



CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA-CONCYT  
SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA-SENACYT  
FONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA-FONACYT  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA-USAC-  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA-CEMA-

## INFORME FINAL

### CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS PRINCIPALES AFLUENTES DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLAN, RIO QUISCAB Y RIO SAN FRANCISCO

FODECYT 19-2011

**MSc. NORMA EDITH GIL RODAS DE CASTILLO**  
**Investigadora principal**

GUATEMALA, MAYO 5 DEL 2015



---

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

**AGRADECIMIENTOS:**

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al apoyo financiero dentro del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, FONACYT-, otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-SENACYT- y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYT-

### **Otros agradecimientos**

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura-CEMA- de la Universidad de San Carlos de Guatemala-USAC-

A la Organización No gubernamental “Vivamos Mejor”

A la autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el lago de Atitlán-AMSCCLAE-

Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN-

A todos los estudiantes del CEMA que participaron como auxiliares de Investigación:

- Carlos Mazariegos, Carlos Mendez, Marlon García, Esvin Lemus, Ana Isabel Arriola, Dieter Marroquín Wellmann, Lilian Bethsabé Reyna Bustamante, Sofía Morales, Juan Carlos Tejeda, José Roberto Ortiz Aldana, Alerick Pacay, Christopher Avalos, Rocío Paz, Airam López, Mónica Martínez y Alva Montiel.

Al Dr. Ernesto Villagran, por su colaboración en el análisis estadístico.

Un especial agradecimiento a mi esposo Lic. Francisco Castillo, por su paciencia y por la revisión final de este documento y a mis queridas hijas Amanda Nohemí Castillo Gil y Miriam Elisa Castillo Gil, por su paciencia y amor.

## RESUMEN

Los ríos Quiscab y San Francisco, son los principales afluentes del lago de Atitlán. Las descargas difusas y puntuales de desechos líquidos y sólidos que son aportadas a estos ríos, contribuyen con grandes cantidades de contaminantes que son acarreados hasta el lago en el caudal de los mismos, aumentando el nivel trófico y deteriorando la calidad ambiental de este hermoso cuerpo de agua.

Para poder determinar el aporte de contaminación de estos ríos, se realizaron ocho muestreos durante un período de dos años (septiembre 2011 a septiembre 2013), evaluando la parte alta, media y baja de las dos subcuencas y desembocaduras en el lago. Se midieron los parámetros fisicoquímicos, calculando el Índice de Calidad del Agua-ICA (de El Salvador). Se evaluó la presencia y cantidad de macroinvertebrados acuáticos y se calculó el Índice Biológico por Familias de El Salvador (IBF-SV-2010). Se evaluó la presencia de fitoplancton en forma cualitativa y cuantitativa en la desembocadura de los ríos en el lago.

Los dos ríos presentaron valores de ICA y de IBF-SV regular y regular pobre respectivamente. Lo anterior indica una contaminación sustancial probable, una correlación lineal de los promedios de todos los resultados de forma inversamente proporcional, pero con la misma interpretación.

La contaminación del agua no reveló diferencias significativas entre las épocas de los años estudiados (invierno y verano, es decir seca y lluviosa).

Se obtuvieron dos mapas en los que se observó que en las partes altas de ambas cuencas se mostraban valores aceptables de calidad del agua. Esta calidad se va deteriorando desde la parte media hasta la parte baja de los ríos, volviendo a mejorar en la desembocadura del lago de Atitlán. Se recomienda la colocación de plantas de tratamiento para aguas residuales en las partes medias de los ríos, como medidas correctivas.

Se elaboró un manual práctico con macroinvertebrados acuáticos encontrados en el área de trabajo para poder ser utilizado in situ, este permitirá a los técnicos de campo poder estimar un nivel umbral de contaminación para prevenir efectos adversos, como es el crecimiento desmedido de las cianobacterias.

En los monitoreos cuantitativos de fitoplancton de la desembocadura de los ríos se observó una alta presencia de organismos representantes de *Cianophytas*, no existiendo diferencias en cuanto a cantidad y género en comparación con el invierno y verano.

Se elaboró un trifoliar el cual contiene figuras de los macroinvertebrados acuáticos locales con nombres populares, el cual se repartió entre las personas relacionadas con el cuidado del ambiente del lago de Atitlan que viven alrededor de la cuenca.

Se entregará un documento final resumido con los resultados de la presente investigación dando a conocer a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida. Con lo anterior se pretende que los mismos gestionen las acciones que permitan evitar que se continúe deteriorando la calidad del agua de los ríos y por ende del lago de Atitlán.

## SUMMARY

The Quiscab and San Francisco rivers are the principal tributaries of Atitlan Lake. The diffuse and point source discharges of liquid waste produce high levels of contaminants and increase the trophic level of this beautiful lake.

To determine the contribution of contamination of these rivers, eight samplings were performed over a period of two years (from September 2011 to September 2013), evaluating the upper, middle and lower parts of the two sub-basins and the outlet of the lake, measuring the physicochemical parameters using the Water Quality Index from El Salvador (ICA for its acronym in Spanish). The biological indicators were measured using aquatic macro invertebrates with the Biological Families Index from El Salvador (IBF-SV-2010) and phytoplankton in a qualitative and quantitative way only in the outlets of the rivers in the lake.

The results of ICA to the river San Francisco, were lower in comparison to Quiscab river. The IBF-SV-2010 results of San Francisco river reported values of poor water quality and river Quiscab reported values of regular water quality.

It was determined a good linear correlation inversely proportional to the average values of the ICA vs IBF-SV-2010. The analysis of variance-ANOVA and Tukey test reported that the lower basin of the rivers was significantly different from the other sampling points and there was no difference between the seasons of the year.

Two maps established that acceptable values of water quality are in the upper parts of both basins, which were deteriorating from the middle section to the bottom section of both rivers, improving at the entrance in lake Atitlan; is proposed to be placed plants for wastewater treatment in middle reaches of rivers, such corrective action.

A practical manual was design with aquatic macroinvertebrates found in the work area used in situ, which allow field technicians to estimate a threshold level of contamination to prevent adverse effects, such as excessive growth of cyanobacteria.

Quantitative monitoring of phytoplankton in the river mouths in the lake, reported high percentages of Cyanophyta algae, no differences in terms of gender and quantity compared to the winter and summer seasons.

Brochures were designcontaining pictures of local aquatic macroinvertebrates with popular names, and were distributed among people related to the care of the environment of Atitlan Lake and live around the basin.

A final document will summarize the results of this investigation to be known by the authorities, stakeholders and institutions, so that the actions managed will help to avoid the continuous deterioration of the water quality of rivers and hence of Atitlan Lake.

## INDICE

Descripción	Página
<b>PORTADA</b>	
<b>RESUMEN</b>	4
<b>SUMMARY</b>	6
<b>PARTE I</b>	17
<b>I.1 INTRODUCCIÓN</b>	17
<b>I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	19
1.2.1. Antecedentes de Guatemala	19
1.2.2. Justificación del trabajo de investigación	22
<b>I.3 OBJETIVOS</b>	25
I.3.1.1. Objetivos Generales	25
I.3.1.2. Objetivos Específicos	25
<b>I.4 METODOLOGIA</b>	27
<b>1.4.1. Ubicación geográfica del área de estudio</b>	27
<b>I.4.2. Variables</b>	28
I.4.2.1. Variables dependientes	28
I.4.2.2. Variables independientes e indicadores	28
<b>I.4.3. Estrategias Metodológicas</b>	29
I.4.3.1. Población y Muestra	29
I.4.3.2. Determinación de los puntos de muestreo	30
I.4.3.3. Toma y transporte de las muestras fisicoquímicas	31
I.4.3.4. Mediciones en el laboratorio	31
I.4.3.5. Mediciones en campo	38
I.4.3.6. Monitoreo de organismos hidrobiológicos	38
1.4.3.7. Monitoreo bacteriológicos y fitoplancton	39
I.4.3.8. Análisis de los datos	39
I.4.4. El Método	40
I.4.5. La Técnica Estadística	41
1.4.6. Los Instrumentos utilizado	41

<b>PARTE II</b>	42
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
II.1. Antecedentes (Trabajos, experiencias en Guatemala)	42
II.2. Utilización del Índice de Calidad del Agua Fisicoquímica-ICA-	48
II.3. Utilización de Índice Biológico por familias de El Salvador-IBF-ESV-2010	52
II.4. Fundamento del Índice Biológico a nivel de Familias de Invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010)	54
<b>PARTE III. RESULTADOS</b>	58
III.1 Discusión de Resultados	88
<b>PARTE IV.</b>	97
IV.1 CONCLUSIONES	97
IV.2 RECOMENDACIONES	100
IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
<b>IV.4 ANEXOS</b>	106
Anexo No. 1. Resultados de los ICA e IBF-SV de los diferentes monitoreos	106
Anexo No. 2. Manual Práctico in situ	202
Anexo No. 3. Trifoliar del método IBF-SV	214
Anexo No. 4 Invitación y programa de actividad para la divulgación de los resultados del Proyecto “FODECYT 19-2011”	218
<b>PARTE V. INFORME FINANCIERO</b>	220

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro No. 1.</b>	Indices de Calidad del Agua-ICA los ríos Quiscab y San Francisco
<b>Cuadro No. 2.</b>	Resultados de Índices Biológico por Familias-IBF en los dos ríos
<b>Cuadro No. 3.</b>	Resultados de los promedios del IBF-SV-2010 y del ICA del río Quiscab
<b>Cuadro No. 4.</b>	Promedios del Cálculo del IBF y del ICA en el río San Francisco.
<b>Cuadro No. 5.</b>	Resultados estadísticos descriptivos del ICA- para el río Quiscab.
<b>Cuadro No. 6.</b>	Análisis de Varianza- ANOVA de los -ICA- del río Quiscab.
<b>Cuadro No. 7.</b>	Comparaciones múltiples o Pruebas Post-hoc, para el río Quiscab.
<b>Cuadro No. 8.</b>	Resultados de sub-conjuntos homogéneos, de los ICA del río Quiscab
<b>Cuadro No. 9.</b>	Valores medios de los IBF, de los muestreos realizados en el río Quiscab
<b>Cuadro No.10.</b>	Análisis de Varianza –ANOVA de los IBF en el río Quiscab
<b>Cuadro No.11.</b>	Comparaciones múltiples de los IBF del río Quiscab
<b>Cuadro No.12.</b>	Sub-conjuntos homogéneos, de los IBF del río Quiscab
<b>Cuadro No.13.</b>	Promedios de los IBF durante las diferentes época del año
<b>Cuadro No.14.</b>	Promedios de los ICA comparando las diferentes épocas del año
<b>Cuadro No.15.</b>	Valores descriptivos para el ICA en verano e invierno 2012 y 2013.
<b>Cuadro No.16.</b>	Valores de ANOVA para el ICA en verano e invierno 2012 y 2013
<b>Cuadro No.17.</b>	Pruebas <i>post hoc</i> para el ICA en verano e invierno 2012 y 2013.
<b>Cuadro No.18.</b>	Valores para subconjuntos homogéneos para el ICA en diferentes épocas
<b>Cuadro No.19.</b>	Fitoplancton del río Quiscab mes de abril 2013
<b>Cuadro No.20.</b>	Fitoplancton del río San Francisco mes de abril 2013
<b>Cuadro No.21.</b>	Fitoplancton del río San Francisco mes de junio 2013
<b>Cuadro No.22.</b>	Fitoplancton del río Quiscab en el mes de junio 2013
<b>Cuadro No.23.</b>	Fitoplancton del río San Francisco en el mes de julio 2013
<b>Cuadro No.24.</b>	Fitoplancton del río Quiscab durante el med de julio 2013
<b>Cuadro No. 25.</b>	Parámetros fisicoquímicos de los dos ríos los días 7 y 8 de nov. 2011
<b>Cuadro No. 26.</b>	Macroinvertebrado de cuenca alta del río Quiscab del 7 y 8 de nov 2011
<b>Cuadro No. 27.</b>	ÍCA, cuenca alta del río Quiscab, del 7 y 8 de nov 2011
<b>Cuadro No. 28.</b>	Macroinvertebrados cuenca media del río Quiscab, de noviembre 2011
<b>Cuadro No. 29.</b>	ICA cuenca media del río Quiscab del monitoreo de noviembre 2011
<b>Cuadro No. 30.</b>	Macroinvertebrados la cuenca media del Río Quiscab de nov. 2011
<b>Cuadro No. 31.</b>	Macroinvertebrados cuenca media(Corazón del Bosque) río Quiscab nov.
<b>Cuadro No. 32.</b>	Macroinvertebrados cuenca baja río Quiscab noviembre 2011
<b>Cuadro No. 33.</b>	Macroinvertebrados cuenca media del río Quiscab nov.2011
<b>Cuadro No. 34.</b>	Macroinvertebrados cuenca media Río San Francisco, noviembre 2011.
<b>Cuadro No. 35.</b>	IBF cuenca media Río San Francisco, de noviembre 2011
<b>Cuadro No. 36.</b>	Macroinvertebrados cuenca baja del Río San Francisco, de nov. 2011.
<b>Cuadro No. 37.</b>	Resumen del total de Macroinvertebrados del 7 y 8 de noviembre 2011
<b>Cuadro No. 38.</b>	Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición del muestreo Abril 2012
<b>Cuadro No. 39.</b>	Cálculo de ICA de la cuenca alta del río Quiscab, abril 2012
<b>Cuadro No. 40.</b>	Resultados ICA de la cuenca media del río Quiscab, abril 2012

<b>Cuadro No. 41.</b>	Resultados ICA de la cuenca baja del río Quiscab, abril 2012
<b>Cuadro No. 42.</b>	Cálculo de ÍCA de la Desembocadura del Río Quiscab, abril 2012.
<b>Cuadro No. 43.</b>	Cálculo del ICA de la cuenca media del río San Francisco, abril 2012
<b>Cuadro No. 44.</b>	Cálculo del ICA de la cuenca baja del río San Francisco, abril 2012
<b>Cuadro No. 45.</b>	Cálculo del ICA de la desembocadura del río San Francisco, abril 2012
<b>Cuadro No. 46.</b>	Cálculo del IBF de la cuenca alta del río Quiscab, abril 2012
<b>Cuadro No. 47.</b>	Cálculo de IBF de la cuenca media del río Quiscab, abril 2012
<b>Cuadro No. 48.</b>	Cálculo de IBF de la cuenca baja del río Quiscab, abril 2012
<b>Cuadro No. 49.</b>	Cálculo del IBF de la cuenca media del río San Francisco, abril 2012
<b>Cuadro No. 50.</b>	Cálculo del IBF de la cuenca baja del río San Francisco, abril 2012
<b>Cuadro No. 51.</b>	Interpretación del –IBF-SV, abril 2012
<b>Cuadro No. 52.</b>	ICA cuenca alta río Quiscab del monitoreo en el mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 53.</b>	ICA cuenca media del río Quiscab del monitoreo, mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 54.</b>	ICA Cuenca Baja río Quiscab, del monitoreo en el mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 55.</b>	ICA Desembocadura del río Quiscab, del monitoreo en junio 2012
<b>Cuadro No. 56.</b>	ICA cuenca media del río San Francisco del mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 57.</b>	ICA cuenca baja del río San Francisco, del mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 58.</b>	ICA desembocadura río San Francisco, del monitoreo de junio 2012
<b>Cuadro No. 59.</b>	Cálculo Caudales, del monitoreo realizado en junio 2012
<b>Cuadro No. 60.</b>	Macroinvertebrados de cuenca alta del río Quiscab en junio 2012
<b>Cuadro No. 61.</b>	Macroinvertebrados del río Quiscab del mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 62.</b>	Macroinvertebrados acuáticos río Quiscab, cuenca baja, de junio 2012.
<b>Cuadro No. 63.</b>	Macroinvertebrados, río San Francisco (cuenca media), junio 2012
<b>Cuadro No. 64.</b>	IBF río Quiscab (Cuenca alta), de monitoreo del mes de junio 2012
<b>Cuadro No. 65.</b>	Macroinvertebrados, del río Quiscab (cuenca media), junio 2012
<b>Cuadro No. 66.</b>	Macroinvertebrados del río Quiscab (cuenca baja), de junio 2012
<b>Cuadro No. 67.</b>	Macroinvertebrados del río San Francisco (cuenca media), de junio 2012
<b>Cuadro No. 68.</b>	IBF de los dos ríos Quiscab y San Francisco junio 2012
<b>Cuadro No. 69.</b>	Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición de puntos, junio 2012
<b>Cuadro No. 70.</b>	Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición, agosto 2012
<b>Cuadro No. 71.</b>	Macroinvertebrados acuáticos del río Quiscab cuenca alta, agosto 2012
<b>Cuadro No. 72.</b>	Macroinvertebrados de la cuenca media del río Quiscab, agosto 2012
<b>Cuadro No. 73.</b>	Macroinvertebrados de la cuenca baja del río Quiscab, agosto 2012
<b>Cuadro No. 74.</b>	Macroinvertebrados de cuenca media del río San Francisco, agosto 2012
<b>Cuadro No. 75.</b>	Macroinvertebrados cuenca baja río San Francisco agosto 2012
<b>Cuadro No. 76.</b>	Resumen del cálculo del IBF-SV, monitoreo agosto 2012
<b>Cuadro No. 77.</b>	Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición de puntos, octubre 2012
<b>Cuadro No. 78.</b>	ICA de la cuenca alta del río Quiscab, monitoreo octubre 2012
<b>Cuadro No. 79.</b>	ICA de la cuenca media del río Quiscab, monitoreo octubre 2012
<b>Cuadro No. 80.</b>	ICA cuenca baja río Quiscab, del monitoreo del mes de octubre 2012
<b>Cuadro No. 81.</b>	ICA desembocadura del río Quiscab en el lago de Atitlán, octubre 2012
<b>Cuadro No. 82.</b>	ICA de la cuenca alta del río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 83.</b>	ICA cuenca media, del río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 84.</b>	ICA cuenca baja del río San Francisco, octubre 2012.

<b>Cuadro No. 85.</b>	ICA desembocadura del río San Francisco en Atitlán, octubre 2012.
<b>Cuadro No. 86.</b>	Macroinvertebrados acuáticos, cuenca alta río Quiscab, octubre 2012
<b>Cuadro No. 87.</b>	Macroinvertebrados acuáticos cuenca media río Quiscab, octubre 2012.
<b>Cuadro No. 88.</b>	Macroinvertebrados acuáticos cuenca baja río Quiscab, octubre 2012
<b>Cuadro No. 89.</b>	Macroinvertebrados cuenca alta del río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 90.</b>	Macroinvertebrados cuenca media del río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 91.</b>	Macroinvertebrados cuenca baja río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 92</b>	IBF de la cuenca alta del río Quiscab, octubre 2012
<b>Cuadro No. 93.</b>	IBF de la cuenca media del río Quiscab, octubre 2012
<b>Cuadro No. 94.</b>	IBF para la cuenca baja del río Quiscab, octubre 2012
<b>Cuadro No.95.</b>	IBF cuenca alta del río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 96.</b>	IBF cuenca media del río San Francisco, octubre 2012.
<b>Cuadro No. 97.</b>	IBF cuenca baja del río San Francisco, octubre 2012
<b>Cuadro No. 98.</b>	Resumen de resultados, del cálculo del IBF-SV- octubre 2012.
<b>Cuadro No. 99.</b>	ICA del Río Quiscab Cuenca Alta 1 (abril 2013)
<b>Cuadro No. 100.</b>	Índice de Calidad del agua del río Quiscab Cuenca Alta 2, abril 2013
<b>Cuadro No. 101.</b>	Índice de Calidad del agua del río Quiscab Cuenca Alta 3, abril 2013
<b>Cuadro No. 102.</b>	Índice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Media 1, abril 2013
<b>Cuadro No. 103.</b>	Índice de Calidad del Agua Río Quiscab Cuenca Media 2, abril 2013
<b>Cuadro No. 104.</b>	ICA del río Quiscab Cuenca Media 3, abril 2013.
<b>Cuadro No. 105.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca baja 1, abril 2013.
<b>Cuadro No. 106.</b>	Índice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Baja 2, abril 2013
<b>Cuadro No. 107.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 3, abril 2013
<b>Cuadro No. 108.</b>	ICA de la Desembocadura del río Quiscab, abril 2013
<b>Cuadro No. 109.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 1, abril 2013
<b>Cuadro No. 110.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 2, abril 2013
<b>Cuadro No. 111.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 3, abril 2013
<b>Cuadro No. 112.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca baja 1, abril 2013
<b>Cuadro No. 113.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Baja 2, abril 2013
<b>Cuadro No. 114.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca baja 3, abril 2013
<b>Cuadro No. 115.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca media 3, abril 2013
<b>Cuadro No. 116.</b>	Caudales de puntos de muestreo de los dos ríos, abril 2013.
<b>Cuadro No. 117.</b>	IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Alta, abril 2013
<b>Cuadro No. 118.</b>	IBF-SV 2010 del río Quiscab Cuenca Media, abril 2013
<b>Cuadro No. 119.</b>	IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Baja, abril 2013
<b>Cuadro No. 120.</b>	IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Media, abril 2013
<b>Cuadro No. 121.</b>	IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Baja, abril 2013
<b>Cuadro No. 122.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 1, junio 2013
<b>Cuadro No. 123.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 2. Junio 2013
<b>Cuadro No. 124.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 3, junio 2013
<b>Cuadro No. 125.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 1, junio 2013
<b>Cuadro No. 126.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 2, junio 2013
<b>Cuadro No. 127.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 3, junio 2013
<b>Cuadro No. 128.</b>	Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 1, junio 2013

<b>Cuadro No. 129.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 2, junio 2013
<b>Cuadro No. 130.</b>	Indice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Baja 3, junio2013
<b>Cuadro No. 131.</b>	ICA de la desembocadura del río Quiscab, junio2013.
<b>Cuadro No. 132.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Alta 1, junio 2013
<b>Cuadro No. 133.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Alta 2, junio 2013
<b>Cuadro No. 134.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Alta 3, junio 2013
<b>Cuadro No. 135.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 1, junio 2013
<b>Cuadro No. 136.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 2, junio 2013
<b>Cuadro No. 137.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 3, junio 2013
<b>Cuadro No. 138.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Baja 1, junio 2013
<b>Cuadro No. 139.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Baja 2, junio 2013.
<b>Cuadro No. 140.</b>	ICA del Río San Francisco Cuenca Baja 3, junio 2013
<b>Cuadro No. 141.</b>	ICA de la Desembocadura del río San Francisco, junio 2013
<b>Cuadro No. 142.</b>	ICA de la desembocadura del río San Francisco, junio 2013
<b>Cuadro No. 144.</b>	IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Baja, junio 2013
<b>Cuadro No. 145.</b>	IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Alta, junio 2013
<b>Cuadro No. 146.</b>	IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Media, junio 2013
<b>Cuadro No. 147.</b>	IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Baja, junio 2013.
<b>Cuadro No. 148.</b>	Indice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Alta 1, julio 2013
<b>Cuadro No. 149.</b>	Indice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Alta 2, julio 2013
<b>Cuadro No. 150.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 3, julio 2013
<b>Cuadro No. 151.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 1, julio 2013
<b>Cuadro No. 152.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 2, julio 2013
<b>Cuadro No. 153.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 3, julio 2013
<b>Cuadro No. 154.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 1, julio 2013
<b>Cuadro No. 155.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 2, julio 2013
<b>Cuadro No. 156.</b>	Indice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 3, julio 2013
<b>Cuadro No. 157.</b>	ICA de la Desembocadura del Río Quiscab, julio 2013
<b>Cuadro No. 158.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Alta 1, julio 2013
<b>Cuadro No. 159.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Alta 2, julio 2013
<b>Cuadro No. 160.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Alta 3, julio 2013.
<b>Cuadro No. 161.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 1, julio 2013
<b>Cuadro No. 162.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media 2, julio 2013.
<b>Cuadro No. 163.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Media, julio 2013
<b>Cuadro No. 164.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Baja 1, julio 2013
<b>Cuadro No. 165.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Baja 2, julio 2013
<b>Cuadro No. 166.</b>	ICA del río San Francisco Cuenca Baja 3, julio 2013
<b>Cuadro No. 167.</b>	ICA de la desembocadura del río San Francisco, julio 2013
<b>Cuadro No. 168.</b>	Cálculo del IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Alta, julio 2013
<b>Cuadro No. 169.</b>	Cálculo del IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Media, julio 2013
<b>Cuadro No. 170.</b>	Cálculo del IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Baja, julio 2013
<b>Cuadro No. 171.</b>	Cálculo del IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Alta, julio 2013
<b>Cuadro No. 172.</b>	Cálculo del IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Media, julio 2013
<b>Cuadro No. 173.</b>	Cálculo del IBF-SV 2010 río San Francisco Cuenca Baja, julio 2013

## Lista de Gráficas

- Gráfica No. 1.** Ubicación de los puntos de muestreo en los ríos Quiscab y San Francisco
- Gráfica No. 2.** Monitoreos del Índice de Calidad del Agua en el río Quiscab
- Gráfica No. 3.** Monitoreos de Índice de Calidad del agua en el río San Francisco.
- Gráfica No. 4.** Resultados del Índice Biológico por Familias del río Quiscab.
- Gráfica No. 5.** Cálculo del IBF-SV-2010, en el río San Francisco.
- Gráfica No. 6.** Correlación lineal entre los promedios del ICA y del IBF del río Quiscab
- Gráfica No. 7.** Correlación lineal entre los promedios del ICA y del IBF río San Francisco
- Gráfica No. 8.** Tendencia de las medias de los ICA para el río Quiscab
- Gráfica No. 9.** Tendencia de las medias de los IBF-SV para el río Quiscab.
- Gráfica No. 10.** Resultados promedios de Índices de Calidad del agua fisicoquímica-ICA- en las diferentes partes de las cuencas de los ríos Quiscab y San Francisco
- Gráfica No. 11.** Resultados promedios de los IBF-SV- durante los muestreos realizados en los ríos Quiscab y San Francisco.

