


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a figure holding a staff and a cross. The shield is surrounded by a green landscape with mountains and a blue sky with clouds. The Latin motto "CETERA SPES CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y MICROALGAS  
BENTÓNICAS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO  
PANSALIC, RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES  
CORDILLERA ALUX**

Presentado por

**T.A. SANDRA ELISABETH MORALES MOLINA**


Para otorgarle el título de

**LICENCIADA EN ACUICULTURA**

Guatemala, agosto, 2016.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y MICROALGAS  
BENTÓNICAS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO  
PANSALIC, RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES  
CORDILLERA ALUX**

Presentado por

**T.A. SANDRA ELISABETH MORALES MOLINA**

Asesores

**Licda. Karla Paz Cordón**

**M.Sc. Rafael Enrique Morales Ochoa**

Para otorgarle el título de

**LICENCIADA EN ACUICULTURA**

Guatemala, agosto, 2016.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

**Consejo Directivo**

<b>Presidente</b>	M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
<b>Secretaria</b>	M.Sc. Kathya Iturbide Dormon
<b>Representante Docente</b>	M.A. Olga Marina Sánchez Cardona M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
<b>Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas</b>	M.Sc. Adrián Mauricio Castro López
<b>Representante Estudiantil</b>	T.A. María Alejandra Paz Velásquez
<b>Representante Estudiantil</b>	Br. Marcos Estuardo Ponciano Núñez



# USAC

TRICENTENARIA estudios del Mar y Acuicultura  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Direcci

---

El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria, **Sandra Elisabeth Morales Molina**, titulado "DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y MICROALGAS BENTÓNICAS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PANSALIC, RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX", da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle



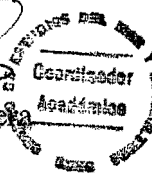
Guatemala, julio 2016



El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA–, después de conocer el dictamen de la asesora Licda. Karla Paz Cerdón y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación de la estudiante universitaria Sandra Elisabeth Morales Molina, titulado “DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y MICROALGAS BENTÓNICAS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO PANSALIC, RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
M.Sc. Luis Francisco Franco Cabreza



Guatemala, julio 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A la tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi alma mater y darme la oportunidad de obtener una educación superior de calidad.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura por abrirme las puertas al maravilloso mundo de los recursos hidrobiológicos, fortaleciendo mi pasión por la naturaleza.

Al personal docente del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, por transferir sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

Al Consejo Nacional de Áreas Protegidas por abrir las puertas de su institución.

A la Unidad Técnica Cordillera Alux –UTCA-, parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas por brindándome los recursos necesarios para ejecutar esta investigación.

Al Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos por su colaboración en la ejecución de esta investigación.

Al Ingeniero Químico Zenon Much Santos por su apoyo en esta investigación.

A mi profesora Licda. Karla Evelyn Paz Cordón por apoyarme en todo momento y alentarme a seguir adelante y hacer las cosas bien, gracias por su paciencia y confianza.

## **DEDICATORIA**

- A DIOS:** “Señor, digno eres de recibir la gloria y la honra y el poder; porque tu creaste todas las cosas y por tu voluntad existen y fueron creadas.” Apocalipsis 4:11
- A MI MADRE:** Por ser mi mejor amiga y siempre alentarme a culminar mis proyectos, por ser mi fortaleza y mi gran amor.
- A MI PADRE:** Por ser el mejor ejemplo a seguir, ser una persona fuerte y llena de metas, gracias por tu amor incomparable.
- A MIS ABUELOS:** Por enseñarme a ser un gran ser humano, a valorar a las personas y dar mi mano a quien la necesite.
- A MI HERMANO:** Por su apoyo en cada etapa de mi vida.
- A MI SOBRINO:** Por ser la luz de mi vida y siempre darme alegría.
- A Mynor Nájera:** Por su amor y apoyo en todo este camino.
- A MIS AMIGOS:** Por su compañía, por su colaboración, por estar siempre conmigo, en las buenas y en las malas.

## RESUMEN

El río Pansalic nace dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux –RFPMCA-, área protegida administrada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, el cual se encarga de proteger y conservar tanto la cantidad como la calidad del recurso hídrico que ésta provee a las poblaciones aledañas.

El río Pansalic es el principal proveedor de agua para riego del sector hortícola más grande de la región central del país, proveyendo más de 20 especies en bienes alimenticios para sus comunidades, lo que representa el 60% de los ingresos económicos en el área (CONAP, Scrib, 2009). Esta actividad a su vez provoca degradación en la calidad del agua del río Pansalic, acciones como el vertido de escorrentías superficiales y sema-superficiales contaminadas con plaguicidas, herbicidas y el cambio del uso del suelo generan una problemática ambiental de gran magnitud; aunado a esto se encuentra el vertimiento de aguas residuales domiciliarias.

La falta de información técnica del recurso no permite que las autoridades tomen decisiones acertadas en relación al manejo de los recursos acuáticos en el área.

El trabajo de investigación consistió en la colecta e identificación de macroinvertebrados acuáticos y microalgas bentónicas, tomando como puntos de muestreo la cuenca alta, media y baja del río Pansalic en los meses de mayo y agosto. Posteriormente las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Ciencias Biológicas y Oceanografía del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

La colecta e identificación de macroinvertebrados fue realizada aplicando la metodología del Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos de El Salvador (IBF-SV-2010), obteniendo resultados tanto cualitativos como cuantitativos. Así mismo se identificaron las microalgas bentónicas colectadas en el río Pansalic, utilizando la guía de identificación y muestreo de Cianobacterias de Wayne & Carmichael, 2010.

Durante el mes de mayo se colectaron un total de 169 organismos incluidos en 7 familias, 4 órdenes y todos pertenecientes a la clase insecta; En el mes de agosto se colectaron un total de 445 organismos



incluidos en 9 familias, 5 órdenes y todos pertenecientes a la clase insecta, en ambas colectas el mayor número de organismos identificados pertenecen al orden *Diptera*, familias *Chironomidae* y *Ceratopogonidae*.

Los resultados obtenidos en los muestreos realizados señalan que el 50% de los sitios muestreados tienen agua de calidad “regular a pobre”; mientras que el 50% restante tiene agua de calidad “muy pobre”, es decir son lugares altamente contaminados. El 66.6% de puntos de muestreo en mayo y el 33.33% de puntos de muestreo en agosto, revelan el alto grado de contaminación orgánica a la que es sometido el recurso hídrico del río Pansalic.

Las microalgas bentónicas fueron: Cianofitas *Pseudanabaena*, *Synechococcus*, *Oscillatoria*, *Hormothamnion* y *Lyngbya*; Chlorofitas *Oocystis lacustis*; y Diatomeas *Navicula cryptocephala* y *Tabellaria fenestrata*

Este trabajo constituye un primer esfuerzo para determinar por medio de bioindicadores la calidad del agua del río Pansalic, presentando una línea base de información base para futuras investigaciones.

## **ABSTRACT**

The Pansalic River rises within the Forest Reserve Wellhead Protection Cordillera -RFPMCA-Alux protected area administered by the National Council of Protected Areas, which is responsible for protecting and preserving both the quantity and quality of water resources it provides surrounding populations.

The Pansalic River is the main supplier of water for irrigation largest horticultural sector in the region, generating more than 20 species in food goods for their communities, creating a food intake which represents 60% of income in the region (CONAP , Scrib, 2009), an activity which in turn generates a logical degradation in water quality Pansalic river, actions such as the semi-surface discharge of surface runoff and contaminated with pesticides, herbicides and use change duel generate a problematic environment of great magnitude; This coupled with these impacts is domiciliary dumping of wastewater as part of a management plan poor waters of the municipalities in the sector.

The administration of the protected area is impaired because the institution does not have the relevant technical information for decision making management of aquatic resources in the area.

The research involved the collection and identification of benthic macroinvertebrates and microalgae, taking as sampling points upstream, middle and lower river Pansalic in the months of May and August. The samples were analyzed at the Laboratory of Biological Sciences and Oceanography Studies Center of the Sea and Aquaculture.

The collection and identification of macroinvertebrates was conducted using the methodology Biotic Index level of aquatic invertebrates Families of El Salvador (IBF-SV-2010), for which both a qualitative and quantitative result was obtained. Also benthic microalgae Pansalic collected in the river were identified, using the identification guide and sampling Cyanobacteria Wayne & Carmichael, 2010.

During the month of May a total of 169 bodies identified in 7 families, including 4 orders and all belonging to the class Insecta were collected; In August a total of 445 bodies identified 9 families, within 5 orders and all belonging to the class Insecta in both collections the largest number of identified bodies belong to the order Diptera, *Chironomidae* and *Ceratopogonidae* families were collected.

The results obtained in the samplings indicate that 50% of the sampled sites have water quality "regular to poor"; while the remaining 50% is water quality "very poor", and they are highly contaminated sites. 66.6% of sampling points in May and 33.33% of sampling points in August, revealed the high degree of organic pollution to which it is subjected Pansalic water resources of the river.

Benthic microalgae reported by the process of identification are: *Cyanophyta Pseudanabaena*, *Synechococcus*, *Oscillatoria*, *Hormothamnion* and *Lyngbya*; Chlorofitas *Oocystis lacustis*; and *Navicula* diatoms *Cryptocephala* and *Tabellaria fenestrata*

This research is the first effort to identify biomarkers through water quality of the river Pansalic, presenting a baseline information for future generation of research.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>2. ANTECEDENTES</b>	3
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	5
3.1. Sistemas lóticos	5
3.2. Río continuo	5
3.3. Bioindicadores	7
3.3.1. Microalgas bentónicas	8
3.3.2 Macroinvertebrados acuáticos	10
3.4. Parámetros fisicoquímicos del agua	11
<b>4. OBJETIVOS</b>	13
4.1. Objetivo general	13
4.2. Objetivos específicos	13
<b>5. METODOLOGÍA</b>	14
5.1 Ubicación geográfica	14
5.2 Variables	14
5.3 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos	14
5.4 Muestreo de microalgas bentónicas	20
5.5 Parámetros fisico-químicos	22
5.6 Análisis de la información	22
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	26
6.1. Macroinvertebrados acuáticos	26
6.1.1. Diversidad y abundancia	26
6.1.2. Índice Biológico por Familias de invertebrados acuáticos para El Salvador	29
6.2. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua	32
6.3. Microalgas bentónicas	37
<b>7. CONCLUSIONES</b>	40
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	41
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	42
<b>10. ANEXO</b>	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.1</b> Esquema de río continuo	6
<b>Figura No.2</b> Amplitud de tolerancia reducida respecto a uno o más factores ambientales	8
<b>Figura No.3</b> Hábitats seleccionados para muestreo	15
<b>Figura No.4</b> Ubicación geográfica de puntos de muestreo	17
<b>Figura No.5</b> Basureros clandestinos	18
<b>Figura No.6</b> Uso de fertilizantes y plaguicidas	18
<b>Figura No.7</b> Vertimiento de detergentes y aguas residuales domiciliarias	18
<b>Figura No.8</b> Muestreo de macroinvertebrados acuáticos con la red en “D”	20
<b>Figura No.9</b> Selección del sustrato y colecta de microalgas bentónicas	21
<b>Figura No.10</b> Observación e identificación de microalgas bentónicas	25
<b>Figura No.11</b> Abundancia de macroinvertebrados acuáticos	28
<b>Figura No.12</b> Diversidad de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia	29
<b>Figura No.13</b> Parámetros físico-químicos A	36
<b>Figura No.14</b> Parámetros físico-químicos B	37
<b>Figura No.15</b> Porcentaje de presencia por grupo algal	39

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No.1</b> Variables biológicas y físico-químicas	14
<b>Cuadro No.2</b> Puntos de muestreo, coordenadas y justificación	16
<b>Cuadro No.3</b> Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los puntos de muestreo	26
<b>Cuadro No.4</b> Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los puntos de muestreo	27
<b>Cuadro No.5</b> IBF-SV, para la cuenca alta en el primer muestreo	29
<b>Cuadro No.6</b> IBF-SV, para la cuenca media en el primer muestreo	30
<b>Cuadro No.7</b> IBF-SV, para la cuenca baja en el primer muestreo	30
<b>Cuadro No.8</b> IBF-SV, para la cuenca alta en el segundo muestreo	30
<b>Cuadro No.9</b> IBF-SV, para la cuenca media en el segundo muestreo	31
<b>Cuadro No.10</b> IBF-SV, para la cuenca baja en el segundo muestreo	31
<b>Cuadro No.11</b> Parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos, cuenca alta	32
<b>Cuadro No.12</b> Parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos, cuenca media	33
<b>Cuadro No.13</b> Parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos, cuenca baja	34
<b>Cuadro No.14</b> Clasificación de microalgas bentónicas presentes en el río Pansalic	38

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bioindicadores son especies que presentan una amplitud reducida en la presencia de uno o más factores ambientales que son característicos de una situación anormal en el medio ambiente (Molero, s.f.). Mediante la utilización de índices bióticos se puede asociar la taxa de las especies con un valor numérico establecido según su nivel de tolerancia. Este valor en conjunto con la riqueza taxonómica o en combinación con la abundancia relativa, puede dar un valor final de utilidad científica (Springer, 2010).

