4.8 h	-16	2 d	-15
6 h	-20	3 d	-12
6.96 h	1	4 d	-8
7.92 h	-10	5 d	-2

Fecha: 21/1/2015

Hora: 11:32 a.m.

Punto: 15

Latitud: 9.982 N

Longitud: 84.177 W

Código de muestra: G1P15

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua clara, con presencia de espuma y desfogues

Fotografías: 13, 14, 15, 16, 17, 18

Temperatura: 21.7/21.8

pH: 7.31

O. Disuelto: 5.58

Conductividad: 451

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 123

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 99

Turbiedad: 5.78

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.186

Nitrato (5 min): 5.2

Nitrógeno amoniacal (1 min): 3.13

Fósforo (2 min): 3.04

Hierro (3 min): 0.14

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 49

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 23.487

Pf (2 h) 23.488

Sólidos totales: Pi 72.528

Pf (24 h) 72.567

Sólidos filtrables: Pi 119.272

Pf (24 h) 119.305

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.96 h	-20	8.88 h	-29
1.92 h	-29	9.84 h	-7
2.88 h	-11	12 h	-7
3.84 h	-11	1 d	-6
4.8 h	-25	2 d	-26
6 h	-27	3 d	-27
6.96 h	-9	4 d	-22
7.92 h	-19	5 d	-18

Fecha: 21/1/2015

Hora: 11:15 a.m.

Punto: 16

Latitud: 9.981 N

Longitud: 84.182 W

Código de muestra: G1P16

#### Datos en campo

Descripción de muestra: Agua clara, se ve el fondo, se nota la presencia de seres vivos

Fotografías: 10, 11, 12

Temperatura: 22.5/22.5

pH: 7.77

O. Disuelto: 5.83

Conductividad: 462

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

#### Datos en laboratorio

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 119

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 103

Turbiedad: 2.51

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.992

Nitrato (5 min): 3.3

Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.67

Fósforo (2 min): 2.71

Hierro (3 min): 0.18

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 30

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 34.011

Pf (2 h) 34.018

Sólidos totales: Pi 119.379

Pf (24 h) 119.407

Sólidos filtrables: Pi 72.694

Pf (24 h) 72.722

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluido 50/50

0.96 h	-3	8.88 h	0
1.92 h	-2	9.84 h	-7
2.88 h	-7	12 h	8
3.84 h	-7	1 d	8
4.8 h	-6	2 d	10
6 h	0	3 d	0
6.96 h	13	4 d	-1
7.92 h	5	5 d	0

Fecha: 21/1/2015

Hora: 10:55 a.m.

Punto: 17

Latitud: 9.979 N

Longitud: 84.195 W

Código de muestra: G1P17

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua turbia, color café, con presencia de espuma en sectores

Fotografías: 7, 8, 9

Temperatura: 22.8/22.8

pH: 7.86

O. Disuelto: 6.24

Conductividad: 494

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 138

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 131

Turbiedad: >1000

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.150

Nitrato (5 min): 1.1

Nitrógeno amoniacal (1 min): 5.8

Fósforo (2 min): 1.58

Hierro (3 min): 1.13

Cobre (2 min): 0.09

DQO (2 h): 27

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min 0.5

Sólidos volátiles: Pi 30.640

Pf (2 h) 30.660

Sólidos totales: Pi 112.838

Pf (24 h) 112.967

Sólidos filtrables: Pi 73.142

Pf (24 h) 73.196

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluido 50/50

0.96 h	-4	8.88 h	-2
1.92 h	-3	9.84 h	-8
2.88 h	-7	12 h	10
3.84 h	-9	1 d	10
4.8 h	-8	2 d	14
6 h	0	3 d	3
6.96 h	13	4 d	3
7.92 h	6	5 d	5

Fecha: 21/1/2015

Hora: 10:35 a.m.

Punto: 18

Latitud: 9.975 N

Longitud: 84.199 W

Código de muestra: G1P18

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua muy turbia, colo café, zonas con agua estancada, presencia de alga

Fotografías: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Temperatura: 21.9/21.6

pH: 7.93

O. Disuelto: 6.19

Conductividad: 455

Sólidos disueltos: \_\_\_\_\_

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 133

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 127

Turbiedad: 921

Color: \_\_\_\_\_

Cloro total (3 min): \_\_\_\_\_

Nitrito (10 min): 0.296

Nitrato (5 min): 1.4

Nitrógeno amoniacal (1 min): 5.6

Fósforo (2 min): 1.91

Hierro (3 min): 1.98

Cobre (2 min): 0.07

DQO (2 h): 27

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min 0.3

Sólidos volátiles: Pi 23.489

Pf (2 h) 23.511

Sólidos totales: Pi 108.238

Pf (24 h) 108.350

Sólidos filtrables: Pi 71.221

Pf (24 h) 71.289

Coliformes: Gas en 1 h \_\_\_\_\_

24 h \_\_\_\_\_

48 h \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluido 50/50

0.96 h	0	8.88 h	-3
1.92 h	-3	9.84 h	-7
2.88 h	-7	12 h	10
3.84 h	-8	1 d	11
4.8 h	-6	2 d	16
6 h	0	3 d	6
6.96 h	12	4 d	4
7.92 h	5	5 d	9

Fecha: 25/2/2015

Hora: 3:57 p.m.

Punto: 10

Latitud: 10.000 N

Longitud: 84.143 W

Código de muestra: G2P10

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua con tono oscuro, turbia, hay desfogues. Vecino menciona que se descarga el efluente de una planta de tratamiento de una urbanización, que no funciona

Fotografías: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Temperatura: 23.28

pH: 7.70

O. Disuelto: 4.17

Conductividad: 424

Sólidos disueltos: 212

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 196

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 115

Turbiedad: 6.32

Color: 127

Nitrito (10 min): 0.003

Nitrato (5 min): 2.9

Nitrógeno amoniacal (1 min): 4.82

Fósforo (2 min): 2.55

Hierro (3 min): 0.51

Cobre (2 min): 0.03

DQO (2 h): 8

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 31.802 g

Pf (2 h) 31.807 g

Sólidos totales: Pi 74.071 g

Pf (24 h) 74.103 g

Sólidos filtrables: Pi 72.922 g

Pf (24 h) 72.951 g

Coliformes: ---

SAAM: ---

DBO:

Diluido 50/50

0.04 d	1.6	0.37 d	-1.0
0.08 d	1.8	0.41 d	-0.6
0.12 d	1.0	0.5 d	0.6
0.16 d	1.2	1 d	0.4
0.2 d	0.6	2 d	4.6
0.25 d	0.2	3 d	3.0
0.29 d	-0.6	4 d	2.8
0.33 d	-0.6	5 d	3.2

Fecha: 25/2/2015

Hora: 4:30 p.m.

Punto: 11

Latitud: 9.998 N

Longitud: 84.151 W

Código de muestra: G2P11

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 7, 8, 9, 10

Temperatura: 23.39

pH: 7.67

O. Disuelto: 4.90

Conductividad: 443

Sólidos disueltos: 221

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 148

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 93

Turbiedad: 4.60

Color: 104

Nitrito (10 min): 0.004

Nitrato (5 min): 3.5

Nitrógeno amoniacal (1 min): 4.20

Fósforo (2 min): 2.66

Hierro (3 min): 0.46

Cobre (2 min): -0.03

DQO (2 h): 1

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 34.928 g

Pf (2 h) 34.939 g

Sólidos totales: Pi 109.783 g

Pf (24 h) 109.811 g

Sólidos filtrables: Pi 113.786 g

Pf (24 h) 113.811 g

Coliformes: ---

SAAM: ---

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	1.6	0.37 d	-1.0
0.08 d	1.4	0.41 d	-0.8
0.12 d	0.8	0.5 d	0.4
0.16 d	0.8	1 d	0.2
0.2 d	0.4	2 d	4.0
0.25 d	-0.2	3 d	2.6
0.29 d	-0.8	4 d	2.6
0.33 d	-0.8	5 d	2.6



Fecha: 25/2/2015

Hora: 4:50 p.m.

Punto: 12

Latitud: 9.998 N

Longitud: 84.154 W

Código de muestra: G2P12

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: \_\_\_\_\_

Temperatura: 22.56

pH: 7.15

O. Disuelto: 4.30

Conductividad: 444

Sólidos disueltos: 222

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 140

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 104

Turbiedad: 4.34

Color: 38

Nitrato (10 min): 0.008

Nitrato (5 min): 3.5

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.72

Fósforo (2 min): 3.32

Hierro (3 min): 0.24

Cobre (2 min): -0.04

DQO (2 h): 10

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 30.644 g

Pf (2 h) 30.648 g

Sólidos totales: Pi 72.658 g

Pf (24 h) 72.692 g

Sólidos filtrables: Pi 74.369 g

Pf (24 h) 74.396

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	2.2	0.37 d	0.6
0.08 d	2.0	0.41 d	0.8
0.12 d	1.8	0.5 d	2.0
0.16 d	1.6	1 d	1.8
0.2 d	1.4	2 d	5.2
0.25 d	0.8	3 d	4.4
0.29 d	0.8	4 d	4.6
0.33 d	0.6	5 d	4.2

Fecha: 25/2/2015

Hora: 5:05 p.m.