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

- Fotografía No. 1.** Ceratium sp.
- Fotografía No. 2.** Staurostrum sp.
- Fotografía No. 3.** Fragilaria sp
- Fotografía No. 4.** Lyngbya sp.
- Fotografía No. 5.** Melosira sp.
- Fotografía No. 6.** Microcystis sp.
- Fotografía No. 7.** Oscillatoria limosa.
- Fotografía No. 8.** Pediastrum dúplex.
- Fotografía No. 9.** Dytiscidae.
- Fotografía No.10.** Baetidae.
- Fotografía No.11.** Simuliidae (a: larva; b: pupa)
- Fotografía No.12.** Chironomidae (a: larva; b: pupa)
- Fotografía No.13.** Psychodidae
- Fotografía No.14.** Muscidae.
- Fotografía No.15.** Hydropterygidae
- Fotografía No.16.** Cordulidae
- Fotografía No.17.** Elmidae
- Fotografía No.18.** Gerridae
- Fotografía No.19.** Coenagrionidae
- Fotografía No.20.** Calopterygidae
- Fotografía No.21.** Libellulidae
- Fotografía No.22.** Velidae
- Fotografía No.23.** Physidae

- Fotografía No.24.** Oligochaeta
- Fotografía No.25.** Tipulidae
- Fotografía No.26.** Dixidae
- Fotografía No.27.** Leptoceridae
- Fotografía No.28.** Equipo de trabajo
- Fotografía No.29.** Investigadora principal, monitoreando el río Quiscab, cuenca baja.
- Fotografía No.30.** Investigadora principal, midiendo en la cuenca alta del río Quiscab.
- Fotografía No.31.** Investigadores asociados midiendo parámetros fisicoquímicos in situ.
- Fotografía No.32.** Investigadora principal realizando mediciones en el laboratorio.
- Fotografía No.33.** Investigadores asociados tomando macroinvertebrados acuáticos.
- Fotografía No.34.** Investigadores asociados, separando muestras de macroinvertebrados
- Fotografía No.35.** Investigadores invitados tomando muestras de caudales.
- Fotografía No.36.** Prementón plano de la familia Aeshnidae del orden Odonata.
- Fotografía No.37.** Branquias laminares familia Baetidae del orden Ephemeroptera
- Fotografía No.38.** Molusco de la clase Bivalvia
- Fotografía No.39.** Primer segmento antenal familia Calopterygidae del orden Odonata
- Fotografía No.40.** Propatas torácicas, abdominales familia Crambidae ord. Lepidoptera
- Fotografía No.41.** Ausencia de apéndices abdominales en la familia Ceratopogonidae
- Fotografía No.42.** Propatas torácicas apareadas familia Chironomidae del orden Diptera.
- Fotografía No.43.** Molusco de la clase Gasterópoda
- Fotografía No.44.** Cuerno prosternal familia Lepidostomatidae del orden Trichoptera
- Fotografía No.45.** Branquias operculares ovaes fam. Leptohyphidae, Ephemeroptera.
- Fotografía No.46.** Pico largo segmentado de la familia Naucoridae del orden Hemiptera.
- Fotografía No.47.** Especimen del orden Ostracoda.
- Fotografía No.48.** Dos pares de propatas abdominales familia Dixidae del orden Diptera
- Fotografía No 49.** Larva aplanada dorsoventralmente familia Psephenidae, Coleoptera.
- Fotografía No.50.** Especimen de la familia Stratiomyidae del orden Diptera
- Fotografía No.51.** Especimen de la familia Veliidae del orden Hemiptera
- Fotografía No.52.** Refugio de Trichoptero construido con distintos materiales
- Fotografía No.53** Especimen de la familia Baetidae del orden Ephemeroptera
- Fotografía No.54.** Especimen de la familia Crambidae del orden Lepidoptera
- Fotografía No.55.** Especimen de la familia Ceratopogonidae del orden Diptera
- Fotografía No.56.** Diferentes especímenes de la familia Chironomidae del orden Diptera
- Fotografía No.57.** Filum Mollusca, Clase Gasterópoda
- Fotografía No.58.** Especimen de la familia Corixidae del orden Hemiptera
- Fotografía No.59.** Patas torácicas en forma de pinza, Hydrobiosidae, orden Trichoptera
- Fotografía No.60.** Especimen de la familia Hydropsychidae del orden Trichoptera
- Fotografía No. 61.** Especimen de la familia Notonectidae del orden Hemiptera
- Fotografía No. 62.** Subfilum Crustacea, Clase Ostrácoda
- Fotografía No. 63.** Especimen de la familia Simuliidae del orden Diptera
- Fotografía No. 64.** Especimen de la familia Veliidae del orden Hemiptera
- Fotografía No. 65.** Especimen de la familia Gerridae del orden Hepiptera
- Fotografía No. 66.** Joroba dorsal familia Limnephilidae del orden Trichoptera.
- Fotografía No. 67.** Especimen de la familia Stratiomyidae del orden Diptera

- Fotografía No. 68.** Presentación del Proyecto FODECYT 19-2011  
**Fotografía No. 69** Equipo de trabajo  
**Fotografía No. 70.** Asistentes a la actividad de presentación del Proyecto FODECYT 19-2011

### **LISTA DE TABLAS**

- Tabla No. 1.** Variables independientes e indicadores de parámetros fisicoquímicos de calidad del agua.  
**Tabla No. 2** Comparación de las condiciones químicas de los ríos muestreados en el área de Atitlán según Weiss (1971) y Estudios de la UVG (2002).  
**Tabla No. 3.** Clasificación del Índice de Calidad del Agua-ICA-  
**Tabla No. 4.** Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”  
**Tabla No. 5.** Resultados de parámetros fisicoquímicos, para el cálculo de Índice de Calidad del Agua-ICA- de El Salvador.  
**Tabla No. 6.** Índice Biológico o Biótico a nivel de Familias (IBF) (Hilsenhoff 1988)  
**Tabla No. 7.** Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en las aguas de los principales ríos de El Salvador.

### **LISTA DE MAPAS**

- Mapa No. 1.** Ubicación Geográfica de la República de Guatemala  
**Mapa No. 2.** Ubicación del departamento de Sololá en la República de Guatemala.  
**Mapa No. 3.** Ubicación de los ríos Quiscab y San Francisco dentro del departamento de Sololá, Guatemala.  
**Mapa No. 4.** Ubicación de los puntos de muestreo en los ríos Quiscab y San Francisco  
**Mapa No. 5.** Resultados promedios de Índices de Calidad del agua fisicoquímica-ICA- en las diferentes partes de las cuencas de los ríos Quiscab y San Francisco  
**Mapa No. 6.** Resultados promedios de los IBF-SV- durante los muestreos realizados en los ríos Quiscab y San Francisco.

## PARTE I

### I.1 INTRODUCCIÓN

La región occidental, dentro de la cual se encuentran las subcuencas de los ríos San Francisco y Quiscab (que son parte de la cuenca del Lago de Atitlán), se encuentra llena de una gran biodiversidad y una vasta riqueza natural, por lo que a diario es visitada por innumerables turistas de todas partes del mundo. Su extensa diversidad de pisos térmicos la hace ser cuna del cultivo de varias plantas empleadas en una amplia gama de usos, desde los culinarios hasta los medicinales, pasando por los ornamentales y tradicionales.

La formulación de esta propuesta se realizó tomando en cuenta la degradación de la calidad de agua de la cuenca del lago de Atitlán, la importancia y el alto valor que el agua ha venido cobrando en los últimos decenios a nivel mundial, y el valor agregado de la estética de la cuenca en el ecoturismo.

Teniendo en cuenta que se le ha dado poca importancia a los análisis biológicos de los ríos de la cuenca del lago de Atitlán, mientras que los parámetros fisicoquímicos han sido mucho más utilizados. Una de las razones por las cuales es importante evaluar el peso científico que tienen los análisis biológicos frente a los fisicoquímicos, es que en los primeros se requiere una menor inversión económica, a diferencia de los requerimientos del segundo, en los que se necesitan equipos y reactivos específicos los que hacen ser más caros que otros análisis. Los organismos hidrobiológicos son empleados como indicadores de calidad ambiental por su alta sensibilidad a los cambios en las concentraciones de nutrientes necesarios para crecer y reproducirse en el agua, facilitando una respuesta inmediata a problemas de contaminación.

El conocimiento de la composición específica en el ambiente acuático estudiado, permitió detectar los orígenes y gradientes de contaminación puntual o difusa, mediante los registros y la diferenciación a lo largo de las microcuencas de especies macroinvertebrados con distintos grados de tolerancia (Alverson et al., 2003). De igual forma, el grado de contaminación se determinó por medio de análisis microbiológicos y fisicoquímicos, para evaluar la presencia de coliformes fecales, cantidad de nutrientes y otros contaminantes en los puntos muestreados.

Para poder determinar el aporte de contaminación de estos ríos, se realizaron ocho muestreos durante un período de dos años, evaluando la parte alta, media y baja de las dos subcuencas y desembocadura en el lago, midiéndose los parámetros fisicoquímicos, empleando el Índice de Calidad del Agua-ICA (El Salvador) , indicadores biológicos utilizando macroinvertebrados acuáticos con el Índice Biológico por Familias de El Salvador (IBF-SV-2010) y fitoplancton, en forma cualitativa y cuantitativa solamente la desembocadura de los ríos en el lago.

Los resultados de ICA, para el río San Francisco, presentaron valores más bajos que los del río Quiscab. El IBF-SV-2010, del río San Francisco reportó valores de calidad del agua muy pobre y el río Quiscab reportó valores de calidad del agua regular.

Se pudo determinar una buena correlación lineal inversamente proporcional para los valores promedio de ICA vrs los del IBF-SV-2010. El análisis de varianza-ANOVA y la prueba de Tukey reportaron que la cuenca baja de los ríos era significativamente diferente de los otros puntos de muestreo y que no había diferencia entre las épocas del año (invierno y verano).

En los monitoreos cuantitativos de fitoplancton en la desembocadura de los ríos en el lago, reportaron altos porcentajes de algas *Cianophytas*, no existiendo diferencias en cuanto a cantidad y diferencia de géneros en comparación con el invierno y verano.

Con la presente investigación se pudo determinar la condición actual de la contaminación en la que se encuentran las subcuencas de los ríos San Francisco y Quiscab y los efectos de entradas de aguas servidas que perturban su calidad hasta la llegada al lago de Atitlán. Finalmente, se contribuyó aportando sugerencias sólidas y concretas para el mejor manejo del recurso hídrico, ya que de él dependen miles de familias; tanto de forma directa como indirecta.

## **I.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Antecedentes de Guatemala**

Las descargas difusas y puntuales de desechos líquidos en la subcuenca de los ríos Quiscab y San Francisco, producen altos niveles de contaminación, los que posteriormente son llevados al lago de Atitlán. Estas descargas que terminan en el lago aumentan el nivel trófico del mismo, causando entre otros, los siguientes daños: aumento de la densidad de microalgas (cianobacterias), presencia de coliformes fecales y totales, pérdida del espejo de agua y el valor estético (presencia de olores fétidos y coloración anormal del agua), diferentes niveles de pH, cambios en la conductividad, disminución de la transparencia y fluctuaciones en la concentración de oxígeno disuelto a lo largo de la columna de agua, provocando alteraciones en la productividad y diversidad de las especies acuáticas.

En consecuencia estos cambios al ecosistema dañan los intereses socioeconómicos de los pobladores del lago, ya que en su mayoría viven principalmente del turismo, la pesca, así mismo utilizan el agua para consumo domiciliario, lo que añade riesgos a la salud pública.

Esta problemática ha sido difundida ampliamente por los medios de comunicación debido a la importancia económica y valor que tiene el lago en el patrimonio nacional. Si bien se conoce de forma general que el deterioro del lago es producido por el aporte de nutrientes y contaminantes, existen pocas investigaciones realizadas en los ríos de la cuenca que respaldan estas hipótesis, y los estudios que se han elaborado no son exhaustivos ni representativos de la complejidad de las principales subcuencas que afluyen al lago. Es por esto que se decidió realizar un estudio que represente las partes de las subcuencas (parte alta, media, y baja) y donde se evaluaron diversos factores (bióticos y abióticos), en las épocas secas y lluviosas de dos años, lo que permitió determinar la calidad del agua en estas subcuencas.

Se pudo establecer, a partir de este estudio, bioindicadores de calidad ambiental específicos en los ríos Quiscab y San Francisco. Estos bioindicadores servirán de alerta para evaluar cambios en la calidad ambiental y contaminación del ecosistema, esto con el designio de reducir la contaminación antes que llegue al lago.

El proyecto se planteó para reforzar y aumentar, los esfuerzos de monitoreos que realiza el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- por medio del la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas –URHyC- en los ríos Quiscab y San Francisco, gracias a la cooperación con el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, y al apoyo financiero aportado por CONCYT.

En los últimos años se ha producido mucha controversia y gran atención en torno a los florecimientos de cianobacteria en el lago de Atitlán. Varios factores pueden causar los florecimientos de cianobacterias. Sin embargo, entre la comunidad científica existe el consenso que el aumento de florecimientos es consecuencia del aporte desmedido de nutrientes de origen antropogénico a los cuerpos de agua. La recuperación de un ecosistema como el lago de Atitlán para la reducción de florecimientos es costosa y tardía por lo que es importante reducir la contribución de nutrientes como parte de una solución a largo plazo.

Se ha sugerido que un gran aporte de nutrientes de origen antropogénico es producido por los principales ríos que reciben gran cantidad de contaminantes a lo largo de su travesía antes de desembocar en el lago de Atitlán. Existen muchos estudios que corroboran esta hipótesis. Entre los trabajos que se han realizado, se pueden destacar, Castellanos et al (2002), Dix et al (2003), y Weiss (1973), los cuales recomiendan enfocar los estudios futuros aún más en las subcuencas que vierten sus aguas en el lago de Atitlán, siendo los ríos los que tributan una mayor cantidad de nutrientes a este cuerpo de agua.

Dix en el Diagnóstico Ecológico-Social de la cuenca de Atitlán (2003), demostró que los nutrientes causantes de la eutrofización del agua han ido aumentando grandemente durante los últimos años, lo cual provoca un incremento en la densidad del fitoplancton en el agua del lago de Atitlán.

En el trabajo titulado “Planificación de uso de la tierra en la subcuenca del río Panajachel, cuenca del lago de Atitlán, Sololá”, realizado por Werner Ochoa (2009) se demuestra que los efectos ambientales son crecientes en las subcuencas, debido a la falta de planificación del uso de la tierra y el que se le ha dado a la misma no aprovecha correctamente el potencial productivo de la región.

En el informe de Visitas de Campo y Monitoreo de Calidad del agua del Lago de Atitlán Sololá, (MARN, 2005) y en el estudio de Padilla et al. (2010), se determinó la

presencia de bacterias *Escherichia coli* en el río San Francisco y Quiscab respectivamente, lo cual sugiere que existe contaminación de origen domiciliario en dichas aguas, y siendo esta una causa importante de aporte de nutrientes al lago de Atitlán

Por otra parte, Castellanos (2002), indica que el primer año de muestreo decidieron realizar una evaluación de la situación de saneamiento ambiental de la subcuenca del Río Panajachel (San Francisco), ya que en el área frente al delta de este río se han encontrado los niveles más altos de contaminación, lo que sugiere la importancia de realizar más estudios en esta subcuenca.

El río San Francisco es una de las subcuencas más importantes del lago. Previo a desembocar en el lago, este río recorre diversas comunidades las cuales hacen múltiples usos de sus aguas. Castellanos determinó que el agua del río empieza a contaminarse por efecto de las prácticas agrícolas (fertilizantes, lavado de verduras, erosión) en la parte norte de la cuenca. El río se sigue contaminando a través de su recorrido a medida que se le vierten aguas de desecho (negras y grises). Esto se corrobora con los altos niveles de contaminación que se detectaron en este estudio en la entrada al pueblo de Panajachel. Sin embargo, a partir de este punto se incrementa aun más la contaminación por la alta densidad poblacional y comercios que no cuentan con un sistema de drenaje municipal o planta de tratamiento de aguas.

El río Quiscab es de igual importancia en cuanto a su densidad poblacional a lo largo de esta subcuenca y el caudal que aporta al lago de Atitlán. Presenta los mismos problemas de falta de planeamiento urbano o rural para el manejo de aguas residuales de uso industrial y ordinario por lo que es importante estudiar los dos ríos en paralelo y determinar el aporte de contaminación de cada cual a lo largo de las subcuencas.

Por otro lado, existe un gran vacío sobre la información de macroinvertebrados y organismos microbiológicos acuáticos. Hay algunas investigaciones realizadas sobre microorganismos indicadores de calidad del agua (Winkler 2001; Morales 2002; Iturbide 2001), pero no son lo suficientemente específicas ni detalladas. Los estudios de macroinvertebrados son muy pocos y el muestreo no se ha hecho de forma representativa como para identificar bioindicadores de calidad ambiental. Es por eso que fue importante crear un proyecto como el presente, para realizar un estudio representativo, de las

microcuencas de los ríos Quiscab y San Francisco el cual calificó las variaciones temporales y espaciales con el fin de evaluar y formular series de tiempo para estimar el estado de estas zonas.

Este proyecto vino a reforzar los monitoreos que realiza la URHyC del MARN, proporcionando información adicional y herramientas que permitirán alertar de contaminación en las subcuencas. Se considera que el simple estudio de parámetros fisicoquímico y de Coliformes fecales, que son los estudios que realiza el MARN actualmente, no permiten llegar a una perspectiva completa del comportamiento y estado de la calidad ambiental a lo largo de los ríos Quiscab y San Francisco. La información que aporta el estudio de organismos biológico permitió evaluar las áreas estudiadas y representa un paso para establecer una cultura de conservación de nuestros patrimonios naturales, en este caso de nuestros cuerpos de agua.

### **1.2.2. Justificación del trabajo de Investigación**

Para hacer frente al deterioro de la calidad del agua del lago de Atitlán debido al continuo aporte de nutrientes por las subcuencas del río San Francisco y Quiscab, el MARN por medio de la URHyC realiza monitoreos mensuales en el lago Atitlán y en sus principales afluentes. Los monitoreos tienen como objetivo determinar la calidad de estos cuerpos de agua, al estudiar las características fisicoquímicas entre otros parámetros. Estos datos permiten evaluar el impacto de las descargas no puntuales o difusas de aguas residuales domiciliarias, agroindustriales e industriales que se realizan en la cuenca del lago de Atitlán. De esta forma, se busca proveer a las autoridades, instituciones y poblaciones interesadas con la información que les permita tomar decisiones para el mejor manejo de la cuenca.

Si bien la información recaudada de acuerdo a los parámetros estudiados en los monitoreos realizados por el MARN proporciona información sobre el estado de la cuenca, es importante también determinar las principales fuentes de contaminación. Distintos estudios en la cuenca han evidenciado la importancia del aporte de contaminantes al lago a través de los ríos Quiscab y San Francisco (Castellanos Edwin, 2009; MARN 2005; Dix 2003; y Padilla et al. 2010). Sin embargo estos estudios cuentan con una o dos estaciones de muestreo por evento y no representan la complejidad de estos ríos. Esta propuesta de

investigación buscó ampliar los esfuerzos de monitoreo que se realizan por el MARN al expandir los puntos de monitoreo y los parámetros estudiados en las microcuencas del río Quiscab y San Francisco, para ubicar la cantidad de contaminación que aporta cada río, así como las áreas que contribuyen con más contaminantes.

Se añadió el estudio los parámetros biológicos (i.e. estudio de organismos microbiológicos y de macroinvertebrados) a los análisis fisicoquímicos que se realizan en los monitoreos de los ríos por el MARN, a manera de establecer una relación entre la biodiversidad acuática y la contaminación, lo que permitió establecer indicadores biológico y fisicoquímico de calidad ambiental adecuados en las microcuencas estudiadas. El contar con indicadores biológicos permitirá a los técnicos tener un método de alerta de contaminación práctico y relativamente rápido, lo que reducirá el costo y tiempo de monitoreo.

Los estudios de ecología (biodiversidad y dispersión de organismos) facilitan información sobre la riqueza del área en términos de organismos biológicos. En consecuencia se llega a conocer el funcionamiento del ecosistema y comprender el rol de las diferentes especies en el balance ecológico de la zona. También, el estudio de la biota establece una relación entre la actividad antropogénica y los ecosistemas. De esta forma se espera definir de qué manera las prácticas realizadas en las zonas aledañas afectan los ecosistemas estudiados (Ej. relación entre actividad antropogénica y calidad del agua).

A medida que se realizan monitoreos constantes y se establece el comportamiento de la biota en función de parámetros fisicoquímicos se espera llegar a contar con un antecedente que nos permita comprender el comportamiento ecológico de estas áreas. Esta información es indispensable para entender y anticipar, no sólo en qué forma el cambio climático (observado a nivel mundial y del que Guatemala es especialmente vulnerable) afecta al comportamiento de los ecosistemas, sino también cómo se espera que el ecosistema reaccionen ante estos cambios (Referirse, Discurso pronunciado por el Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, Luis Alberto Ferraté Felice, en nombre de los países miembros de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), órgano ambiental del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) Sección de

organismos intergubernamentales de la Décimo Sexta Conferencia de las partes (COP16) realizada en Cancún, Quintana Roo, México. 10 de diciembre de 2010).

Los resultados encontrados servirán de plataforma para realizar estudios más precisos en las zonas identificadas como más vulnerables o que son fuente de contaminantes en las microcuencas; de manera que se determina cuales son los contaminantes puntuales y difusos de origen antropogénico. Así como fortalecer la rectoría del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en materia de la gestión del recurso hídrico.

### **I.3. OBJETIVOS**

#### **I.3.1. Objetivo General:**

Caracterizar y evaluar la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca del lago de Atitlán, río Quiscab y río San Francisco.

Contribuir al manejo sostenible de la cuenca del Lago de Atitlán, a través de la determinación de la calidad de agua de los ríos Quiscab y San Francisco, proponiendo bioindicadores y un método práctico in situ, que sirva de alerta temprana para evitar la contaminación del lago y la degradación de la calidad de agua del mismo por los florecimiento de cianobacterias.

#### **I.3.2. Objetivos Específicos:**

- Caracterizar y evaluar la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca del lago de Atitlán, Río Quiscab y Río San Francisco.
- Verificar y evaluar la presencia o ausencia de los organismos acuáticos que sean indicadores de la calidad del agua como son: macroinvertebrados acuáticos y microbiológicos, correlacionarlos con los parámetros fisicoquímicos.
- Establecer la diferencia entre las proporciones de los organismos acuáticos, y su relación con los contaminantes y nutrientes de los ríos Quiscab y San Francisco en las épocas de invierno, verano y transición, durante dos años.
- Calcular y comparar los índices de calidad del agua fisicoquímica y biológica, en tres partes de la cuenca (alta, media, baja), para identificar las áreas que generan

mayor carga de contaminantes y nutrientes y proponer así medidas correctivas de manejo, en las áreas críticas de las microcuencas.

- Desarrollar un método práctico *in situ*, que permita predecir tempranamente la contaminación de los cuerpos de agua y así reducir los eventos de florecimientos de cianobacteria.
- Dar recomendaciones precisas que contribuyan a la reducción de la contaminación del agua de los ríos Quiscab y San Francisco.
- Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.

## **I.4 METODOLOGIA** (Descripción detallada de la Metodología)

### **1.4.1. Ubicación geográfica del área de estudio**

El estudio se realizó en las subcuencas de los ríos Quiscab y San Francisco (o río Panajachel), los cuales son parte de la cuenca del lago de Atitlán, ubicado en el Departamento de Sololá, República de Guatemala, en Centroamérica.

El río San Francisco, o también conocido como río Panajachel, tiene una longitud de 15 km de largo y un área de 75 km<sup>2</sup>. La ubicación geográfica es la siguiente: N 14° 48'20.0'' W 91° 06'54.7''.

El río Quiscab, posee 22.25 km de largo y un área de 100 km<sup>2</sup>. Encontrándose en las siguientes coordenadas: N 14 ° 48'15.8'' W 91° 16'15.9''

**Mapa No. 1.** Ubicación Geográfica de la República de Guatemala.



<http://www.google.es/imgres>

**Mapa No. 2.** Ubicación del departamento de Sololá en la República de Guatemala.



<http://www.google.es/imgres>

**Mapa No. 3.** Ubicación de los ríos Quiscab y San Francisco dentro del departamento de Sololá, Guatemala.



<http://culturapeteneraymas.wordpress.com/2012/02/17/mapas-del-departamento-de-solola>

## **I.4.2 Las Variables**

### **1.4.2.1. Variables dependientes**

Indices de Calidad del Agua, Físicoquímica e Índice Biológico por familias

### 1.4.2.2. Variables Independientes e indicadores

En la Tabla No. 1 se presentan las variables independientes y sus respectivos indicadores.