El río Pansalic es parte de la cuenca del río María Linda y es la principal zona de recarga hídrica de los mantos acuíferos del Valle de la Ciudad de Guatemala, es parte de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, funcionando como marco natural y belleza escénica, para los pueblos aledaños a la Cordillera Alux (Gil, 2008). Este río es considerado de importancia ecosistémica, social, económica y cultural para las poblaciones aledañas, sin embargo la problemática central de la degradación del recurso hídrico del río Pansalic se delimita a las siguientes condiciones permanentes en el área: manejo inadecuado de los desechos, tanto líquidos como sólidos, incremento de la presión sobre los recursos naturales y ambientales, aumento en el cambio del uso del suelo para actividades agroindustriales en las riberas del río y la escasa participación social.

Es indispensable la generación de información que sirva de base para alcanzar los objetivos de conservación en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, así como la implementación de medidas de manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

De acuerdo a lo anterior el presente trabajo de investigación constituye el inicio de la línea base del río Pansalic en relación a bioindicadores de calidad de agua de este ecosistema.

## 2. ANTECEDENTES

“A partir de los años 50, varios investigadores de diferentes países propusieron métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de los sistemas de aguas continentales, especialmente de las aguas continentales de escorrentía; como lo hicieron Patrick en 1949 y 1950, Weimann en 1951, Hynes en 1959 y 1963, Sladeczek en 1962” (Roldan, 1992).

En Guatemala la evaluación de la calidad del agua mediante bioindicadores ha tenido una importante aceptación científica, ejecutando proyectos de investigación con el fin de analizar las poblaciones de bioindicadores en los cuerpos de agua del país, adoptando metodologías formalizadas de países vecinos (MARN, 2003).

En el trabajo de investigación titulado Análisis de la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en los ríos Pampumay y Pansalic-Panchiguajá, Mixco, Guatemala, se realizaron muestreos en los meses de julio y octubre, colectando un total de 587 individuos pertenecientes a 31 taxones, además se analizó la influencia de los parámetros físico-químicos con la abundancia y riqueza de los organismos por punto de muestreo. Determinando que los puntos con más cercanía topográfica reflejaban una similitud mayor, aunque los parámetros físico-químicos variaran entre ellos (Zelada, 2012).

En el año 2011 Gil, N. Durante un periodo de dos años se realizó una caracterización y evaluación de la calidad del agua de los ríos Quiscab y San Francisco, que son los principales afluentes del lago de Atitlán. Se tomaron parámetros fisicoquímicos de temperatura ambiental y del agua, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos totales, turbidez, nitratos, fosfatos, coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, para calcular el Índice de Calidad de Agua ICA. Así mismo se realizaron mediciones de caudales y se colectaron macroinvertebrados acuáticos para calcular el Índice Biótico a nivel de familia IBF. Se ubicaron tres sitios de muestreo en la cuenca alta, tres en la cuenca media, tres en la cuenca baja y un sitio en la desembocadura de cada río, sumando un total de 10 sitios por río. Se realizaron 8 muestreos, en los que se hace evidente a través del análisis de parámetros fisicoquímicos como bióticos, que



existe un deterioro de la calidad de agua a medida que el sitio se encuentra más abajo en la cuenca hidrográfica (Gil, 2012).

Posteriormente en el año 2013, se desarrolló una investigación utilizando los índices: BMWP-CR (biological monitoring working party adaptado para Costa Rica) y el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera); ambos poseen una puntuación basada en los macroinvertebrados recolectados. Además, se tomaron muestras de agua para realizar análisis de DBO (demanda bioquímica de oxígeno) como parámetro de comparación, se determinó que la parte media y alta de la cuenca presentan valores de calidad regular (Acuña Campos, 2013).

En los ríos Tzalá y Tzunumá de la cuenca del lago de Atitlán se realizó un trabajo de investigación para determinar la calidad del agua a través de parámetros fisicoquímicos y comunidades de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Se establecieron dos monitoreos en 3 sitios de muestreo en cada río, determinando que el sitio Tuncuna 2 presentó “buena” calidad de agua durante el primer monitoreo, con el valor más alto del ICA; mientras que para el segundo monitoreo, fue el sitio Tzununá 1 el que presentó el valor más alto. Para ambos monitoreos, el sitio Tzalá 2 presentó los valores más bajos del ICA, catalogándose con “mala” calidad de agua, ya que está ubicado en el desfogue de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Andrés Semetabaj (Arriola, 2014).

El río Pansalic es tributario de la subcuenca del río Molino, este a su vez es el principal tributario del lago de Amatitlán. La subcuenca del río Pansalic tiene un área total de 48.10 km<sup>2</sup> con una pendiente media de 16.32%. Ubicado a 1600 metros sobre el nivel del mar (Gil, 2008).

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Sistemas lóticos

Los sistemas lóticos están formados por las aguas corrientes, ríos y arroyos. En estos ecosistemas los seres vivos presentan gran capacidad para fijarse al sustrato y para nadar, de esta forma evitan ser arrastrados por las corrientes (UST, s.f.).

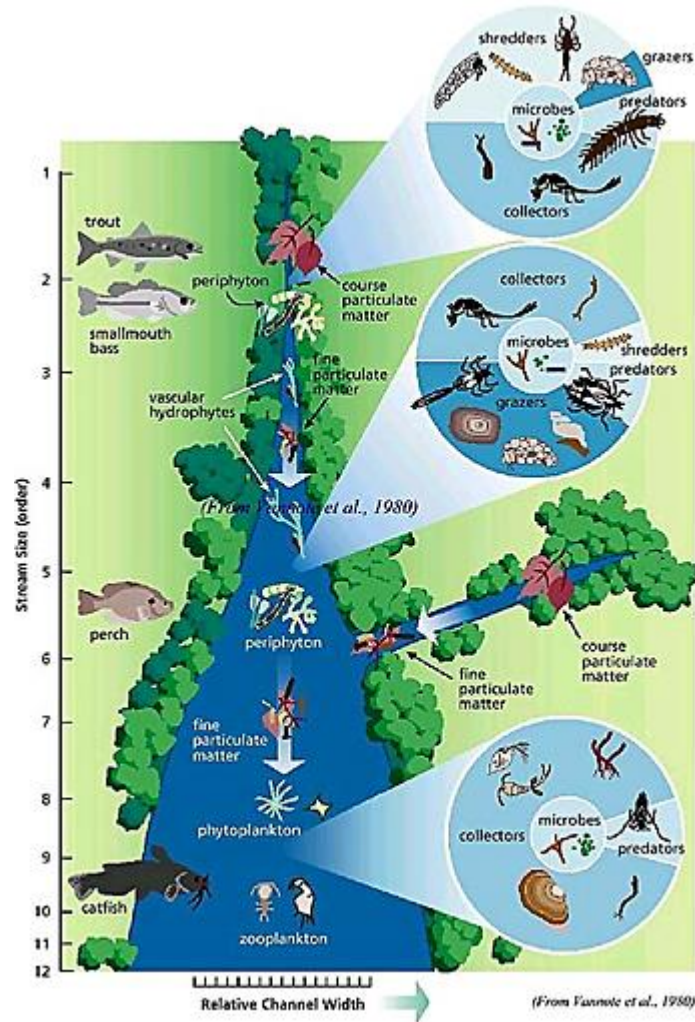
#### 3.2. Río continuo

Este concepto describe la estructura y función de las comunidades a lo largo de un río, la entrada y salida de energía de un cuerpo de agua y a su vez crea estructuras de modelo de las comunidades. Conceptos como: Equilibrio dinámico, sistema de red de arroyos físicos y distribución de claves, se ven ampliados mediante los siguientes factores:

- Estradas y salidas de energía.
- Estructuras promedio, según morfología y gradiente del río.
- Teoría del equilibrio energético.
- El río cambia de sus partes altas a sus partes bajas en: ancho, profundidad, velocidad, volumen de fluido, temperatura y ganancia de entropía.
- Las comunidades biológicas se adaptan a la redistribución de energía cinética.

(Vannote, Wayne, Cummins, Sedell, & Cushing, 1980).

Todos los factores energéticos se ven reflejados en el concepto de río continuo (Figura No.1).



**Figura No.1** Esquema de río continuo (Vannote, Wayne, Cummins, Sedell, & Cushing, 1980).

Determinando que un río pasa de ser heterotrófico a autotrófico y viceversa, dependiendo del grado de sombra a lo largo de su caudal, distribuyendo a los peces de la siguiente forma:

- Cuenca alta: carnívoros
- Cuenca media: omnívoros
- Cuenca baja: herbívoros

(Vannote, Wayne, Cummins, Sedell, & Cushing, 1980)

A mayor estabilidad física, menor estabilidad biótica y viceversa, así como la inestabilidad física crea las condiciones óptimas para numerosas especies, protegiendo la diversidad ecosistémica (Vannote, Wayne, Cummins, Sedell, & Cushing, 1980).

### 3.3. Bioindicadores

“Una especie indicadora es aquella que presenta una amplitud reducida con respecto a uno o más factores medioambientales y por tanto cuando está presente es indicativa de una situación o situaciones medioambientales particulares” (Molero, s.f.).

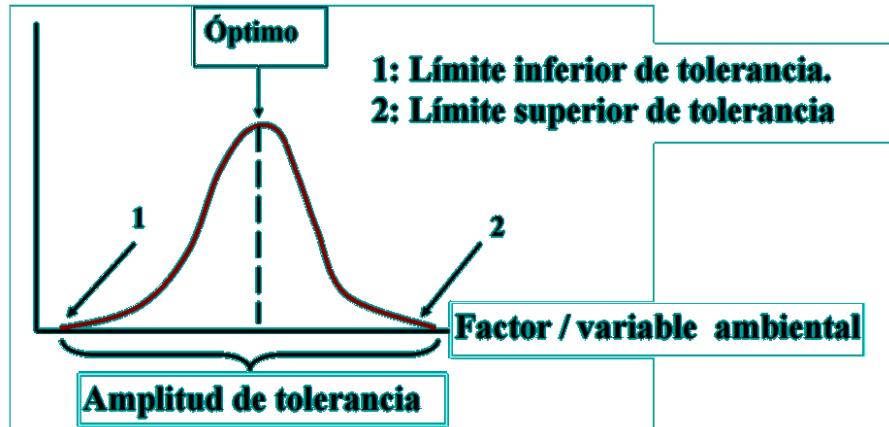
Los métodos de biomonitoreo en las estrategias de control de la contaminación química tiene varias ventajas sobre el monitoreo químico:

1. Miden la biohabilidad de los compuestos, integrando la concentración y su toxicidad intrínseca.
2. Integran los efectos en un gran número de individuos. La respuesta biológica e integrativa y acumulativa en la naturaleza, especialmente en los niveles más altos de organización biológica, lo cual reduce el número de medidas en espacio tiempo.

(De la Lanza, Hernandez, & Carbajal, 2000).

Como desventaja, se presenta la dificultad de relacionar los efectos observados con una contaminación en especial y por lo tanto, la utilización de bioindicadores no debe reemplazar el análisis químico en la determinación de la calidad del agua. A pesar de lo anterior, el uso de información biológica en la toma de decisiones en la calidad del agua se ha incrementado a partir de los años setentas en diversos países, sobre todo como una herramienta analítica para dar información sobre la estructura y función de las comunidades biológicas presentes sobre el cambio de condiciones pasadas. Actualmente algunos países han adquirido esta metodología biológica para su legislación de la calidad del agua (De la Lanza, Hernandez, & Carbajal, 2000).

Los bioindicadores deben ser especies estenóicas, que tienen una valencia ecológica o amplitud de tolerancia reducida respecto a uno o más factores ambientales (Figura No.2).



**Figura No.2** Amplitud de tolerancia reducida respecto a uno o más factores ambientales (Molero, s.f.)

### 3.3.1. Microalgas bentónicas

“Se define como microalgas bentónicas a los microorganismos, en su mayoría fotosintéticos que viven en el bentos (fondo) de un cuerpo de agua, estos organismos han sido utilizados ampliamente como indicadores del estado trófico de las masas de agua” (De la Lanza, Hernandez, & Carbajal, 2000).

Las microalgas bentónicas son poco sensibles a las presiones hidromorfológicas (alteraciones del régimen hidrológico, continuidad del río y condiciones morfológicas del lecho), por lo que no se recomienda su uso para la detección de tales presiones. Los macrófitos, dentro de la flora acuática, son mejores indicadores de las alteraciones hidromorfológicas (Confederación Hidrográfica del Ebro [CHE], y United Research Services [URS], 2005).