Punto: 13

Latitud: 9.995 N

Longitud: 84.153 W

Código de muestra: G2P13

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua turbia

Fotografías: 11, 12, 13, 14

Temperatura: 23.12

pH: 8.17

O. Disuelto: 5.08

Conductividad: 459

Sólidos disueltos: 230

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 154

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 88

Turbiedad: 4.17

Color: 62

Nitrito (10 min): 0.003

Nitrato (5 min): 4.2

Nitrógeno amoniacal (1 min): 6.08

Fósforo (2 min): 2.71

Hierro (3 min): 0.37

Cobre (2 min): 0.02

DQO (2 h): 0

Sólidos sedimentables: 30 min     

60 min     

Sólidos volátiles: Pi 22.431

Pf (2 h) 22.432

Sólidos totales: Pi 108.213

Pf (24 h) 108.243

Sólidos filtrables: Pi 76.195

Pf (24 h) 76.224

Coliformes:     

SAAM:     

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	0.8	0.37 d	3.8
0.08 d	1.4	0.41 d	4.8
0.12 d	1.6	0.5 d	6.2
0.16 d	2.0	1 d	3.8
0.2 d	2.2	2 d	4.2
0.25 d	3.2	3 d	8.6
0.29 d	3.2	4 d	9.0
0.33 d	3.8	5 d	9.0

Fecha: 26/2/2015

Hora: 1:05 p.m.

Punto: 14

Latitud: 9.989 N

Longitud: 84.165 W

Código de muestra: G2P14

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 27, 28, 29, 30

Temperatura: 25.97

pH: 8.16

O. Disuelto: 5.01

Conductividad: 548

Sólidos disueltos: 274

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 195

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 99

Turbiedad: 8.28

Color: 226

Nitrito (10 min): 1230

Nitrato (5 min): 4.4

Nitrógeno amoniacal (1 min): 7.30

Fósforo (2 min): 4.94

Hierro (3 min): 0.49

Cobre (2 min): 0.07

DQO (2 h): 116

Sólidos sedimentables: 30 min 0.5

60 min 0.7

Sólidos volátiles: Pi 23.497

Pf (2 h) 23.502

Sólidos totales: Pi 112.559

Pf (24 h) 112.590

Sólidos filtrables: Pi 73.591

Pf (24 h) 73.621

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	1.0	0.37 d	3.8
0.08 d	1.4	0.41 d	4.8
0.12 d	1.6	0.5 d	6.4
0.16 d	2.0	1 d	4.6
0.2 d	2.4	2 d	5.8
0.25 d	3.2	3 d	10.6
0.29 d	3.2	4 d	11.2
0.33 d	3.8	5 d	10.6

Fecha: 26/2/2015

Hora: 12:40 p.m

Punto: 15

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G2P15

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Presencia de espuma

Fotografías: 23, 24, 25, 26

Temperatura: 23.94

pH: 7.87

O. Disuelto: 6.53

Conductividad: 443

Sólidos disueltos: 221

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 155

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 118

Turbiedad: 3.83

Color: 50

Nitrito (10 min): 0.004

Nitrato (5 min): 1.4

Nitrógeno amoniacal (1 min): 4.04

Fósforo (2 min): 2.74

Hierro (3 min): 0.23

Cobre (2 min): -0.07

DQO (2 h): 44

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 23.612

Pf (2 h) 23.614

Sólidos totales: Pi 69.650

Pf (24 h) 69.679

Sólidos filtrables: Pi 108.588

Pf (24 h) 108.612

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	1.4	0.37 d	4.0
0.08 d	2.0	0.41 d	4.8
0.12 d	2.2	0.5 d	6.0
0.16 d	2.6	1 d	4.2
0.2 d	2.6	2 d	3.8
0.25 d	3.6	3 d	7.6
0.29 d	3.6	4 d	7.6
0.33 d	4.0	5 d	6.8

Fecha: 25/2/2015

Hora: 6:00 p.m.

Punto: 16

Latitud: 9.980 N

Longitud: 84.183 W

Código de muestra: G2P16

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: \_\_\_\_\_

Temperatura: 23.07

pH: 7.57

O. Disuelto: 5.83

Conductividad: 449

Sólidos disueltos: 225

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 148

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 95

Turbiedad: 3.62

Color: 93

Nitrato (10 min): 1.36

Nitrato (5 min): 3.3

Nitrógeno amoniacal (1 min): 3.18

Fósforo (2 min): 2.84

Hierro (3 min): 0.23

Cobre (2 min): 0.02

DQO (2 h): -1

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 22.433

Pf (2 h) 22.435

Sólidos totales: Pi 112.799

Pf (24 h) 112.828

Sólidos filtrables: Pi 111.591

Pf (24 h) 111.612

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	1.0	0.37 d	0.6
0.08 d	-1.8	0.41 d	0
0.12 d	0.2	0.5 d	0.8
0.16 d	2.2	1 d	0.8
0.2 d	-1.4	2 d	1.4
0.25 d	0.4	3 d	1.0
0.29 d	2.8	4 d	4.4
0.33 d	-0.8	5 d	5.4

Fecha: 26/2/2015

Hora: 11:35 a.m.

Punto: 17

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G2P17

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 20, 21, 22

Temperatura: 25.92

pH: 8.44

O. Disuelto: 8.45

Conductividad: 436

Sólidos disueltos: 218

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 135

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 115

Turbiedad: 3.30

Color: 54

Nitrito (10 min): 0.002

Nitrato (5 min): 4.2

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.96

Fósforo (2 min): 2.53

Hierro (3 min): 0.25

Cobre (2 min): 0.01

DQO (2 h): 1

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min 0.1

Sólidos volátiles: Pi 23.497

Pf (2 h) 23.503

Sólidos totales: Pi 113.155

Pf (24 h) 113.183

Sólidos filtrables: Pi 73.013

Pf (24 h) 73.041

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	-0.4	0.37 d	-1.2
0.08 d	-2.8	0.41 d	-2.2
0.12 d	-1.2	0.5 d	-0.6
0.16 d	0.2	1 d	-0.6
0.2 d	-2.6	2 d	-0.4
0.25 d	-1.2	3 d	-0.6
0.29 d	0.4	4 d	1.6
0.33 d	-2.2	5 d	2.2

Fecha: 26/2/2015

Hora: 11:10 a.m

Punto: 18

Latitud: 9.935 N

Longitud: 84.052 W

Código de muestra: G2P18

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 15, 16, 17, 18, 19

Temperatura: 24.87

pH: 8.41

O. Disuelto: 9.21

Conductividad: 444

Sólidos disueltos: 222

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 151

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 122

Turbiedad: 8.00

Color: 72

Nitrito (10 min): 0.214

Nitrato (5 min): 8.8

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.84

Fósforo (2 min): 2.56

Hierro (3 min): 0.28

Cobre (2 min): 0.40

DOO (2 h): 0

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min 0.2

Sólidos volátiles: Pi 23.617

Pf (2 h) 23.619

Sólidos totales: Pi 71.168

Pf (24 h) 71.197

Sólidos filtrables: Pi 72.541

Pf (24 h) 72.566

Coliformes: -----

SAAM: -----

DBO:

Diluida 50/50

0.04 d	0.2	0.37 d	-0.8
0.08 d	-2.8	0.41 d	-2.4
0.12 d	-1.0	0.5 d	0
0.16 d	0.6	1 d	-0.2
0.2 d	-2.6	2 d	0.4
0.25 d	-1.2	3 d	0.4
0.29 d	0.8	4 d	3.2
0.33 d	-2.0	5 d	4.0

Fecha: 10/4/15

Hora: 1:00 p.m.

Punto: 10

Latitud: 9.998 N

Longitud: 84.152 W

Código de muestra: G3P10

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 29 30 31

Temperatura: 26.54

pH: 8.24

O. Disuelto: 3.50

Conductividad: 453

Sólidos disueltos: 227

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 199

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 83

Turbiedad: 3.93

Color: 124

Nitrito (10 min): 250

Nitrato (5 min): 2.2

Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.63

Fósforo (2 min): 3.38

Hierro (3 min): 0.32

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 17

Sólidos sedimentables: 30 min 0.1

60 min 0.2

Sólidos volátiles: Pi 23.615

Pf (2 h) 23.620

Sólidos totales: Pi 113.157

Pf (24 h) 113.187

Sólidos filtrables: Pi 75.975

Pf (24 h) 75.994

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	0.8	0.37 d	3.4
0.08 d	-0.6	0.41 d	2.2
0.12 d	1.6	0.5 d	3.4
0.16 d	0.4	1 d	4.8
0.2 d	2.2	2 d	8.8
0.25 d	1.6	3 d	17.0
0.29 d	3.2	4 d	19.4
0.33 d	1.6	5 d	19.4



Fecha: 10/4/15

Hora: 12:05 p.m.