**Tabla No. 1.** Variables independientes e indicadores de parámetros fisicoquímicos

Variables	Indicadores/s
Caudal	(m <sup>3</sup> /s)
Microbiología	(NMP)
pH	Adimensional
Oxígeno disuelto	(mg/L)
Alcalinidad	mg/L
Dureza	mg/L
Turbidez	UTN
Nitratos	mg/L
Fosfatos	mg/L
Sólidos disueltos totales	mg/L
DBO	mg/L
Temperatura Ambiental	(° C)
Temperatura del agua	(° C)
Diferencia de temperatura	(° C)

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

### 1.4.3. Estrategia Metodológica

#### 1.4.3.1. Población y Muestra

La población en el caso de los IBF, todos los macroinvertebrados ubicados en los cauces de los ríos San Francisco y Quiscab. La población para el establecimiento del Índice de Calidad son las concentraciones de los nutrientes en los cauces de los ríos y los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua.

La muestra fue determinada por medio de tomar tres determinaciones de agua para parámetros fisicoquímicos y tres para Índice Biológico por Familias, en cada parte de las cuencas de los ríos, parte alta, media y baja.

El muestreo utilizado fue aleatorio en cada uno de los puntos, constituyéndose en un total de 44 muestras para Índices de Calidad del Agua fisicoquímico y 41 muestras para Índice Biológico por Familias-IBF.

#### **I.4.3.2. Determinación de los puntos de muestreo.**

El lugar de estudio se encuentra en las cuencas de los ríos Quiscab y río San Francisco, Sololá. Se seleccionaron 3 puntos en la cuenca alta, 3 puntos en la cuenca media, tres puntos en la cuenca baja, y un punto en la desembocadura de cada río, sumando un total de diez puntos por río (ver figura 1). Cada punto, se seleccionó de acuerdo a la vulnerabilidad de contaminación, identificándose por medio de un posicionador geográfico (GPS). Otro criterio que definió el establecimiento de puntos de muestreo es el acceso en función de la geografía y de permisos otorgados por las comunidades aledañas a los ríos. El punto de muestreo en la desembocadura, se tomó en el lago entre 15 y 20 metros de la orilla del mismo; la muestra fue tomada a 30 centímetros de la superficie, a contracorriente.

Una vez escogido los puntos de muestreo se elaboró un mapa hidrográfico (1:50,000), en donde se determinaron las coordenadas de la localización geográfica de las Subcuencas estudiadas, lo cual se presenta en el Mapa No. 4. A continuación se presentan los puntos georreferenciados en donde se realizaron los muestreos.

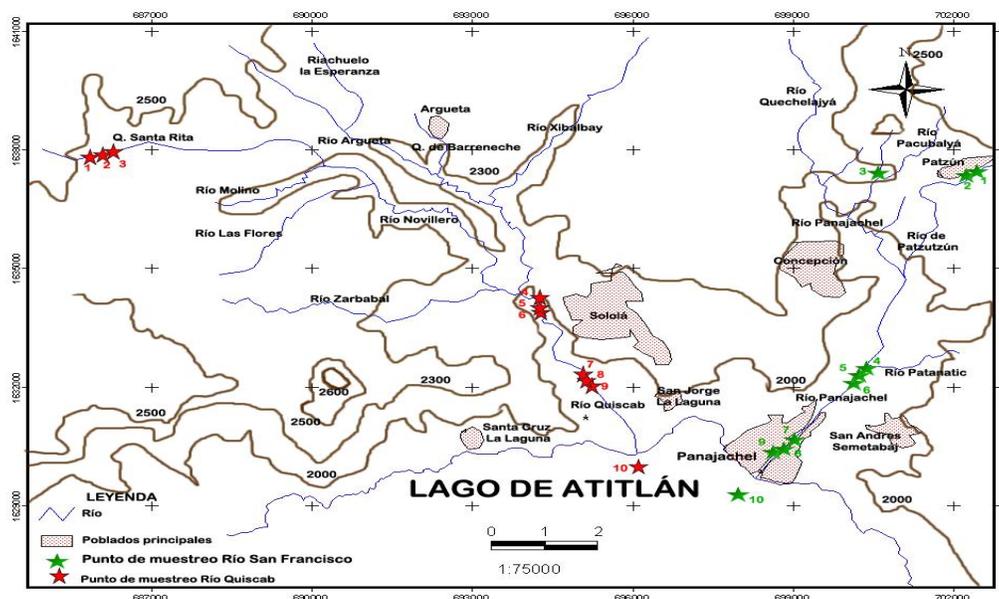
#### **Río Quiscab**

<b>Cuenca Alta:</b>	Geoposición		Altura
Aldea “El Novillero”	N 14°48’15.6’’	W 91°16’15.9’’	2430 msnm
<b>Cuenca Media:</b>	N 14° 46’17.3’’	W 91° 13’10.2’’	2216 msnm
San José Chacayá			
<b>Cuenca Baja:</b>	N 14° 45’20.3’’	W 91°11’12.0’’	1627 msnm
Finca El Jaibal			
<b>Desembocadura</b>	N 14° 44’29.9’’	W 91° 11’10.2’’	1523 msnm

#### **Río San Francisco**

<b>Cuenca Alta:</b>	N 14° 48’20.0’’	W 91° 06’54.7’’	2378 msnm
<b>Cuenca Media:</b>	N 14° 45’33.7’’	W 91° 08’10.5’’	1662 msnm
Finca La Vega			
<b>Cuenca Baja:</b>	N 14° 44’02.6’’	W 91°09’25.9’’	1589 msnm
Panajachel			
<b>Desembocadura:</b>	N 14° 44’02.6’’	W 91° 09’25.9’’	1589 msnm

**Mapa No. 4.** Ubicación de los puntos de muestreo en los ríos Quiscab y San Francisco



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

#### **I.4.3.3. Toma y transporte de muestras fisicoquímicas**

Se realizaron ocho viajes de campo, dos en la época seca y dos en la época lluviosa de cada uno de los dos años muestreados para la toma de muestras, siendo un total de 44 muestras para Índices de Calidad del Agua fisicoquímico- ICA y 41 muestras para Índice Biológico por Familias-IBF.

En todos los puntos de muestreo se tomaron muestras de agua superficial para análisis fisicoquímicos, utilizando botellas de propileno de alta densidad, sumergiéndolas a una profundidad de 30 centímetros y tomando la muestra a contra corriente. En cada sitio se tomaron tres muestras de un litro, a una de las cuales se les agregó ácido sulfúrico concentrado para llevarla a pH 2 para su conservación.

#### **I.4.3.4. Mediciones en laboratorio:**

Todas las muestras fueron transportadas al laboratorio, cumpliendo la cadena de custodia de frío, en hieleras con suficiente hielo para mantenerlas a una temperatura aproximada de 4°C. Los análisis se realizaron en el laboratorio Nacional de Salud –LNS–,

en el área de Contaminantes de Ambiente y Salud y en el laboratorio de calidad del agua del CEMA.

Los parámetros que se analizaron fueron los siguientes:

#### **i) Medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno –DBO<sub>5</sub>**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, es una prueba empírica del requerimiento relativo del oxígeno en el agua de desechos, efluentes y aguas contaminadas. La prueba mide el oxígeno molecular utilizado durante un período de incubación en donde se produce una degradación bioquímica del oxígeno por el material orgánico. Esta prueba está basada en el análisis No. 5210 A, del Standard Methods of examination.

Las muestras de agua residual o una dilución conveniente de las mismas, se incuban por cinco días a 20°C en la oscuridad. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), medida por el método Winkler o una modificación del mismo, durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO.

#### **PRIMERO: Toma y preservación de la muestra:**

Las muestras para determinación de la DBO se deben analizar con prontitud; si no es posible, refrigerarlas a una temperatura cercana al punto de congelación. Bajo ningún concepto iniciar el análisis después de 24 h de haber tomado la muestra.

#### **SEGUNDO: Aparatos y materiales**

Botellas de incubación para la DBO, de 250 a 300 mL de capacidad. Lavarlas con detergente, enjuagarlas varias veces, y escurrirlas antes de su uso.

Incubadora de aire o baño de agua, controlada termostáticamente a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ; excluir cualquier fuente luminosa para eliminar el proceso de producción fotosintética de OD.

#### **TERCERO: Reactivos:**

Solución tampón de fosfato: Disolver 8,5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21,75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 33,4 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , y 1,7 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en aproximadamente 500 mL de agua destilada y diluir a 1 L. El pH debe ser 7,2 sin posteriores ajustes. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descartar este o cualquiera de los otros reactivos.

Solución de sulfato de magnesio: Disolver 22,5 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y diluir a 1 L.

Solución de cloruro de calcio: Disolver 27,5 g de  $\text{CaCl}_2$  en agua destilada y diluir a 1L.

Solución de cloruro férrico: Disolver 0,25g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, diluir a 1L.

Soluciones ácida y alcalina, 1 N, para neutralización de muestras cáusticas o ácidas. **Acido:** A un volumen apropiado de agua destilada agregar muy lentamente y mientras se agita, 28 mL de ácido sulfúrico concentrado; diluir a 1 L.

**Alcali:** Disolver 40 g de hidróxido de sodio en agua destilada y diluir a 1 L.

Solución de sulfito de sodio: Disolver 1,575 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  en 1000 mL de agua destilada. Esta solución no es estable y se debe preparar diariamente.

Inhibidor de nitrificación: 2-cloro-6-(triclorometil) piridina.

Solución de glucosa-ácido glutámico: Secar a  $103^\circ\text{C}$  por 1 hora, la glucosa y ácido glutámico grado reactivo. Disolver 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico en agua destilada y diluir a 1 L. Preparar inmediatamente antes de su uso.

Solución de cloruro de amonio: Disolver 1,15 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en 500 mL de agua destilada, ajustar el pH a 7,2 con solución de  $\text{NaOH}$ , y diluir a 1 L. La solución contiene 0,3 mg de N/mL.

#### **CUARTO: Procedimiento:**

Preparación del agua de dilución. Colocar la cantidad de agua necesaria en una botella y agregar por cada litro, 1 mL de cada una de las siguientes soluciones: tampón fosfato,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ , y  $\text{FeCl}_3$ .

Llevar el agua de dilución a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$  antes de su uso; saturarla con OD por agitación en una botella parcialmente llena, por burbujeo de aire filtrado libre de materia orgánica, o guardarla en botellas lo suficientemente grandes con tapón de algodón, para permitir su saturación. Emplear material de vidrio bien limpio para proteger la calidad del agua.

Verificación del agua de dilución. Aplicar este procedimiento como una forma de verificación básica de la calidad del agua de dilución.

Determinar la  $DBO_5$  a  $20^{\circ}C$  de una dilución al 2% de la solución estándar de chequeo glucosa-ácido glutámico.

#### **QUINTO: Inoculación.**

Origen de las semillas o inóculo. Es necesario que en la muestra esté presente una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable. Las aguas residuales domésticas no cloradas, los efluentes no desinfectados de plantas de tratamiento biológico, y las aguas superficiales que reciben descargas residuales contienen poblaciones satisfactorias de microorganismos.

Blanco de agua de dilución. Con el objeto de verificar la calidad del agua de dilución sin inóculo y la limpieza de los materiales, usar una porción de la misma y llevarla junto con las muestras a través de todo el procedimiento. El OD consumido por el agua de dilución debe ser menor de 0,2 mg/L y preferiblemente no mayor de 0,1 mg/L.

#### **Pretratamiento de la muestra.**

Ajuste de temperatura de la muestra. Llevar las muestras a  $20 \pm 1^{\circ}C$  antes de hacer las diluciones.

**Técnica de dilución:** Los resultados más acertados se obtienen con diluciones de muestra en las que los valores de OD residual son por lo menos 1 mg/L y un consumo de OD de por lo menos 2 mg/L después de los 5 días de incubación. La experiencia con muestras de diferente origen permiten optimizar el número de diluciones requeridas; la correlación de la DQO con la DBO puede constituir una guía efectiva para la selección de las diluciones más convenientes. Si no se dispone de esta metodología, se pueden emplear las diluciones de 0,0 a 1,0 % para efluentes líquidos industriales, 1 a 5 % para efluentes industriales no tratados y decantados, 5 a 25 % para efluentes con tratamiento secundario o biológico, y 25 a 100 % para corrientes contaminadas.

**Incubación:** Incubar a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  las botellas que contienen las diluciones, los controles de semilla, los blancos de agua de dilución y los patrones de glucosa-ácido glutámico.

Determinación del OD final. Determinar el OD en las muestras diluidas, los blancos y los patrones después de 5 días de incubación.

**Cálculo Cuando el agua de dilución no ha sido inoculada:**

$$\text{DBO}_5, \text{ mg/l} = (\text{D}_1 - \text{D}_2) / \text{P}$$

**Cuando el agua de dilución ha sido inoculada:**

$$\text{DBO}_5, \text{ mg/l} = \{ (\text{D}_1 - \text{D}_2) - (\text{B}_1 - \text{B}_2) * f \} / \text{P}$$

**Donde:**

$\text{D}_1$  = OD de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación, mg/L,

$\text{D}_2$  = OD de la muestra diluida después de 5 d de incubación a  $20^\circ\text{C}$ , mg/L,

P = fracción volumétrica decimal de la muestra empleada,

$\text{B}_1$  = OD del control de semilla antes de la incubación, mg/L

$\text{B}_2$  = OD del control de semilla después de la incubación, mg/L y

f = proporción de semilla en la muestra diluida a la semilla en el control de semilla

= (% de semilla en la muestra diluida) / (% de semilla en el control de semilla).

Si el material inoculante se agrega directamente a la muestra o a las botellas de control:

f = (volumen de semilla en la muestra diluida) / (volumen de semilla en el control de semilla)

**Resultados:**

Si se ha inhibido la nitrificación, reportar los resultados como  $\text{DBO}_5$ .

Los resultados obtenidos para las diferentes diluciones pueden ser promediados si se cumple con los requisitos de valores de OD residual de mínimo 1 mg/L y un consumo de

OD de por lo menos 2 mg/L. Este promedio se puede hacer si no hay evidencia de toxicidad en las muestras menos diluidas o de alguna alteración detectable.

## **ii)Medición de los Sólidos Totales Disueltos-STD:**

El método de los Sólidos Totales Disueltos-STD, es el número 2540 C. del Standard Methods for examination of wáter & wastewater 21 st Edition.

Materiales:

Discos de fibra de vidrio

Equipo de filtración: Kitazato, filtro de fibra de vidrio y bomba de succión

Horno seco para operación de  $180^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Pinzas.

### **Procedimiento:**

Colocar los discos de fibra de vidrio en el horno a  $180^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora, guardar para utilizar.

Armado el equipo de filtración, colocar el disco de fibra de vidrio con una pinza en el soporte del filtro

Dejar pasar 20 ml de agua desmineralizada hasta que deje de pasar.

Tomar una muestra de agua de un volumen conocido, agitarla bien antes de dejarla pasar a través del filtro, luego quitar el disco de fibra de vidrio y colocarlo en el horno a  $180^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora, dejarlo enfriar en el desecador y pesarlo hasta que se determine un peso constante.

### **Cálculo:**

$$\text{Sólidos totales disueltos en mg/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volumen de la muestra, ml}}$$

A = peso de la muestra + el filtro en mg

B = peso del filtro seco en mg

### **iii) Medición de los Nitratos ( $\text{NO}_3$ )**

Los nitratos fueron determinados mediante el Test de Nitratos de Merck, mediante el espectrofotómetro de la marca Spectroquant ®. La técnica para la determinación de  $\text{NO}_3$  se muestra a continuación.

Se debe de pipetear 4 ml del reactivo  $\text{NO}_3^{-1}$  en un tubo de ensayo seco. Luego agregarle con una pipeta 0.5 ml de muestra preparada, la cual debe de estar a una temperatura entre 5-25°C, en este paso no debe de mezclarse la muestra y el reactivo. Por último, añadir 0.5ml de reactivo  $\text{NO}_3^{-2}$  con una pipeta y mezclar, agarrando el tubo sólo por la parte superior. Dejar en reposo la solución de reacción caliente durante 10 minutos, para luego ser leído a través del espectrofotómetro.

### **iv) Medición de Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ).**

Los fosfatos fueron determinados mediante el Test de Fosfatos de Merck, mediante el espectrofotómetro de la marca Spectroquant ®. La técnica para la determinación de P se muestra a continuación.

En una batería de tubos de ensayo, se debe de agregar 8 ml de agua destilada, seguidos de 0.5 ml de la muestra de agua. Luego se añaden 0.5ml del reactivo de  $\text{PO}_4^{-1}$  a la muestra y por último se agrega una dosis del reactivo  $\text{PO}_4^{-2}$ . Dejar reposar por 5 minutos, para luego introducir la muestra de medición en la cubeta y medir a través del espectrofotómetro.

### **v) Número más probable (NMP/100ml).**

Para obtener el NMP de coliformes fecales en una muestra de agua, se debe de llevar a cabo la siguiente metodología:

Es necesario envolver pipetas de vidrio de 1 mL, 5 mL y de 10 mL en papel kraft, colocándoles algodón en la parte superior.

Se debe de preparar el medio de cultivo Fluorocult LMX, utilizando 17g de medio de cultivo por cada litro de agua destilada que se utilice. Dentro de la metodología del NMP, es necesario preparar una batería de 15 tubos de ensayo por cada punto de muestreo, ya que se realizan cinco réplicas de la muestra. Se preparan 5 tubos a doble concentración, esto quiere decir que en lugar de disolver 17g de medio/l de agua destilada, se disuelven 34 g de

Fluorocult LMX/1 de agua destilada, de la misma manera, se preparan 10 tubos con medio a concentración normal. Los 5 tubos de ensayo a doble concentración deben de tener 10 ml de medio de cultivo, los siguientes 5 tubos deben de tener 9 ml de medio de cultivo a concentración normal y los últimos 5 tubos deben de tener 9.9 ml de medio de cultivo a concentración normal.

Toda la cristalería junto con los tubos de ensayo debe de ser esterilizada en una autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Al momento de realizar la siembra, se debe de limpiar el área de trabajo y encender dos mecheros para mantener el área estéril. Se procede a utilizar las pipetas previamente esterilizadas, tomando 10 ml de la muestra de agua, que se siembran en un tubo de ensayo a doble concentración, luego se debe de tomar 1mL del contenido del primer tubo y sembrarlo en el segundo tubo a concentración normal, por último se toma 0.1 ml del segundo tubo y se siembra en el tercer tubo, dicho procedimiento se repite con las otras cuatro réplicas de la muestra.

La batería de tubos con medio de cultivo se debe de incubar a una temperatura de 37 °C por un período de 24 horas. Transcurrido dicho período, se debe de exponer a los tubos a una lámpara de luz ultravioleta, aquellos tubos que muestren fluorescencia, son aquellos que presentan coliformes fecales. A dichos tubos se les debe de agregar algunas gotas de reactivo de Indol Kovacs, si se forma un halo color rosa en la superficie, es indicador de la presencia de *Escherichia coli* en la muestra. El Número Más Probable (NMP/100ml) se calcula en base a la tabla de cotejo presente en el libro Standar Methods.

#### **I.4.3.5. Mediciones en campo**

En el campo se medieron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, pH, temperatura y conductividad, utilizando un medidor portátil de medición de calidad del agua.

En cada punto de muestreo se medirá el caudal utilizando un correntímetro y turbidez con un colorímetro.

#### **I.4.3.6. Monitoreo de organismos hidrobiológicos**

Los macroinvertebrados acuáticos se obtendrán en cada punto de muestreo utilizando una red en “D” que se sumerge en diferentes ambientes naturales, durante 15 minutos. El

resultado de cada muestreo se colocará en una bolsa de plástico con cierre hermético, a las cuales se les agregará 10 ml de etanol al 70%, para ser transportadas al laboratorio.

La identificación y cuantificación de las muestras se realizará en el Laboratorio de Calidad del Agua y Limnología del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, utilizando bandejas de plástico, estereoscopios, pinzas de acero inoxidable, cajas de petri de vidrio, contenedores plásticos para guardar los especímenes encontrados e identificados, etiquetados con papel de algodón y rapidógrafo especial con tinta indeleble al alcohol.

Luego que se hayan identificado y cuantificado las especies por punto de muestreo se calculará el índice biótico por familias de invertebrados acuáticos adaptado para ser aplicado en la medición de la calidad de las aguas de los ríos de El Salvador (IBF-SV-2010).

Para la identificación final se contrató con un consultor especialista en identificación de macroinvertebrados acuáticos.

#### **I.4.3.7. Monitoreo bacteriológico y fitoplancton.**

En los diferentes puntos de muestreo, se realizará una toma de muestra de 200ml en la superficie se colocarán en envases estériles, transportándose a 4°C para su posterior análisis en el laboratorio, utilizando la técnica de Filtración de membrana, la cual es indicada en el Standard Methods of examination (2005).

En las muestras que se toman en la desembocadura de los ríos se determinará la diversidad de fitoplancton, se colectarán con una red con un tamaño de malla de 20µm, haciendo pasar 100 litros de agua por la red y colectando 100 mL en un recipiente de color ámbar. Las muestras se fijarán con formalina o lugol para preservarlas.

La identificación se hará al microscopio, utilizando una cámara de Sedgwick-Rafter de un mililitro de volumen. La identificación del fitoplancton se hará con claves dicotómicas.

#### **I.4.3.8. Análisis de los datos**

Luego de obtenidos los resultados se procederá a realizar el análisis estadístico de los mismos. Se realizarán un análisis de variancia, calculando el coeficiente de dispersión, para determinar la relación entre los parámetros obtenidos a partir de los índices ecológicos, análisis fisicoquímicos y biológicos.

**Análisis de componentes principales (PCA):** Para deducir en una base de diferentes componentes los factores que mejor explican la biodiversidad de cada estación estudiada. Esta técnica es útil cuando se trabaja con datos multivariados, primero porque muestra los cambios entre estaciones, y segundo porque reduce el riesgo de correlaciones aleatoria, entre las variables bióticas y abióticas.

**Análisis de correspondencia (DCA):** Se realizará éste procedimiento para observar los distintos cambios en cuanto a composición de especies entre los diferentes puntos de muestreo.

Se utilizarán los índices de calidad de agua de El Salvador: para parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de calidad del agua, y para macroinvertebrados acuáticos, los cuales servirán para conocer la calidad ambiental de las subcuencas.

El índice para macroinvertebrados es el Índice Biótico por familias de Invertebrados (IBF-SV-2010), adaptado para ser aplicado en la medición de la calidad de las aguas de los ríos de El Salvador, el cual es derivado del índice del mismo nombre (FBI, por sus siglas en inglés; W.L. Hilsenhoff, 1988).

#### **I.4.4 El Método**

El método utilizado para los monitoreos fue la siguiente:

- Elección de un río en cada parte de las cuencas de los ríos Quiscab y San Francisco: alta, media y baja.
- En cada parte de la cuenca se tomaron tres puntos en un área de 100 m.
- **Se realizaron los siguientes viajes de campo:**
- Primer viaje de campo: 7 y 8 de noviembre 2011
- Segundo viaje de campo: 17 al 20 abril 2012
- Tercer viaje de campo: 12 al 16 de junio 2012
- Cuarto viaje de campo: Agosto 2012
- Quinto viaje de campo: Octubre 2012
- Sexto viaje de campo: Abril 2013
- Séptimo viaje de campo: junio 2013
- Octavo viaje de campo: julio 2013

#### I.4.5 La Técnica Estadística

Para la interpretación estadística de los resultados se utilizaron dos técnicas estadísticas: la Correlación y en Analisis de Varianza –ANOVA y la prueba de Tukey.

#### I.4.6 Los Instrumento utilizado:

A continuación se presenta la boleta utilizada para la toma de datos en el campo.



**CONCYT**  
**SENACYT**  
Secretaría Nacional de  
Ciencia y Tecnología  
GUATEMALA

**SENACYT**  
Secretaría Nacional  
de Ciencia y Tecnología

**fonacyt**  
Fondo Nacional de  
Ciencia y Tecnología

**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



**PROYECTO FODECYT-19-2011**  
**INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS**

Parámetro	Cuenca Alta	Cuenca media	Cuenca baja	Desemb.
Caudal (m <sup>3</sup> /s)				
Microbiología (NMP)				
pH				
Oxígeno disuelto (mg/l)				
Alcalinidad (mg/l)				
Dureza (mg/l)				
Turbidez (mg/l)				
Nitratos (mg/l)				
Fosfatos (mg/l)				
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)				
Temperatura ambiente (°C)				
Temperatura del agua (°C)				
Diferencia de Temperaturas (°C)				
Ubicación Geográfica de los puntos de Muestreo				
Hora de muestreo				

## **PARTE II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **II.1. Antecedentes (Trabajo, experiencias en Guatemala)**

##### **Cuenca del Lago de Atitlán:**

En la investigación realizada por Edin Emilio Montufar Echeverría en el año 1990, se definió la Cuenca del Lago de Atitlán por ser una cuenca hidrográfica cerrada, cuyo punto más bajo es el lago de Atitlán. Se ubica en el altiplano occidental de Guatemala y parte de su área corresponde al departamento de Sololá. Esta cuenca tiene una superficie de 540 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 118.5 Km. Una elevación mínima de 1,562 msnm y una elevación media de 2,205 msnm y una elevación máxima de 3,340 msnm (Montufar, 1990).