El término *perifiton* describe a la comunidad microbiótica que vive sobre los sustratos sumergidos de diferente naturaleza (sustratos duros, vegetación acuática, viva y muerta); incluyendo microalgas, bacterias, hongos y protozoos. Diferentes grupos de algas forman parte del perifiton y entre ellas las cianobacterias, las cuales son indicadoras de mala calidad del recurso hídrico (CHE & URS, 2005).

Los términos *epifiton*, *epifiton* y *epipelon* se refieren a los sustratos que colonizan las algas, que son sustratos pétreos, vegetación acuática y sedimento, respectivamente, se pueden adherir por rizoides, pedicelos, tubos u otros mecanismos (CHE & URS, 2005).

Los factores que controlan la distribución y abundancia del perifiton son:

- Luz
- Nutrientes
- Corrientes
- Temperatura
- Sustrato

(CHE & URS, 2005).

➤ Clasificación de las microalgas bentónicas

Cada cuerpo de agua posee un conjunto de formas planctónicas cuya variedad, abundancia y distribución son propias y dependen de su adaptación a las características abióticas (temperatura, luz, oxígeno disuelto, concentración de nutrientes) y bióticas (depredadores, parásitos, competencia) (Lima, 2000).

Entre los grupos más importantes de microalgas se encuentran, cianofitas, clorofitas y diatomeas; las especies representadas pueden variar de una masa de agua a otra (González, 1988).

a. Cianofitas

Se llaman también *Myxophyta*, *Schizophyta* y, en fecha más reciente, Cianobacterias comúnmente se denominan algas verde-azules. El grupo comprende algas unicelulares y pluricelulares. Algunos ejemplos de géneros representativos son: *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Lyngbyia* y *Oscillatoria*. Las cianofitas tienen la capacidad de fijar el nitrógeno molecular, con lo cual pueden contribuir hasta con un 50% del total de nitrógeno fijado en un año, otra propiedad de las algas verde-azules es su toxicidad, las especies mencionadas como tóxicas comprenden *Microcystis aeruginosa*, *M. Flosaquae* y *Aphanizomenon flosaquae*, cuya acción sobre los animales no planctónicos (peces y ganado) puede causar daños severos y hasta la muerte (González, 1988).

b. Clorofitas

Se denominan también algas verdes. Constituyen un grupo muy amplio y variado de algas unicelulares, de vida colonial y filamentosa. Algunos géneros de mayor importancia son:

*Chlamydomonas, Eudorina, Pandorina, Volvox, Gleocystis, Scenodesmus, Ankistrodesmus, Monoraphidium, Chlorella, Botryococcus, Coelastrum, Sphaerocystis, Kirchneriella, Dictyosphaerium, Staurastrum, Cosmarium, Staurodesmus, Closterium, Xanthidium, Euastrum, Micracasterias* (González, 1988).

c. Diatomeas

Las diatomeas bentónicas son aquellas que viven sobre un sustrato natural o artificial, en vez de suspendidas en la columna de agua (González, 1988).

Las diatomeas son el grupo más diverso de las microalgas bentónicas, suelen constituir entre el 80 y el 90% de la comunidad de perifiton. Son cosmopolitas y sus requerimientos ecológicos son conocidos para muchas de sus especies, y son los mismos en diferentes regiones geográficas, tienen como ventaja adicional la buena manipulación y conservación de las muestras, lo que se debe en parte al esqueleto de sílice (la frústula), de elevada resistencia y cuyas características morfológicas son la base de la identificación de las especies, también presentan una respuesta rápida a los cambios que se producen en su entorno, por su elevada tasa de reproducción (González, 1988).

### 3.3.2 Macroinvertebrados acuáticos

El término macroinvertebrados acuáticos, resulta ser una abstracción que incluye a organismos invertebrados, que con su tamaño relativamente grande, son retenidos en redes de 250 a 300µm. Dentro de esta categoría están los filos: *Porífera, Cnidaria, Ctenofora, Plathelminthes, Annelida (Polichaeta, Oligochaeta e Hirudínea), Mollusca y Arthropoda (Crustacea e Insecta principalmente)*. Dentro de la clase *Insecta* se incluyen: *Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Neuroptera; Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera y Diptera* principalmente (Tercedor, 1996).

Los macroinvertebrados son aquellos que se encuentran en toda la columna del agua de los ríos o lagos adheridos a sustratos como rocas, plantas acuáticas, residuos vegetales o enterrados en el sustrato (Róldan & Ramírez, 2008).

Existen dos tipos de hábitat de agua dulce: Lénticos o de agua aparentemente estancada y lóticos que se refieren a ríos y ecosistemas de flujo constante de agua, los hábitat pueden llegar a ser muy diversos según la corriente o el sustratos y el cambio de estos en una longitud corta del río. El tamaño de la partícula del sustrato puede verse influenciado por muchas cosas, incluso por la estructura geológica y la influencia de los procesos geológicos tanto del pasado como del presente (Merritt & Cummins, 1996).

Las características del sustrato son la mayor influencia en la distribución de macroinvertebrados, sin embargo algunos autores colocan este factor en segundo lugar siendo la principal influencia la velocidad del río y las características de la corriente (Merritt & Cummins, 1996).

El flujo del agua resulta ser una variable fundamental en la distribución, ya que determina la dispersión, el uso de hábitat, la adquisición de recursos, la competencia y las interacciones presa-depredador. La velocidad de la corriente afecta el tamaño de las partículas, además de distribuir el alimento y afectar las concentraciones de oxígeno disuelto (García P. , 2008).

### 3.4. Parámetros fisicoquímicos

#### 3.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

Es la medida de la concentración del hidrógeno ( $H^+$ ), presentado en números enteros, calculado a partir del negativo del logaritmo de la concentración molar del hidrógeno ( $pH = -\log [H^+]$ ), indica la capacidad ácida de una sustancia. El rango va de 0 a 14, interpretándose como ácido si el resultado se encuentra entre 0 y 6, neutro si el resultado se encuentra en 7 y básico si el valor es de 8 a 14. El pH en aguas naturales depende del dióxido de carbono ( $CO_2$ ), también depende de la descomposición de los terrenos que atraviesa la esorrentía. El valor de pH alcalino indica suelos calizos y el pH ácido indica suelos silíceos (Llamas, 2001).



### 3.4.2. Conductividad eléctrica

Propiedad que tiene una masa de agua de permitir pasar a través de ella una corriente eléctrica, está muy entrelazada con los sólidos disueltos totales ya que estos son buenos indicadores de la productividad de un cuerpo de agua (Llamas, 2001).

### 3.4.3. Temperatura

Determinada por la cantidad de energía calórica (ondas infrarrojo) que son absorbidas por un cuerpo de agua y es la que juega un papel fundamental en todos los procesos biológicos, los resultados de la medida de la temperatura se presentan en grados centígrados (°C) (Hurtarte de Molina, 1995).

### 3.4.4. Oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>)

Uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. El oxígeno llega al agua por difusión de la atmósfera y por la fotosíntesis. La determinación del oxígeno puede ser afectada por la temperatura, la salinidad y la altura sobre el nivel del mar en el que se encuentre el cuerpo de agua (Guevara & Dominici, 2012). La medición se reporta en miligramos por litro (mg/L), los cuales son transformados en porcentaje de saturación utilizando la corrección del oxígeno por la presión atmosférica dependiendo de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura (Urbà Lamadrid, 2012).

### 3.4.5. Fosfatos

El fósforo es esencial para el crecimiento de ciertos organismos, principalmente algas. Las formas más frecuentes en las que se encuentra el fosforo en las soluciones acuosas son: ortofosfatos, polifosfatos y fosfato orgánico (Urbà Lamadrid, 2012).

## **4. OBJETIVOS**

### 4.1. Objetivo general

- Contribuir al conocimiento de bioindicadores de calidad de agua del río Pansalic, en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux.

### 4.2. Objetivos específicos

- Establecer la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en el río Pansalic.
- Identificar los grupos de microalgas bentónicas en el río Pansalic.
- Describir las características físico-químicas del río Pansalic.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se realizó en el río Pansalic, el cual posee un área total de 48.10km<sup>2</sup> (Gil, 2008). El nacimiento de agua está localizado en del municipio de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez y la desembocadura en del municipio de Mixco, Guatemala. Ubicándose por completo dentro del Área Protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux.

### 5.2 Variables

**Cuadro No. 1** Variables biológicas y físico-químicas.

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>
Potencial de hidrogeno	Unidades de pH	Sólidos Disueltos Totales	mg/L
Fosfatos	mg/L	Oxígeno disuelto	% de saturación
Altura	m.s.n.m.	Temperatura del agua	°C
Salinidad	g/L	Macroinvertebrados acuáticos	Taxa
Conductividad	μS/m	Microalgas bentónicas	Taxa
Coliformes fecales	Número Más Probable (NMP)		

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

### 5.3 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos

#### 5.3. 1 Determinación de sitios de muestro

1. Selección del tramo de muestra: Según el punto de muestreo, se seleccionó un tramo de muestreo de no más de 50 metros de longitud.
2. Selección de los hábitats: Se identificaron los diferentes hábitats existentes en el tramo seleccionado. Estos hábitats definieron en base a diferentes combinaciones de profundidad (somero-profundo), velocidad del agua (rápida, mediana, lenta), naturaleza del sustrato y presencia de vegetación (hidrófitos o helófitos). Los hábitats identificados fueron (Figura No.3):

- Sustrato duro y corriente fuerte (zonas lólicas)
- Sustrato duro y corriente moderada-lenta (zonas lélicas)
- Vegetación acuática emergida de los márgenes de los ríos
- Macrófitos emergidos o macroalgas
- Arena, grava o fango



**Figura No.3** Hábitats seleccionados para muestreo (Trabajo de campo, 2015).

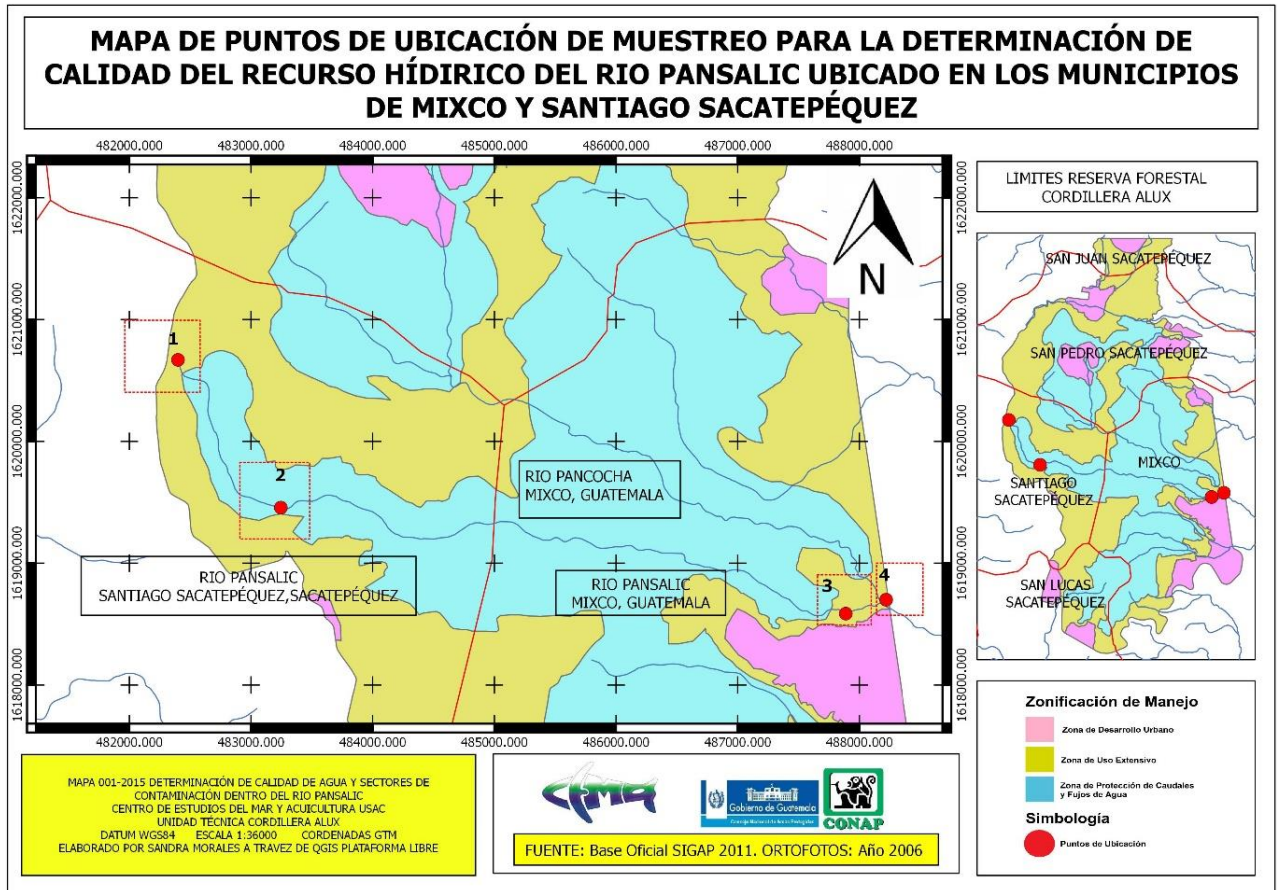
Para la aplicación del índice IBF-SV es muy importante seleccionar un tramo de río que posea todos o la mayor parte de los tipos de hábitats indicados, lo que permitirá recoger la máxima diversidad de organismos (Cuadro No. 2) (Alba-Tercedor, Pardo, Prat, & Pujante, 2006)

**Cuadro No.2.** Puntos de muestreo, coordenadas y justificación

<b>No.</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Justificación</b>
<b>1</b>	Cuenca Alta: Nacimiento del río Pansalic, Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez.	X 482400 Y 1620669 m.s.n.m: 2, 103	Punto de inicio de la sub-cuenca, lo cual brinda un punto de comparación en la realización del análisis.
<b>2</b>	Cuenca media del río Pansalic, punto conocido como “La Cascada”, dentro del municipio de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez.	X 484867 Y 1619329 m.s.n.m: 2,071	Punto de degradación por actividades agrícolas.
<b>3</b>	Cuenca baja del río Pansalic, antes de la unión con el río Pancochà y la creación del río Molino, dentro del municipio de Mixco, Guatemala.	X 488220 Y 1618700 m.s.n.m: 1,678	Desembocadura del río Pansalic, determinante para la comprobación de la calidad de efluente que brinda al río Molino y por lo tanto al río Villalobos.