Punto: 11

Latitud: 9.999 N

Longitud: 84.152 W

Código de muestra: G3P11

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 20, 21, 22

Temperatura: 25.37

pH: 8.24

O. Disuelto: 3.97

Conductividad: 440

Sólidos disueltos: 220

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína NO

Bromocresol SI

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 156

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 89

Turbiedad: 3.78

Color: 101

Nitrato (10 min): 790

Nitrato (5 min): 4.1

Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.52

Fósforo (2 min): 2.98

Hierro (3 min): 0.31

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 5

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 22.438

Pf (2 h) 22.438

Sólidos totales: Pi 112.562

Pf (24 h) 112.591

Sólidos filtrables: Pi 108.221

Pf (24 h) 108.243

Coliformes: ---

SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-0.8	0.37 d	-2.4
0.08 d	-3.0	0.41 d	-3.2
0.12 d	-1.6	0.5 d	-2.0
0.16 d	-3.2	1 d	-2.0
0.2 d	-2.4	2 d	-2.2
0.25 d	-2.8	3 d	2.8
0.29 d	-2.0	4 d	2.2
0.33 d	-3.4	5 d	2.6

Fecha: 10/4/15

Hora: 12:15 p.m.

Punto: 12

Latitud: 9.996 N

Longitud: 84.154 W

Código de muestra: G3P12

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 23, 24, 25

Temperatura: 24.86

pH: 8.05

O. Disuelto: 3.35

Conductividad: 391

Sólidos disueltos: 195

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 131

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 94

Turbiedad: 7.81

Color: 119

Nitrito (10 min): 0.006

Nitrato (5 min): 3.8

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.72

Fósforo (2 min): 3.92

Hierro (3 min): 0.27

Cobre (2 min): 0.07

DQO (2 h): 34

Sólidos sedimentables: 30 min 0.2

60 min 0.4

Sólidos volátiles: Pi 23.510

Pf (2 h) 23.511

Sólidos totales: Pi 75.970

Pf (24 h) 76.006

Sólidos filtrables: Pi 71.635

Pf (24 h) 71.654

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

Diluido 50/50

0.04 d	1.4	0.37 d	1.4
0.08 d	-0.8	0.41 d	0.6
0.12 d	1.4	0.5 d	1.8
0.16 d	0	1 d	2.4
0.2 d	1.2	2 d	1.6
0.25 d	0.6	3 d	3.4
0.29 d	1.8	4 d	4.4
0.33 d	0.2	5 d	3.8

Fecha: 10/4/15

Hora: 12:30 p.m.

Punto: 13

Latitud: 9.999 N

Longitud: 84.151 W

Código de muestra: G3P13

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 26, 27, 28

Temperatura: 26.09

pH: 8.23

O. Disuelto: 4.73

Conductividad: 426

Sólidos disueltos: 213

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 165

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 84

Turbiedad: 2.94

Color: 164

Nitrito (10 min): 0.337

Nitrato (5 min): 3.1

Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.34

Fósforo (2 min): 3.06

Hierro (3 min): 0.35

Cobre (2 min): 0.05

DQO (2 h): 17

Sólidos sedimentables: 30 min 0.1

60 min 0.1

Sólidos volátiles: Pi 34.929

Pf (2 h) 34.932

Sólidos totales: Pi 69.653

Pf (24 h) 69.686

Sólidos filtrables: Pi 111.733

Pf (24 h) 111.765

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-1.0	0.37 d	0
0.08 d	-2.6	0.41 d	1.2
0.12 d	0	0.5 d	0.6
0.16 d	0	1 d	1.8
0.2 d	-0.6	2 d	3.8
0.25 d	0.6	3 d	8.0
0.29 d	-0.4	4 d	9.2
0.33 d	1.6	5 d	17.2

Fecha: 10/4/15 Hora: 11:30 a.m.  
Punto: 14 Latitud: 9.989 N Longitud: 84.165 W  
Código de muestra: G3P14

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 15, 16, 17, 18, 19

Temperatura: 24.98 pH: 8.15 O. Disuelto: 4.70  
Conductividad: 533 Sólidos disueltos: 266

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 184  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 97

Turbiedad: 11.0 Color: 225

Nitrito (10 min): 1.108 Nitrate (5 min): 3.0

Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.78 Fósforo (2 min): 4.72

Hierro (3 min): 0.39 Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 17

Sólidos sedimentables: 30 min 0.4 60 min 0.6

Sólidos volátiles: Pi 30.648 Pf (2 h) 30.650

Sólidos totales: Pi 110.423 Pf (24 h) 110.461

Sólidos filtrables: Pi 73.017 Pf (24 h) 73.050

Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-2.0	0.37 d	-1.2
0.08 d	-4.2	0.41 d	0.8
0.12 d	-1.0	0.5 d	-0.8
0.16 d	-0.6	1 d	1.8
0.2 d	-1.6	2 d	4.0
0.25 d	-0.2	3 d	9.8
0.29 d	-1.6	4 d	9.0
0.33 d	1.2	5 d	17.4

Fecha: 10/4/15

Hora: 11:00 a.m.

Punto: 15

Latitud: 9.98 N

Longitud: 84.18 W

Código de muestra: G3P15

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 11, 12, 13, 14

Temperatura: 23.81

pH: 7.60

O. Disuelto: 5.90

Conductividad: 439

Sólidos disueltos: 220

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 158

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 94

Turbiedad: 1.85

Color: 90

Nitrato (10 min): 972

Nitrato (5 min): 3.9

Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.49

Fósforo (2 min): 3.92

Hierro (3 min): 0.22

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 10

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 31.803

Pf (2 h) 31.807

Sólidos totales: Pi 72.545

Pf (24 h) 72.574

Sólidos filtrables: Pi 111.591

Pf (24 h) 111.620

Coliformes: -----

SAAM: -----

DBO:

0.04 d	-1.8	0.37 d	-1.4
0.08 d	-4.0	0.41 d	0.4
0.12 d	-0.8	0.5 d	-1.0
0.16 d	-0.2	1 d	0.8
0.2 d	-1.4	2 d	0.4
0.25 d	0	3 d	5.6
0.29 d	-1.6	4 d	3.0
0.33 d	1.2	5 d	10.4

Fecha: 10/4/15 Hora: 10:40 a.m.  
Punto: 16 Latitud: 9.97 N Longitud: 84.18 W  
Código de muestra: G3P16

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 8, 9, 10

Temperatura: 24.34 pH: 8.11 O. Disuelto: 6.95  
Conductividad: 454 Sólidos disueltos: 227

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 154  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 111  
Turbiedad: 8.96 Color: 85  
Nitrito (10 min): 0.004 Nitrito (5 min): 4.3  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 2.29 Fósforo (2 min): 1.99  
Hierro (3 min): 0.25 Cobre (2 min): 0.18  
DQO (2 h): -2  
Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---  
Sólidos volátiles: Pi 22.437 Pf (2 h) 22.440  
Sólidos totales: Pi 76.152 Pf (24 h) 76.184  
Sólidos filtrables: Pi 113.821 Pf (24 h) 113.851  
Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

Diluido 50/50

0.04 d	0.2	0.37 d	1.0
0.08 d	-0.8	0.41 d	3.0
0.12 d	1.2	0.5 d	2.0
0.16 d	1.8	1 d	3.6
0.2 d	0.8	2 d	4.8
0.25 d	2.0	3 d	8.6
0.29 d	1.0	4 d	7.8
0.33 d	3.0	5 d	11.6

Fecha: 10/4/15

Hora: 10:25 a.m.

Punto: 17

Latitud: 9.97 N

Longitud: 84.19 W

Código de muestra: G3P17

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 5, 6, 7

Temperatura: 25.38

pH: 8.21

O. Disuelto: 6.76

Conductividad: 452

Sólidos disueltos: 226

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 144

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 98

Turbiedad: 1.86

Color: 65

Nitrito (10 min): 0.004

Nitrato (5 min): 8.3

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.65

Fósforo (2 min): 3.74

Hierro (3 min): 0.21

Cobre (2 min): 0.04

DQO (2 h): 17

Sólidos sedimentables: 30 min -

60 min -

Sólidos volátiles: Pi 23.508

Pf (2 h) 23.511

Sólidos totales: Pi 71.168

Pf (24 h) 71.200

Sólidos filtrables: Pi 74.074

Pf (24 h) 74.105

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:  
Diluido 50/50

0.04 d	-0.8	0.37 d	-0.4
0.08 d	-3.0	0.41 d	1.4
0.12 d	0.4	0.5 d	0
0.16 d	1.0	1 d	1.8
0.2 d	-0.6	2 d	1.2
0.25 d	1.2	3 d	6.2
0.29 d	-0.6	4 d	4.0
0.33 d	2.0	5 d	9.4

Fecha: 10/4/15

Hora: 10:10 a.m.