Según el estudio efectuado por Montufar (1990), se determinaron tres subcuencas en la cuenca del lago de Atitlán, siendo estas las formadas por los ríos Quiscab y Panajachel (río San Francisco) localizadas al Norte y la subcuenca Azul que se localiza en la parte sur de la cuenca (Montufar, 1990).

##### **Subcuenca río Quiscab:**

La subcuenca del río Quiscab tiene como corriente principal la del río Quiscab, de donde deriva su nombre. Este río se forma de la unión de los ríos Novillero y Zarbabal, corre al sureste, le afluyen los ríos Chuiscalera y Xibalbay y descarga en el lago de Atitlán (Montufar, 1990).

##### **Subcuenca del río Panajachel (río San Francisco):**

Esta subcuenca tiene como corriente principal la del río Panajachel, de donde deriva su nombre, el mismo se origina en la confluencia de los ríos Quecheljyá y Pacubalyá con un curso de Norte a Sureste formando un delta al desembocar en el lago de Atitlán (Montufar, 1990).

##### **Subcuenca Azul:**

Esta subcuenca tiene como cuerpo de agua principal la del Lago de Atitlán, se ha tomado como una unidad, a pesar que posee más de cien pequeños cauces de agua. La subcuenca Azul, se localiza en la parte Sur de la cuenca del lago de Atitlán y en ella se ubican varios de los conos volcánicos de la región (Montufar, 1990).

### **Situación de la Calidad del Agua del lago y la cuenca:**

En el trabajo realizado por Castellanos y otros, titulado “Diagnóstico de la calidad del agua del lago de Atitlán”, UVG 2002, del Proyecto Volcanes de Atitlán, se presentan las siguientes conclusiones:

El lago de Atitlán sigue siendo uno de los más limpios de Guatemala, sin embargo las descargas de aguas servidas son considerables y con una gran cantidad de patógenos. Si no se toman medidas el lago perderá su capacidad de dilución y podrá empezar a futuro un proceso de eutrofización acelerado (Castellanos, 2002).

La parte norte de la cuenca del lago es la que genera mayor contaminación por descargas domésticas (drenajes de Sololá y la zona turística), mientras la parte sur aporta la mayor cantidad de nutrientes provenientes de fertilizantes (Castellanos, 2002)

La polémica sobre la ventaja de usar fosas sépticas versus drenajes con planta de tratamiento, como alternativa de manejo de los desechos líquidos. Ambas son soluciones viables dependiendo del tamaño de la población (Castellanos, 2002).

Es necesario mejorar y ampliar la información, así como darla a conocer para lograr una mayor participación de la población en la solución de los problemas de contaminación por residuos sólidos y líquidos (Castellanos, 2002).

En el estudio realizado por Mayra Lissette Herdocia Villeda, en el año 1999, este se basó en la detección y cuantificación de sustancias químicas, para establecer índices de contaminación en las aguas superficiales del lago. El esfuerzo de la investigación se centró en dos sitios: Panajachel y Santiago Atitlán, se tomaron muestras de agua superficiales a una distancia aproximadamente de cincuenta metros desde la orilla. Las muestras se analizaron químicamente, detectándose y cuantificándose los siguientes analitos: Nitrito, nitrato, plomo, magnesio, manganeso, compuestos órgano fosfatados (fósforo), potasio, dureza (en forma de carbonato de calcio), alcalinidad (en forma de carbonato ácido de sodio) y el pH.

Siempre en el estudio realizado por Herdocía (1999) se reportaron valores de alcalinidad entre los rangos de 390-400 ppm, La concentración de carbonato de calcio (indicador de dureza en el estudio) en Panajachel y Santiago Atitlán presentó un comportamiento similar en todos los muestreos encontrándose entre un rango de 140 y 170

ppm. El Fósforo presentó concentraciones fluctuantes en los muestreos. El comportamiento de los datos fue similar en Panajachel como en Santiago Atitlán, en un valor máximo de 12 ppm y 11 ppm respectivamente. Los nitritos solamente se reportaron en un muestreo en Panajachel con valores superiores a 200 ppm y para Santiago Atitlán superiores a 100 ppm. Los Nitratos también se reportaron en solamente un muestreo con valores de 60 ppm para Panajachel y 30 ppm para Santiago Atitlán. El Manganeso presentó en todos los casos una concentración máxima de 0.1 ppm, no hubo diferencia entre los sitios de muestreo. La Concentración de potasio mostró en ambos sitios, sus valores máximos durante el primer muestreo 18 ppm en Panajachel y 13 ppm en Santiago Atitlán. La concentración de plomo fue uniforme en ambos sitios, durante todos los muestreos presentando valores máximos de 0.1 ppm. El Magnesio presentó valores superiores a 130 ppm y 80 ppm para Panajachel y Santiago Atitlán, solamente en un muestreo. Las concentraciones encontradas en los siguientes muestreos fueron inferiores, siendo el valor máximo a los 20 ppm. El rango del pH se mantuvo entre 8.5 y 8.8 (Herdocía, 1999).

En el trabajo realizado por Silvia Marlene Soto del Cid (2004), “Los resultados obtenidos demuestran que el contenido de fósforo total, en los estratos analizados del lago (superficial, 5 metros y 10 metros de profundidad), en las dos épocas del año (invierno y verano); son mayores de 0.05 mg/L, por lo que según la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, el lago es Eutrófico. También se evaluó el contenido de fosfatos, que es el fósforo que se encuentra disponible para ser utilizado como parte de la cadena alimenticia y se determinó que los niveles de éstos son en su mayoría menores a 0.01 mg/L y por los niveles elevados de transparencia tanto en invierno como en verano se puede concluir que la mayoría del cuerpo de lago es oligotrófico (Soto, 2004).

En el estudio realizado en el año 2003, por Dix Margaret, titulado Diagnóstico Ecológico Social en la cuenca de Atitlán, se reportan los siguientes aspectos relacionados con la calidad del agua: “El lago de Atitlán que representa una base para las poblaciones humanas de la región, ha sido muy alterado por actividades antropogénicas y necesita de acciones a corto plazo para asegurar que siga siendo un atractivo turístico a largo plazo. Existe un proceso continuo de eutrofización acelerada. Un estudio con monitoreo mensual, no sólo de factores químicos, sino también de plancton ayudaría en determinar el estado

tráfico del lago y establecer una línea de base. Se necesita analizar las poblaciones de moluscos y crustáceos para averiguar su potencial como recurso renovable sostenible. Es importante desarrollar y dar seguimiento a los planes para implementar sistemas de tratamiento de aguas negras y servidas así como de desechos sólidos, ya que la contaminación por estas fuentes afecta tanto la calidad de vida humana como la biodiversidad”.

“Durante los últimos 33 años las concentraciones de nitratos y ortofosfatos han aumentado respectivamente por 10 y 5 veces, y la densidad de fitoplancton se ha multiplicado cien veces, comparado con el año 1969. Al mismo tiempo, han aparecido especies indicadoras de contaminación orgánica y han disminuido las densidades de especies indicadoras de condiciones oligotróficas. Por otro lado, aunque existen 16 especies de peces en el lago, solamente dos de ellas son consideradas autóctonas. Tanto la pesca como los tulares, sufren de sobreexplotación, Los invertebrados acuáticos del área no se han estudiado. Finalmente, es necesario apoyar y estimular a los municipios en el manejo y aprovechamiento de sus recursos naturales de una forma responsable. Se podría pensar en capacitación, el manejo integrado de cuencas y en el desarrollo de bosques energéticos como una alternativa para las comunidades” (Dix, 2003).

Con respecto a la calidad del agua de los ríos, Dix, (2003) menciona que “se cuenta con datos muy esparcidos en tiempo sobre las condiciones de algunos ríos. En la Tabla No 2 se puede observar que los ríos Yatzá, Quiscab y Panajachel, las concentraciones de fosfatos y nitratos han seguido el mismo patrón observado en el lago con concentraciones mucho mayores que en 1968. Indican un aumento en la entrada de nutrientes desde los ríos hacia el lago.

**Tabla No. 2.** Comparación de las condiciones químicas de los ríos muestreados en el área de Atitlán según Weiss (1971) y Estudios de la UVG (2002).

Año	Lugar	pH	Turbidez (FTU)	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)
1968	Río Yatzá	8.0	23	0.11	0.10
2002			0	1.2	0.7
1968	Río Quiscab	8.1	95	0.17	0.15
2002			0	5.3	1.5
1968	Río Panajachel	8.0	79	0.27	0.13
2002			2	2.25	0.6
Estándar				1.3 (OMS)	45.00 (COGUANOR)

Fuente: Dix, Margaret (2003)

En la investigación realizada por Bessie Oliva titulado “Estudio de Contaminantes ecotóxicos en aguas y organismos acuáticos del Lago de Atitlán”, se menciona que los niveles de contaminación encontrados indican que el agua del lago de Atitlán, no es apta para el consumo humano, ni para propósitos recreativos, principalmente porque se desconoce si las floraciones de cianobacterias producen cianotoxinas.

Edwin Castellanos y Nancy Girón (2006) en el estudio titulado “Calidad Microbiológica del agua del Lago de Atitlán para los años 2001-2006” presenta los resultados de los análisis de calidad microbiológica del agua obtenidos en muestreos bi-anales en puntos alrededor del lago de Atitlán. Los resultados muestran el efecto de la contaminación proveniente de las aguas servidas de los poblados alrededor del lago. Los muestreos fueron realizados desde abril de 2001 hasta septiembre 2006, dos veces al año, uno en época seca y otro en época lluviosa. Se muestrearon en total 27 puntos del lago con una combinación de puntos ubicados frente a los poblados principales, otros ubicados en orillas alejadas de poblados y del centro del lago. En cada punto se tomaron muestras para medir la concentración de coliformes totales y *Escherichia coli* (E.coli). Los análisis muestran que el lago tiene una calidad de agua bastante buena excepto en los puntos cercanos a los poblados grandes donde la concentración por bacterias coliformes es alta. El impacto de verter directamente las aguas servidas hacia el lago es evidente en la degradación de la calidad del agua frente a los poblados principales. Esto presenta un problema de salud pública ya que esta misma agua se usa para consumo humano. Un muestreo limitado

mostró que el agua no presenta toxicidad; más bien tiene un potencial eutrofizante, es decir, de estimulación al crecimiento de algas.

En la tesis realizada por Krista Alejandra Bocanegra Aviles (2013), menciona que en el objetivo del estudio fue establecer el aporte de nutrientes de los ríos San Francisco y Quiscab sobre el crecimiento del fitoplancton en el Lago de Atitlán, Sololá, Guatemala. Se realizó un bioensayo experimental, el cual consistió en adicionar siete tratamientos a una mezcla de agua del epilimnio del lago de Atitlán. Este fue incubado ruante cuatro días, luego se realizó un análisis de clorofila-A, para determinar la influencia que cada tratamiento tuvo sobre la productividad. Se realizaron tres repeticiones, una por época del año (verano, lluvia y estiaje). Los resultados demostraron que la aplicación de los tratamientos influyó la productividad primaria del fitoplancton y en cada ocasión existió un nutriente que limitó el crecimiento. El tratamiento con mayor influencia fue la concentración del 50 % del río San Francisco y durante la época de lluvia tuvo más influencia la concentración del 20 %. Resultados similares se obtuvieron con el río Quiscab. Adicionalmente se identificó que existe co-limitación de los nutrientes N+P durante los bioensayos realizados en época seca y de estiaje. Sin embargo, la época lluviosa demostró tener una limitación en cuanto al nutriente nitrógeno.

En la investigación realizada por Africa Ixmucané Flores Córdova (2013), menciona que el lago de Atitlán es una fuente vital de agua potable. Las condiciones de deterior de la calidad del agua en este lago amenazan la salud humana y ecológica, así como la economía local y nacional. Dadas las mediciones esporádicas y limitadas disponibles, es imposible determinar las condiciones cambiantes de la calidad del agua. El objetivo de la tesis realizada por Africa Ixmucané Flores, es el uso de imágenes de satélite de Hyperion para medir los parámetros de calidad del agua en el lago de Atitlán. Para esto en mediciones in situ y los datos de reflectancia obtenidos por satélite fueron analizados para generar un algoritmo que calcula las concentraciones de clorofila. Esta infestigación ofrece por primera vez una aplicación cuantitativa de la teledetección por satélite hiperespectrales para monitorear la calidad del agua en Guatemala.

### **Uso de Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de Calidad del agua:**

El trabajo realizado por Fátima Reyes (2012), se determinó la composición y estructura de comunidades de macroinvertebrados bentónicos y su relación con factores ambientales en condiciones naturales y alteradas. Se tomaron muestras en cuatro sitios de referencia (bosque) y ocho sitios con perturbación antropogénica (cultivos y poblados), distribuidos uniformemente a lo largo de la cuenca del lago de Atitlán. Los ríos estudiados fueron río Barreneche, río La Catarata, río La Labor, río Panasac, río Chicansanes, río Paxicom, río Xibalbay, río Argueta, río Cojolyá. En cada sitio de muestreo se recolectaron macroinvertebrados acuáticos en dos ocasiones, durante los meses de febrero y abril 2011, los cuales fueron identificados hasta el nivel taxonómico máximo posible. Simultáneamente se midieron algunas variables físicas y químicas del agua en cada uno de los sitios seleccionados, para evaluar la asociación entre los parámetros ambientales (físicoquímicos) y los biológicos (macroinvertebrados). Los resultados de los análisis multivariados, muestran que la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados están influenciadas por perturbación antropogénica, además de otros factores tales como materia orgánica disuelta (Turbidez, TDS y Conductividad).

### **II.2. Utilización del Índice de Calidad del Agua Físicoquímica-ICA-**

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el “ICA” define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos índices son llamados de “Usos Específicos” (MMARN El Salvador).

El índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de los EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) (MMARN El Salvador).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser aplicado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad del agua

de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden servir para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (MMARN El Salvador).

Para la determinación del “ICA” intervienen 9 parámetros los cuales son los siguientes:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO<sub>5</sub> en mg/L)
- Nitratos (NO<sub>3</sub>) en mg/L)
- Fosfatos (PO<sub>4</sub> en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos Disueltos Totales (STD en mg/L)
- Oxígeno disuelto (OD en % de saturación)

### **ESTIMACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL “ICA”**

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio.

Posteriormente al cálculo el índice de calidad de agua tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

**Tabla No. 3.** Clasificación del Índice de Calidad del Agua-ICA

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella (MMARN El Salvador).

Las aguas con un “ICA”, de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar la diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación.

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del índice los cuales son: Coliformes Fecales, pH, (DBO<sub>5</sub>), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales y Oxígeno disuelto.

La evaluación numérica del “ICA”, son técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown.

Para calcular el índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA<sub>a</sub>) o una función ponderada multiplicativa (ICA<sub>m</sub>). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum (Sub_i * W_i)$$

$$ICA_m = \prod (Sub_i^{w_i})$$

Donde:

W<sub>i</sub>: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub<sub>i</sub>), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub<sub>i</sub> : Sub índice del parámetro i.

Otros autores (Landwehr y Denninger, 1976), demostraron que el cálculo de los “ICA” mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a las variaciones de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicará en este estudio es la multiplicativa. Para determinar el valor del “ICA” es necesario sustituir los datos en la ecuación 2 obteniendo los  $Sub_i$  de distintas gráficas como se explicará a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos  $w_i$  de la tabla 2 y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el “ICA”.

**Tabla No. 4.** Pesos relativos para cada parámetro del “ICA

No.	Subi	Wi
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos totales disueltos	0.08
9	Oxígeno disuelto	0.17
	Total	1.00

Fuente: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

**Tabla No. 5.** Resultados de parámetros fisicoquímicos, para el ICA- de El Salvador.

Parámetro	Valor	Unidades	Subi	Wi	Total
1 Coliformes Fecales		NMP/100mL		0.15	
2 pH		Unidades pH		0.12	
3 DBO5		mg/L		0.1	
4 Nitratos		mg/L		0.1	
5 Fosfatos		mg/L		0.1	
6 Cambio T		°C		0.1	
7 Turbidez		UTN		0.08	
8 STD		mg/L		0.08	
9 Oxígeno disuelto		% saturación		0.17	
Valor del "ICA" fisicoquímico $\Sigma$					

Fuente: <http://www.snet.gov.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

### II.3. Utilización del Índice Biológico por familias de El Salvador-IBF-ESV-2010

El uso de insectos acuáticos como indicadores de calidad de agua data de mucho tiempo y las primeras citas se encuentran en la literatura desde hace más de 150 años atrás. Así, en Europa, en el año 1848, Kolenati mencionó que la ausencia de larvas de tricópteros en un río fue causada por la influencia de una ciudad aguas arriba (Williams & Feltamete 1992).

En Centroamérica el único país que establece el uso de bioindicadores acuáticos por ley, es Costa Rica, donde se publicó en el año 2007 el “Reglamento para la Evaluación y clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales (La Gaceta No.178. Decreto No. 33903 MINAE-S).

El uso de bioindicadores acuáticos, especialmente de macroinvertebrados, también se ha implementado en los estudios de impacto ambiental en varios países de Centroamérica, como p.ej. Panamá, Costa Rica y Guatemala.

El Índice Biológico o Biótico de Hilsenhoff (IB en español o BI en inglés) fue originalmente desarrollado en 1977 por William Hilsenhoff de la Universidad de Wisconsin, con el propósito de evaluar la reducción de oxígeno disuelto debido a la carga orgánica en ríos. El índice Saprobico de Pantale y Buck en 1955 en Alemania y del índice biótico de Chuter en 1972 en Sub Africa. Los procedimientos para toma de muestras y su procesamiento en laboratorio, para fines del cálculo del índice de Hilsenhoff, fueron

normados desde 1983, por el departamento de Recursos Naturales del estado de Wisconsin, Estados Unidos.

El Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010) tiene como base el método de cálculo asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por Hilsenhoff (1987). Esencialmente consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o sitio de muestreo, ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: a) El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático; b) la abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados.

El puntaje de los grupos de invertebrados acuáticos es un valor predeterminado que indica su tolerancia a las condiciones de perturbación (grado de sensibilidad a la contaminación del agua), siguiendo el modelo propuesto por Hilsenhoff (1987), según el cual los valores cercanos a “0” indican baja tolerancia y los cercanos a “10” alta tolerancia a la contaminación del agua, se asignan los valores más bajos para las especies más intolerantes y los más altos a las especies más tolerantes. Los valores de “IBF” se calculan como un promedio de valores de tolerancia de todas las familias dentro de la muestra y permite calificar la calidad del agua de acuerdo con la Tabla No. 6.

**Tabla No. 6.** Índice Biológico o Biótico a nivel de Familias (IBF) (Hilsenhoff 1988)

VALOR IBF-SV-2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA
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

Fuente: Hilsenhoff 1988

#### **II.4. Fundamento del Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IB F-SV-2010).**

El índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF-SV-2010), tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición propuestos por Hilsenhoff (1987) Esencialmente consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o sitio de muestreo ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: a) El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático; b) la abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados (Sermeño, Chicas 2010).

El puntaje de los grupos de invertebrados acuáticos es un valor predeterminado que indica su tolerancia a las condiciones de perturbación (grado de sensibilidad a la contaminación del agua), siguiendo el modelo propuesto por Hilsenhoff (1987), según el cual los valores cercanos a “0” indican baja tolerancia y los cercanos a “10” alta tolerancia a la contaminación del agua. Por otro lado, la abundancia relativa se considera como una característica propia de cada punto o sitio muestreado en los principales ríos de El Salvador y es un indicativo del nivel de perturbación. También, toda esta información se obtiene a través de una “Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la red “D” en ríos de El Salvador. Para la identificación de los diferentes insectos acuáticos de los ríos de El Salvador se hace necesaria la utilización de Guías ilustradas de insectos acuáticos con sus respectivas claves taxonómicas (Sermeño, Chicas 2010).

Los puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación presentada por los invertebrados acuáticos fueron determinados observando la distribución de abundancia en cada grupo taxonómico, las variables ambientales de mayor impacto en la composición de la comunidad con base a los análisis fisicoquímicos del agua de los principales ríos de El Salvador (Tabla No. 7).

**Tabla No. 7.** Asignación de puntajes o grados de sensibilidad a la contaminación de los diferentes invertebrados acuáticos presentes en las aguas de los principales ríos de El Salvador.

Puntaje o Grados de sensibilidad a la contaminación del agua	Invertebrados acuáticos en los ríos de El Salvador	
	Orden	Familia
0	Diptera	Blephariceridae
1	Odonata	Corduliidae
		Platystictidae
	Trichoptera	Glossosomatidae
2	Odonata	Cordulegasteridae
	Plecoptera	Perlidae
	Trichoptera	Calamoceratidae
		Lepidostomatidae
		Odontoceridae
Xiphocentronidae		
3	Blattodea	
	Coleoptera	Gyrinidae
		Lampyridae
		Ptilodactylidae
	Ephemeroptera	Heptageniidae
Trichoptera	Polycentropodidae	
4	Bivalvia	
	Gastropoda	Hydrobiidae
	Coleoptera	Dryopidae
		Elmidae
		Hydroscaphidae
		Noteridae
		Psephenidae
	Hemiptera	Pleidae
	Odonata	Aeshinidae
Trichoptera	Hydrobiosidae	

		Hydroptilidae
		Leptoceridae
5	Acarina	
	Nematoda	
	Planaria	
	Amphipoda	
	Coleoptera	Hydraenidae
		Limnichidae
		Lutrechidae
	Collembola	
	Diptera	Dixidae
		Tipulidae
	Ephemeroptera	Leptophlebiidae
	Hemiptera	Corixidae
		Gelastocoridae
		Mesoveliidae
		Nepidae
		Notonectidae
		Saldidae
		Veliidae
	Lepidoptera	Crambidae
	Trichoptera	Helicopsychidae
Hydropsychidae		
Philopotamidae		
Decapoda		
	Coleoptera	Curculionidae
		Scirtidae
		Staphylinidae
	Diptera	Dolichopodidae
		Empididae
		Simuliidae

6		Stratiomyidae
		Tabanidae
	Ephemeroptera	Baetidae
		Leptohyphidae
	Hemiptera	Gerridae
		Hebridae
		Naucoridae
Odonata	Lestidae	
7	Hirudinea	
	Gastropoda	Planorbiidae
	Coleoptera	Dytiscidae
		Hydrophilidae
	Diptera	Psichodidae
	Ephemeroptera	Caenidae
	Hemiptera	Belostomatidae
		Ochteridae
	Megaloptera	Corydalidae
	Odonata	Calopterygidae
Gomphidae		
Libellulidae		
8	Diptera	Ceratopogonidae
		Chironomidae
9	Gastropoda	Physidae
	Diptera	Ephydriidae
		Muscidae
	Odonata	Coenagrionidae
10	Oligochaeta	
	Diptera	Culicidae
		Syrphidae

Fuente: Sermeño Chicas, J.M. et. al. 2010. Índice Biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV- 2010)

**PARTE III**  
**RESULTADOS**

El primer objetivo específico de la investigación indicaba lo siguiente: **Caracterizar y evaluar la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca del lago de Atitlán, río Quiscab y río San Francisco.** El producto esperado de este objetivo era obtener un Índice de calidad del agua fisicoquímico de los ríos Quiscab y San Francisco. Para lo cual se realizaron ocho muestreos en las dos cuencas obteniéndose los Índices de Calidad del Agua-ICA-, que se presentan en el cuadro No. 1, gráficas No.1 y 2, los mismos, resumen los Índices de Calidad del Agua-ICA- determinados en los diferentes monitoreos, cuyos resultados se encuentran en varios cuadros ubicados en el Anexo No. 1.

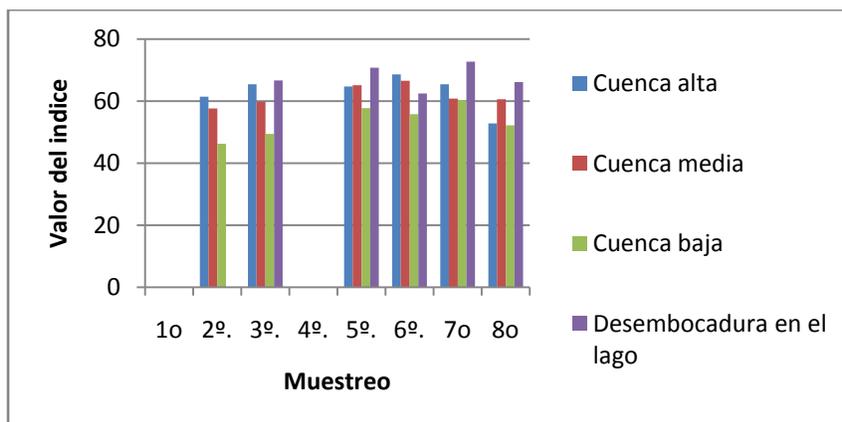
**Cuadro No. 1.** Índices de Calidad del Agua-ICA los ríos Quiscab y San Francisco

<b>Río Quiscab</b>	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Cuenca alta	ND	61.45	65.39	ND	64.74	68.61	65.43	52.81
Cuenca media	ND	57.61	59.80	ND	65.1	66.56	60.86	60.59
Cuenca baja	ND	46.26	49.42	ND	57.72	55.82	60.28	52.20
Desembocadura en el lago	ND	ND	66.66	ND	70.81	62.5	72.73	66.12
<b>Río San Francisco</b>								
Cuenca alta	ND	ND	ND	ND	59.15	62.63	57.84	54.33
Cuenca media	ND	57.94	50.23	ND	55.81	63.2	57.85	54.61
Cuenca baja	ND	58.04	49.92	ND	57.12	46.4	46.54	52.12
Desembocadura en el lago	ND	ND	58.09	ND	69.44	44.73	67.49	61.6

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la gráfica No. 1, se presentan los resultados de monitoreo de parámetros fisicoquímicos para el cálculo del Índice de Calidad del agua del río Quiscab, durante ocho muestreos, realizados durante los años 2011 a 2013.