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Cada punto fue identificado y georreferenciado en los recorridos previos a la realización del muestreo, generando un mapa de ubicación, con el fin de localizar dentro del área protegida el río Pansalic (Figura No.4).



**Figura No. 4** Mapa de ubicación geográfica de puntos de muestreo en el río Pansalic, municipios de Mixco y Santiago Sacatepéquez (Trabajo de campo, 2015).

Los muestreos se realizaron en tres puntos, el criterio para seleccionarlos fue en relación a actividades antropológicas y localización geográfica adecuada. Los puntos fueron seleccionados durante los recorridos de campo, donde se encontraron diversos contaminantes, como basureros clandestinos (Figura No.5), contaminación por fertilizantes (Figura No.6), contaminación por jabones y contaminación por aguas residuales no tratadas (Figura No.7).





**Figura No. 5** Basureros clandestinos (Trabajo de campo, 2015).



**Figura No. 6** Uso de fertilizantes y plaguicidas (Trabajo de campo, 2015).



**Figura No. 7** Vertimiento de detergentes y aguas residuales domiciliarias (Trabajo de campo, 2015).

### 5.3.2 Selección de la muestra

Se tomó la muestra de cada hábitat identificado, recorriendo el tramo con la red en “D”, por un periodo de 5 minutos por cada sub-muestra, para hacer un total de 15 minutos por colecta en cada punto de muestreo.

Se estructuró un formulario para el registro de la información, con los datos de: geoposicionamiento, temperatura ambiental, temperatura del agua, ancho del río en el tramo muestreado y profundidad máxima de muestreo, así como cualquier otro dato que se consideró pertinente, incluyendo un registro fotográfico (Sermeño et. al., 2010).

Previo a la realización de la colecta se prepararon los botes de muestra de cada punto, agregando los datos de importancia del muestreo como:

- Fecha de la colecta
- Hora de la colecta
- Nombre del colector
- Punto de muestreo
- Modo de conservación de la colecta

Se agregó alcohol 90% (Etanol) a los botes preparados e identificados en pasos previos.

Al final del muestreo se procuró que el alcohol quedara a una concentración del 70-80% para evitar daño en los organismos atrapados según indica la bibliografía (Sermeño et. al., 2010).

### 5.3.3 Proceso de colecta

- a. Se dió inicio al proceso de muestreo cronometrando en cuenta regresiva cinco minutos por cada sub-muestra, colocada la red “D” en posición vertical tomándola por la parte más alta del mango (agarradero) y colocándola contra corriente en contacto con el fondo, mientras el bentos era removido con los pies, procurando que el material que flote o se arrastre con la corriente (Figura No. 8)
- b. Cuando la red “D” tuvo contacto con secciones con abundante hojarasca y la red acumuló gran cantidad de esta, se procedió a pausar el cronometro y limpiar la submuestra para evitar que la red se tapara y no fluyera el agua a través de ella.





**Figura No.8** Muestreo de macroinvertebrados acuáticos con la red en “D” (Trabajo de campo, 2015).

- Equipos para la recolección de las muestras:
  - a) Red de muestreo
  - b) Pinzas entomológicas
  - c) Botes de plástico con tapón hermético de 1 litro de capacidad.
  - d) Lápiz
  - e) Tijeras
  - f) Cinta aislante (teflón)
  - g) Cámara digital
  - h) Hojas de campo.

#### 5.4 Muestreo de microalgas bentónicas

El muestreo de microalgas bentónicas se realizó utilizando la guía de identificación y muestreo de Cianobacterias de Wayne & Carmichael, 2010, la cual es compatible para las condiciones del río Pansalic, se utilizó únicamente un método cualitativo de identificación de especies, por el cual se determinaron las especies existentes en el medio, determinando según la bibliografía la importancia que tiene cada grupo algal en la calidad del recurso hídrico analizado. El proceso de recolección fue el siguiente:

##### 5.4.1 Selección del sustrato

Las características utilizadas para la selección del sustrato fueron:

- Que el sustrato estuviera situado en zonas sumergidas del lecho fluvial
- Que fuera un sustrato duro y estable

Con estas características fue seleccionado el sustrato para obtener las muestras

#### 5.4.2 Directrices para la toma de la muestra

- Se evitó muestrear sustratos procedentes de zonas muy sombreadas, zonas emergidas, zonas de escasa corriente y zonas de mucha corriente, evitando así las muestras de condiciones no características del medio.
- Se realizó la colecta con guantes para evitar así la transferencia de microorganismos a la muestra deseada y la contaminación por factores externos.

#### 5.4.3 Equipo de muestreo

- Protección personal: Botas o vadeadores de pescador, guantes de látex
- Recolección e identificación de muestras:
  - a. Cepillo de dientes duro
  - b. Botes de vidrio color ámbar.
  - c. Rotulador permanente
  - d. Lápiz
  - e. Etiquetas de información en los botes de colecta

#### 5.4.4 Procedimiento de muestreo

La colecta de los microorganismos se realizó por medio de la identificación del sustrato y se froto suavemente el cepillo de cerdas duras sobre el sustrato, luego se llenó el bote color ámbar con agua del punto de muestreo se lavó el cepillo dentro del bote de colecta y se le agregaron 10 gotas de Lugol ácido como reactivo fijador (Figura No.9).



**Figura No.9** Selección del sustrato y colecta de microalgas bentónicas (Trabajo de campo, 2015).

## 5.5 Parámetros físico químicos

Se realizó la toma de parámetros físico-químicos por medio de metodologías diferentes, la primera fue el uso de un multiparamétrico de bolsillo de marca TRACER®, con el cual se obtuvieron los parámetros *in situ* tales como: Potencial de hidrogeno (pH), Salinidad (g/L), Conductividad (( $\mu$ S/cm), Sólidos Disueltos Totales (mg/L), Temperatura del agua (°C). Utilizando un oxímetro marca HANNA® se obtuvo el oxígeno disuelto (% de saturación). La altura de cada punto de muestreo fue obtenida por un dispositivo GPS.

## 5.6 Análisis de la información

### 5.6.1 Macroinvertebrados acuáticos

Los resultados se trabajaron mediante una base de cálculo y presentados según el Índice Biológico a nivel de Familias (IBF-2010), índice colorimétrico el cual brinda categorías de los resultados de la calidad del agua determinada mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos (Sermeño et. al., 2010).

Se agruparon en un cuadro de resultados las familias, el número de organismos colectados y el total de organismos, para luego mediante el cuadro de cálculo determinar la categoría a la que pertenece el punto de muestreo según la cantidad de contaminación orgánica a la que es sometido el recurso, de acuerdo al IBF-SV-2010, encontrándose la clasificación de las categorías de aguas establecidas (Tabla No.1) y mediante la utilización del cuadro de cálculo el cual se basa en la siguiente formula.





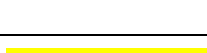


$$IBF-SV = \Sigma \frac{abd * ptj}{Total\ abd}$$

Donde:

Abd = Abundancia de organismos

Ptj = Puntaje determinado como indicador para cada familia

**Tabla No.1.** Categorías de calidad del agua, según resultado obtenido a través del cálculo del IBF-SV-2010.

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACION DEL GRADO DE CONTAMINACION ORGANICA
0.00 - 3.75	1 	Excelente	Contaminación orgánica improbable
3.76 - 4.25	2 	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible
4.26 – 5.00	3 	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 – 5.75	4 	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
5.76 – 6.50	5 	Regular pobre	Contaminación sustancial probable
6.51 – 7.25	6 	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7.26 – 10.00	7 	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable

Sermeño, y otros, Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010), 2010.

Para determinar la riqueza y biodiversidad de los organismos muestreados se utilizaron gráficos estadísticos, los cuales hacen posible la interpretación de los resultados, haciendo su lectura más comprensible.

#### 5.6.2 Parámetros físico químicos y microbiológicos

El análisis químico y microbiológico fue realizado en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos (Anexo No. 6).

Los datos obtenidos fueron tabulados en orden de mes de toma de muestra y se generaron gráficas estadísticas para hacer referencia al comportamiento físico-químico y microbiológico a lo largo del río Pansalic; También se obtuvo la biodegradabilidad del agua en cada punto de

muestreo, con el fin de determinar el tratamiento de aguas adecuado al que debe ser sometido este recurso.

La metodología para la obtención de la biodegradabilidad del recurso es la siguiente: Mediante los datos obtenidos en el análisis fisicoquímico sanitario, utilizando la siguiente fórmula (Anexo No.6):

$$\frac{\text{Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)}}{\text{Demanda Química de Oxígeno (DQO)}} = \text{Biodegradabilidad del agua residual}$$

Donde los valores son interpretados de la siguiente forma:

< 0.2	Poco biodegradable
0.2 – 0.4	Biodegradable
>0.4	Muy biodegradable

### 5.6.3 Microalgas bentónicas

Dentro del proceso de análisis descriptivo de los organismos identificados de microalgas bentónicas en el río Pansalic, se contemplaron una serie de pasos estandarizados, entre los que se incluyeron los siguientes:

- a. Observación de la muestra
- b. Identificación
- c. Clasificación por grupo algal
- d. Procesamiento de datos por agrupamientos estadísticos

Las muestras obtenidas de ambos bioindicadores (macroinvertebrados y microalgas bentónicas) fueron limpiadas, separadas por punto de muestreo, identificadas y registradas por fotografías en el Laboratorio de Ciencias Biológicas y Oceanografía del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, utilizando el siguiente equipo (Figura No.10):

- Microscopio
- Aceite de aumento
- Estereoscopio
- Cámara fotográfica
- Guías de identificación
- Viales de clasificación



**Figura No.10** Observación e identificación de microalgas bentónicas (Trabajo de campo, 2015).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Macroinvertebrados acuáticos

#### 6.1.1. Diversidad y abundancia

Durante el primer muestreo realizado en el mes de mayo se colectaron un total de 169 organismos incluidos en 7 familias, 4 órdenes y todos pertenecientes a la clase Insecta (Cuadro No.3).

**Cuadro No.3.** Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los puntos de muestreo.

<b>Cuenca</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>No. Org.</b>
<i>Cuenca alta</i>	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>1</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	<i>1</i>
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	<i>9</i>
	<i>Coleóptera</i>	<i>Limnichidae</i>	<i>1</i>
<i>Cuenca media</i>	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	<i>1</i>
	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>5</i>
<i>Cuenca baja</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	<i>6</i>
	<i>Díptera</i>	<i>Blephariceridae</i>	<i>3</i>
	<i>Díptera</i>	<i>Chironomidae</i>	<i>142</i>
<b><i>TOTAL</i></b>			<b><i>169</i></b>

Trabajo de campo, 2015.

La cuenca alta posee el mayor número de familias colectadas, con un total de 4 familias, mientras que el mayor número de organismos fueron colectados en la cuenca baja con un total de 142 organismos pertenecientes a la familia *Chironomidae* del orden *Diptera*.

Para el segundo muestreo realizado en el mes de agosto se colectaron un total de 445 organismos incluidos en 9 familias, 5 órdenes y todos pertenecientes a la clase Insecta (Cuadro No.4).