Punto: 18

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G3P18

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Muy turbia, tono café, arreglo en puente.

Fotografías: 1, 2, 3, 4

Temperatura: 24.26

pH: 8.44

O. Disuelto: 7.06

Conductividad: 414

Sólidos disueltos: 207

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 125

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1

EDTA 98

Turbiedad: 2.56

Color: 34

Nitrato (10 min): 0.014

Nitrato (5 min): 6.8

Nitrógeno amoniacal (1 min): 1.12

Fósforo (2 min): 3.42

Hierro (3 min): 0.2

Cobre (2 min): 0.08

DQO (2 h): 3

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.619

Pf (2 h) 23.623

Sólidos totales: Pi 112.816

Pf (24 h) 112.846

Sólidos filtrables: Pi 76.218

Pf (24 h) 76.246

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-3.6	0.37 d	-2.0
0.08 d	-2.0	0.41 d	0
0.12 d	-0.2	0.5 d	0.8
0.16 d	-2.2	1 d	-1.4
0.2 d	-3.2	2 d	2.0
0.25 d	-0.8	3 d	2.0
0.29 d	-1.2	4 d	8.4
0.33 d	-0.6	5 d	8.4



Fecha: 10/6/15

Hora: 12:40 p.m.

Punto: 10

Latitud: 10.00 N

Longitud: 84.144 W

Código de muestra: G4P10

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 29, 30, 31, 32

Temperatura: 22.64

pH: 7.52

O. Disuelto: 5.55

Conductividad: 211

Sólidos disueltos: 106

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 63

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 51

Turbiedad: 6.19

Color: 75

Nitrito (10 min): 0.316

Nitrato (5 min): 4.2

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.09

Fósforo (2 min): 0.68

Hierro (3 min): 0.27

Cobre (2 min): 0.05

DQO (2 h): 14

Sólidos sedimentables: 30 min —

60 min —

Sólidos volátiles: Pi 23.619

Pf (2 h) 23.623

Sólidos totales: Pi 109.789

Pf (24 h) 109.806

Sólidos filtrables: Pi 73.031

Pf (24 h) 73.046

Coliformes: —

SAAM: —

DBO:

0.04 d	-0.8	0.37 d	3.2
0.08 d	-0.6	0.41 d	3.0
0.12 d	-0.6	0.5 d	1.4
0.16 d	2.4	1 d	0.4
0.2 d	2.2	2 d	1.6
0.25 d	-0.6	3 d	3.4
0.29 d	1.8	4 d	4.6
0.33 d	2.6	5 d	6.2

Fecha: 10/6/15 Hora: 12:00 m.d.  
Punto: 11 Latitud: 9.999 N Longitud: 84.152 W  
Código de muestra: G4P11

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 20, 21, 22

Temperatura: 22.88 pH: 7.64 O. Disuelto: 6.38  
Conductividad: 193 Sólidos disueltos: 96

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 69  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 54  
Turbiedad: 6.11 Color: 98  
Nitrito (10 min): 83 Nitrate (5 min): 22  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.12 Fósforo (2 min): 0.55  
Hierro (3 min): 0.28 Cobre (2 min): 0.01  
DQO (2 h): 12

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---  
Sólidos volátiles: Pi 34.931 Pf (2 h) 34.931  
Sólidos totales: Pi 72.661 Pf (24 h) 72.680  
Sólidos filtrables: Pi 108.216 Pf (24 h) 108.235  
Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-0.2	0.37 d	3.6
0.08 d	-0.2	0.41 d	3.4
0.12 d	-0.2	0.5 d	1.4
0.16 d	2.4	1 d	0.8
0.2 d	2.4	2 d	3.2
0.25 d	-0.4	3 d	4.0
0.29 d	2.8	4 d	6.2
0.33 d	2.8	5 d	8.0

Fecha: 10/6/15

Hora: 12:10 m.d.

Punto: 12

Latitud: 9.989 N

Longitud: 84.152 W

Código de muestra: G4P12

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 23, 24

Temperatura: 22.58

pH: 7.85

O. Disuelto: 6.26

Conductividad: 371

Sólidos disueltos: 185

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 91

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 96

Turbiedad: 6.69

Color: 133

Nitrito (10 min): 320

Nitrato (5 min): 6.0

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.09

Fósforo (2 min): 1.05

Hierro (3 min): 0.21

Cobre (2 min): 0.0

DQO (2 h): 28

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 34.019

Pf (2 h) 34.025

Sólidos totales: Pi 112.561

Pf (24 h) 112.591

Sólidos filtrables: Pi 111.732

Pf (24 h) 111.762

Coliformes: ---

SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-1.0	0.37 d	3.0
0.08 d	-0.6	0.41 d	2.8
0.12 d	-0.4	0.5 d	1.0
0.16 d	2.2	1 d	0.6
0.2 d	1.6	2 d	3.8
0.25 d	-0.6	3 d	4.8
0.29 d	2.2	4 d	7.6
0.33 d	2.2	5 d	9.6

Fecha: 10/6/15 Hora: 12:20 m.d.  
Punto: 13 Latitud: 9.994 N Longitud: 84.154 W  
Código de muestra: G4P13

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 25, 26, 27, 28

Temperatura: 22.96 pH: 7.74 O. Disuelto: 6.61  
Conductividad: 241 Sólidos disueltos: 121

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Sl H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 68  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 67

Turbiedad: 5.54 Color: 75

Nitrito (10 min): 143 Nitrate (5 min): 3.8

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.13 Fósforo (2 min): 0.63

Hierro (3 min): 0.20 Cobre (2 min): 0.0

DQO (2 h): 22

Sólidos sedimentables: 30 min — 60 min —

Sólidos volátiles: Pi 31.807 Pf (2 h) 31.809

Sólidos totales: Pi 69.658 Pf (24 h) 69.677

Sólidos filtrables: Pi 75.966 Pf (24 h) 75.984

Coliformes: — SAAM: —

DBO:

0.04 d	-1.2	0.37 d	2.6
0.08 d	-0.4	0.41 d	2.8
0.12 d	-0.8	0.5 d	1.0
0.16 d	2.2	1 d	0.2
0.2 d	1.4	2 d	2.6
0.25 d	-0.6	3 d	2.6
0.29 d	1.6	4 d	4.8
0.33 d	2.0	5 d	5.8

Fecha: 10/6/15

Hora: 11:22 a.m.

Punto: 14

Latitud: 9.980 N

Longitud: 84.182 W

Código de muestra: G4P14

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Muy turbia, con presencia de espuma

Fotografías: 15, 16, 17, 18, 19

Temperatura: 23.88

pH: 7.55

O. Disuelto: 5.93

Conductividad: 362

Sólidos disueltos: 181

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 80

Turbiedad: 20.6

Color: 345

Nitrato (10 min): 0.013

Nitrato (5 min): 1.3

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.61

Fósforo (2 min): 3.38

Hierro (3 min): 0.21

Cobre (2 min): 0.0

DQO (2 h): 56

Sólidos sedimentables: 30 min 20

60 min 19

Sólidos volátiles: Pi 30.648

Pf (2 h) 30.650

Sólidos totales: Pi 112.818

Pf (24 h) 112.849

Sólidos filtrables: Pi 72.545

Pf (24 h) 72.560

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-0.8	0.37 d	4.4
0.08 d	0.4	0.41 d	4.8
0.12 d	0	0.5 d	3.2
0.16 d	3.8	1 d	3.6
0.2 d	2.8	2 d	9.6
0.25 d	0.4	3 d	13.4
0.29 d	3.0	4 d	21.8
0.33 d	3.8	5 d	32.6

Fecha: 10/6/15

Hora: 11:00 a.m.