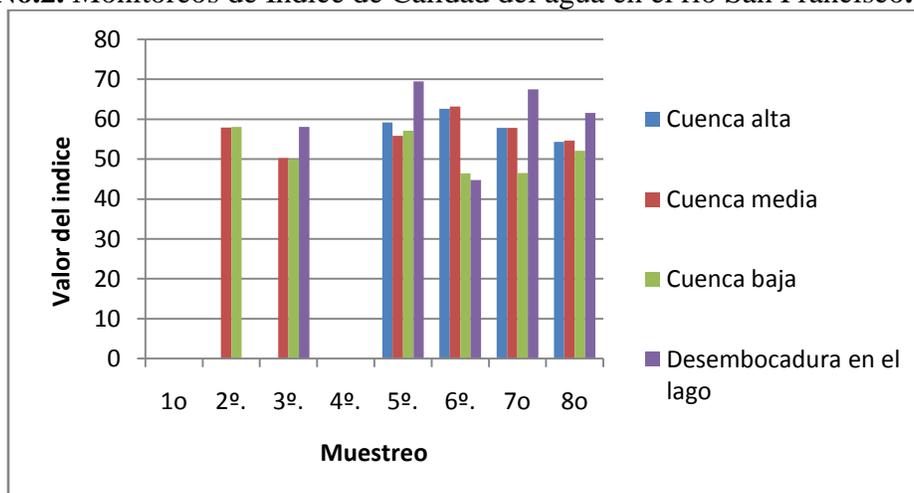
**Gráfica No. 1.** Monitoreos del Índice de Calidad del Agua en el río Quiscab



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la Gráfica No. 2, se presentan los resultados del monitoreo de parámetros fisicoquímicos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua-ICA, en el río San Francisco, durante ocho muestreos realizados desde el año 2011 al 2013.

**Gráfica No.2.** Monitoreos de Índice de Calidad del agua en el río San Francisco.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

El segundo objetivo específico, indicaba lo siguiente: **Verificar y evaluar la presencia o ausencia de los organismos acuáticos que sean indicadores de la calidad del agua como son: macroinvertebrados acuáticos y microbiológicos, correlacionarlos con los parámetros fisicoquímicos.** El producto esperado de este objetivo era “Obtener un listado de organismos acuáticos debidamente identificados con su fotografía y nombre científico, que permita reconocer a las especies en campo, de forma concisa de manera que se pueda calcular el ICA biológico de los ríos en estudio”. El cuadro No. 2, las gráficas No 3 y No. 4, presentan el resumen de los resultados de los ocho monitoreos realizados en las dos cuencas, los que se encuentran en el anexo No. 1, en los cuadros No.24-35, 44-49, 58-65, 69-74, 84-96, 115-119, 140-145 y 166-171 y las fotografías No. 9-27, 26-52, 53-64, 65-67.

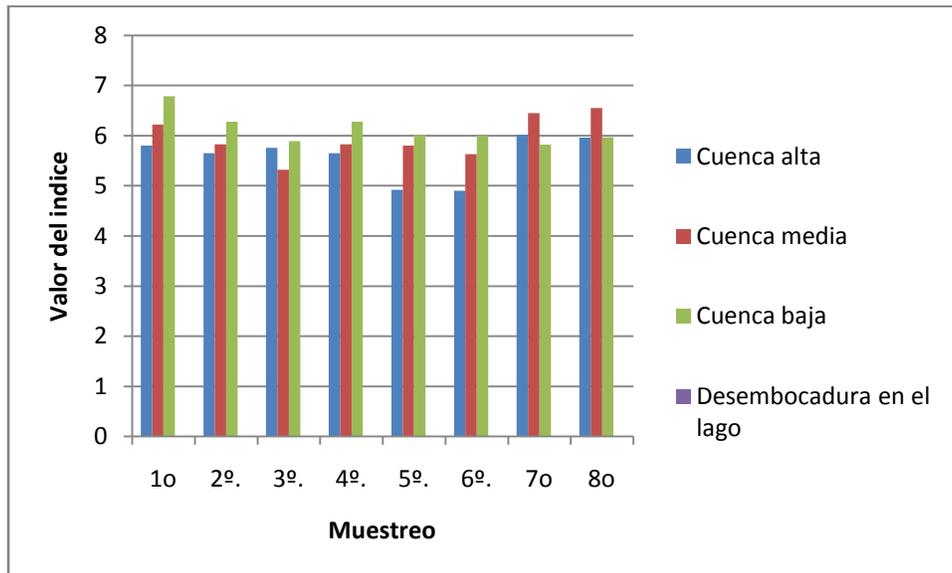
**Cuadro No.2.** Resultados de Índices Biológico por Familias-IBF en los dos ríos

<b>Río Quiscab</b>	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Cuenca alta	5.8	5.65	5.76	5.65	4.92	4.90	6.021	5.96
Cuenca media	6.22	5.83	5.32	5.83	5.80	5.63	6.45	6.55
Cuenca baja	6.79	6.28	5.89	6.28	6.01	6.0	5.82	5.97
Desembocadura en el lago	ND	ND						
<b>Río San Francisco</b>								
Cuenca alta	ND	ND	ND	ND	6.21	ND	6.14	5.83
Cuenca media	7.23	6.08	5.63	6.08	6.05	6.37	6.07	5.33
Cuenca baja	N.D	6.04	ND	6.04	6.62	7.97	6.75	7.98
Desembocadura en el lago	ND	ND						

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

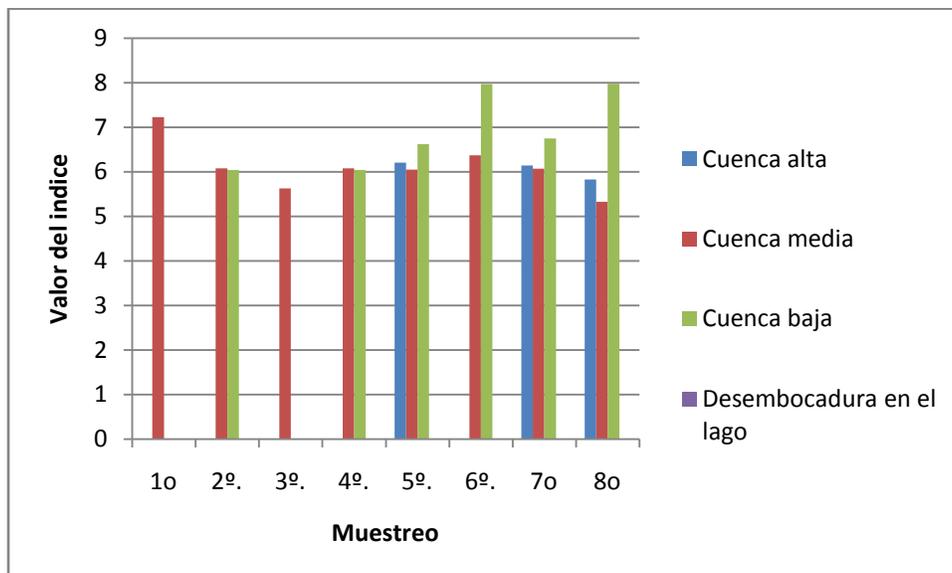
Los resultados del cálculo del Índice Biológico por familias-IBF-SV-2010, para el río Quiscab se presentan en la gráfica No. 3.

**Gráfica No 3.** Resultados del Índice Biológico por Familias del río Quiscab



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Gráfica No. 4.** Cálculo del IBF-SV-2010, en el río San Francisco



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

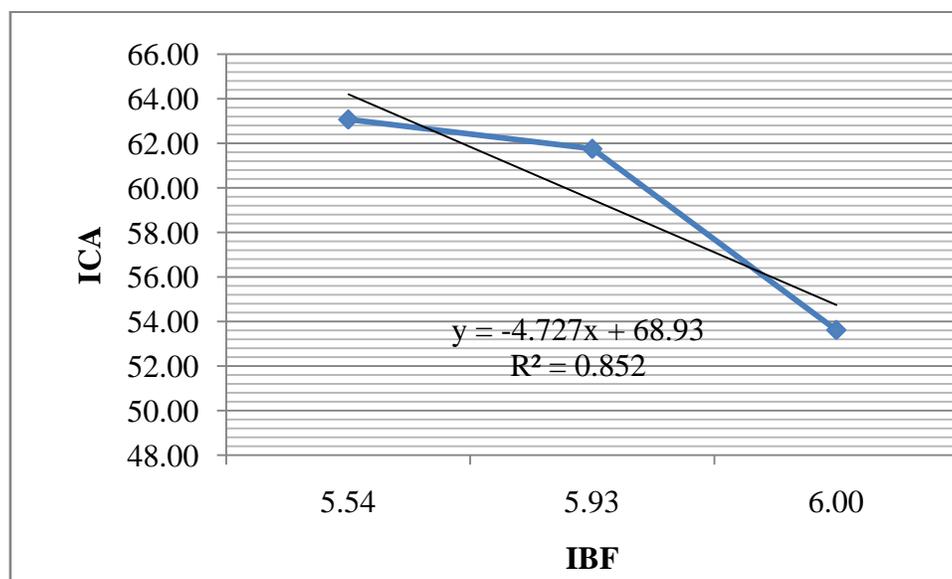
Para poder verificar si existía o no correlación entre los Índices de Calidad del Agua-ICA y el Índice Biológico por Familias - IBF-SV-2010, se calculó el promedio de cada uno de los resultados por muestreo, luego se graficó los mismos para calcular la Correlación Lineal, para cada río; los resultados se presentan en los cuadros No 3 y 4 y en las gráficas 5 y 6.

**Cuadro No. 3.** Resultados de los promedios del IBF-SV-2010 y del ICA del río Quiscab

Río Quiscab	IBF-SV	ICA
cuenca alta	5.54	63.07
cuenca media	5.93	61.75
cuenca baja	6.00	53.62

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Gráfica No. 5.** Correlación lineal entre los promedios del ICA y del IBF del río Quiscab.



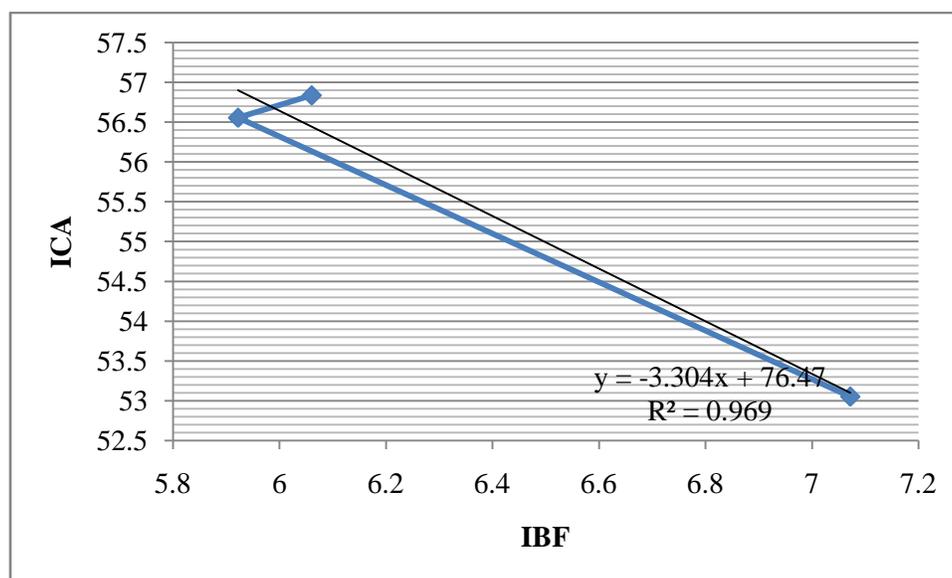
Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 4.** Promedios del Cálculo del IBF y del ICA, en el río San Francisco

Río San Francisco	IBF	ICA
cuenca alta	6.06	56.836
cuenca media	5.92	56.555
cuenca baja	7.07	53.052

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Gráfica No. 6.** Correlación lineal entre los promedios del ICA y del IBF del río San Francisco.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

A los resultados de los dos ríos se les trató de aplicar otro análisis estadístico, pero solamente a los del río Quiscab se les pudo aplicar el análisis de varianza, debido a que era la subcuenca que presentó resultados en todos los monitoreos en las tres partes estudiadas,

los cuales eran la parte alta, media y baja. En el cuadro No. 5, se presentan los resultados de los estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos para el río Quiscab.

**Cuadro No. 5.** Resultados estadísticos descriptivos del ICA- para el río Quiscab.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cuenca Alta	6	63,071	5,51950	2,253	57,279	68,8640	52,81	68,61
		7		33	3			
Cuenca Media	6	61,753	3,38935	1,383	58,196	65,3102	57,61	66,56
		3		69	4			
Cuenca Baja	6	53,616	5,28832	2,158	48,066	59,1664	46,26	60,28
		7		95	9			
Desembocadura	5	67,764	4,04878	1,810	62,736	72,7912	62,50	72,73
		0		67	8			
Total	23	61,281	6,73640	1,404	58,368	64,1943	46,26	72,73
		3		64	3			

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Este cuadro provee información sobre el comportamiento de los datos en cuanto a sus principales indicadores descriptivos. Desde este punto se puede empezar a identificar diferencias aunque sea solamente a nivel descriptivo.

En el cuadro No. 6, se presentan los resultados del análisis de Varianza de los Índices de Calidad del Agua-ICA, para los diferentes puntos de muestreo en las diferentes partes de la subcuenca del río Quiscab, durante los ocho muestreos que se realizaron.

**Cuadro No. 6.** Análisis de Varianza- ANOVA- de los -ICA- del río Quiscab

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	583,176	3	194,392	8,896	,001
Intra-grupos	415,165	19	21,851		
Total	998,341	22			

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En el cuadro No. 7, se presentan las comparaciones múltiples o Pruebas Post- hoc, de comparaciones múltiples de parámetros fisicoquímicos del río Quiscab, en las tres diferentes partes de la subcuenca, durante los ocho muestreos.

**Cuadro No. 7.** Comparaciones múltiples o Pruebas Post-hoc, para el río Quiscab.

(I) Río Quiscab F-Q	(J) Río Quiscab F-Q	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cuenca Alta	Cuenca Media	1,31833	2,69881	,961	-6,2703	8,9070
	Cuenca Baja	9,45500*	2,69881	,012	1,8664	17,0436
	Desembocadura	-4,69233	2,83054	,372	-12,6514	3,2667
Cuenca Media	Cuenca Alta	-1,31833	2,69881	,961	-8,9070	6,2703
	Cuenca Baja	8,13667*	2,69881	,033	,5480	15,7253
	Desembocadura	-6,01067	2,83054	,181	-13,9697	1,9484
Cuenca Baja	Cuenca Alta	-9,45500*	2,69881	,012	-17,0436	-1,8664
	Cuenca Media	-8,13667*	2,69881	,033	-15,7253	-,5480
	Desembocadura	-14,14733*	2,83054	,000	-22,1064	-6,1883
Desembocadura	Cuenca Alta	4,69233	2,83054	,372	-3,2667	12,6514
	Cuenca Media	6,01067	2,83054	,181	-1,9484	13,9697
	Cuenca Baja	14,14733*	2,83054	,000	6,1883	22,1064

(I) Río Quiscab F-Q	(J) Río Quiscab F-Q	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cuenca Alta	Cuenca Media	1,31833	2,69881	,961	-6,2703	8,9070
	Cuenca Baja	9,45500*	2,69881	,012	1,8664	17,0436
	Desembocadura	-4,69233	2,83054	,372	-12,6514	3,2667
Cuenca Media	Cuenca Alta	-1,31833	2,69881	,961	-8,9070	6,2703
	Cuenca Baja	8,13667*	2,69881	,033	,5480	15,7253
	Desembocadura	-6,01067	2,83054	,181	-13,9697	1,9484
Cuenca Baja	Cuenca Alta	-9,45500*	2,69881	,012	-17,0436	-1,8664
	Cuenca Media	-8,13667*	2,69881	,033	-15,7253	-,5480
	Desembocadura	-14,14733*	2,83054	,000	-22,1064	-6,1883
Desembocadura	Cuenca Alta	4,69233	2,83054	,372	-3,2667	12,6514
	Cuenca Media	6,01067	2,83054	,181	-1,9484	13,9697
	Cuenca Baja	14,14733*	2,83054	,000	6,1883	22,1064

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 8.** Resultados de sub-conjuntos homogéneos, de los ICA del río Quiscab

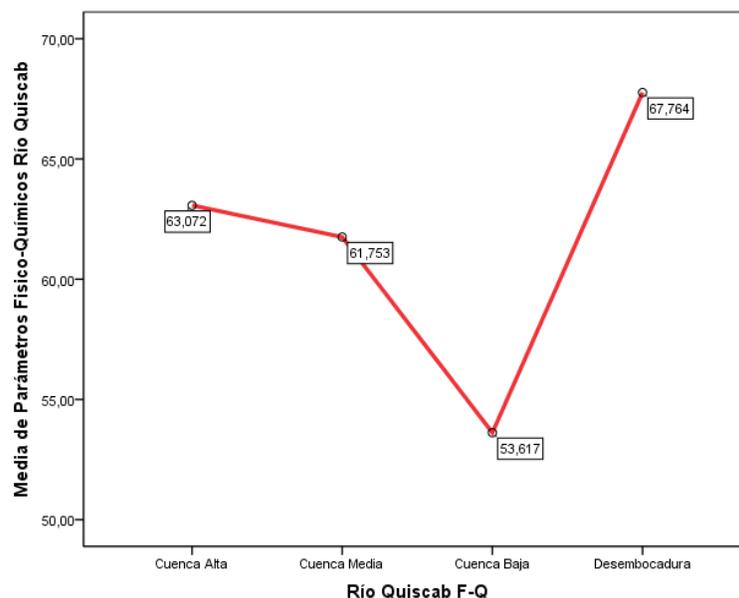
HSD de Tukey<sup>a,b</sup>

Río Quiscab F-Q	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Cuenca Baja	6	53,6167	
Cuenca Media	6		61,7533
Cuenca Alta	6		63,0717
Desembocadura	5		67,7640
Sig.		1,000	,167

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

En la gráfica No. 7, se presentan los resultados de las tendencias de las medias de los Índices de Calidad del Agua –ICA- físicoquímico de las diferentes partes de la subcuenca del río Quiscab, se promediaron de los resultados de los ocho monitoreos.

**Gráfica No. 7.** Tendencia de las medias de los Índices de Calidad del Agua para el río Quiscab.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Con el Índice Biológico por Familias de El Salvador-IBF-SV-2010, para el río Quiscab, también se planteó la Hipótesis nula “No existe diferencia significativa entre las medias de los valores de IBF-SV-2010” comparada con la Hipótesis alterna la cual indicaba “al menos una media de los valores de IBF-SV-2010 presenta diferencia significativa” En el cuadro No. 9 se presentan los valores medios de los muestreos realizados en el río Quiscab. .

Los resultados del cálculo del Análisis de Varianza –ANOVA se observan en el cuadro No. 10, en donde se puede determinar que se rechaza la hipótesis nula, aceptándose la hipótesis alterna, demostrándose que si existe diferencia significativa entre las medias de los puntos muestreados del río Quiscab. Al río San Francisco no se le hizo esta determinación por la falta de datos en algunos puntos de muestreo.

**Cuadro No. 9.** Valores medios de los IBF, de los muestreos realizados en el río Quiscab

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1,249	2	,625	4,033	,033
Intra-grupos	3,252	21	,155		
Total	4,501	23			

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 10.** Análisis de Varianza –ANOVA de los IBF en el río Quiscab

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Cuenca Alta	8	5,5826	,43547	,15396	5,2186	5,9467	4,90	6,02
Cuenca Media	8	5,9538	,41976	,14841	5,6028	6,3047	5,32	6,55
Cuenca Baja	8	6,1300	,31423	,11110	5,8673	6,3927	5,82	6,79
Total	24	5,8888	,44238	,09030	5,7020	6,0756	4,90	6,79

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 11.** Comparaciones múltiples de los IBF del río Quiscab

(I) Río Quiscab Calidad de Agua	(J) Río Quiscab Calidad de Agua	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Cuenca Alta	Cuenca Media	-,37113	,19676	,167	-,8671	,1248
	Cuenca Baja	-,54737*	,19676	,029	-1,0433	-,0514
Cuenca Media	Cuenca Alta	,37113	,19676	,167	-,1248	,8671
	Cuenca Baja	-,17625	,19676	,649	-,6722	,3197
Cuenca Baja	Cuenca Alta	,54737*	,19676	,029	,0514	1,0433
	Cuenca Media	,17625	,19676	,649	-,3197	,6722

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

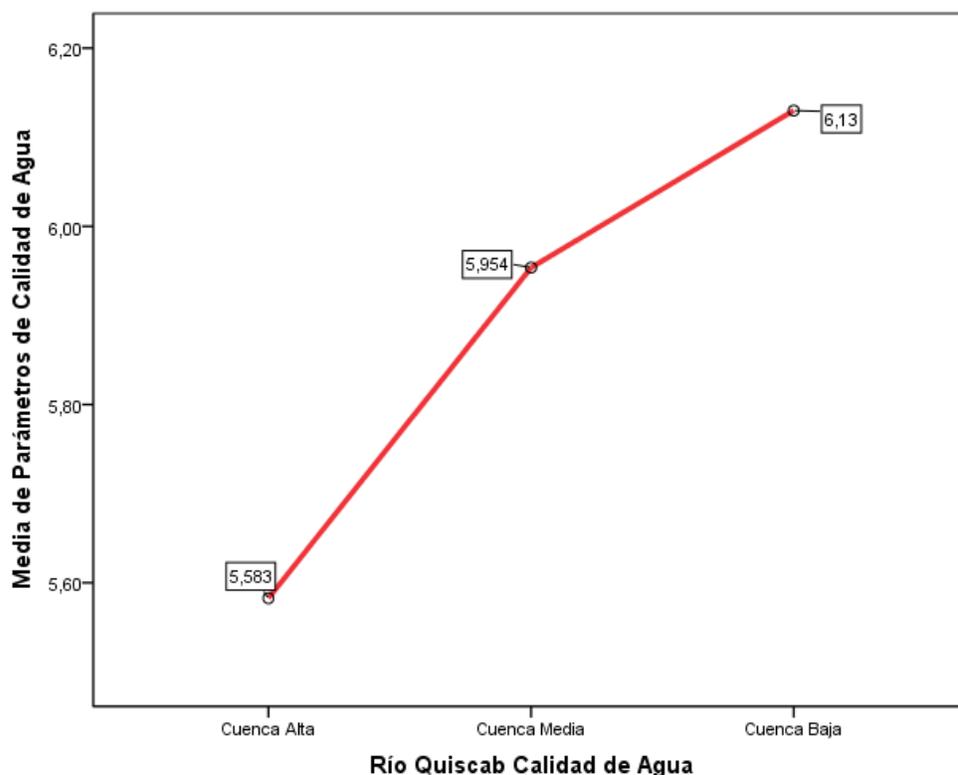
**Cuadro No. 12.** Sub-conjuntos homogéneos, de los IBF del río Quiscab

Río Quiscab Calidad de Agua	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Cuenca Alta	8	5,5826	
Cuenca Media	8	5,9538	5,9538
Cuenca Baja	8		6,1300
Sig.		,167	,649

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En los cuadros No. 11 y 12, se utiliza el tamaño muestral de la media armónica la cual es igual a 8, en donde se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. En la gráfica No. 8 se evidencia la tendencia de los Índices Biológicos por Familias-IBF-SV- del río Quiscab, en donde se puede observar que los mismos van aumentando su valor desde la cuenca alta hasta la desembocadura, lo cual indica un aumento en el deterioro de la calidad del agua.

**Gráfica No. 8.** Tendencia de las medias de los Indices Biológicos por Familias-IBF-SV para el río Quiscab.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En el Objetivo específico No. 3, se esperaba lo siguiente: **Establecer la diferencia entre las proporciones de los organismos acuáticos, y su relación con los contaminantes y nutrientes de los ríos Quiscab y San Francisco en las épocas de invierno, verano y transición, durante dos años.** El producto esperado con este objetivo era “Realizar un cuadro comparativo de las proporciones de organismos macroinvertebrados acuáticos y los contaminantes fisicoquímicos y nutrientes del agua”. En el cuadro No. 13 se presentan los promedios de los resultados de los Indices Biológicos por Familias-IBF-SV- y el cuadro No. 14 los promedios de los ICA durante los dos años muestreados, la comparación de los resultados se efectuaron por medio de calcular el Análisis de Varianza-ANOVA.