**Cuadro No.4** Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los puntos de muestreo.

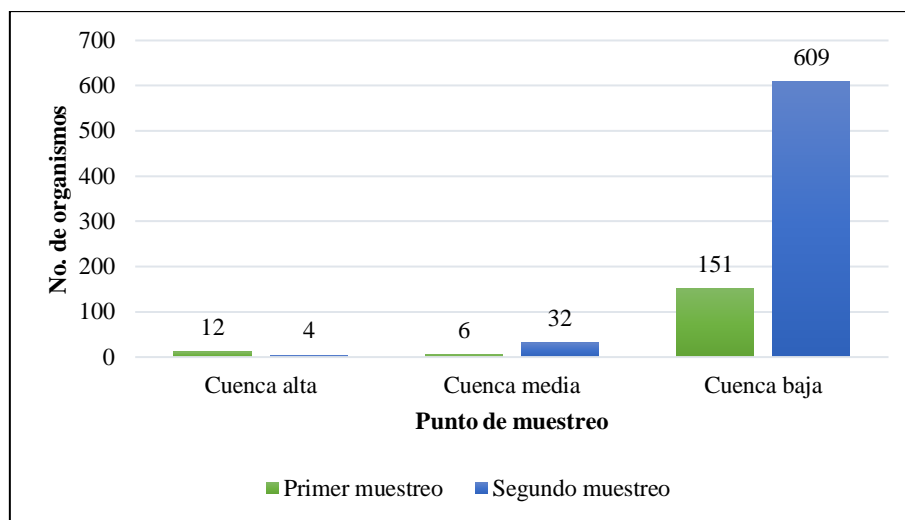
<b>Cuenca</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>No. Org..</b>
<b>Cuenca alta</b>	<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	1
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	1
	<i>Coleóptera</i>	<i>Haliplidae</i>	1
	<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	1
<b>Cuenca media</b>	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	1
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Bateidae</i>	1
	<i>Díptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	29
	<i>Coleoptera</i>	<i>Haliplidae</i>	1
<b>Cuenca baja</b>	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	1
	<i>Díptera</i>	<i>Chironomidae</i>	325
	<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	243
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	39
	<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	1
<b>TOTAL</b>			<b>445</b>

Trabajo de campo, 2015.

La mayor diversidad de familias y la mayor abundancia de organismos colectados se encuentran en la cuenca baja, con un total de 5 familias identificadas y 325 organismos pertenecientes a la familia *Chironomidae*.

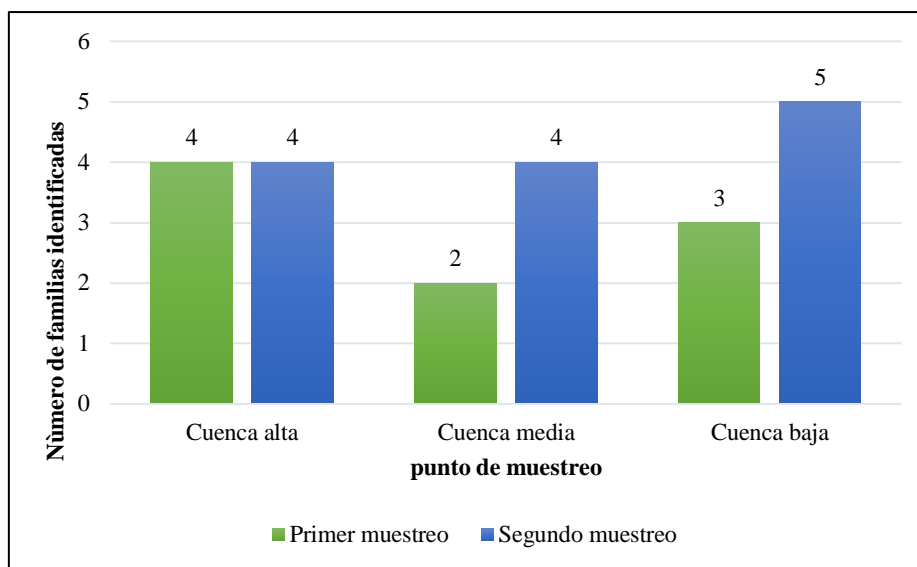


La variación en el comportamiento del número de individuos colectados, clasificados por punto de muestreo y mes de referencia, está evidenciado un drástico cambio cuantitativo entre las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos ubicados en la cuenca baja, en relación a los otros dos puntos de muestreo, también se puede observar la cantidad de organismos colectados durante el segundo muestreo realizado en el mes de agosto en la cuenca alta, este fenómeno podría estar relacionado con la explotación del recurso hídrico para la producción hortícola del sector. Durante el período canicular la población utilizó gran cantidad de agua del nacimiento para continuar su producción, reduciendo el volumen de agua habitual del río y limitando así las formas de vida presentes en el área (Figura No.11).



**Figura No.11** Abundancia de macroinvertebrados acuáticos (Trabajo de campo, 2015).

La diversidad de familias colectadas durante el muestreo reveló que la cuenca alta presenta el mismo número de familias colectadas en ambos muestreos, mientras que la cuenca media y la cuenca baja se encuentran en variaciones numéricas mayores, aunado a esto se contempla que la mayoría de organismos colectados en la cuenca media y baja son pertenecientes al orden *Diptera*, familias *Chironomidae* y *Ceratopogonidae*, ambas familias indicadoras de mala calidad del agua o contaminación orgánica severa probable (Figura No.12).



**Figura No.12** Diversidad de macroinvertebrados acuáticos a nivel de familia (Trabajo de campo, 2015).

#### 6.1.2. Índice Biológico por Familias de invertebrados acuáticos para El Salvador (IBF-SV-2010)

Durante el primer muestreo, la cuenca alta cuenta con una puntuación de 5.08, lo cual se interpreta como categoría 4, que indica que es agua de calidad regular, con contaminación orgánica bastante sustancial en probabilidad (Cuadro No.5).

**Cuadro No. 5** IBF-SV, para la cuenca alta en el primer muestreo.

Grupos taxonómicos	Abundancia	Puntaje	Abd*ptj	(Abd*ptj) /Total
<i>Díptera Tipulidae</i>	1	5	5	0.41
<i>Hemiptera: Naucoridae</i>	1	6	6	0.5
<i>Hemiptera: Veliidae</i>	9	5	45	3.75
<i>Coleóptera: Limnichidae</i>	1	5	5	0.41
<b>Abundancia total</b>	<b>12</b>			<b>5.08</b>

Trabajo de campo, 2015.

La cuenca media obtuvo una puntuación de 5, que corresponde a la categoría 3 e indica que es un punto de agua con calidad buena y con alguna contaminación orgánica probable (Cuadro No.6).

**Cuadro No. 6** IBF-SV, para la cuenca media en el primer muestreo.

<b>Grupos taxonómicos</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd*ptj</b>	<b>(Abd*ptj) /Total</b>
<i>Díptera: Tipulidae</i>	5	5	25	4.16
<i>Hemiptera: Veliidae</i>	1	5	5	0.83
<b>Abundancia total</b>	<b>6</b>			<b>5</b>

Trabajo de campo, 2015.

Por último la cuenca baja con una puntuación de 7.76, revela una categoría muy pobre, revelando agua con contaminación orgánica severa, prohibida su ingesta y puede ser clasificada como agua residual cruda (Cuadro No.7).

**Cuadro No. 7** IBF-SV, para la cuenca baja en el primer muestreo.

<b>Grupos taxonómicos</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd*ptj</b>	<b>(Abd*ptj) /Total</b>
<i>Ephemeroptera: Baetidae</i>	6	6	36	0.23
<i>Díptera: Blephariceridae</i>	3	0	0	0
<i>Díptera: Chironomidae</i>	142	8	1,136	7.52
<b>Abundancia total</b>	<b>151</b>			<b>7.76</b>

Trabajo de campo, 2015.

Para el segundo muestreo realizado en el mes de agosto la cuenca alta con una puntuación de 6 que corresponde a la categoría regular pobre, estableciendo una contaminación orgánica sustancial probable (Cuadro No.8).

**Cuadro No. 8** IBF-SV, para la cuenca alta en el segundo muestreo.

<b>Grupos taxonómicos</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd*ptj</b>	<b>(Abd*ptj) /Total</b>
<i>Diptera: Culicidae</i>	1	10	10	2.5
<i>Hemiptera: Veliidae</i>	1	5	5	1.25
<i>Coleóptera: Haliplidae</i>	1	4	4	1
<i>Hemiptera: Mesoveliidae</i>	1	5	5	1.25
<b>Abundancia total</b>	<b>4</b>			<b>6</b>

Trabajo de campo, 2015.

La cuenca media con una puntuación de 7.26, indica una contaminación orgánica severa probable, siendo clasificada como agua no apta para consumo ni utilización agrícola (Cuadro No.9).

**Cuadro No. 9** IBF-SV, para la cuenca media en el segundo muestreo.

<b>Grupos taxonómicos</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd*ptj</b>	<b>(Abd*ptj) /Total</b>
<i>Díptera: Tipulidae</i>	1	5	5	0.15
<i>Ephemeroptera: Baetidae</i>	1	6	6	0.18
<i>Díptera: Ceratopogonidae</i>	29	8	232	7.25
<i>Coleoptera: Haliplidae</i>	1	4	4	0.12
<b>Abundancia total</b>	<b>32</b>			<b>7.72</b>

Trabajo de campo, 2015.

Por último la cuenca baja con una puntuación de 10, categoría muy pobre, revelando agua con contaminación orgánica severa, se prohíbe su ingesta, clasificandose como agua residual cruda (Cuadro No.10).

**Cuadro No. 10.** IBF-SV, para la cuenca baja en el segundo muestreo.

<b>Grupos taxonómicos</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd*ptj</b>	<b>(Abd*ptj) /Total</b>
<i>Díptera: Tipulidae</i>	1	5	5	0.008
<i>Díptera: Chironomidae</i>	325	8	2,600	4.26
<i>Diptera: Ceratopogonidae</i>	243	8	1,944	3.19
<i>Ephemeroptera: Baetidae</i>	39	6	234	0.38
<i>Odonata: Calopterygidae</i>	1	7	7	0.01
<b>Abundancia total</b>	<b>609</b>			<b>7.86</b>

Trabajo de campo, 2015.

Los resultados obtenidos en los muestreos realizados, señalan que el 66.66% de las muestras reflejan una calidad de agua de “regular a pobre”; mientras que el 33.33% restante tiene agua de calidad “muy pobre”, es decir son lugares altamente contaminados.

## 6.2. Parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua

De acuerdo a los valores de los parámetros físico-químicos reportados en ambos muestreos para la cuenca alta, se determinó que estos se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles según la norma COGUANOR NGO 29 001:99 para Guatemala (Comisión Guatemalteca de Normas [COGUANOR], 2005)., de la misma manera los valores de coliformes fecales reflejan menor contaminación por vertimientos de aguas residuales o contaminación puntual, estando dentro de los valores permisibles de la norma COGUANOR antes mencionada (Cuadro No.11).

**Cuadro No.11** Parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos, durante los muestreos en la cuenca alta

<b>Variable</b>	<b>Dato (Mayo)</b>	<b>Dato (Agosto)</b>
Potencial de hidrogeno (pH)	7.1	6.81
Fosfatos (mg/L)	138	138
Altura (msnm)	2,103	2,103
Salinidad (g/L)	0.21	0.20
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	202	189.7
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	186	107
Oxígeno disuelto (% de saturación)	97	109
Temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ )	22.7	19.6
Coliformes fecales (NMP)	$9 \times 10^6$	$9 \times 10^6$

Trabajo de campo, 2015.

La cuenca media con un mayor número de coliformes fecales y concentración de fosfatos en comparación con la cuenca alta podría indicar aguas más contaminadas por fuentes antropogénicas, lo que concuerda con las condiciones observadas durante los recorridos de campo realizados. Sin embargo en general todas las variables analizadas para este sitio están dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por COGUANOR (Cuadro No.12).

**Cuadro No.12.** Parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos, durante los muestreos en la cuenca media

<b>Variable</b>	<b>Dato (Mayo)</b>	<b>Dato (Agosto)</b>
Potencial de hidrogeno (pH)	7.75	7.5
Fosfatos (mg/L)	146	146
Altura (msnm)	2,071	2,071
Salinidad (g/L)	0.16	0.27
Conductividad (µS/cm)	200	188
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	111.7	129.2
Oxígeno disuelto (% de saturación)	101	95
Temperatura del agua (°C)	24.8	20.1
Coliformes fecales (NMP)	16x10 <sup>7</sup>	16x10 <sup>7</sup>

Trabajo de campo, 2015.

Por último la cuenca baja como receptora de todos los contaminantes químicos y orgánicos de la cuenca alta y media, muestra la misma concentración de coliformes fecales en ambos muestreos comparado con la cuenca media, no sobrepasan el Límite Máximo Permisible (LMP). De la misma manera las concentraciones de las variables físico-químicas, también están dentro de los valores establecidos por la norma COGUANOR NGO 29 001:99 (Cuadro No.13).