Punto: 15

Latitud: 9.930 N

Longitud: 84.182 W

Código de muestra: G4P15

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 12, 13, 14

Temperatura: 22.75

pH: 7.08

O. Disuelto: 7.37

Conductividad: 303

Sólidos disueltos: 151

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 80

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 87

Turbiedad: 3.69

Color: 43

Nitrato (10 min): 0.102

Nitrato (5 min): 5.4

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.09

Fósforo (2 min): 1.33

Hierro (3 min): 0.12

Cobre (2 min): 0.02

DQO (2 h): 13

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.627

Pf (2 h) 23.627

Sólidos totales: Pi 113.157

Pf (24 h) 113.184

Sólidos filtrables: Pi 71.176

Pf (24 h) 71.201

Coliformes: -----

SAAM: -----

DBO:

0.04 d	-0.6	0.37 d	3.6
0.08 d	0.2	0.41 d	3.6
0.12 d	0	0.5 d	1.8
0.16 d	3.0	1 d	1.0
0.2 d	2.2	2 d	3.8
0.25 d	-0.2	3 d	3.2
0.29 d	2.8	4 d	4.0
0.33 d	3.0	5 d	4.4

Fecha: 10/6/15 Hora: 10:40 a.m.  
Punto: 16 Latitud: 9.979 N Longitud: 84.192 W  
Código de muestra: G4P16

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua turbia

Fotografías: 8, 9, 10, 11

Temperatura: 23.17 pH: 7.50 O. Disuelto: 7.35  
Conductividad: 282 Sólidos disueltos: 141

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 60  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 80  
Turbiedad: 4.54 Color: 61  
Nitrito (10 min): 0.006 Nitrate (5 min): 4.3  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.05 Fósforo (2 min): 1.11  
Hierro (3 min): 0.20 Cobre (2 min): 0.04  
DQO (2 h): 12  
Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---  
Sólidos volátiles: Pi 34.930 Pf (2 h) 34.932  
Sólidos totales: Pi 110.430 Pf (24 h) 110.451  
Sólidos filtrables: Pi 72.931 Pf (24 h) 72.944  
Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	0.2	0.37 d	-0.6
0.08 d	-2.6	0.41 d	-2.0
0.12 d	-0.4	0.5 d	-1.0
0.16 d	-2.6	1 d	-0.6
0.2 d	-0.8	2 d	-0.8
0.25 d	-2.0	3 d	1.0
0.29 d	-0.2	4 d	2.0
0.33 d	-2.4	5 d	1.2

Fecha: 10/6/15 Hora: 10:30 a.m.  
Punto: 17 Latitud: 9.979 N Longitud: 84.192 W  
Código de muestra: G4P17

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua clara, tono gris

Fotografías: 5, 6, 7

Temperatura: 24.28 pH: 7.71 O. Disuelto: 7.42  
Conductividad: 259 Sólidos disueltos: 129

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína NO Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 74  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 72

Turbiedad: 4.34 Color: 64

Nitrito (10 min): 0.007 Nitrate (5 min): 4.5

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.06 Fósforo (2 min): 0.77

Hierro (3 min): 0.19 Cobre (2 min): 0.04

DQO (2 h): 21

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 31.807 Pf (2 h) 31.808

Sólidos totales: Pi 114.671 Pf (24 h) 114.689

Sólidos filtrables: Pi 113.789 Pf (24 h) 113.806

Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	0	0.37 d	-0.4
0.08 d	-3.0	0.41 d	-2.2
0.12 d	-0.4	0.5 d	-0.8
0.16 d	-2.8	1 d	-0.6
0.2 d	-0.8	2 d	-0.8
0.25 d	-2.0	3 d	1.2
0.29 d	0	4 d	2.0
0.33 d	-2.4	5 d	1.2



Fecha: 10/6/15 Hora: 10:05 a.m.  
 Punto: 18 Latitud: 9.977 N Longitud: 84.197 W  
 Código de muestra: G4P18

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Agua turbia, presencia de espuma

Fotografías: 1, 2, 3, 4

Temperatura: 24.57 pH: 7.59 O. Disuelto: 6.80  
 Conductividad: 250 Sólidos disueltos: 125

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
 Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 63  
 Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 64

Turbiedad: 4.65 Color: 71

Nitrito (10 min): 0.128 Nitrito (5 min): 3.5

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.05 Fósforo (2 min): 0.79

Hierro (3 min): 0.18 Cobre (2 min): 0.02

DQO (2 h): 16

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 30.649 Pf (2 h) 30.651

Sólidos totales: Pi 71.624 Pf (24 h) 71.636

Sólidos filtrables: Pi 108.596 Pf (24 h) 108.606

Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	0.4	0.37 d	-0.8
0.08 d	-0.4	0.41 d	0
0.12 d	-0.2	0.5 d	1.4
0.16 d	0	1 d	2.0
0.2 d	-0.6	2 d	1.0
0.25 d	0.2	3 d	2.4
0.29 d	0	4 d	2.8
0.33 d	-0.2	5 d	2.0

Fecha: 26/8/2015

Hora: 12:05 p.m.

Punto: 10

Latitud: 10.002 N

Longitud: 84.147 W

Código de muestra: G5P10

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 36, 37, 38

Temperatura: 24.66

pH: 7.20

O. Disuelto: 4.85

Conductividad: 368

Sólidos disueltos: 184

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína NO

Bromocresol SI

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 106

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 60

Turbiedad: 3.92

Color: 114

Nitrato (10 min): 0.321

Nitrato (5 min): 1.8

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.03

Fósforo (2 min): 9.92

Hierro (3 min): 0.46

Cobre (2 min): 0.03

DQO (2 h): 11

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.622

Pf (2 h) 23.625

Sólidos totales: Pi 110.252

Pf (24 h) 110.278

Sólidos filtrables: Pi 69.661

Pf (24 h) 69.680

Coliformes: -----

SAAM: -----

DBO:

0.04 d	-0.2	0.37 d	-3.0
0.08 d	-2.8	0.41 d	-1.6
0.12 d	-1.0	0.5 d	-1.2
0.16 d	-2.2	1 d	1.8
0.2 d	-1.6	2 d	5.6
0.25 d	-0.4	3 d	8.6
0.29 d	-2.0	4 d	9.6
0.33 d	-1.6	5 d	12.8

Fecha: 26/8/2015 Hora: 11:30 a.m.  
Punto: 11 Latitud: 9.996 N Longitud: 84.153 W  
Código de muestra: G5P11

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 27, 28, 29

Temperatura: 23.53 pH: 7.32 O. Disuelto: 5.65  
Conductividad: 369 Sólidos disueltos: 184

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 105  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 175  
Turbiedad: 4.63 Color: 103

Nitrito (10 min): 0.476 Nitrate (5 min): 2.5  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.0 Fósforo (2 min): 9.57  
Hierro (3 min): 0.42 Cobre (2 min): 0.04

DQO (2 h): 10

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 34.934 Pf (2 h) 34.940

Sólidos totales: Pi 119.309 Pf (24 h) 119.337

Sólidos filtrables: Pi 71.636 Pf (24 h) 71.658

Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	0.0	0.37 d	-3.0
0.08 d	-3.2	0.41 d	-1.0
0.12 d	0.0	0.5 d	-0.6
0.16 d	-2.0	1 d	2.2
0.2 d	-1.0	2 d	5.0
0.25 d	0.6	3 d	3.6
0.29 d	-1.2	4 d	4.4
0.33 d	-1.0	5 d	7.0

Fecha: 26/8/2015

Hora: 11:40 a.m.

Punto: 12

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G5P12

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 30, 31

Temperatura: 23.22

pH: 7.25

O. Disuelto: 3.68

Conductividad: 378

Sólidos disueltos: 189

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 115

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 70

Turbiedad: 4.30

Color: 74

Nitrito (10 min): 0.286

Nitrato (5 min): 1.7

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.01

Fósforo (2 min): 19.04

Hierro (3 min): 0.29

Cobre (2 min): 0.04

DQO (2 h): 19

Sólidos sedimentables: 30 min —

60 min —

Sólidos volátiles: Pi 30.663

Pf (2 h) 30.663

Sólidos totales: Pi 110.914

Pf (24 h) 110.941

Sólidos filtrables: Pi 75.977

Pf (24 h) 76.002

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	0.0	0.37 d	-2.6
0.08 d	-3.2	0.41 d	-1.6
0.12 d	-0.4	0.5 d	-0.8
0.16 d	-2.2	1 d	1.4
0.2 d	-1.0	2 d	3.8
0.25 d	0.0	3 d	4.8
0.29 d	-1.4	4 d	11.4
0.33 d	-1.0	5 d	18

Fecha: 26/8/2015

Hora: 11:50 a.m.