**Cuadro No.13.** Promedios de los IBF durante las diferentes épocas del año

	2011	2012		2013	
	Verano	Verano	invierno	verano	Invierno
<b>Río Quiscab</b>					
Cuenca alta	5.8	5.65	5.44	4.90	5.99
Cuenca media	6.22	5.83	5.65	5.63	6.5
Cuenca baja	6.79	6.28	6.06	6.0	5.89
Desembocadura	ND	ND	ND	ND	ND
En el lago					
<b>Río San Francisco</b>					
Cuenca alta	ND	ND	6.21	ND	5.98
Cuenca media	7.23	6.08	5.92	6.37	5.7
Cuenca baja	ND	6.04	4.22	7.97	7.36
Desembocadura en el lago de Atitlán	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 14.** Promedios de los ICA comparando las diferentes épocas del año

	2011	2012		2013	
	Verano	Verano	Invierno	verano	Invierno
<b>Río Quiscab</b>					
Cuenca alta	ND	61.54	65.06	68.61	59.12
Cuenca media	ND	57.61	62.45	60.86	60.73
Cuenca baja	ND	46.26	53.82	60.28	56.24
Desembocadura	ND	ND	68.73	72.73	69.13
En el lago					
<b>Río San Francisco</b>					
Cuenca alta	ND	ND	59.15	57.84	56.09
Cuenca media	ND	57.94	53.02	57.85	56.23
Cuenca baja	ND	58.04	53.52	46.54	49.33
Desembocadura en el lago de Atitlán	ND	ND	63.6	67.49	64.55

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Se procedió a realizar el cálculo del Análisis de Varianza –ANOVA para los Índices de Calidad del Agua-ICA comparando invierno y verano de los años 2012 al 2013 (ver cuadro 14). Los descriptivos se mencionan en el Cuadro No. 15, la leyenda de la época son (1) Verano 2012 (2) Invierno 2012 (3) Verano 2013 y (4) Invierno 2013. En el cuadro No. 16 se pueden apreciar los valores de ANOVA en verano e invierno de los años 2012 y 2013.

Para realizar el ANOVA, se plantearon las siguientes Hipótesis:

Ho: Hipótesis Nula: Los valores promedios de las diferentes épocas invierno y verano de los diferentes años muestreados no presentan diferencias significativas.

Hi: Hipótesis alterna: Al menos uno de los valores promedios de las diferentes épocas invierno y verano, es diferente de los demás.

**Cuadro No. 15.** Valores descriptivos para el ICA en verano e invierno 2012 y 2013.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1	3	55,1367	7,93458	4,58103	35,4261	74,8473	46,26	61,54
2	3	60,4433	5,88255	3,39629	45,8303	75,0564	53,82	65,06
3	3	60,4433	5,88255	3,39629	45,8303	75,0564	53,82	65,06
4	3	58,6967	2,27474	1,31332	53,0459	64,3474	56,24	60,73
Total	12	58,6800	5,48555	1,58354	55,1946	62,1654	46,26	65,06

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 16.** Valores de ANOVA para el ICA en verano e invierno 2012 y 2013

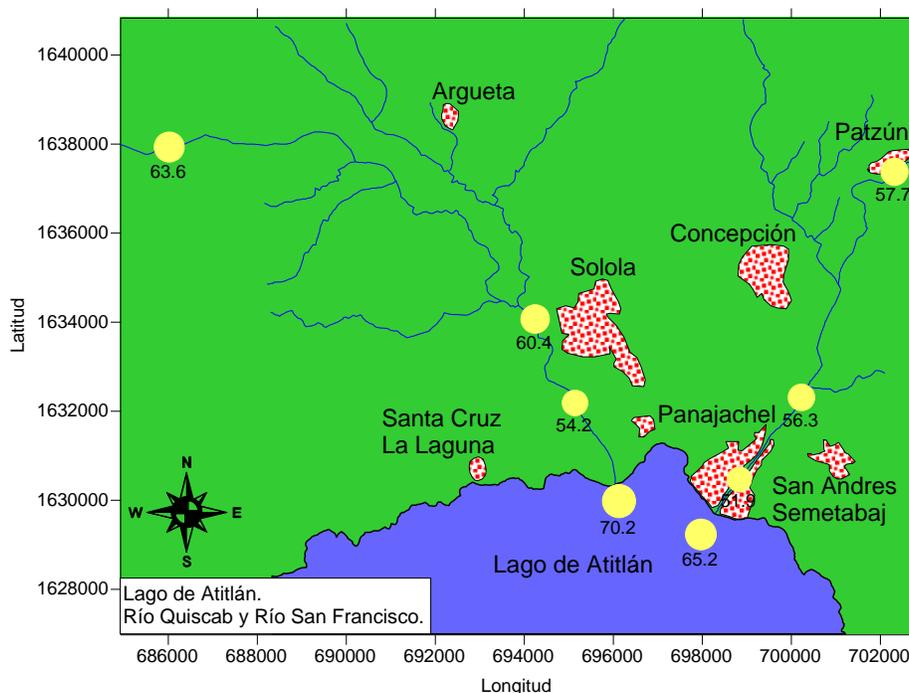
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	56,323	3	18,774	,547	,664
Intra-grupos	274,682	8	34,335		
Total	331,004	11			

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Con el valor encontrado de la F calculada del ANOVA para el ICA comparando verano e invierno, reportó valores de significancia mayores de 0.05, con lo cual se demuestra que se acepta la hipótesis nula, indicando que los valores medios no presentan diferencias significativas.

El objetivo específico No. 4 se proponía los siguiente: **Calcular y comparar los índices de calidad del agua fisicoquímica y biológica, en tres partes de la cuenca (alta, media, baja), para identificar las áreas que generan mayor carga de contaminantes y nutrientes y proponer así medidas correctivas de manejo, en las áreas críticas de las microcuencas.** El resultado esperado era un mapa de las cuencas e los ríos Quiscab y San Francisco, identificando las áreas que generan mayor carga de contaminantes y nutrientes, así como una propuesta de medidas de mitigación. El Mapa No. 5 representan los resultados de los promedios de los Índices de Calidad del Agua fisicoquímica ÍCA y el Mapa No. 6 incorpora los resultados de los promedios Indices Biológicos por Familias IBF-SV-2010.

**Mapa No. 5.** Resultados promedios de Indices de Calidad del agua fisicoquímica-ICA- en las diferentes partes de las cuencas de los ríos Quiscab y San Francisco

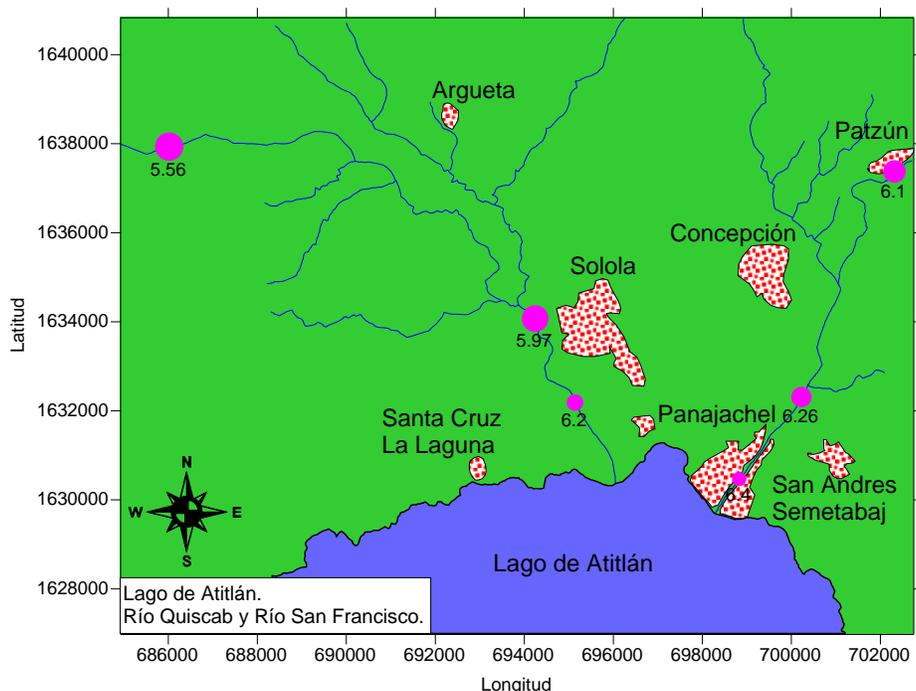


Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Con los resultados observados en el Mapa No. 5 se aprecia que la calidad del agua – ICA- en las partes altas de la cuenca mostraban valores aceptables los cuales se iban deteriorando a medida que bajaban de la cuenca alta, a la cuenca media, llegando a valores más bajos en la parte baja de la cuenca, pero volviendo a subir en la desembocadura de los ríos en el lago de Atitlán.

En el Mapa No. 6, se presentan los resultados promedios del IBF-SV-, en el cual se observa que en la parte alta de las cuencas los valores eran más bajos, indicando mejor calidad del agua que en las partes media y alta de los ríos.

**Mapa No. 6.** Resultados promedios de los IBF-SV- durante los muestreos realizados en los ríos Quiscab y San Francisco.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Con el objetivo No. 5 se pretendía lograr lo siguiente: **Desarrollar un método práctico *in situ*, que permita predecir tempranamente la contaminación de los cuerpos de agua y así reducir los eventos de florecimientos de cianobacteria.** El producto esperado era el siguiente: “Un manual con un método práctico *in situ* que permita a los técnicos de campo, estimar un nivel de umbral de contaminación que pueda presentar efectos adversos a la cuenca del lago (aumento del florecimiento de cianobacterias). En el anexo No. 2 se encuentra el manual práctico para poder utilizarse *in situ*. Se trató de correlacionar los resultados de los monitoreos de parámetros fisicoquímicos para calcular el ICA y los macroinvertebrados para calcular el IBF-SV, con los resultados de fitoplancton, realizados en la desembocadura de los ríos Quiscab y San Francisco en el lago de Atitlán, pero lamentablemente no se pudo hacer una buena correlación ya que no en todos los muestreos se pudo tomar muestras de fitoplancton.

De los ocho muestreos que se realizaron en el presente proyecto no en todos se logró realizar el monitoreo del fitoplancton, por varias razones, entre las que se incluyen el material y el equipo no se tenía completo al inicio y otras veces no se logró conseguir la lancha para poder entrar al lago y poder realizar los monitoreos en las desembocaduras de los dos ríos dentro del lago.

En el año 2012, se tomaron muestras de fitoplancton pero no se pudieron cuantificar porque al principio del año no se contaba con el equipo necesario, por lo que solamente se realizó una identificación de las microalgas que se encontraban en mayor abundancia durante el muestreo.

A continuación se presentan las fotografías y una breve descripción de las especies de microalgas que se encontraron en los monitoreos realizados durante el mes de abril y junio del año 2012.

**Fotografía No. 1.** Ceratium sp.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Se distinguen por las armas propias o cuernos. Éstos ayudan a la flotación Ceratium, sino también evitar que se muevan demasiado rápido. Los cuernos tienden a ser más cortos y más gruesos en agua fría y salada, y más largos y más delgados en menos salada y más caliente.

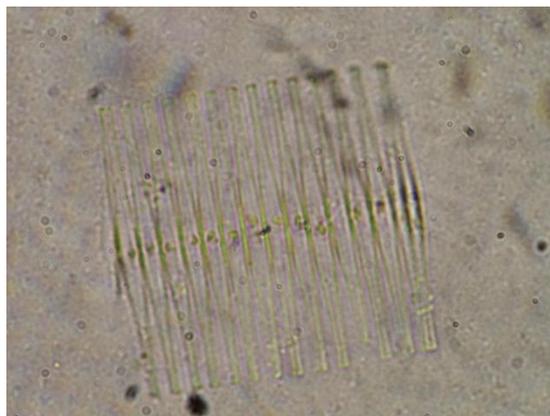
**Fotografía No. 2. Staurastrum sp.**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Es alga estrellada y espinosa y siempre es alga de equilibrios y simetría como todas las de esta familia de los désmidos que incluye lunas, estrellas y gemas llenas de vida, lunas como *Closterium*, estrellas como *Staurastrum* y gemas como *Cosmarium*. Todas ellas tienen algo en común algo que va más allá de su simetría y sus formas sorprendentes, todas ellas tienen en común su belleza.

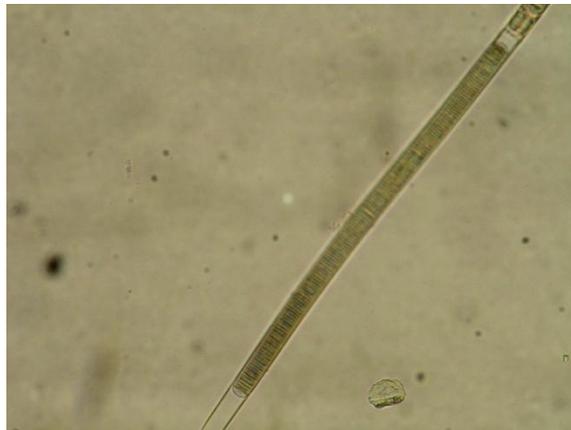
**Fotografía No 3.Fragilaria sp.**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Es una diatomea alargada, de paredes finas y de aspecto frágil, quizá, por esa aparente fragilidad, no se atreve a vivir sola y se junta con sus hermanas, para formar largas filas que se transforman en cintas, cintas de cristal que flotan en el agua formando parte del plancton. Si *Fragilaria* viviese sola, posiblemente se hundiría...o flotaría con más esfuerzo, pero así, formando estos largos cordones, se eleva en el agua sin dificultad construyendo balsas que en forma de cordón, se mueven por la superficie de las lagunas empujadas por el viento. Vive en cualquier tipo de medio acuático, en ocasiones lagunas con gran cantidad de materia orgánica (Chow, Wong, Ninoska 1993).

**Fotografía No. 4.** *Lyngbya* sp.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Filamentos solitarios, rectos o ligeramente curvados, de 12-15,3  $\mu\text{m}$  de diámetro. Vainas incoloras. Tricomas de 11-14  $\mu\text{m}$  de diámetro, no constrictas pero granuladas en los septos, con aerotopos. Células de 2,5-4  $\mu\text{m}$  de longitud. Célula apical redondeada (Agudo, Koty. Arthur Karen, et al.2009).

**A continuación se presentan los organismos reportados durante el muestreo del mes de junio 2012.**

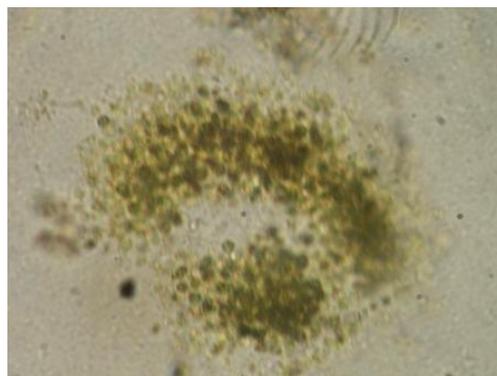
**Fotografía No. 5. Melosira sp.**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Pertenecen al grupo sistemático de diatomeas. Se diferencian de las demás algas filamentosas, por la presencia de dos rayas transversales paralelas, al centro de cada célula, las cuales son los dos bordes de las dos valvas de la frústula. Además, el filamento es rígido. En vista valvar las células son circulares con los bordes dentados, principalmente cuando esa cara es convexa y no plana. Frecuentemente viven en la superficie del agua y pueden provocar la obstrucción de filtros de arena. Pueden generar un sabor a tierra en el agua y vive en aguas polucionadas por desagües orgánicos (recuperado en <http://www.ecimat.org/index>).

**Fotografía No 6. Microcystis sp.**

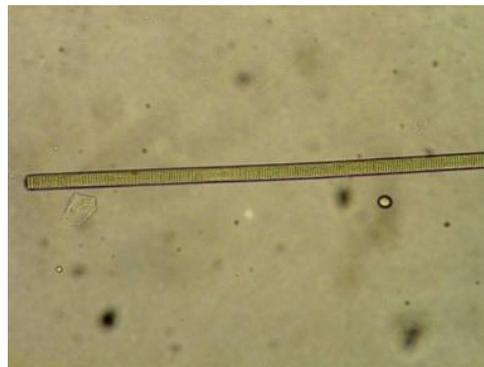


Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Colonias en general irregulares, muy variables en su tamaño, forma y número de células. Las células son pequeñas, verdeazuladas, esféricas, con matriz gelatinosa muy abundante y

transparente. Las células mas viejas poseen muchos pseudovacúolos semejantes a pequeñas burbujas de gas, muy refrigerante, los cuales hacen flotar la colonia, provocando el fenómeno de la floración de las aguas. Las aguas y ciertos lagos o embalses, con floración provocada por *Microcystis* pueden llegar a presentar un aspecto de sopa de arvejas, muy densa. Con frecuencia, las colonias son planas, con huecos en su interior, mientras que a veces son esféricas y compactas (Tillet, Daniel sf).

**Fotografía No. 7.** *Oscillatoria limosa*.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Los talos de *Oscillatoria limosa* son de coloración verde oscuro, libres o sésiles. Filamentos rectos, no estrangulados en las paredes laterales, finamente granuladas. Las células son anchas, de forma discoidal (Stal, J. Lucas and Brigitta Bergman 1990).

**Fotografía No. 8.** Fotografía de *Pediastrum dúplex*.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Organismos coloniales. Se diferencian de otras especies del mismo género en las amplias lagunas existentes entre las células centrales. Las células marginales son profundamente

recortadas, sólo fusionadas en la base, y presentan dos lóbulos muy prolongados. Hábitat: Cosmopolita, estuarina (Wilcox, Lee 1988).

Durante el año 2013, los monitoreos del fitoplancton fueron más completos, porque se pudo cuantificar e identificar los representantes de las microalgas que se encontraban presentes en las desembocaduras de los ríos Quiscab y San Francisco. En el cuadro No. 17 se presentan los resultados de la identificación de fitoplancton durante el muestreo realizado en el mes de abril 2013, en el río Quiscab.

**Cuadro No. 17.** Fitoplancton del río Quiscab mes de abril 2013

<b>Desembocadura Río Quiscab</b>		
<b>Taxa</b>	<b>ind/L</b>	<b>%</b>
<i>Aulacoseira</i>	742.00	5.66
<i>Cocconeis</i>	861.71	6.57
<i>Coelastrum</i>	526.27	4.01
<i>Crucigenia</i>	1412.00	10.77
<i>Dictyosphaerium</i>	1005	7.66
<i>Fragilaria</i>	813.84	6.20
<i>Limnoraphis</i>	2657	20.26
<i>Limnothrix</i>	1867	14.23
<i>Melosira</i>	430.86	3.28
<i>Navicula</i>	71.81	0.55
<i>Oocystis</i>	1149.00	8.76
<i>Pinnularia</i>	143.62	1.09
<i>Sphaerocystis</i>	287.24	2.19
<i>Staurastrum</i>	71.81	0.55
<i>Synedra</i>	1077	8.21
<b>Total</b>	<b>13,116.16</b>	<b>100.00</b>

Ind/L: individuos por litro. Fuente: Datos de campo, abril 2013. Volumen total: 4400 mL. Volumen del concentrado: 25 mL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la desembocadura del Río Quiscab en el mes de abril se encontraron 15 géneros (ver cuadro No. 18), en donde el más abundante fue *Limnoraphis* (20.26%), una Cyanophyta, seguida por otra Cyanophyta: *Limnothrix* (14.13%).

**Cuadro No. 18.** Fitoplancton del Río San Francisco mes de abril 2013

<b>Desembocadura Río San Francisco</b>		
<b>Taxa</b>	<b>cel/L</b>	<b>%</b>
<i>Aulacoseira</i>	163.64	0.68
<i>Ceratium</i>	40.91	0.17
<i>Cocconeis</i>	395.45	1.64
<i>Coelastrum</i>	10186.36	42.20
<i>Crucigenia</i>	368.18	1.53
<i>Dictyosphaerium</i>	3954.55	16.38
<i>Fragilaria</i>	40.91	0.17
<i>Limnorphis</i>	327.27	1.36
<i>Limnothrix</i>	286.36	1.19
<i>Melosira</i>	286.36	1.19
<i>Navicula</i>	313.64	1.30
<i>Nitzschia</i>	463.64	1.92
<i>Oocystis</i>	900.00	3.73
<i>Pandorina</i>	640.91	2.66
<i>Pinnularia</i>	1295.45	5.37
<i>Sphaerocystis</i>	4104.55	17.01
<i>Staurastrum</i>	163.64	0.68
<i>Surirella</i>	122.73	0.51
<i>Synedra</i>	81.82	0.34
<b>Total</b>	<b>24136.37</b>	<b>100.00</b>

cel/L: individuos por litro. Fuente: Datos de campo, abril 2013. Volumen total: 4400 mL.  
Volumen del concentrado: 25 mL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la desembocadura del Río San Francisco se encontraron 19 géneros en el mes de abril (ver cuadro No 19), en donde el más abundante fue *Coelastrum* (42.20%), una Chlorophyta, seguida por otra Chlorophyta: *Sphaerocystis* (17.01%) y con una abundancia muy cercana *Dictyosphaerium* (16.38%).

En el cuadro No. 19 se presentan los resultados del monitoreo realizado durante el mes de junio 2013 en la desembocadura del río San Francisco en el lago de Atitlán, al compararlo con los resultados del monitoreo en el río Quiscab (cuadro No. 20) se puede observar que hay una gran similitud en ambos resultados.

**Cuadro No. 19.** Fitoplancton del Río San Francisco mes de junio 2013

<b>Desembocadura Río San Francisco</b>		
<b>Taxa</b>	<b>ind/L</b>	<b>%</b>
<i>Aulacoseira</i>	507.58	4.03
<i>Cocconeis</i>	557.25	4.57
<i>Coelastrum</i>	1319.70	10.48
<i>Crucigenia</i>	1387.37	10.85
<i>Dictyosphaerium</i>	2131.82	16.67
<i>Fragilaria</i>	406.06	3.17
<i>Limnorphis</i>	3553.03	27.18
<i>Limnothrix</i>	1252.02	9.79
<i>Melosira</i>	609.09	4.76
<i>Navicula</i>	203.03	1.59
<i>Oocystis</i>	1116.67	8.73
<i>Pandorina</i>	135.35	1.06
<i>Pinnularia</i>	203.03	1.59
<i>Staurastrum</i>	101.52	0.79
<i>Surirella</i>	406.06	0.79
<i>Synedra</i>	1285.86	10.03
<b>Total</b>	<b>15175.44</b>	<b>100.00</b>

Ind/L: individuos por litro. Fuente: Datos de campo, junio 2013. Volumen total: 4400 mL. Volumen del concentrado: 67 mL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-201

En la desembocadura del Río San Francisco se encontró 16 géneros, en donde el más abundante fue *Limnorphis* (27%), seguido por *Dictyosphaerium* (17%), una Chlorophyta.

**Cuadro No. 20.** Fitoplancton del Río Quiscab en el mes de junio 2013

<b>Desembocadura Río Quiscab</b>		
<b>Taxa</b>	<b>ind/L</b>	<b>%</b>
<i>Aulacoseira</i>	266.67	4.79
<i>Ceratium</i>	88.89	1.60

<b>Desembocadura Río Quiscab</b>		
<b>Taxa</b>	<b>ind/L</b>	<b>%</b>
<i>Cocconeis</i>	302.22	5.43
<i>Crucigenia</i>	106.67	1.92
<i>Dictyosphaerium</i>	1191	21.41
<i>Fragilaria</i>	355.56	6.39
<i>Limnorphis</i>	1227	22.04
<i>Limnothrix</i>	248.89	4.47
<i>Melosira</i>	320	5.75
<i>Oocystis</i>	391.11	7.03
<i>Pandorina</i>	124.44	2.24
<i>Sphaerocystis</i>	1191	21.41
<i>Staurastrum</i>	124.44	2.24
<i>Surirella</i>	106.67	1.92
<i>Synedra</i>	177.78	3.19
<b>Total</b>	<b>55.64</b>	<b>100</b>

Ind/L: individuos por litro. Fuente: Datos de campo, junio 2013. Volumen total: 4400 mL. Volumen del concentrado: 56 mL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la desembocadura del Río Quiscab se encontró 16 géneros en el monitoreo realizado en el mes de julio 2013 (cuadro No. 21), en donde el más abundante fueon las Cyanophyta *Limnorphis* (22%), seguido por *Dictyosphaerium* y *Sphaerocystis* (21%).