**Cuadro No.13.** Parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos, durante los muestreos en la cuenca baja.

<b>Variable</b>	<b>Dato (Mayo)</b>	<b>Dato (Agosto)</b>
Potencial de hidrogeno (pH)	7.71	7.90
Fosfatos (mg/L)	77	77
Altura (msnm)	1,678	1,678
Salinidad (g/L)	0.14	0.13
Conductividad (μS/cm)	285	274
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	211	194
Oxígeno disuelto (% de saturación)	61	65
Temperatura del agua (°C)	19.7	21.3
Coliformes fecales (NMP)	16x10 <sup>7</sup>	16x10 <sup>7</sup>

Trabajo de campo, 2015.

Vale la pena mencionar que a pesar que todas la variables físico-químicas y microbiológicas en los 3 sitios (cuenca alta, media y baja), en ambos muestreos están dentro de los Límites Máximos Permisibles, establecidos por la norma COGUANOR, al hacer la relación de estas variables con la diversidad y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos reportados según el IBF-SV-2010, se evidencia algún tipo de contaminación en los tres sitios de muestreo haciendo evidente el deterioro del agua en el río Pansalic.

- Biodegradabilidad como agua residual del río Pansalic:

Cuenca alta:

$$\frac{02.00 \text{ mg/L}}{04.00 \text{ mg/L}} = 0.5 \text{ mg/L}$$

Cuenca media:

$$\frac{03.00 \text{ mg/L}}{09.00 \text{ mg/L}} = 0.33 \text{ mg/L}$$

Cuenca baja:

$$\frac{35.00 \text{ mg/L}}{80.00 \text{ mg/L}} = 0.4375 \text{ mg/L}$$

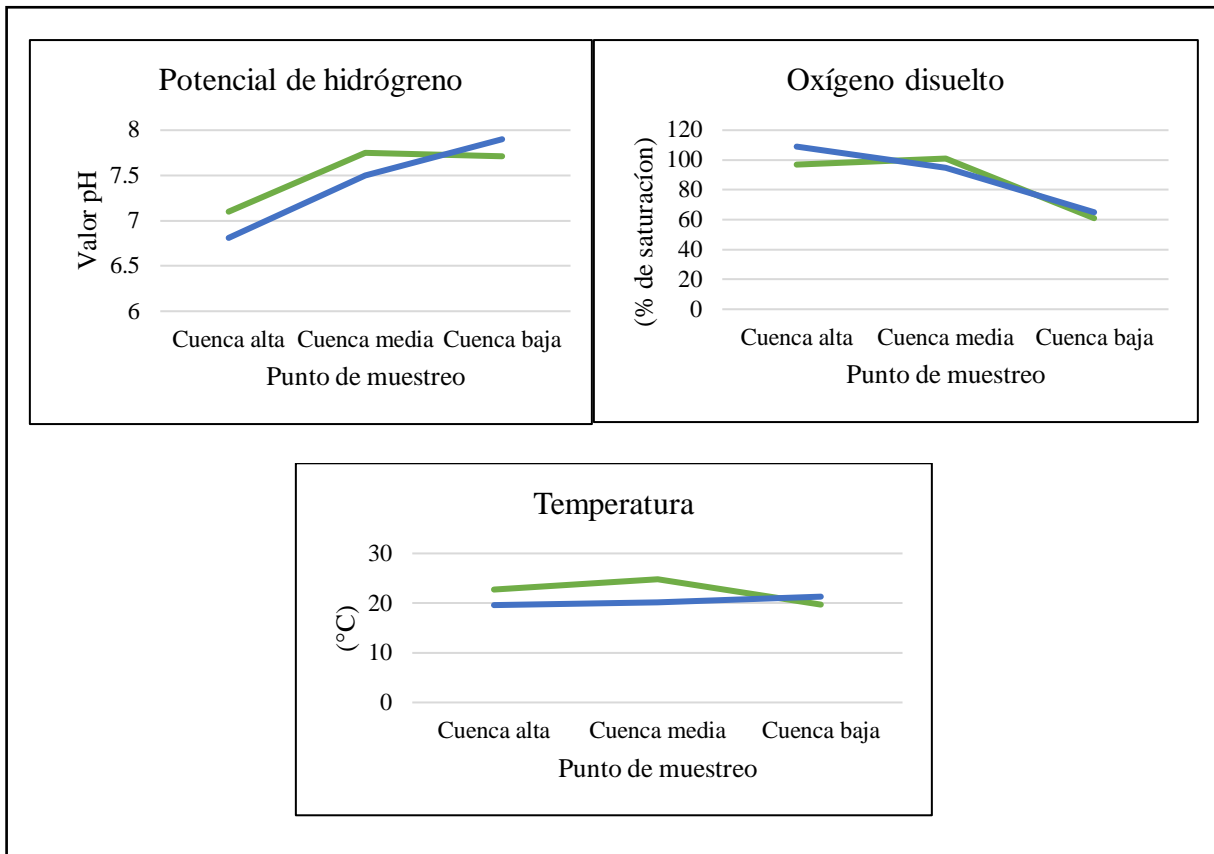
En la determinación de la biodegradabilidad del agua residual para el río Pansalic, los valores obtenidos indican que se puede implementar un tratamiento biológico para su depuración, sin recurrir al tratamiento químico para ser esta útil de forma recreativa en los 3 sitios de muestreo.

Los valores de pH de cada sitio de muestreo fueron constantes en el río, siendo el valor mínimo 7.1 y el valor máximo 7.75 durante el primer muestreo realizado en el mes de mayo, mientras que en el segundo muestreo el valor mínimo fue de 6.81 y el valor máximo 7.90.

El oxígeno disuelto varió según las condiciones fisico-químicas, microbiológicas y topográficas del área por lo que se puede observar en ambos muestreos realizados que la cuenca baja presentaron el menor porcentaje de saturación de oxígeno disuelto lo que podría deberse al alto grado de contaminación orgánica de este punto de muestreo y el requerimiento de oxígeno que necesita el ecosistema para su restauración.

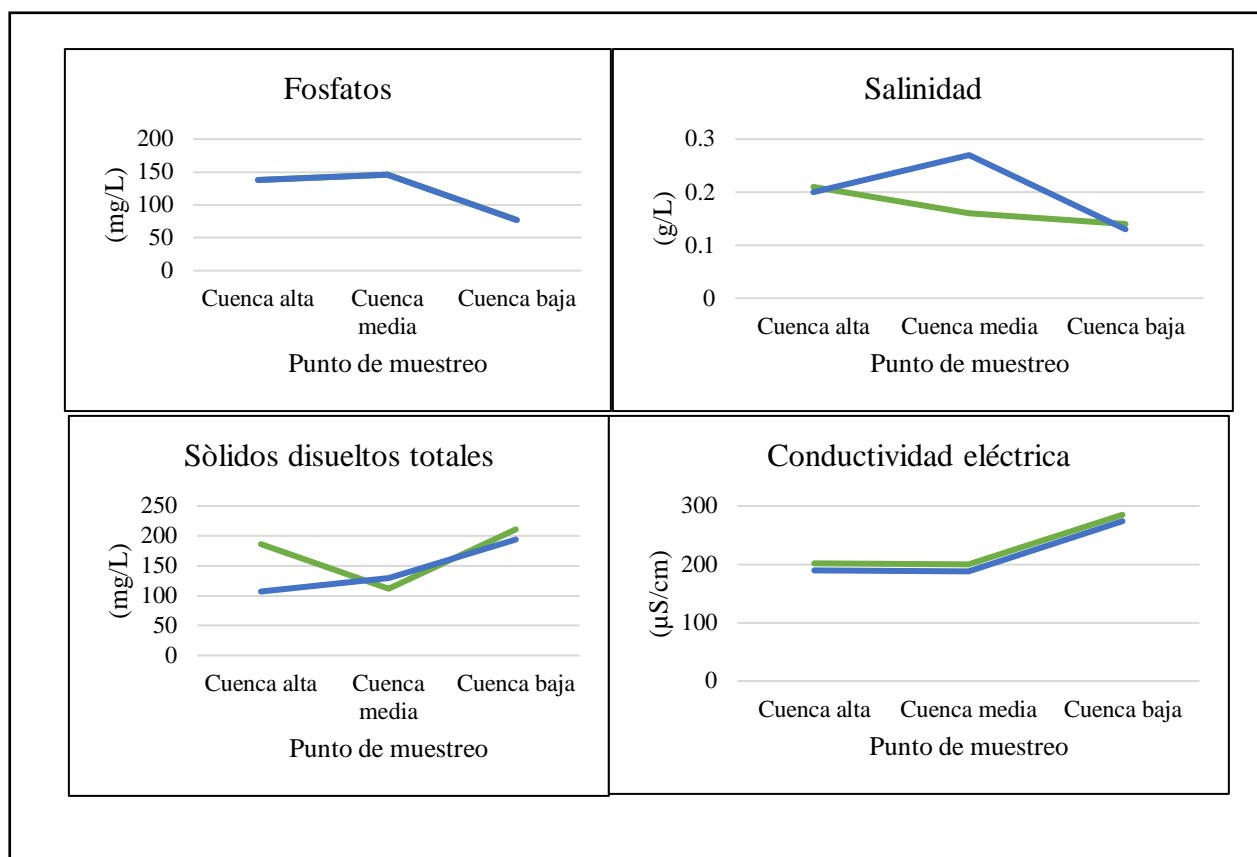
La temperatura directamente relacionada con la altitud reveló los cambios esperados según la topografía del río Pansalic y sus variaciones en los puntos de muestreo respecto a los metros sobre el nivel del mar de cada uno de estos, manteniéndose rangos de 19.7 a 24.8 °C durante el primer muestreo y 19.6 a 21.3°C en el segundo muestreo (Figura No.13).





**Figura No.13** Parámetros físico-químicos A (Trabajo de campo, 2015).

El comportamiento de los fosfatos en la cuenca alta y media, podría relacionarse con las actividades humanas que impactan estas áreas, como son la agroindustria en la cuenca alta por el uso de fertilizantes y plaguicidas, que por medio de la escorrentía se integran a la dinámica química del río y en la cuenca media por el uso de detergentes en el proceso de lavado de ropa doméstico en las riberas del río, estas condiciones también afectan el comportamiento de la salinidad y por lo tanto la conductividad del medio, los sólidos disueltos totales posee una concentración mayor en la cuenca alta y baja, lo que podría referirse a la velocidad del agua en estos puntos de muestreo, la turbulencia y el tipo de suelo de estas áreas, la topografía es muy variada y se pueden describir condiciones especiales como lo son la extracción del agua por medio de bombas y sifoneo por parte del sector horticultor ubicado en la cuenca alta y caídas de agua fuertes que afectan la cuenca baja (Figura No.14).



**Figura No.14** Parámetros fisico-químicos B (Trabajo de campo, 2015).

### 6.3. Microalgas bentónicas

Durante los muestreos realizados se identificaron 5 géneros de cianofitas, las cuales se presume son indicadoras de calidad del agua degradada o con contaminación orgánica severa, 1 género de clorofitas, grupo algal relacionada a la buena salud de un cuerpo de agua y 2 géneros de diatomeas, organismos que no implican ningún peligro para la población de otros grupos algales en el medio (Cuadro No.14).

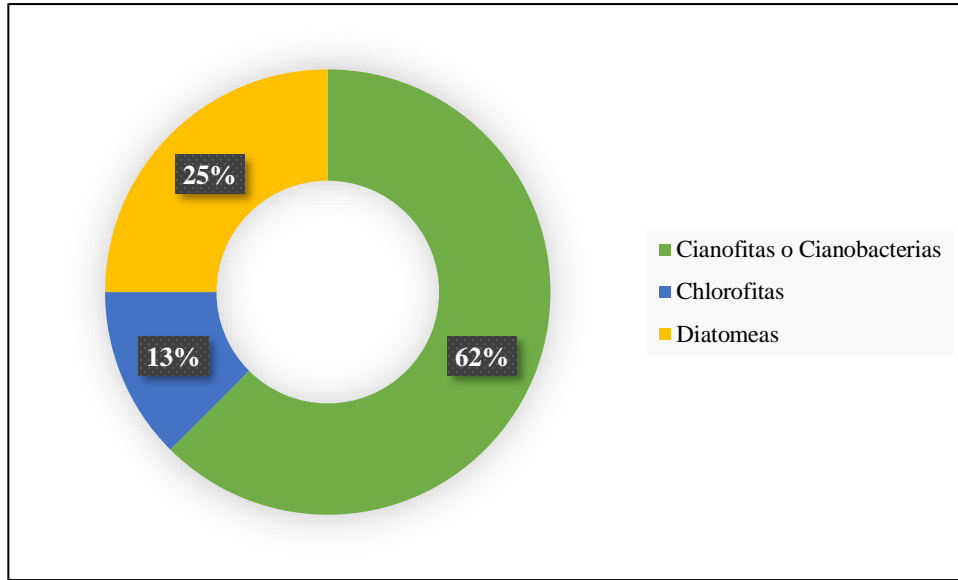
**Cuadro No.14** Clasificación de microalgas bentónicas presentes en el río Pansalic

<b>Grupo algal</b>	<b>Género</b>
Cianofitas o cianobacterias	<i>Pseudanabaena</i>
	<i>Synechococcus</i>
	<i>Oscillatoria</i>
	<i>Hormothamnion</i>
	<i>Lyngbya</i>
Clorofitas	<i>Oocystis lacustis</i>
Diatomeas	<i>Navicula cryptocephala</i>
	<i>Tabellaria fenestrata</i>

Trabajo de campo, 2015.