Punto: 13

Latitud: 9.995 N

Longitud: 84.154 W

Código de muestra: G5P13

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 32, 33, 34, 35

Temperatura: 23.95

pH: 7.46

O. Disuelto: 5.98

Conductividad: 370

Sólidos disueltos: 185

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 105

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 80

Turbiedad: 4.23

Color: 98

Nitrato (10 min): 0.468

Nitrato (5 min): 2.2

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.0

Fósforo (2 min): 7.31

Hierro (3 min): 0.40

Cobre (2 min): 0.0

DQO (2 h): 16

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 31.816

Pf (2 h) 31.817

Sólidos totales: Pi 117.687

Pf (24 h) 117.711

Sólidos filtrables: Pi 71.183

Pf (24 h) 71.206

Coliformes: -----

SAAM: -----

DBO:

0.04 d	-1.6	0.37 d	-4.4
0.08 d	-4.8	0.41 d	-3.6
0.12 d	-2.2	0.5 d	-3.2
0.16 d	-4.4	1 d	-0.8
0.2 d	-3.0	2 d	3.4
0.25 d	-2.6	3 d	4.6
0.29 d	-3.4	4 d	6.2
0.33 d	-3.4	5 d	9.0

Fecha: 26/8/2015 Hora: 11:00 a.m.  
Punto: 14 Latitud: 9.989 N Longitud: 84.144 W  
Código de muestra: G5P14

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

Temperatura: 23.82 pH: 7.28 O. Disuelto: 5.03  
Conductividad: 507 Sólidos disueltos: 253

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 125  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 85  
Turbiedad: 8.05 Color: 158  
Nitrito (10 min): 0.494 Nitrate (5 min): 2.1  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.09 Fósforo (2 min): 25.45  
Hierro (3 min): 0.40 Cobre (2 min): 0.03  
DQO (2 h): 20  
Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---  
Sólidos volátiles: Pi 22.434 Pf (2 h) 22.436  
Sólidos totales: Pi 114.691 Pf (24 h) 114.724  
Sólidos filtrables: Pi 73.715 Pf (24 h) 73.748  
Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-1.2	0.37 d	-4.8
0.08 d	-4.4	0.41 d	-3.6
0.12 d	-2.0	0.5 d	-3.2
0.16 d	-3.8	1 d	-1.4
0.2 d	-3.0	2 d	1.4
0.25 d	-2.0	3 d	2.4
0.29 d	-3.6	4 d	9.4
0.33 d	-3.2	5 d	24.2

Fecha: 26/8/2015 Hora: 10:35 a.m.  
Punto: 15 Latitud: 9.982 N Longitud: 84.177 W  
Código de muestra: G5P15

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 16, 17, 18, 19

Temperatura: 23.06 pH: 6.93 O. Disuelto: 6.16  
Conductividad: 442 Sólidos disueltos: 221

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 110  
Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 95  
Turbiedad: 2.15 Color: 80

Nitrato (10 min): 0.258 Nitrato (5 min): 2.4  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.0 Fósforo (2 min): 18.83  
Hierro (3 min): 0.25 Cobre (2 min): 0.0  
DOO (2 h): 6

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.505 Pf (2 h) 23.511

Sólidos totales: Pi 72.609 Pf (24 h) 72.638

Sólidos filtrables: Pi 76.152 Pf (24 h) 76.181

Coliformes: --- SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-1.4	0.37 d	-5.0
0.08 d	-4.4	0.41 d	-3.8
0.12 d	-2.2	0.5 d	-3.0
0.16 d	-4.0	1 d	-1.4
0.2 d	-3.0	2 d	0.8
0.25 d	-2.0	3 d	2.8
0.29 d	-4.0	4 d	9.4
0.33 d	-3.0	5 d	14.6

Fecha: 26/8/2015

Hora: 10:20 a.m.

Punto: 16

Latitud: 9.981 N

Longitud: 84.183 W

Código de muestra: G5P16

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 12, 13, 14, 15

Temperatura: 23.16

pH: 7.25

O. Disuelto: 6.39

Conductividad: 409

Sólidos disueltos: 205

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 110

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 100

Turbiedad: 1.85

Color: 66

Nitrito (10 min): 0.496

Nitrato (5 min): 3.3

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.02

Fósforo (2 min): 18.55

Hierro (3 min): 0.22

Cobre (2 min): 0.03

DQO (2 h): 0

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 34.941

Pf (2 h) 34.942

Sólidos totales: Pi 113.207

Pf (24 h) 113.237

Sólidos filtrables: Pi 73.592

Pf (24 h) 73.622

Coliformes: ---

SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-3.6	0.37 d	-4.0
0.08 d	-4.2	0.41 d	-2.4
0.12 d	-2.6	0.5 d	-2.0
0.16 d	-1.6	1 d	-3.4
0.2 d	-3.2	2 d	-2.2
0.25 d	-4.6	3 d	-4.2
0.29 d	-4.6	4 d	-2.4
0.33 d	-4.8	5 d	-1.8



Fecha: 26/8/2015 Hora: 10:05 a.m.  
 Punto: 17 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_  
 Código de muestra: G5P17

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 8, 9, 10, 11

Temperatura: 23.85 pH: 7.40 O. Disuelto: 7.04  
 Conductividad: 443 Sólidos disueltos: 222

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400 Multiplicador 1.0  
 Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 105  
 Dureza: Rango 100-400 Multiplicador 1.0 EDTA 100

Turbiedad: 2.0 Color: 56

Nitrato (10 min): 0.738 Nitrito (5 min): 3.8

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.0 Fósforo (2 min): 19.12

Hierro (3 min): 0.21 Cobre (2 min): 0.0

DQO (2 h): 4

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 30.666 Pf (2 h) 30.668

Sólidos totales: Pi 108.643 Pf (24 h) 108.673

Sólidos filtrables: Pi 74.376 Pf (24 h) 74.406

Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-3.6	0.37 d	-3.2
0.08 d	-4.8	0.41 d	-1.8
0.12 d	-1.4	0.5 d	-1.0
0.16 d	-1.2	1 d	-3.4
0.2 d	-2.0	2 d	-1.6
0.25 d	-4.8	3 d	-2.6
0.29 d	-4.0	4 d	-2.2
0.33 d	-5.0	5 d	-0.8

Fecha: 26/8/2015

Hora: 9:50 a.m.

Punto: 18

Latitud: 9.975 N

Longitud: 84 200 W

Código de muestra: G5P18

**Datos en campo**

Descripción de muestra: Muy clara, se ve el fondo, presencia de peces pequeños

Fotografías: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Temperatura: 23.22

pH: 7.30

O. Disuelto: 6.78

Conductividad: 435

Sólidos disueltos: 217

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 102

Dureza: Rango 100-400

Multiplicador 1.0

EDTA 100

Turbiedad: 1.94

Color: 73

Nitrato (10 min): 0.728

Nitrato (5 min): 3.9

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.0

Fósforo (2 min): 18.78

Hierro (3 min): 0.17

Cobre (2 min): 0.0

DQO (2 h): 7

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.626

Pf (2 h) 23.631

Sólidos totales: Pi 112.867

Pf (24 h) 112.904

Sólidos filtrables: Pi 109.790

Pf (24 h) 109.824

Coliformes: ---

SAAM: ---

DBO:

0.04 d	-3.6	0.37 d	-3.2
0.08 d	-4.6	0.41 d	-2.0
0.12 d	-1.8	0.5 d	-1.2
0.16 d	-1.2	1 d	-2.8
0.2 d	-2.0	2 d	-1.2
0.25 d	-4.6	3 d	-2.4
0.29 d	-4.0	4 d	-2.2
0.33 d	-4.8	5 d	-1.2

Fecha: 9/10/15

Hora: 12:30 p.m.

Punto: 10

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P10

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 44, 45, 46, 47, 48

Temperatura: 24.34

pH: 6.99

O. Disuelto: 5.01

Conductividad: 376

Sólidos disueltos: 188

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160

Multiplicador 0.4

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 280

Dureza: Rango \_\_\_\_\_

Multiplicador \_\_\_\_\_

EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 1.80

Color: 76

Nitrito (10 min): 0.129

Nitrato (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.04

Fósforo (2 min): 12.21

Hierro (3 min): 0.32

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 9

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 22.433

Pf (2 h) 22.438

Sólidos totales: Pi 112.568

Pf (24 h) 112.599

Sólidos filtrables: Pi 73.776

Pf (24 h) 73.807

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-2.0	0.37 d	-0.8
0.08 d	-2.4	0.41 d	0.2
0.12 d	0	0.5 d	1.0
0.16 d	0.8	1 d	-0.6
0.2 d	0	2 d	1.2
0.25 d	-2.2	3 d	1.0
0.29 d	-1.6	4 d	2.2
0.33 d	-2.2	5 d	4.4

Fecha: 9/10/15 Hora: 11:45 a.m.  
Punto: 11 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P11

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 30, 31, 32, 33, 34

Temperatura: 23.67 pH: 7.13 O. Disuelto: 5.91  
Conductividad: 384 Sólidos disueltos: 192

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160 Multiplicador 0.4  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 290  
Dureza: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_ EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 2.33 Color: 82

Nitrito (10 min): 0.277 Nitrate (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.03 Fósforo (2 min): 11.44