**Cuadro No.21.** Fitoplancton del Río San Francisco en el mes de julio 2013.

<b>Desembocadura Río San Francisco</b>		
<b>Taxa</b>	<b>ind/L</b>	<b>%</b>
<i>Aulacoseira</i>	472.22	4.31
<i>Cocconeis</i>	805.56	7.36
<i>Coelastrum</i>	1861.11	17.01
<i>Crucigenia</i>	833.33	7.61
<i>Dictyosphaerium</i>	3777.78	34.52
<i>Fragilaria</i>	250.00	2.28
<i>Limnorphis</i>	1861.11	17.01
<i>Limnothrix</i>	500.00	4.57
<i>Melosira</i>	333.33	3.05
<i>Navicula</i>	250.00	2.28
<i>Oocystis</i>	444.44	4.06
<i>Pinnularia</i>	194.44	1.78
<i>Sphaerocystis</i>	972.22	8.88
<i>Staurastrum</i>	250.00	2.28
<i>Surirella</i>	444.44	4.06
<i>Synedra</i>	833.33	7.61
<b>Total</b>	<b>10944</b>	<b>100.00</b>

Ind/L: individuos por litro. Fuente: Datos de campo, julio 2013. Volumen total: 4400 mL. Volumen del concentrado: 55 mL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la desembocadura del Río San Francisco se encontró 16 géneros, en el monitoreo del mes de julio 2013 (ver cuadro No. 21), en donde el más abundante fue la Cyanophyta *Dictyosphaerium* (34%) seguido de *Coelastrum* y *Limnorphis* (17%) también cianofitas.

**Cuadro No. 22.** Fitoplancton del Río Quiscab, durante el mes de julio 2013.

<b>Desembocadura Río Quiscab</b>		
<b>Taxa</b>	<b>ind/L</b>	<b>%</b>
<i>Aulacoseira</i>	242.86	4.21
<i>Cocconeis</i>	80.95	1.40
<i>Cocconeis</i>	275.24	4.78
<i>Crucigenia</i>	97.14	1.69
<i>Dictyosphaerium</i>	1781	30.90
<i>Fragilaria</i>	323.81	5.62
<i>Limnoraphis</i>	1117	19.38
<i>Limnothrix</i>	226.67	3.93
<i>Melosira</i>	291.43	5.06
<i>Oocystis</i>	356.19	6.18
<i>Pandorina</i>	113.33	1.97
<i>Sphaerocystis</i>	1085	18.82
<i>Staurastrum</i>	113.33	1.97
<i>Surirella</i>	97.14	1.69
<i>Synedra</i>	161.9	2.81
<b>Total</b>	<b>5764</b>	<b>100.00</b>

Ind/L: individuos por litro. Fuente: Datos de campo, julio 2013. Volumen total: 4400 mL. Volumen del concentrado: 51 mL

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

En la desembocadura del Río Quiscab se encontró 15 géneros en el mes de julio 2013 (ver cuadro No. 22), en donde el más abundante fue la Cyanophyta *Dictyosphaerium* (34%) seguido de *Limnoraphis* (19%) y con una abundancia muy cercana *Sphaerocystis* (18%).

#### **ZOOPLANCTON**

En la desembocadura del Río San Francisco no se encontró ningún organismo del zooplancton.

Con el objetivo No. 6 se pretendía “**Dar recomendaciones precisas que contribuyan a la reducción de la contaminación del agua de los ríos Quiscab y San Francisco**”, el producto principal de este objetivo era: **Elaborar un trífoliar para divulgar la información sobre las recomendaciones precisas que contribuyan a reducir la contaminación de los ríos de la cuenca del lago de Atitlán. Repartir entre las personas que se encuentran viviendo**

cerca de la cuenca del lago de Atitlán. El trifoliar se puede apreciar en el Anexo No. 3, el cual ya se comenzó a distribuir entre las personas que asistieron a la presentación de los resultados del Proyecto FODECYT 19-20111, el día 29 de noviembre del 2013.

El objetivo específico No. 7. Indicaba lo siguiente: **Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.** El producto de este objetivo era un documento para las autoridades y actores sociales relacionados con el lago de Atitlán para que conozcan los resultados y las recomendaciones de la investigación. Lo referente a la divulgación ya se realizó, el día 29 de noviembre del año 2013, se presentaron los resultados parciales del producto de la presente investigación a personas relacionadas con el ambiente, que se encuentran en la cuenca del lago de Atitlán, para esta actividad se contó con la colaboración de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y el Lago de Atitlán-AMSCLAE. A las autoridades se les entregará una copia empastada del presente informe de investigación, la instituciones en las que se entregará el documento serán las siguientes: AMSCLAE, Asociación “Vivamos Mejor”, Centro de Estudios Atitlán-CEA-, Ministerio de Medio Ambiente, sede central y en la sede del Departamento de Sololá.

### III.1 Discusión de Resultados

Para la caracterización de la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca del lago de Atitlán, como son los ríos Quiscab y San Francisco, primero se localizaron nueve puntos de muestreo, es decir tres en cada parte de las cuencas de los ríos, cuenca alta, cuenca media y cuenca baja y uno en la desembocadura (ver mapa No 4). Estos resultados se presentan en el cuadro No. 1 y en la gráfica No. 1.

Para la caracterización del agua del río Quiscab se calculó el Índice de Calidad del Agua-ICA, en seis de los ocho monitoreos, no realizándose en el primero y en el cuarto muestreos, debido a que en el primero no se contaba con todos los reactivos, por lo cual no se pudo calcular el ICA, debido a que hizo falta el análisis microbiológico del agua, siendo necesario para el cálculo del Número Más Probable-NMP- (los resultados de este monitoreo se pueden revisar en el Anexo No.1); en el cuarto tampoco se pudo calcular el ICA, porque no se pudo entrar al campus de la USAC.

En el río Quiscab desde el principio se muestreó las cuatro partes del mismo, como fueron la cuenca alta, media y baja, la desembocadura del río en el lago se determinó hasta en el tercer muestreo. La cuenca alta y media mantuvieron un promedio de 63.07 y 61.75 respectivamente, lo cual los ubica como agua de Calidad Regular, según la tabla del ICA propuesto por Brown (Lobos, José. 2002).

En la gráfica No. 1 se muestran los resultados del monitoreo del ICA en el río Quiscab, como se puede observar en la mayoría de veces la cuenca alta se mantuvo en valores arriba de 60, pero en el octavo muestreo el valor bajó a 52.81, debido a que las condiciones ambientales comenzaron a deteriorarse más en ese punto, en donde después de ser un área con muchos árboles se comenzó a talar.

Con respecto al río San Francisco los resultados se pueden observar en el cuadro No. 1 y en la gráfica No. 2, el primero y el cuarto muestreo no se determinó el ICA, por las razones antes mencionadas en el río Quiscab.

La cuenca alta del río San Francisco no se evaluó hasta en el quinto muestreo ya que se presentaron problemas de acceso y con los pobladores, a quienes había que pedirles autorización para ingresar al área y varias veces no se pudo hablar con el alcalde auxiliar del lugar.

Los valores promedios reportados para el ICA del río San Francisco en la cuenca alta, media y baja se encontraron entre 53.05 y 56.83, indicando que la calidad fisicoquímica del agua se clasifica como regular según la tabla propuesta por Brown (Lobos, José 2002).

En general los Índices de Calidad-ICA, del río San Francisco, presentan valores más bajos que los del río Quiscab, lo cual se debe a que en el primero hay poblaciones más cercanas a los puntos de muestreo y también a la actividad agrícola y pastoreo de ganado vacuno, lo cual provocó que los valores del ICA fueran levemente más bajos, aunque la clasificación de acuerdo a la tabla del ICA propuesta por Brown (Lobos, José 2002) calificó a ambos como calidad del agua regular.

Para verificar y evaluar la presencia o ausencia de organismos indicadores de calidad del agua, como son los macroinvertebrados acuáticos y microbiológicos para correlacionarlos con los parámetros fisicoquímicos; primero se determinó el Índice Biológico por Familias de El Salvador-IBF-SV-2010, en las tres partes de la cuenca de cada río, los resultados se pueden apreciar en el cuadro No. 2 y 3 en en las gráficas No. 1 y 2. En la desembocadura de los ríos en el lago no se determinaron los macroinvertebrados acuáticos por la profundidad del lago, la cual era muy grande y no se contaba con el equipo adecuado.

Los resultados del IBF-SV- 2010 para el río Quiscab se pueden apreciar en el cuadro No. 2 y en la gráfica No. 3, en donde se puede observar que en la cuenca alta se reportaron resultados hasta en el quinto muestreo, los que demostraron la misma tendencia al deterioro de la calidad biológica del agua a medida que se bajaba en la cuenca. El promedio de los valores del IBF-SV-2010, se presentan entre 5.54 y 6.0 clasificándolo con calidad del agua regular pobre, con contaminación sustancial probable (Sermeño, Chicas 2010).

El agua del río San Francisco presenta una calidad menor (Gráfica No. 4), en comparación con la del río Quiscab, en el cual los valores de IBF no superan el nivel 7, por el contrario en el río San Francisco en la cuenca baja se llegan a niveles muy cercanos a 8, lo cual lo clasifica como calidad del agua muy pobre con una probable contaminación orgánica muy severa, de acuerdo con la tabla propuesta por Hilsenhoff (1988) (Sermeño, Chicas 2010).

Se determinó si existía o no correlación entre los resultados del ICA y el IBF-SV-2010, para los ríos Quiscab y San Francisco, lo cual se puede apreciar en los cuadros No 3 y 4 y

en las gráficas 5 y 6. En las mismas se aprecia que en ambos ríos se obtuvo correlación lineal inversamente proporcional, cuando los valores de ICA son altos, los del IBF-SV-2010, son bajos, por el valor de la pendiente la cual es negativa, de acuerdo con los cuadros de Hilsenhoff y Brow, cuando los valores de IBF son bajos y los del ICA, altos indican buena calidad del agua respectivamente (Sermeño, Chicas 2010).

El cuadro No. 6 presenta los resultados del ANOVA para el río Quiscab, en el cual se indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en los valores promedios que se comparan entre los diferentes puntos de muestreo, ya que el valor de significancia es  $<0.05$ , el cual rechaza la hipótesis nula, que indica “no existe diferencia significativa entre las medias de los Indices de Calidad del Agua-ICA, para el río Quiscab”, aceptándose la hipótesis altera que indica que “no todas las medias del ICA para el río Quiscab son iguales” (Wyne, Daniel 2002). Para el río San Francisco no se hicieron estos cálculos porque no reportaron resultados en todos los monitoreos.

Para poder determinar cuál punto de muestreo del río Quiscab presentaba medias del ICA significativamente diferente, se realizaron comparaciones múltiples o pruebas Post-hoc, de los parámetros fisicoquímicos, en las tres diferentes partes de la subcuenca durante los ocho muestreos, estos resultados se presentan en el cuadro No. 7. Las pruebas “post-hoc” es el procedimiento que indica entre qué pares de comparaciones está la diferencia, ya que la tabla ANOVA únicamente identifica la misma sin establecer dónde se encuentra (Wyne, Daniel 2002). Se observa que en la columna que contiene los valores de significancia estadística (Sig), se colorean de amarillo aquellos que son menores a 0.05 y son esos pares de comparaciones en donde está la diferencia. Se puede observar que es la cuenca baja es la que difiere de las otras 3 ubicaciones o puntos de muestreo; en las otras no hay diferencia estadísticamente significativa.

En el cuadro No. 8 se hace un resumen de lo encontrado en la pruebas post-hoc, es decir, coloca los grupos iguales en una sola columna (columna 2) y al grupo que es diferente de los otros en la columna 1, ratificando que la diferencia estadísticamente significativa es entre la cuenca baja y el resto de puntos de muestreo (Wyne, Daniel 2002).

En la gráfica No 7, se ilustra de mejor forma las diferencias entre los puntos de muestreo del río Quiscab, se observa que la tendencia es a empeorar la calidad del agua, en

la parte alta se observa una media de 63.072, para la parte media 61.75 y en la parte baja de 52.61 y mejoró en la desembocadura del río Quiscab en donde se presentó una media de 67.765.

En el cuadro No. 9 se presentan los valores medios descriptivos por familias IBF-SV-2010, para el río Quiscab, en donde se puede apreciar diferencias, lo cual se pudo comprobar en el cuadro No. 10, en donde se resumen los resultados del Análisis de Varianza-ANOVA- de los mismos, el valor obtenido de significancia fue de 0.033 siendo un valor menor de 0.05 indicando que si existe diferencia significativa entre las medias de los resultados del IBF para este río. Para poder determinar en qué punto de muestreo se encontraba esta diferencia se realizaron comparaciones múltiples o prueba Post Hoc, utilizando el HSD de Tukey, encontrándose que la cuenca baja es la que presenta valores diferentes de los otros puntos de muestreo. Los resultados del subconjunto homogéneos de los IBF se presentan en el cuadro No. 12.

En la gráfica No. 8, se puede apreciar la tendencia de las medias de los IBF por familias del río Quiscab en donde se demuestra la tendencia a empeorar ya que en la cuenca alta se presentan valores medios de 5.58 clasificando el agua como Regular según el cuadro de Brown (Lobos, José 2002), en el que se menciona que esta calidad del agua puede presentar contaminación orgánica bastante sustancial.

En la cuenca media del río Quiscab (gráfica No 8) el agua presenta valores medios de 5.95 y en la cuenca baja valores de 6.13, clasificando el agua como Regular Pobre, con una contaminación sustancial probable según Brown (Lobos, José 2002 y Sermeño, Chicas 2010).

Para poder establecer si existe diferencia entre las proporciones de los organismos acuáticos y su relación con los contaminantes y nutrientes de los ríos Quiscab y San Francisco, en las épocas de invierno, verano y transición, durante dos años. Se calcularon promedios entre los monitros y su relación con las diferentes épocas del año.

En los cuadros No. 13 y 14 se presentan los resultados de los promedios de los IBF y los ICA para lo cual se hicieron las siguientes agrupaciones y cálculos: para el verano 2011 se tomó el único monitoreo que se realizó en ese año, noviembre 2011, para el verano 2012 se tomó el monitoreo de abril de ese año, para el invierno 2012 se promediaron los

resultados de los monitoreos de junio, agosto y octubre de ese año. Para el verano 2013 se tomó el monitoreo de abril de ese año y para el invierno se promediaron los monitoreos de junio y julio del mismo año. Para conocer si existía o no diferencia se plantearon dos hipótesis una nula y una alterna, los descriptivos de estos monitoreos se presentan en el cuadro No. 15 y el resultado del análisis de varianza se presenta en el cuadro No. 16.

De los cuadros 15 y 16 la información principal del ANOVA es presentada en el cuadro 16, donde se muestran los valores inter e intragrupos, el valor de significancia de la prueba ANOVA; es de 0.664. Se asumió un valor de significancia de 0.95 para la prueba y un error estándar de 0.05. Si se compara el valor obtenido 0.664 con el error estándar, vemos que el valor del ANOVA es mayor al error experimental; con lo cual podemos asumir que no existe diferencia significativa entre los ICA por cada estación del año (verano e invierno), para los años 2012 y 2013 (Wyne, Daniel 2002).

Luego de calcular y comparar los Indices de Calidad del Agua-ICA- y el Indice Biológico por Familias-IBF-SV-2010, en tres partes de las cuencas de los ríos Quiscab y San Francisco se procedió a identificar las áreas que generan mayor carga de contaminantes y nutrientes para proponer medidas correctivas de manejo en las áreas críticas de la cuenca. El producto de este objetivo fue la obtención de los mapas No. 5 y 6.

Los resultados observados en el mapa No. 5 se observa que la calidad del agua –ICA- en las partes altas de la cuenca mostraban valores aceptables los cuales se iban deteriorando a medida que bajaban de la cuenca alta, a la media, llegando a valores más bajos en la parte baja de la cuenca, pero volviendo a subir en la desembocadura de los ríos en el lago de Atitlán, lo cual se debe a que esos puntos de muestreo reciben diferentes contaminantes de las áreas urbanas que se encuentran influyendo negativamente la calidad del agua de estos río

En el mapa No. 6, se presentan los resultados promedios del IBF-SV- , en el cual se observa que en la parte alta de las cuencas los valores eran más bajos, indicando mejor calidad del agua que en las partes media y alta de los ríos.

Las medidas correctivas propuestas para disminuir la carga de contaminantes de los puntos detectados con mayor carga, es colocar plantas de tratamiento para aguas residuales,

las cuales van directamente a las cuencas de los ríos, también se podrían utilizar fosas sépticas.

Con respecto al fitoplancton encontrado en los diferentes muestreos se puede comentar lo siguiente:

En la fotografía No. 1 se puede el alga *Ceratium*, los cuales son organismo acuáticos, que viven en entornos tanto marinos como de agua dulce. Son más comunes en las zonas templadas, pero se pueden encontrar en todo el mundo. *Ceratium* se encuentra en regiones superiores del agua, donde hay suficiente luz para realizar la fotosíntesis. *Ceratium* son organismos relativamente inofensivos. Ellos no son tóxicos, y son necesarios para la red alimentaria. Sin embargo pueden causar una marea roja si las condiciones lo permiten pueden producirse floraciones excesivas. Mientras que esta marea roja no es tóxica, puede agotar los recursos en su entorno, haciendo presión sobre el ecosistema. En general, sin embargo, *Ceratium* son componentes necesarios de sus hábitats. No solo sirven como nutrientes para organismos más grandes, pero se mantiene a los organismos más pequeños bajo control a través de la depredación (Smalley, Gabriela W. y D. Wayne Coats, 2002), (Temponeras, M., J. Kristiansen, y M. Mautaka-Gouni, 2000), (Zuner, Stephan. Greilinger, Doris. Laatsch, Thomas, 2004).

En la fotografía No. 2 se puede apreciar una figura de *Staurastrum* sp. Células de 3 -5 radiadas, de 60 -108 X 80 -139  $\mu\text{m}$  (procesos incluidos). Seno abierto y poco profundo. Hemisomas cilíndricas inmediatamente encima del istmo y posteriormente ciatiformes, con el ápice cóncavo. Angulos extendidos en largas prolongaciones divergentes, con crenulaciones o denticulaciones por los márgenes y terminadas en 4 espinas. El resto de la pared de los hemisomas lisa. Puede presentar una leve torsión. Se puede encontrar en aguas de oligo a mesotróficas. *Staurastrum gracile* es una especie muy difundida que ocupa los bordes de los lagos y lagunas de aguas limpias en las que habita (<file:///C:/Users/Cont%20Acad/Downloads/Staurastrum%20longipes.pdf>).

En la fotografía No. 3 se puede apreciar *Fragilaria* sp. Las cuales son características de aguas eutroficas y generalmente reportadas como especies halotróficas que prefieren agua

alcalina la cual corresponde a condiciones de alto pH y conductividad química (Chow Wong, Ninoska. 1993).

Las algas cianofitas que se encontraron en los diferentes monitoreos realizados en la desembocadura de los ríos Quiscab y San Francisco se encuentran las siguientes: *Lyngbya* sp (fotografía No.4), *Microcystis* sp (fotografía No. 6) y *Oscillatoria Limosa* (fotografía No. 7).

*Lyngbya*, pertenece a las cianobacterias, las cuales constituyen un grupo taxonómico de organismos diversos que colonizan ambientes acuáticos y bajo ciertas condiciones ambientales aumentan exponencialmente su biomasa produciendo toxinas que generan serios problemas sanitarios y mediambientales (Carvajal Cruz, Geogina Eliza 2011). Género de cianobacterias, unicelulares autótrofos que forman la base de la oceánica cadena alimentaria. *Lyngbya* presenta un formato largo, filamentos dentro de la funda rígida de mucílago. Vainas pueden formar ovillos o esteras, mezclado con otras especies de fitoplancton. *Lyngbya* se reproducen asexualmente, sus filamentos se rompen y cada célula forma un nuevo filamento. Algunas especies de *Lyngbya* pueden causar la irritación de la piel humana llamada dermatitis de algas marinas. También pueden monopolizar temporalmente ecosistemas acuáticos cuando forman densas marañas flotantes en el agua (Agudo, Koty, Arthur, Karen 2009), (Ruibal, Ana Laura, Rodríguez, María Inés, Martín Angelaccio, Carlos 2005), (Carvajal Cruz, Geogina Eliza 2011).

*Microcystis* es un género de agua dulce de cianobacterias que incluye la proliferación de algas dañinas el género *Microcystis aeruginosa*. Se caracteriza por células pequeñas (de unos pocos micrómetros de diámetro), que carecen de envoltura individuales. Las células se organizan generalmente en colonias (colonias grandes de los que se pueden ver a simple vista) que se inician en forma esférica, pero perder su coherencia a ser perforada o de forma irregular en el tiempo. La coloración del protoplasto es una azul-verde, que aparece oscuro o marron debido a los efectos ópticos de rellenos de gas vesículas; esto puede ser utilizarlo como característica distintiva cuando se utiliza luz microscópica. Producen turbidez y pueden causar corrosión en paredes o columnas de hormigón. Algunas especies

pueden ser tóxicas. Pueden ser indicadoras de contaminación y vivir en lagunas de estabilización, donde son en general perjudiciales, por la turbidez que producen (Tillet, Daniel sf).

*Oscillatoria* es un género de cianobacterias, incluido antiguamente en la división Cyanophyta, que junto a la división Prochlorophyta formaban un grupo de procariotas autótrofos. Actualmente se considera que las antes llamadas algas procariotas están más relacionadas, desde el punto de vista filogenético con las bacterias que con las algas eucarióticas. Por ello se incluye dentro del filo Cyanobacteria de bacteria fotosintética, de color verde azulado, que viven en agua dulce. Es un organismo móvil que se desliza en forma oscilatoria: de ahí su nombre. Habitat: Características de las aguas servidas (Stal, J. Lucas and Brigitta Bergman, 1990).

En la Fotografía No.5 se puede apreciar a *Melosira* sp la cual es un género común en agua dulce y en hábitats marinos epibentónicos. Células cilíndricas o subsféricas unidas (por parejas o tríos) por filamentos de mucílago y espinas irregulares. La cara valvar es desde plana o abovedada y está cubierta de pequeñas espinas o gránulos. La estructura de la valva es areolada, abriéndose al exterior a través de una serie de pequeños poros algo más grandes. El borde del manto valvar es de color blanquecino. Las aerolas pueden estar dispuestas al azar o en hileras que irradian desde el centro de valva. Recuperado en: ([http://www.ecimat.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161](http://www.ecimat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=161))

En la fotografía No. 8 se puede apreciar a *Pediastrum duplex* es un tipo de especies de algas verdes. Formas de colonias con un gran número de células, las cuales presentan cuerpos poligonales y granuladas, tienen formas con proyecciones. Se reproducen en forma asexual. Las colonias tienen usualmente de 8 a 22 células (Wilcox, Lee 1988).

La investigación del fitoplancton en forma cuantitativa del río Quiscab se puede apreciar en los cuadros No. 17, 20 y 22. Para el monitoreo del mes de abril 2013 se encontró 15 géneros, siendo los más abundantes dos representantes de las cyanophytas, como *Limnospira* (24%) y *Limnothrix* (17%). Para el monitoreo del mes de junio 2013, se encontraron 16 géneros, en donde el más abundante fueron las Cyanophyta *Limnospira* (22%), seguido por *Dictyosphaerium* y *Sphaerocystis* (21%) y para el último monitoreo el cual se realizó en el mes de julio 2013, se encontraron 15 géneros, en donde el

más abundante fue la Cyanophyta *Dictyosphaerium* (34%) seguido de *Limnoraphis* (19%) y con una abundancia muy cercana *Sphaerocystis* (18%).

Para el río San Francisco el monitoreo cuantitativo del fitoplancton se puede observar los cuadros No.18, 21 y 22. Para el monitoreo del mes de abril se encontraron 19 géneros, en donde el más abundante fue *Coelastrum* (76%), una Chlorophyta, seguido por otra Chlorophyta: *Sphaerocystis* (31%) y con una abundancia muy cercana *Dictyosphaerium* (30%). Durante el mes de junio 2013 se encontraron 16 géneros en donde el más abundante fue *Limnoraphis* (27%), seguido por *Dictyosphaerium* (17%), una Chlorophyta. Para el monitoreo del mes de julio 2013 se encontró 16 géneros, en donde el más abundante fue la Cyanophyta *Dictyosphaerium* (34%) seguido de *Coelastrum* y *Limnoraphis* (17%) también cianofitas.

## PARTE IV.

### IV.1. CONCLUSIONES

#### **Objetivo específico No. 1: Caracterizar y evaluar la calidad del agua de los principales afluentes de la cuenca del lago de Atitlán, río Quiscab y río San Francisco.**

-La cuenca alta media y baja del río Quiscab durante los diferentes monitoreos mantuvieron promedios de ICA entre 63.07, 61.75 y 53.62 respectivamente, clasificando a los mismos con calidad del agua regular, según la tabla de ICA propuesta por Brown (Lobos, José 2002).

-Los valores promedios para el ICA del río San Francisco en las cuencas alta, media y baja se encontraron entre 56.83, 56.55 y 53.05 respectivamente, indicando que la calidad del agua se clasifica como Regular según la tabla propuesta por Brown (Lobos, José 2002).

- Los Indices de Calidad-ICA, del río San Francisco, presentan valores más bajos que los del río Quiscab, aunque la clasificación de acuerdo a la tabla del ICA propuesta por Brown (Lobos, José 2002) calificó a ambos ríos con calidad del agua regular.