Los florecimientos son regulares en los ciclos algales, sin embargo aquellas aguas que han sufrido interferencias de tipo antropogénico son vulnerables a florecimientos de cianobacterias y este es el caso del río Pansalic, el cual se ve afectado por contaminación humana de diferentes orígenes: vertimiento de aguas residuales domiciliarias, descarga de origen químico industrial, aporte de fertilizantes y plaguicidas por medio de la escorrentía generada por el sector hortícola de la región; El sector agrícola se abastece del recurso hídrico del río Pansalic y sufre las consecuencias de un cultivo no regulado por autoridades municipales con poca o nula responsabilidad ambiental.

El 62% de géneros identificados pertenecen al grupo de las cianofitas, mientras que las Clorofitas las cuales son las mayores generadoras de alimento, oxígeno y restauradoras biológicas naturales, se encuentran en un 13%; el restante 25% es conformado por diatomeas, la presencia de diatomeas pueden estar relacionada a la reducción de especies de macroinvertebrados acuáticos en la parte baja de la cuenca, ya que estas por medio de la acción mecánica que ejercen sobre los organismos para alimentarse, suelen ser utilizadas en algunas industrias como insecticidas (Figura No.15).



**Figura No.15** Porcentaje de presencia por grupo algal (Trabajo de campo, 2015).

## 7. CONCLUSIONES

1. La mayor diversidad de familias se dio en la cuenca baja durante el segundo muestreo en el mes de agosto con 5 familias identificadas, mientras que la menor diversidad se dio en la cuenca media durante el primer muestreo identificando únicamente 2 familias.
2. La menor abundancia se encontró en la cuenca alta, donde se obtuvieron 4 organismos durante el primer muestreo en el mes de mayo y la mayor abundancia se registró en la cuenca baja durante el segundo recorrido en el mes de agosto, con un total de 609 organismos.
3. Por medio del Índice Biológico a nivel de Familias de macroinvertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010) se determinó que el 50% de los sitios muestreados tienen agua de calidad “regular a pobre”; mientras que el 50% restante tiene agua de calidad “muy pobre”, clasificando al recurso como altamente contaminado y no apto para su uso o consumo.
4. El comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos determina el comportamiento en abundancia de organismos y diversidad de las familias de macroinvertebrados acuáticos en el río Pansalic.
5. Se identificaron 5 géneros de cianofitas, 1 género de Clorofitas y 2 géneros de diatomeas bentónicas, siendo el 62% de la población identificada, perteneciente al grupo algal de las cianofitas, indicadoras de la mala calidad del agua.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Realizar investigaciones de seguimiento en la colecta e identificación de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua con el fin de obtener resultados del comportamiento del recurso a largo plazo.
2. Crear una base de datos de microalgas bentónicas identificadas en el río Pansalic.
3. Crear un plan de control y monitoreo de las aguas dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (RFPMCA), que genere información científica de calidad sobre el recurso hídrico y que coadyuve a la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de éste recurso.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña Campos, E. (2013). *Determinación de la calidad del agua en la subcuenca del río Quiscab, departamento de Sololá, mediante dos índices bióticos* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0003\\_A.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0003_A.pdf)
2. Alba-Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., y Pujante, A. (2006). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico del agua* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/protocolos\\_muestreo\\_biologico\\_con\\_portada\\_tcm7-16059.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm7-16059.pdf)
3. Arriola, I. (2014). *Calidad de agua en los ríos Tzalá y Tzununá, cuenca del lago de Atitlán*. Tesis Licenciada Acuicultura. Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
4. Cambra, J., Ector, L., y Sabater, S. (2006). *Metodología para el establecimientos del estado ecológico del agua* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/protocolos\\_muestreo\\_biologico\\_con\\_portada\\_tcm7-16059.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/agua/publicaciones/protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm7-16059.pdf)
5. Cano, S. (2003). *Fitoplancton y coliformes como indicadores de la calidad del agua en el Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2185.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2185.pdf)
6. Centro del Agua del Trópico Húmedo de América Latina y el Caribe [CATHALAC], SERVIR, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala [MARN], Consejo Nacional de áreas Protegidas [CONAP]), Organización de Naciones Unidas [ONU], y SPIDER. (2012). *Poblados afectados por grietas en el municipio de Mixco, Guatemala* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.servir.net/servir-en-accion/analisis-ambientales/534-poblados-afectados-por-grietas-en-el-municipio-de-mixco,-guatemala.html>
7. Confederación Hidrográfica del Ebro [CHE], y URS. (2005). *Protocolos de muestreo y analisis para Fitobentos (microalgas bentónicas)* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual\\_fitobentos.pdf](http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_fitobentos.pdf)
8. Comisión Guatemalteca de Normas [COGUANOR]. (2005). *Norma COGUANOR NGO 29 001 99* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://www.ada2.org/sala-prensa/publicaciones/doc\\_view/28-coguanor-29001-99](http://www.ada2.org/sala-prensa/publicaciones/doc_view/28-coguanor-29001-99)
9. Consejo Nacional de áreas Protegidas [CONAP]). (2011). *Plan Estratégico Institucional 2011-2015* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de

<https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://www.conap.gob.gt/images/stories/doc/PEI2011-15.pdf>

10. CONAP. (2009). *Plan maestro de manejo de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux 2010-2014* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <https://es.scribd.com/doc/89409757/Plan-Maestro-Cordillera-Alux>
11. Cruz, J. D. (1982). *Zonas de vida de Guatemala*. Guatemala: Centro America.
12. Fajardo, N. (2011). *Caracterización del recurso hídrico superficial y lineamientos de manejo de las microcuencas de los ríos Pansalic y Pancochá, Mixco, Guatemala* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2701.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2701.pdf)
13. García, P. (2008). *Análisis de la distribución de macroinvertebrados acuáticos a escala detallada en la ecorregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz*. Tesis Licenciado Biología. Guatemala: USAC.
14. García, S. (s.f.). *Cianobacterias y cianotoxinas, impactos sobre la salud humana* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://www.msal.gob.ar/images/stories/ministerio/intoxicaciones/cianobacterias/cianobacterias\\_y\\_cianotoxinas.pdf](http://www.msal.gob.ar/images/stories/ministerio/intoxicaciones/cianobacterias/cianobacterias_y_cianotoxinas.pdf)
15. Gil, N. (2012). *Caracterización y evaluación de la calidad de agua de los principales afluentes de la cuenca del lago de Atitlán, río Quiscab y río San Francisco (Proyecto FODECYT 019-2011)*. Guatemala: USAC.
16. Gil, N. (2008). *Interpretación quimiométrica de la calidad del agua de los ríos que conforman la microcuenca del río Villalobos, principal tributario del lago de Amatitlán, durante los años 1996 a 2006* [en línea]. [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0155\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0155_MT.pdf)
17. González, A. (1988). *El plancton de las aguas Continentales*. Caracas, Venezuela: Secretaría General de la organización de los Estados Americanos, y Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
18. González S., D. (2011). *Elaboración de material informativo sobre la contaminación del suelo y prevención para hacer valer su derecho a una vida digna, dirigido a los alumnos de 5to. y 6to. primaria de la Escuela rural mixta Republica de El Salvador, zona 2 de Mixco* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07\\_1239.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1239.pdf)
19. Guevara, R., y Dominici, J. (2012). *Ríos químicos*. Antioquia: Buena Vista.
20. Hurtarte de Molina, D. (1995). *Comparación de algunos parámetros físico-químicos y bacteriológicos de la microcuenca de los ríos Pansalic y Pancocha en época seca y*



*lluviosa* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_1704.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_1704.pdf)

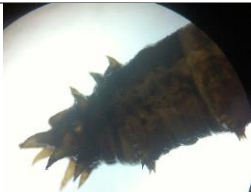
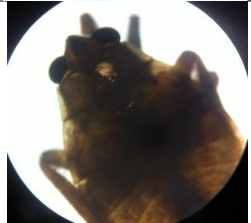





21. Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2007). *Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio: Período 2008-2020 (al 30 de junio)* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.oj.gob.gt/estadisticaj/files/poblacion-total-por-municipio1.pdf>
22. Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH]. (2015). Parámetros meteorológicos estación Suiza Contenta, Sacatepéquez [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/SACATEPEQUEZ/SUIZA%20CONTENTA%20PARAMETROS.htm>
23. Lanza, G. de la, Hernandez, S., y Carbajal, J. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. Mexico: Plaza y Váldes.
24. Lima, S. (2000). *Fitoplancton como indicador de contaminación en el lago de Amatitlán durante la época lluviosa (mayo-julio)*. Guatemala: USAC.
25. Llamas, M. (2001). *Hidrología subterránea*. Barcelona: Omega.
26. Martínez G., A. (2011). *Módulo de manejo de desechos tóxicos en la escuela "Republica de Chile", zona 3 de Mixco, Guatemala*. Guatemala: USAC.
27. Mejia, A., y Fuentes, M. (2012). *Módulo de educación sociocultural e histológica de Mixco, Guatemala*. Guatemala: USAC.
28. Merritt, R., y Cummins, K. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. [3ª ed.] Estados Unidos de América: Kendall & Hunt.
29. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2003). *Manual de los indicadores del ambiente y los recursos naturales* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/metodologias/MANUA\\_INDICADORES\\_MARN.pdf](http://uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/metodologias/MANUA_INDICADORES_MARN.pdf)
30. Molero, R. (s.f.). *Empleo de bioindicadores en el estudio de la calidad ambiental* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.uco.es/congresos/apoidea/pdf/conferencia-empleo-biondicadores.pdf>
31. Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2011). *Escherichia coli (EHEC)* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/en/>



32. OMS. (1980). *Informes técnicos: Límites de exposición profesional a metales pesados que se recomiendan por salud* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_647\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_647_spa.pdf)
33. Ortiz, J. (2015). *Macroinvertebrados bentónicos de la zona litoral y sublitoral del algo de Atilán, Sololá*. Guatemala: USAC.
34. Róldan, G., y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia: Universidad de Antioquia.
35. Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Colombia: Editorial Universal de Antioquia.
36. Rosado, H. (1973). *Extensión agrícola y desarrollo: Su importancia*[en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.ucr.com.cr>
37. Sermeño, J., Pérez, D., Muños, S., Serrano, L., Rivas, A., y Monterrosa, A. (2010a). *Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: Índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)*. San Salvador, El Salvador: Editorial Universitaria UES.
38. Sermeño, J., Pérez, D., Muños, S., Serrano, L., Rivas, A., y Monterrosa, A. (2010b). *Metodología estandarizada de muestreo multihábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador: Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA)*. San Salvador, El Salvador: Editorial Universitaria, UES.
39. Springer, M. (2010). Biomonitoring acuático. *Revista de Biología Tropical* 58 (4), 53-59.
40. Tercedor, A. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de los ríos: Simposio de agua en Andalucía*. Andalucía: Macroinvertebrados Acuáticos.
41. Universidad de Santo Tomás [UST]. (s.f.). *Biomasa de agua dulce: Lótico* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/olgabermudez-sistemasacuaticos-1/lticos.html>
42. Urbán Lamadrid, G. (2012). *Reservas de agua* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.reservasdeagua.com/documentos/EpS5t0VoO7NM.pdf>
43. Vannote, L., Wayne, G., Cummins, K., Sedell, J., y Cushing, C. (1980). *The river continuum concept* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de <http://www.rivercontinuum.org/files/RCC.178151255.pdf>

44. Wayne, W., y Carmichael, P. (2010). *Cyanobacteria identification and sampling*. Guatemala: Aquatic Services.
45. Zelada, J. (2012). *Análisis de la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los ríos Pampumay y Pansalic-Panchiguajá* [en línea]. Recuperado junio 10, 2015, de [http://sitios.usac.edu.gt/wp\\_edc/wp-content/uploads/2012/07/Juan-Antonio-Zelada-AMSA.pdf](http://sitios.usac.edu.gt/wp_edc/wp-content/uploads/2012/07/Juan-Antonio-Zelada-AMSA.pdf)

## **10. ANEXOS**





**Anexo No.1** Identificación de macroinvertebrados acuáticos del río Pansalic en el mes de mayo







<b>CUENCA</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>NO. ORG</b>	<b>IMAGEN</b>
<i>Cuenca alta</i>	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>1</i>	
	<i>Nepomorpha</i>	<i>Naucoridae</i>	<i>1</i>	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	<i>9</i>	
	<i>Coleóptera</i>	<i>Limnichidae</i>	<i>1</i>	
<i>Cuenca media</i>	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	<i>1</i>	
	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>5</i>	
<i>Cuenca baja</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Bateidae</i>	<i>6</i>	



<i>Díptera</i>	<i>Blephariceridae</i>	3	
<i>Díptera</i>	<i>Chironomidae</i>	142	
<b>TOTAL</b>		<b>169</b>	

Trabajo de campo, 2015.