Hierro (3 min): 0.29 Cobre (2 min): 0.03

DQO (2 h): 39

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.508 Pf (2 h) 23.512

Sólidos totales: Pi 119.389 Pf (24 h) 119.424

Sólidos filtrables: Pi 76.160 Pf (24 h) 76.195

Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-3.2	0.37 d	-1.8
0.08 d	-3.2	0.41 d	-0.2
0.12 d	-0.6	0.5 d	0.6
0.16 d	0.6	1 d	-1.2
0.2 d	-1.0	2 d	1.6
0.25 d	-3.4	3 d	3.4
0.29 d	-2.8	4 d	7.6
0.33 d	-3.4	5 d	12.0

Fecha: 9/10/15 Hora: 12:00 m.d.  
Punto: 12 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P12

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 35, 36, 37, 38

Temperatura: 23.51 pH: 7.02 O. Disuelto: 4.37

Conductividad: 425 Sólidos disueltos: 213

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160 Multiplicador 0.4

Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 265

Dureza: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_ EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 2.80 Color: 64

Nitrito (10 min): 0.548 Nitrate (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.01 Fósforo (2 min): 22.52

Hierro (3 min): 0.11 Cobre (2 min): 0.01

DQO (2 h): 12

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 31.823 Pf (2 h) 31.824

Sólidos totales: Pi 72.782 Pf (24 h) 72.825

Sólidos filtrables: Pi 110.916 Pf (24 h) 110.955

Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-2.4	0.37 d	-1.4
0.08 d	-2.8	0.41 d	0.2
0.12 d	-0.6	0.5 d	1.2
0.16 d	0.8	1 d	1.0
0.2 d	-0.4	2 d	4.8
0.25 d	-2.4	3 d	8.2
0.29 d	-2.4	4 d	12.0
0.33 d	-2.6	5 d	14.6

Fecha: 9/10/15

Hora: 12:10 p.m.

Punto: 13

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P13

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 39, 40, 41, 42, 43

Temperatura: 24.22

pH: 7.16

O. Disuelto: 6.17

Conductividad: 392

Sólidos disueltos: 196

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160

Multiplicador 0.4

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 295

Dureza: Rango \_\_\_\_\_

Multiplicador \_\_\_\_\_

EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 1.90

Color: 27

Nitrito (10 min): 0.366

Nitrato (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.05

Fósforo (2 min): 13.46

Hierro (3 min): 0.47

Cobre (2 min): 0.41

DQO (2 h): 9

Sólidos sedimentables: 30 min ---

60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 34.945

Pf (2 h) 34.948

Sólidos totales: Pi 108.272

Pf (24 h) 108.322

Sólidos filtrables: Pi 111.797

Pf (24 h) 111.847

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-0.4	0.37 d	-2.0
0.08 d	0	0.41 d	0
0.12 d	-0.8	0.5 d	-2.2
0.16 d	0	1 d	-1.8
0.2 d	-3.6	2 d	0.2
0.25 d	-2.0	3 d	1.6
0.29 d	0.6	4 d	6.6
0.33 d	0.6	5 d	6.8

Fecha: 9/10/15 Hora: 11:05 a.m.  
Punto: 14 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P14

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29

Temperatura: 23.79 pH: 7.26 O. Disuelto: 5.83  
Conductividad: 452 Sólidos disueltos: 226

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160 Multiplicador 0.4  
Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 320  
Dureza: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_ EDTA \_\_\_\_\_  
Turbiedad: 6.14 Color: 97  
Nitrito (10 min): 0.204 Nitrate (5 min): \_\_\_\_\_  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.10 Fósforo (2 min): 35.64  
Hierro (3 min): 0.88 Cobre (2 min): 0.06  
DQO (2 h): 22  
Sólidos sedimentables: 30 min 0.1 60 min 0.2  
Sólidos volátiles: Pi 30.668 Pf (2 h) 30.670  
Sólidos totales: Pi 75.995 Pf (24 h) 76.039  
Sólidos filtrables: Pi 117.689 Pf (24 h) 117.729  
Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-0.6	0.37 d	-2.6
0.08 d	0	0.41 d	0.2
0.12 d	-0.8	0.5 d	-2.2
0.16 d	0.2	1 d	-1.4
0.2 d	-3.8	2 d	3.4
0.25 d	-2.2	3 d	5.8
0.29 d	0.6	4 d	14.0
0.33 d	0.4	5 d	18.2

Fecha: 9/10/15 Hora: 10:40 a.m.  
Punto: 15 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P15

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Presencia de algas (como hilos cafés) y poca espuma (menos que en otras giras)

Fotografías: 18, 19, 20, 21, 22

Temperatura: 23.03 pH: 6.52 O. Disuelto: 5.86

Conductividad: 396 Sólidos disueltos: 198

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160 Multiplicador 0.4

Fenolftaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 285

Dureza: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_ EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 2.40 Color: 54

Nitrito (10 min): 0.218 Nitrate (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.0 Fósforo (2 min): 15.65

Hierro (3 min): 0.23 Cobre (2 min): 0.02

DQO (2 h): 0

Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---

Sólidos volátiles: Pi 23.629 Pf (2 h) 23.635

Sólidos totales: Pi 113.917 Pf (24 h) 113.956

Sólidos filtrables: Pi 111.686 Pf (24 h) 111.722

Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-1.0	0.37 d	-3.2
0.08 d	-0.2	0.41 d	-0.4
0.12 d	-1.4	0.5 d	-2.8
0.16 d	0	1 d	-2.6
0.2 d	-3.8	2 d	3.0
0.25 d	-2.4	3 d	4.6
0.29 d	-0.2	4 d	10.6
0.33 d	-0.2	5 d	12.0



Fecha: 9/10/15

Hora: 10:20 a.m.

Punto: 16

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P16

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Fotografías: 13, 14, 15, 16, 17

Temperatura: 23.53

pH: 7.13

O. Disuelto: 6.93

Conductividad: 390

Sólidos disueltos: 195

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160

Multiplicador 0.4

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 270

Dureza: Rango \_\_\_\_\_

Multiplicador \_\_\_\_\_

EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 1.77

Color: 22

Nitrito (10 min): 0.380

Nitrato (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.02

Fósforo (2 min): 14.31

Hierro (3 min): 0.24

Cobre (2 min): 0.03

DQO (2 h): 6

Sólidos sedimentables: 30 min 0.05

60 min 0.1

Sólidos volátiles: Pi 22.436

Pf (2 h) 22.439

Sólidos totales: Pi 73.659

Pf (24 h) 73.699

Sólidos filtrables: Pi 71.263

Pf (24 h) 71.298

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-0.8	0.37 d	-3.2
0.08 d	0	0.41 d	-0.2
0.12 d	-1.2	0.5 d	-2.6
0.16 d	0.2	1 d	-3.4
0.2 d	-3.8	2 d	-0.2
0.25 d	-2.0	3 d	2.2
0.29 d	0	4 d	6.6
0.33 d	0.2	5 d	6.0

Fecha: 9/10/15 Hora: 10:05 a.m  
Punto: 17 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_  
Código de muestra: G6P17

**Datos en campo**

Descripción de muestra:  
Presencia de fauna (pizote)

Fotografías: 7, 8, 9, 10, 11, 12

Temperatura: 23.99 pH: 7.30 O. Disuelto: 7.22  
Conductividad: 417 Sólidos disueltos: 208

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160 Multiplicador 0.4  
Fenoltaleína No Bromocresol Si H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 280  
Dureza: Rango \_\_\_\_\_ Multiplicador \_\_\_\_\_ EDTA \_\_\_\_\_  
Turbiedad: 1.43 Color: 20  
Nitrito (10 min): 0.5 Nitrate (5 min): \_\_\_\_\_  
Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.03 Fósforo (2 min): 14.16  
Hierro (3 min): 0.33 Cobre (2 min): 0.07  
DQO (2 h): 3  
Sólidos sedimentables: 30 min --- 60 min ---  
Sólidos volátiles: Pi 23.512 Pf (2 h) 23.514  
Sólidos totales: Pi 69.756 Pf (24 h) 69.794  
Sólidos filtrables: Pi 113.210 Pf (24 h) 113.248  
Coliformes: \_\_\_\_\_ SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-1.2	0.37 d	-3.8
0.08 d	-0.4	0.41 d	-0.4
0.12 d	-1.4	0.5 d	-3.8
0.16 d	-0.2	1 d	-3.4
0.2 d	-4.4	2 d	-1.2
0.25 d	-2.4	3 d	1.2
0.29 d	-0.4	4 d	6.6
0.33 d	0	5 d	6.4

Fecha: 9/10/15

Hora: 10:05 a.m.