**Anexo No.2** Identificación de macroinvertebrados acuáticos del río Pansalic en el mes de agosto.

<b>CUENCA</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>NO. ORG.</b>	<b>IMAGEN</b>
<i>Cuenca alta</i>	<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	1	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	1	
	<i>Coleóptera</i>	<i>Haliplidae</i>	1	
	<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	1	

<i>Cuenca media</i>	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>1</i>	
	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Bateidae</i>	<i>1</i>	
	<i>Díptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	<i>29</i>	
	<i>Coleoptera</i>	<i>Haliplidae</i>	<i>1</i>	
<i>Cuenca baja</i>	<i>Díptera</i>	<i>Tipulidae</i>	<i>1</i>	
	<i>Díptera</i>	<i>Chironomidae</i>	<i>325</i>	
	<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	<i>243</i>	

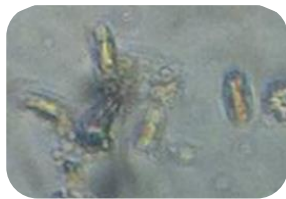
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Bateidae</i>	39	
<i>Zygoptera</i>	<i>Calopterygidae</i>	1	
<b>TOTAL</b>		<b>445</b>	

Trabajo de campo, 2015

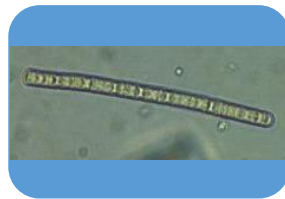
**Anexo No.3** Identificación de Cianofitas en el río Pansalic (Trabajo de campo, 2015).



*Pseudanabaena*



*Synechococcus*



*Oscillatoria*



*Hormothamnion*



*Lyngbya*



**Anexo No.4** Identificación de Clorofitas en el río Pansalic (Trabajo de campo, 2015).

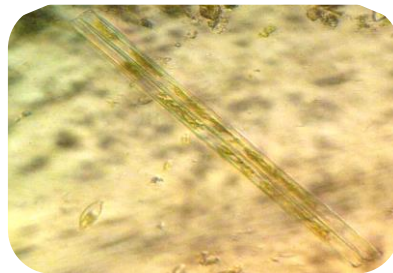


*Oocystis lacustis*

**Anexo No.5** Identificación de Diatomeas en el río Pansalic (Trabajo de campo, 2015).



*Navicula cryptocephala*



*Tabellaria fenestrata*

**Anexo No.6** Resultados de laboratorio, parámetros físico-químicos y microbiológicos del río Pansalic, realizados en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina” Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Trabajo de campo, 2015).



**Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria**  
**"Dra. Alba Tabarini Molina"**



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO

O.T. No.

INF. No. 26144

INTERESADO: <b>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</b>	PROYECTO: <b>"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO PANSALIC DENTRO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX Y SU IMPACTO EN LOS USUARIOS DEL RECURSO"</b>
RECOLECTADA POR: <u>Sandra Morales</u>	DEPENDENCIA: <b>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</b>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Cuenca Alta</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2015-06-22; 09 h 44 min.</u>
FUENTE: <u>Río Pansalic</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2015-06-23; 08 h 15 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Santiago Sacatepequez</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Sacatepequez</u>	

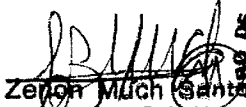
**RESULTADOS**


1. ASPECTO: <u>Turbia</u>	4. OLOR: <u>A materia orgánica</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>16,9° C</u>	
2. COLOR: <u>10,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>202,00 μmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>01,90 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,50 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>107,00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
	mg/L		mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,07	6. CLORUROS (Cl)	15,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,015	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,14
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	149,60	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	06,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,06
5. MANGANESO (Mn)	00,025	10. DUREZA TOTAL	100,00
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
00,00	00,00	68,00	68,00

OTRAS DETERMINACIONES Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) 02,00 mg/L, Demanda Química de Oxígeno (DQO) 04,00 mg/L, Fosfatos 138,00 mg/L, Sólidos sedimentables 00,00 cm<sup>3</sup>/litro en 1 hora.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2015-08-07

  
**Zenon Mijich Santop**  
 Ing. Químico Col. No. 480  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio





**Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria  
"Dra. Alba Tabarini Molina"**



**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

O.T.

INF. No. A - 359982

INTERESADO CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS  
UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX  
UTCA/CONAP

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO  
HIDRICO DEL RÍO PANSALIC DENTRO DE LA RESERVA  
FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES  
CORDILLERA ALUX Y SU IMPACTO EN LOS USUARIOS  
DEL RECURSO"

MUESTRA RECOLECTADA POR Sandra Morales

DEPENDENCIA:

CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS  
UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX  
UTCA/CONAP

LUGAR DE RECOLECCIÓN  
DE LA MUESTRA: Cuenca Alta

FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2015-06-22; 09 h44 min.

FUENTE: Río Pansalic

FECHA Y HORA DE LLEGADA AL  
LABORATORIO: 2015-06-23; 08 h15 min.

MUNICIPIO: Santiago Sacatepequez

CONDICIONES DE TRANSPORTE: Con refrigeracion

DEPARTAMENTO: Sacatepequez

SABOR: -----

SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN Lig. cantidad

ASPECTO: Turbia

CLORO RESIDUAL -----

OLOR: A materia orgánica

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
0,00001cm <sup>3</sup>	+++++	++---	--
0,000001 cm <sup>3</sup>	+++++	++---	--
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GERMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		9 x 10 <sup>6</sup>	23 x 10 <sup>5</sup>

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A.  
- W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

Guatemala, 2015-08-07

**Zoraida Mach Santos**  
 Ing. Químico Col. No. 4286  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio





# Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina"



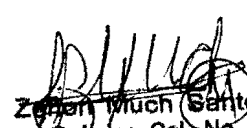
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO	
O.T. No.	INF. No. 26145
INTERESADO: <b>CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</b>	PROYECTO: <b>"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO PANSALIC DENTRO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX Y SU IMPACTO EN LOS USUARIOS DEL RECURSO"</b>
RECOLECTADA POR: <u>Sandra Morales</u>	DEPENDENCIA: <u>CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Cuenca Media</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2015-06-22; 10 h 50 min.</u>
FUENTE: <u>Río Pansalic</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2015-06-23; 08 h 15 min.</u>
MUNICIPIO: <u>Santiago Sacatepequez</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Sacatepequez</u>	


RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Turbia</u>	4. OLOR: <u>A materia orgánica</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>18,0° C</u>	
2. COLOR: <u>398,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>212,00 µmhos/cm</u>	
3. TURBIEDAD: <u>72,20 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,45 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>112,00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,64	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	15,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,049	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,01
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	140,80	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	04,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	01,93
5. MANGANESO (Mn)	00,077	10. DUREZA TOTAL	110,00
HIDROXIDOS mg/L		ALCALINIDAD TOTAL mg/L	
00,00		74,00	
CARBONATOS mg/L		BICARBONATOS mg/L	
00,00		74,00	

OTRAS DETERMINACIONES Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) 03,00 mg/L Demanda Química de Oxígeno (DQO) 09,00 mg/L. Fosfatos 146,00 mg/L. Sólidos sedimentables 00,20 cm<sup>3</sup>/litro en 1 hora.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2015-08-07

  
**Zuleth Much Santos**  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MS. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio





**Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria  
"Dra. Alba Tabarini Molina"**



**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

**O.T.**

**INF. No. A - 359983**

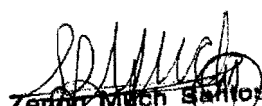
<p><b>INTERESADO:</b> <u>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</u></p> <p><b>MUESTRA RECOLECTADA POR:</b> <u>Sandra Morales</u></p> <p><b>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:</b> <u>Cuenca Media</u></p> <p><b>FUENTE:</b> <u>Río Pansalic</u></p> <p><b>MUNICIPIO:</b> <u>Santiago Sacatepequez</u></p> <p><b>DEPARTAMENTO:</b> <u>Sacatepequez</u></p>	<p><b>PROYECTO:</b> <u>"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO DEL RÍO PANSALIC DENTRO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX Y SU IMPACTO EN LOS USUARIOS DEL RECURSO"</u></p> <p><b>DEPENDENCIA:</b> <u>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</u></p> <p><b>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:</b> <u>2015-06-22; 10 h50 min.</u></p> <p><b>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:</b> <u>2015-06-23; 08 h15 min.</u></p> <p><b>CONDICIONES DE TRANSPORTE:</b> <u>Con refrigeración</u></p>
<p><b>SABOR:</b> <u>-----</u></p> <p><b>ASPECTO:</b> <u>Turbia</u></p> <p><b>OLOR:</b> <u>A materia orgánica</u></p>	<p><b>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN:</b> <u>Lig. cantidad</u></p> <p><b>COLORO RESIDUAL:</b> <u>-----</u></p>

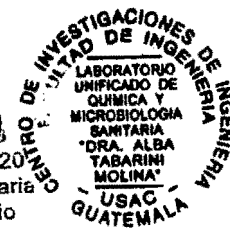
**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
0,00001cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+- - - -
0,000001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	-----
<b>RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm<sup>3</sup></b>		<b>16 x 10<sup>7</sup></b>	<b>5 x 10<sup>6</sup></b>

**TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.**

Guatemala, 2015-08-07

  
**Zoraida Mirch Santos**  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio





**Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria  
"Dra. Alba Tabarini Molina"**



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 26146
O.T. No.		
INTERESADO: <b>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</b>	PROYECTO: <b>"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO PANSALIC DENTRO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX Y SU IMPACTO EN LOS USUARIOS DEL RECURSO"</b>	
RECOLECTADA POR: Sandra Morales	DEPENDENCIA: <b>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</b>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: Cuenca Baja	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2015-06-22; 11 h 25 min.	
FUENTE: Río Pansalic	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2015-06-23; 08 h 15 min.	
MUNICIPIO: Mixco	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración	
DEPARTAMENTO: Guatemala		

RESULTADOS			
1. ASPECTO: Turbia	4. OLOR: Séptico	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) 19,2° C	
2. COLOR: 83,00 Unidades	5. SABOR: -----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 273,00 µmhos/cm	
3. TURBIEDAD: 40,40 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH): 07,08 unidades	9. SÓLIDOS DISUELTOS: 145,00 mg/L	
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	03,55	6. CLORUROS (Cl)	17,50
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	01,730	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,10
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	105,60	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	08,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,85
5. MANGANESO (Mn)	00,077	10. DUREZA TOTAL	124,00
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	116,00	116,00

OTRAS DETERMINACIONES : Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) 35,00 mg/L Demanda Química de Oxígeno (DQO) 80,00 mg/L, Fosfatos 077,00 mg/L, Sólidos sedimentables 00,08 cm<sup>3</sup>/litro en 1 hora.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2015-08-07

**ZELSON WASH SANTOS**  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio



**Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria  
"Dra. Alba Tabarini Molina"**



**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

**O.T.**

**INF. No. A - 359984**

<p><b>INTERESADO</b> <u>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</u></p> <p><b>MUESTRA RECOLECTADA POR</b> <u>Sandra Morales</u></p> <p><b>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:</b> <u>Cuenca Baja</u></p> <p><b>FUENTE:</b> <u>Río Pansalic</u></p> <p><b>MUNICIPIO:</b> <u>Mixco</u></p> <p><b>DEPARTAMENTO:</b> <u>Guatemala</u></p>	<p><b>PROYECTO:</b> <u>"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO PANSALIC DENTRO DE LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA DE MANANTIALES CORDILLERA ALUX Y SU IMPACTO EN LOS USUARIOS DEL RECURSO"</u></p> <p><b>DEPENDENCIA:</b> <u>CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS UNIDAD TÉCNICA CORDILLERA ALUX UTCA/CONAP</u></p> <p><b>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:</b> <u>2015-06-22; 11 h25 min.</u></p> <p><b>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:</b> <u>2015-06-23; 08 h15 min.</u></p> <p><b>CONDICIONES DE TRANSPORTE:</b> <u>Con refrigeración</u></p>
--	--

<b>SABOR:</b> <u>-----</u>	<b>SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN</b> <u>Lig. cantidad</u>
<b>ASPECTO:</b> <u>Turbia</u>	<b>CLORO RESIDUAL</b> <u>-----</u>
<b>OLOR:</b> <u>Séptico</u>	

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
0,0001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+++++
0,00001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
0,000001 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
<b>RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm<sup>3</sup></b>		16 x 10 <sup>7</sup>	35 x 10 <sup>6</sup>

**TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21<sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.**

Guatemala, 2015-08-07

**Zorich Much Santos**  
 Ing. Químico Col. No. 420  
 MSc. en Ingeniería Sanitaria  
 Jefe Técnico Laboratorio