Punto: 18

Latitud: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Código de muestra: G6P18

**Datos en campo**

Descripción de muestra:

Agua clara, se nota un aumento en el nivel del agua

Fotografías: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Temperatura: 23.71

pH: 7.30

O. Disuelto: 6.81

Conductividad: 422

Sólidos disueltos: 211

**Datos en laboratorio**

Alcalinidad: Rango 40-160

Multiplicador 0.4

Fenolftaleína No

Bromocresol Si

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 280

Dureza: Rango \_\_\_\_\_

Multiplicador \_\_\_\_\_

EDTA \_\_\_\_\_

Turbiedad: 1.02

Color: 40

Nitrito (10 min): 0.68

Nitrato (5 min): \_\_\_\_\_

Nitrógeno amoniacal (1 min): 0.03

Fósforo (2 min): 22.29

Hierro (3 min): 0.29

Cobre (2 min): 0

DQO (2 h): 0

Sólidos sedimentables: 30 min \_\_\_\_\_

60 min \_\_\_\_\_

Sólidos volátiles: Pi 31.823

Pf (2 h) 31.827

Sólidos totales: Pi 76.295

Pf (24 h) 76.331

Sólidos filtrables: Pi 109.801

Pf (24 h) 109.834

Coliformes: \_\_\_\_\_

SAAM: \_\_\_\_\_

DBO:

0.04 d	-0.2	0.37 d	-3.6
0.08 d	0	0.41 d	-0.6
0.12 d	-0.4	0.5 d	-3.8
0.16 d	0.4	1 d	-3.8
0.2 d	-3.8	2 d	-0.6
0.25 d	-2.6	3 d	1.2
0.29 d	0.4	4 d	5.6
0.33 d	-0.4	5 d	5.4

## **ANEXO C**

Procedimientos de las pruebas de laboratorio.

Pruebas adaptadas de los Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales, según se indica en el manual del colorímetro utilizado en el laboratorio, marca Hach, modelo DR 890.

#### Sólidos totales:

1. Obtener el peso inicial de una cápsula de porcelana vacía.
2. Agregar 100 ml de la muestra y colocar en un horno por 24 h.
3. Sacar la muestra y obtener el peso final.
4. Obtener el peso de sólidos totales por medio de:  $P_{ST} = P_f - P_i$

#### Sólidos sedimentables:

1. Llenar el cono Imhoff con la muestra.
2. Esperar 30 minutos y verificar que ya se ha sedimentado algo, entonces tomar la medida 30 minutos después. Si no se ha sedimentado algo, tomar la medida de los primeros 30 minutos.

#### Sólidos disueltos:

1. Lectura directa en sitio del equipo multi-parámetros.

#### Sólidos filtrables:

1. Obtener el peso inicial de una cápsula de porcelana vacía.
2. Obtener 100 ml filtrados de muestra, colocarlos en la cápsula y dejarla en el horno por 24 h.
3. Sacar la muestra y obtener el peso final.
4. Obtener el peso de sólidos filtrables por medio de:  $P_{SF} = P_f - P_i$

#### Sólidos volátiles:

1. Obtener el peso inicial de un crisol de porcelana vacío.
2. Colocar 25 ml de muestra en el crisol y ponerlo en la mufla durante 2 h a 550 °C.
3. Sacar la muestra y obtener el peso final.
4. Obtener el peso de sólidos volátiles por medio de:  $P_{SV} = P_f - P_i$

#### pH

1. Lectura directa en sitio del equipo multi-parámetros.

#### Conductividad

1. Lectura directa en sitio del equipo multi-parámetros.

#### Oxígeno disuelto

1. Lectura directa en sitio del equipo multi-parámetros.

#### Temperatura

1. Lectura directa en sitio del equipo multi-parámetros.

### Alcalinidad

1. Seleccionar volumen de muestra y cartucho de titulación.
2. Agregar a un erlenmeyer el volumen determinado.
3. Agregar la almohadilla de indicador de fenolftaleína y mezclar.
4. Si con el paso anterior la solución se torna rosada, titular con ácido sulfúrico hasta que se torne transparente de nuevo. Obtener la alcalinidad como:

$$\text{Alcalinidad} = \text{dígitos requeridos} * \text{dígito multiplicador}$$

5. Si no hay reacción con la fenolftaleína, agregar el sobre de indicador bromocresol y mezcle.
6. Proseguir con la titulación con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hasta obtener colores como azul-gris verdoso, gris-violeta claro o rosado claro. Obtener alcalinidad con la ecuación anterior.

### Dureza

1. Seleccionar volumen de muestra y cartucho de titulación.
2. Colocar el volumen definido en un erlenmeyer.
3. Añadir 2 ml de solución buffer Dureza 1 y mezclar.
4. Agregar a la solución el contenido de un paquete de ManVer 2.
5. Iniciar con la titulación con EDTA hasta obtener un color azul.
6. Obtener la dureza como:

$$\text{Dureza} = \text{dígitos requeridos} * \text{dígito multiplicador}$$

### Turbiedad

1. Obtener 10 ml de muestra
2. Lectura directa en laboratorio del equipo turbidímetro.

### Color

1. Obtener 10 ml de muestra
2. Lectura directa en laboratorio del equipo colorímetro.

### Fósforo

1. Obtener muestra de 10 ml y añadir el contenido de un sobre de Phosphate Power (PhosVer 3).
2. Esperar dos minutos.
3. Llenar un recipiente de 10 ml con la muestra patrón
4. Llevar la muestra patrón al colorímetro y presionar cero.
5. Poner la muestra preparada y proceder a hacer la lectura.

### Nitratos

1. Obtener muestra de 10 ml.

2. Añadir un sobre de Nitraver 5 y mezclar fuertemente durante un minuto. Dejar reposar por 5 minutos.
3. Llenar un frasco de 10 ml con la muestra (el patrón). Poner en el colorímetro y presionar ZERO.
4. Poner la muestra preparada y presionar READ. El resultado indicará mg/l de nitrato.

#### Nitritos

1. Obtener muestra de 10 ml.
2. Añadir el contenido de un sobre de Nitraver 3 y agitar, esperar por 10 minutos.
3. Llenar un frasco de 10 ml con la muestra (el patrón). Poner en el colorímetro y presionar ZERO.
4. Poner la muestra preparada y presionar READ. El resultado indicará mg/l de nitrito.

#### Nitrógeno amoniacal (amoniac-amonio)

1. Obtener muestra de 25 ml.
2. Llenar otro frasco con 25 ml de agua destilada.
3. Añadir 3 gotas de estabilizador mineral a cada frasco y mezclar.
4. Añadir 3 gotas de alcohol de polivinilo y mezclar.
5. Añadir 1 ml de Nessler Reagent a cada mezcla. Tapar e invertir el frasco para mezclar.
6. Esperar un minuto.
7. Poner la muestra preparada y presione READ. Los resultados obtenidos serán mg/l de  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

#### Hierro

1. Obtener muestra de 10 ml.
2. Agregar el contenido de una almohadilla de reactivo ferro Ver Iron en polvo. Tapar e invertir para mezclar. Esperar 3 minutos.
3. Llenar un frasco de 10 ml con la muestra (el patrón). Poner en el colorímetro y presionar ZERO.
4. Poner la muestra preparada y presionar READ. El resultado indicará mg/l de hierro.

#### Cobre

1. Obtener muestra de 10 ml.
2. Agregar el contenido de una almohadilla de reactivo Cu Ver 1 en polvo. Tapar e invertir la muestra varias veces para mezclar. Esperar dos minutos.

3. Llenar un frasco de 10 ml con la muestra (el patrón). Poner en el colorímetro y presionar ZERO.
4. Poner la muestra preparada y presionar READ. El resultado indicará mg/l de cobre.

#### DQO

1. Encender el digestor de DQO. Poner el interruptor 1 en infinito y el otro interruptor en Ajuste. Esperar de 20 a 30 minutos hasta que la temperatura llegue a 150°C.
2. Abrir los viales con el reactivo e inclinarlos 45°. Proceder a colocar 0.2 ml de la muestra. Cerrar el vial y agitar.
3. Abrir un vial con reactivo y colocar 0.2 ml de agua destilada para utilizar como patrón. Cerrar y agitar.
4. Poner los viales listos en el digestor. Poner el control de temperatura en 150°C y el otro en TIME. Ajustar la perilla del reloj a 120 minutos.
5. Una vez que han pasado dos horas, el digestor se apaga automáticamente. Agitar la muestra y esperar de 30 a 60 minutos, hasta que los viales alcancen la temperatura ambiente. Leer en el colorímetro.

#### DBO

1. Colocar el volumen indicado de muestra en la botella para DBO.
2. Añadir un agitador magnético.
3. Poner la canasta en la boquilla de la botella y agregar dos pastillas de NaOH.
4. Tapar las botellas con la cabeza de medición.
5. Colocar las botellas en la base magnética.
6. Verificar que todas las muestras se estén agitando.
7. Iniciar las muestras con el control del equipo.
8. Colocar el aparato en la incubadora y dejar la prueba durante 5 días.
9. Pasado el periodo, leer valores de DBO de la pantalla del aparato.