#### **Objetivo específico No. 2: Verificar y evaluar la presencia o ausencia de los organismos acuáticos que sean indicadores de la calidad del agua como son: macroinvertebrados acuáticos y microbiológicos, correlacionarlos con los parámetros fisicoquímicos.**

- Se determinó el Índice Biológico por Familias de El Salvador –IBF-SV-2010, en las tres partes de cada cuenca de los ríos Quiscab y San Francisco. El río Quiscab presentó promedios de valores entre 5.54 y 6.0 clasificándolo con calidad de agua regular pobre, con contaminación sustancial probable. El río San Francisco presentó valores entre 6.06 y 7.07 lo cual lo clasifica con calidad del agua muy pobre con una contaminación orgánica muy severa.

- Se evaluó la correlación entre los resultados del ICA y el IBF-SV-2010 para los dos ríos, en los cuales se obtuvo una correlación lineal inversamente proporcional.

- La correlación lineal de los promedios de valores de ICA vs los del IBF-SV-2010, son inversamente proporcionales, por el valor de la pendiente la cual es negativa, cuando los valores de ICA son altos, los del IBF son bajos, de acuerdo con los cuadros de Hilsenhoff

y Brow, cuando los valores de IBF son bajos y los del ICA altos, indican buena calidad del agua respectivamente (Sermeño, Chicas 2010).

**Objetivo específico No. 3: Establecer la diferencia entre las proporciones de los organismos acuáticos y su relación con los contaminantes y nutrientes de los ríos Quiscab y San Francisco en las épocas de invierno, verano y transición, durante dos años.**

-Se calculó el promedio de los diferentes muestreos, agrupándolos en invierno y verano para cada uno de los años en que se realizaron los muestreos, luego se procedió a calcular el Análisis de Varianza-ANOVA- el cuál presentó valores de significancia mayores de 0.05 lo cual indica que los muestreos en las diferentes épocas invierno, verano y transición no presentan diferencias significativas entre los mismos.

**Objetivo específico No. 4: Calcular y comparar los índices de calidad del agua fisicoquímica y biológica, en tres partes de la cuenca (alta, media y baja), para identificar las áreas que generan mayor carga de contaminantes y nutrientes y proponer así medidas correctivas de manejo, en las áreas críticas de las microcuencas.**

-Se construyeron dos mapas, el primero con los valores promedios de los ICA y el segundo con los valores promedios de IBF-SV, para indentificar las áreas que generan mayor carga de contaminantes. El ICA en las partes altas de cada cuenca mostró valores aceptables, los cuales se iban deteriorando a medida que bajaban de la cuenca alta, a la media, llegando a valores de menor calidad en la cuenca baja, volviendo a subir en la desembocadura de los ríos en el lago. El IBF-SV, de la misma forma presentó valores de mejor calidad en las cuencas altas, deteriorándose a medida que bajaban en la misma.

- Una de las medidas correctivas propuestas sería que se instalaran plantas de tratamiento de aguas residuales en la parte media y baja de las cuencas de ambos ríos, para evitar que el agua contaminada siga llegando al lago de Atitlán.

**Objetivo específico No. 5: Desarrollar un método práctico in situ, que permita predecir tempranamente la contaminación de los cuerpos de agua y así reducir los eventos de florecimientos de cianobacteria.**

-Se desarrolló un manual práctico in situ, correlacionando los parámetros fisicoquímicos para calcular el ICA y las macroinvertebrados acuáticos para calcular el IBF-SV- para que

el personal técnico de campo puedan usarlo y en casos que detecten aumento de organismos indicadores de mala calidad de agua en una parte de la cuenca en donde normalmente no se encuentran puedan hacer un llamado de alerta y así evitar que se den florecimientos de algas como las cianofitas.

-En el anexo No. 2 se encuentra el manual práctico para poder utilizarlo in situ, el cual permitirá a los técnicos de campo poder estimar un nivel umbral de contaminación que podría tener efectos adversos a la cuenca del lago de Atitlán, como son los florecimientos de cianobacterias.

- En los monitoreos cuantitativos de fitoplancton en la desembocadura de los ríos Quiscab y San Francisco se observó una alta presencia de organismos representantes de las algas cianophytas, no existiendo diferencias en cuanto a cantidad de géneros en comparación con el invierno y verano, los cuales se pueden correlacionar con los resultados del ICA y el IBF-SV-2010, que tampoco presentaron diferencia entre las diferentes épocas del año.

**Objetivo específico No. 6: Dar recomendaciones precisas que contribuyan a la reducción de la contaminación del agua de los ríos Quiscab y San Francisco.**

-Se elaboró un tríptico el para que las personas que se encuentran viviendo cerca de la cuenca del lago de Atitlán lo puedan utilizar y así poder evidenciar cuando la calidad del agua de los ríos se está iniciando a deteriorar (ver Anexo No. 3) el cual se comenzó a distribuir entre los asistentes a la presentación del proyecto FODECYT 19-2011, el día 29 de noviembre 2013.

**Objetivo específico No. 7: Divulgar a las autoridades, actores sociales e instituciones en el campo de su competencia la información obtenida de la investigación.**

-A cada una de las autoridades y actores sociales del lago de Atitlán se entregará un informe de la presente investigación para que conozcan los resultados y las recomendaciones de la misma. Con respecto a la divulgación ya se comenzó a realizar, en la presentación que se efectuó el día 29 de noviembre del año 2013, con el apoyo de AMSCLAE.

## IV.2 RECOMENDACIONES

-Utilizar los resultados obtenidos del Índices de Calidad del Agua-ICA- y el Índice Biológico por Familias –IBF, para poder establecer un Índice para el área del Lago de Atitlán.

- Con el listado de organismos encontrados en los ocho monitoreos realizados en la presente investigación se pueden relacionar los mismos con los ICA de cada área, para poder establecer un ICA y un IBF para el área de la Cuenca del Lago de Atitlán, también se puede elaborar un documento en el que se establezcan los cambios sucesionales que se van dando a medida que se baja de nivel dentro de los ríos.

-Se compararon los macroinvertebrados con los contaminantes, en los cuales se pudo observar que había una buena correlación lineal, aunque inversamente proporcional, por lo que para futuras investigaciones es posible solo monitorear los macroinvertebrados para poder diagnosticar el estado de la calidad del agua con solo identificar a los mismos.

-Con los mapas obtenidos de los ríos Quiscab y San Francisco se pudo identificar las áreas que generan mayor contaminantes de nutrientes, por lo que si se establecen plantas de tratamiento en la parte media y baja de cada cuenca de los ríos se evitará que se continúe llevando altas cargas de compuestos que deterioran la calidad del agua del Lago de Atitlán. Divulgar la información obtenida en este proyecto de investigación, con los pobladores, autoridades, estudiantes y todas las personas interesadas en el agua del lago de Atitlán.

-Utilizar el manual con el método práctico in situ para realizar monitoreos de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos, para que las personas del área de los ríos Quiscab y San Francisco, puedan reconocer cuándo el agua de estos ríos lleva contaminantes que son adversos al ambiente.

-Divulgar entre los pobladores del área de la cuenca del Lago de Atitlán, la información contenida en el tríptico realizado con los resultados de la presente investigación, para que todas las personas que se encuentran viviendo en el área, sepan por medio de utilizar macroinvertebrados cuando el agua se está comenzando a deteriorar.

- Distribuir con las autoridades que se encuentran en el área del lago una copia del presente informe de investigación, para que se enteren de la situación en que se encuentra el lago y puedan tomar las medidas correctivas que se proponen en el mismo.

### IV.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alverson, A., Manoylov, K., y Stevenson, R. J. (2003). Laboratory sources of error for algal community attributes during sample preparation and counting. *Journal of Applied Phycology*, 15 (5), 357-369.
2. Agudo, K., Arthur, K., (2009). *Diversidad filogenética y química de tres quimiotipos de bloom- forming Lyngbya especies (Cianobacterias: Oscillatoriales) de arrecifes del sureste de Florida*. EEUU: Sociedad Americana de Microbiología.
3. Bonilla, B. L. (2010). *Metodologías analíticas para la determinación del índice de calidad de agua (ICA)*. San Salvador, El Salvador: Editorial Universitaria [UES].
4. Cano Sánchez, S. A. (2003). *Fitoplancton y coliformes como indicadores de la calidad del agua en el Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén*. Tesis Química Bióloga. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC].
5. Carvajal Cruz, G. E. (2011). *Ocurrencia de floraciones de cianobacterias tóxicas en cuerpos de agua dulce, Argentina* [en línea]. Tesis Magister en Tecnología e Higiene de los Alimentos. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. Recuperado marzo 17, 2014, de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2702/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2702/Documento_completo.pdf?sequence=1)
6. Castellanos, E., Girón, N., Álvarez, M., López, M. B., y España, M. (2002). *Diagnóstico de la calidad del agua del lago de Atitlán: Proyecto volcanes de Atitlán*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala [UVG].
7. Chow Wong, N. (1993). *Estacionalidad y distribución vertical de cylindrospermopsis africana en la Laguna de Masaya* [en línea]. Recuperado marzo 17, 2014, de [www.busde.org.ni/web\\_textos/CIRA/cira/0005/cira009/inicio.pdf](http://www.busde.org.ni/web_textos/CIRA/cira/0005/cira009/inicio.pdf)
8. Dix, M., Isolda, F., Oscar, M., y Luis, R. (2003). *Diagnóstico ecológico-social en la cuenca de Atitlán* [en línea]. Recuperado marzo 17, 2014, de [http://www.uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/otras%20publicaciones/Diagnostico\\_ecologico\\_social\\_Atitlan.pdf](http://www.uvg.edu.gt/investigacion/ceab/cea/doc/otras%20publicaciones/Diagnostico_ecologico_social_Atitlan.pdf)
9. Estación de Ciencias Mariñas de Toralla [ECIMAT]. (2012). *Melosira sp* [en línea]. Recuperado abril 18, 2014, de [http://www.ecimat.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=161:melosira-sp&catid=11:algas&Itemid=40&lang=es](http://www.ecimat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=161:melosira-sp&catid=11:algas&Itemid=40&lang=es)
10. Gontcharov, AA y Melkonian, M. (2005) . *Filogenia molecular de Sataurastrum Meyen ex y Ralfs y géneros relacionados (zygnematophyceae, Streptophyta) basado en la*

*codificación y no codificante ADNr comparaciones de secuencias. Diario de Ficología 41:887- [en línea].*

11. Gutiérrez- Fonseca, P. E. (2010). *Guía Ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del orden Coleoptera en El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
12. Gutiérrez Fonseca, P. E., Sermeño Chicas, J. M., y Chavez Sifontes, J. M. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Plecoptera en el Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
13. Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid field assessment of organic pollution with a family – level biotic index. *Journal of North American Benthological Society*, 7 (1), 65-68.
14. Kelly, M. G. (1999). *Progress towards quality assurance of benthic diatoms and phytoplankton analysis in the UK*. In Prygiel, J., Whitton, B. A., y Bukowska, J. (Eds). (1999). Use of algae for monitoring rivers III. [\*Journal of Applied Phycology\* 11](#), (6), 596-597.
15. Leclerq, L., y Depiereux, E. (1987). Typologie des rivières oligotrophes du massif Ardennais (Belgique) par l'analyse multivariée de relevés de diatomeés benthiques. *Hidrobiología*, 153, 175-192.
16. Lobo, E. A., Wetzel, C. E., y Bes, D. (2003). *Avaliação da qualidade da água dos arroios Sampaio, Bonito e Grande, Município de Mato Leitão, RS, Brasil*. *Tecnológica*, 7 (2), 39-53.
17. Lobos, J. (2002). *Evaluación de los contaminantes del Cerrón Grande*. El Salvador: Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET].
18. Martinelli, J. (2009). Moluscos: Generalidades. En Martínez Chacón, M. L. y Rivas, P. (Eds.). (2009). *Paleontología de Invertebrados*. España: Sociedad Española de Paleontología, Instituto
19. Martinez de Fabricius, A. L. (1996). *Bacillariophyceae del río Cuarto, Provincia de Córdoba, Argentina*. Tesis Doctoral. Argentina: Universidad Nacional La Planta.
20. Menjivar Rosa, R. A. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del orden Diptera en El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
21. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (s.f). *Índice de calidad del agua general "ICA"* [en línea].

Recuperado octubre 20, 2013, de <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

22. Ochoa, W. A., Alcántara, W. M., y Guzmán, N. B. (2009). Informe final del proyecto: Planificación de uso de la tierra en la subcuenca del río Panajachel, cuenca del lago Atitlán, Sololá [en línea]. Recuperado mayo 26, 2010, de [http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/investigacio\\_files/INFORMES/PUIRNA/INF-2009-048.pdf](http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/investigacio_files/INFORMES/PUIRNA/INF-2009-048.pdf)
23. Oliveira, M. A., Torgan, L. C., y Rodrigues, S. C. (2002). Diatomáceas perifíticas dos arroios Sampaio e Sampaio, rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 16 (2): 151-160.
24. Pacheco Chaves, B. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del orden Hemiptera en El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
25. Prygiel, J. (2002a). Determination of the biological diatom index (IBD NFT 90-354): Results of an intercomparison exercise. *Journal of Applied Phycology*, 14, 27-39.
26. Prygiel, J. (2002b). Management of the diatom monitoring networks in France. *Journal of Applied Phycology*, 14, 19-26.
27. Prygiel, J., y Coste, M. (1995). Les diatomées et le diagnostic de la qualité des eaux courantes continentales: Les principales méthodes indicielles. *Vie Milieu*, 45 (3-4), 179-186.
28. Roldán Pérez, G. (1997). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua*. Colombia: Universidad de Antioquia.
29. Roldán Pérez, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Colombia: Universidad de Antioquia.
30. Rosas, A., Velasco, R., Belmont, A., y Báez, A. M. (1993). The algal community as An indicator of the trophic status of lake Patzcuaro, México. *Environmental Pollution*, 8, 255-264.
31. Ruibal, A. L., Rodríguez, M. I., y Martín Angelaccio, C. (2005). *Ocurrencia de Cyanobacterias y sus toxinas (microcistinas) en aguas del río de La Plata: Evaluación rápida usando el ensayo ELISA*. Argentina: XX Congreso Nacional del Agua y III Simposio de Recursos Hídrico del Cono Sur.
32. Sánchez de León, E. M. (2001). *Estudio general del caso Sololá, Guatemala*. Guatemala: IDRC.

33. Serrano Cervantes, L. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Ephemeroptera en El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
34. Sermeño Chicas, J. M., Pérez, D., Muños Aguilón, S. M., Serrano Cervantes, L., Rivas Flores, A. W., y Monterrosa Urias, A. J. (2010). *Metodología estandarizada de muestreo multi hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos del El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
35. Sermeño Chicas, J. M., Serrano Cervantes, L., y Springer, M. (2010). *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)*. En *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos*. San Salvador, El Salvador: UES.
36. Sermeño Chicas, J. M. (2010). *Guía Ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos inmaduros del orden Odonata, en El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
37. Smalley, G. W., y Wayne Coats, D. (2002). Ecología de la marea roja dinoflagelado *Ceratium furca*: Distribución, mixotrofia, y el impacto del pastoreo sobre las poblaciones ciliadas de la Bahía de Chesapeake. *El Diario de la Microbiología Eucariota*, 49 (1), 63-73.
38. Springer, M. (2010). *Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos inmaduros del orden Trichoptera en El Salvador*. San Salvador, El Salvador: UES.
39. Springer, M., y Gutiérrez, P. (2010). *Seminario taller: Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de aguas superficiales*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar [URL].
40. Stal, J. L., y Bergman, B. (1990) *Immunological characterization of nitrogenase in the filamentous non-heterocystous cyanobacterium Oscillatoria Limosa* [en línea]. Recuperado marzo 17, 2014, de <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00197123#page-1>
41. Temponeras, M., Kristiansen, J., y Mautaka-Gouni, M. (2000). Una nueva especie *Ceratium* (Dinophyceae) de lake Doirani, Macedonia, Grecia. *Hidrobiología*, 424, 101-108.

42. Tillett, D. (2013) *Organización estructural de la biosíntesis de microcistina en Microcystis aeruginosa PCC7806: Un sistema de péptido sintetasa-polyketide integrado* [en línea]. Recuperado marzo 17, 2014, de [http://dx.doi.org/10.1016/S1074-5521\(00\)00021-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1074-5521(00)00021-1)
43. Universidad de Oviedo, y Universidad de Granada. (2013). *Geológico y Minero de España*. España: Autor.
44. Wilcox, L., y Floy, G. (1988). Ultrastructure of the gamete of *Pediastrum Duplex* (Chlorophyceae). *Journal of Phycology*, 24 (2), 140-146.
45. Wyne, D. (2002). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. México: Limusa.
46. Zuner, S., Greilinger, D., y Laatsch, T. (2004). Edición de sustitución de las transcripciones de genes de origen de cianobacterias en el dinoflagelado *Ceratium Horridum*. *FEBS Letters*, 577 (19), 535-538.

#### IV. ANEXO No. 1

##### 4.1. RESULTADOS DEL PRIMER MONITOREO (7-8 noviembre 2011)

###### PRIMER MONITOREO:

El primer monitoreo se realizó del 7 al 8 de noviembre del año 2011, los puntos de muestreo visitados fueron los siguientes:

Punto No. 1: Parracaná (Río Quiscab)

Punto No. 2: Corazón del Bosque (Río Quiscab)

Punto No. 3: Argueta y Concordia (Río Quiscab)

Punto No. 4: Desembocadura del Río Quiscab en el Lago de Atitlán

Punto No. 5: Río San Francisco Cuenca media

Punto No. 6: Desembocadura del Río San Francisco en el Lago de Atitlán

Punto No. 7: Desembocadura del Río Quiscab en el Lago de Atitlán

Punto No. 8: Desembocadura del Río San Francisco en el Lago de Atitlán

**Cuadro No. 23.** Parámetros fisicoquímicos de los dos ríos los días 7 y 8 de nov. 2011

Parámetros (Dimensionales)	No.1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No.6	No.7	No.8
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0.1	1.16	1.41	0.20	0.40	1.87	0	0
Microbiología (NMP)	No se determine							
pH	6.41	5.86	5.44	7.43	7.65	1.15	8.11	8.48
Oxígeno disuelto (mg/L)	11.5	17	14	14	12	11.5	0	0
Alcalinidad (mg/L)	64	50	43	135	50	50	No se determinó	
Dureza (mg/L)	30.03	30.03	30.3	70.07	40.04	40.4	70.07	80.08
Turbidez (UTN)	10	16	8	11	27	11	3	2
Nitratos (mg/L)	0.41	0.39	0.39	0.62	0.57	0.59	0.90	0.41
Fosfatos (mg/L)	0.49	0.28	0.38	2.38	0.53	1.39	0.80	0.36
Sólidos disueltos totales (mg/L)	0.003	0.0003	0.0065	0.0005	0.0352	0.219		
DBO (mg/L)	0.003	0.0065	0.0070	0.0050	0.0050	0.005		
Temperatura Ambiental (° C)	19	26	19	24	25	26	27	26

Temperatura del agua (° C)	18	18	16	16	18	18	24	25
Diferencia de temperatura	1C°	8 C°	3 C°	8 C°	7C°	8 C°	3 C°	1 C°

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 24.** Macroinvertebrado de cuenca alta del río Quiscab del 7 y 8 de nov 2011

PARRACANÁ		
ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
Odonata	Coenagrionidae	4
	Calopterigidae	1
	Libellulidae	1
Hemiptera	Velidae	82
	Gerridae	2
Ephemeroptera	Baetidae	22
Diptera	Simulidae	9
	Chironomidae (pupa)	12
	Chironomidae	7
	Tipulidae	1
	Culicidae	2
	Dixidae	2
	Leptoceridae	1
<b>TOTAL</b>		<b>146</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 25.** ÍCA, cuenca alta del río Quiscab, del 7 y 8 de nov 2011

Punto	Método	Orden	Familia	Abj.	Ptj.	Abd*Ptj	(abd*ptj)/Total
Parracaná	Red D	Odonata	Coenagrionidae	4	9	36	0.25
			Calopterigidae	1	7	7	0.05
			Libellulidae	1	7	7	0.05
		Hemiptera	Velidae	82	5	410	2.81
			Gerridae	2	5	10	0.07
		Ephemeroptera	Baetidae	22	6	132	0.90
		Diptera	Simulidae	9	6	54	0.37
			Chironomidae (pupa)	12	8	96	0.66
			Chironomidae	7	8	56	0.38
			Tipulidae	1	5	5	0.03
Culicidae	2		10	20	0.14		

		Dixidae	2	5	10	0.07
	Trichoptera	Leptoceridae	1	4	4	0.03
<b>TOTAL</b>			<b>146</b>			<b>5.80</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Abd: abundancia; Ptj: puntaje.

**Cuadro No. 26.** Macroinvertebrados cuenca media del río Quiscab, de noviembre 2011

Argueta Río Quiscab -ARQ-		
ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
Ephemeroptera	Baetidae	48
Diptera	Chironomidae (larva y pupa)	12
	Simulidae	1
	Psychodidae	1
Odonata	Cordullidae	1
Coleoptera	Elmidae	1
Mesogastropoda	Physidae	1
Trichoptera	Hydropsychidae	4
<b>TOTAL</b>		<b>69</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 27.** Cálculo del IBF cuenca media del río Quiscab noviembre 2011

Punto	Método	Orden	Familia	Abd.	Ptj.	Abd*Ptj	(abd*ptj)/Total
ARQ	Red D	Ephemeroptera	Baetidae	48	6	288	4.57
		Diptera	Chironomidae	9	8	72	1.14
			Simulidae	1	6	6	0.10
			Psychodidae	1	7	7	0.11
		Odonata	Cordullidae	1	1	1	0.02
		Coleoptera	Elmidae	1	4	4	0.06
		Trichoptera	Hydropsychidae	1	5	5	0.08
		Mesogastropoda	Physidae	1	9	9	0.14
<b>TOTAL</b>				<b>63</b>			<b>6.22</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Abd: abundancia; Ptj: puntaje; ARQ: Argueta Río Quiscab.

**Cuadro No. 28.** Macroinvertebrados la cuenca media del Río Quiscab de nov. 2011

Corazón del Bosque -CDB-		
ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
Ephemeroptera	Baetidae	39
Diptera	Psychodidae	1
	Chironomidae	2

	(pupa)	
Hemiptera	Gerridae	1
Trichoptera	Hydropsichidae	1
Subclase Oligochaeta.		1
<b>TOTAL</b>		<b>45</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 29.** Macroinvertebrados cuenca media río Quiscab noviembre 2011

Punto	Método	Orden	Familia	Abd.	Ptj.	Abd*Ptj	(abd*ptj)/Total
CDB	Red D	Ephemeroptera	Baetidae	39	6	234	5.20
		Diptera	Psychodidae	1	7	7	0.16
			Chironomidae (pupa)	2	8	16	0.36
		Hemiptera	Gerridae	1	5	5	0.11
		Trichoptera	Hydropsichidae	1	5	5	0.11
		Subclase Oligochaeta		1	10	10	0.22
<b>TOTAL</b>				<b>45</b>			<b>6.16</b>

Fuente: Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Abd: abundancia; Ptj: puntaje; CDB: Corazón del Bosque.

**Cuadro No. 30.** Macroinvertebrados cuenca baja río Quiscab noviembre 2011

Desembocadura Río Quiscab (DRQ).		
ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
Coleoptera	Dytiscidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	40
Diptera	Simulidae (pupa)	3
	Simulidae	4
	Chironomidae	27
	Chironomidae (pupa)	5
	Psychodidae	5
	Muscidae (pupa)	1
Trichoptera	Hydropsychidae	3
<b>TOTAL</b>		<b>89</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 31.** Macroinvertebrados cuenca media del río Quiscab nov.2011

Punto	Método	Orden	Familia	Abd.	Ptj.	Abd*Ptj	(abd*ptj)/Total
DRQ	Red D	Coleoptera	Dytiscidae	1	7	7	0.08

	Ephemeroptera	Baetidae	40	6	240	2.70
	Diptera	Simulidae (pupa)	3	6	18	0.20
		Simulidae	4	6	24	0.27
		Chironomidae	27	8	216	2.43
		Chironomidae (pupa)	5	8	40	0.45
		Psychodidae	5	7	35	0.39
		Muscidae (pupa)	1	9	9	0.10
		Hydropsychidae	3	5	15	0.17
<b>TOTAL</b>			<b>89</b>			<b>6.79</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Abd: abundancia; Ptj: puntaje; DRQ: Desembocadura Río Quiscab.

**Cuadro No. 32.** Macroinvertebrados cuenca media del río Quiscab nov.2011

Puente Río San Francisco -PRSF-		
ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
Diptera	Chironomidae	6
	Chironomidae (pupa)	7
	Psychodidae	13
	Simuliidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	2
Coleoptera	Elmidae	1
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No 33.** IBF cuenca media Río San Francisco, de noviembre 2011

Punto	Método	Orden	Familia	Abd.	Ptj.	Abd*Ptj	(abd*ptj)/Total
PRSF	Red D	Diptera	Chironomidae	6	8	48	1.60
			Chironomidae (pupa)	7	8	56	1.87
			Psychodidae	13	7	91	3.03
			Simuliidae	1	6	6	0.20
		Ephemeroptera	Baetidae	2	6	12	0.40
		Coleoptera	Elmidae	1	4	4	0.13
		<b>TOTAL</b>				<b>30</b>	

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

Abd: abundancia; Ptj: puntaje; PRSF: Puente Río San Francisco

**Cuadro No. 34.** Macroinvertebrados cuenca baja del Río San Francisco, de nov. 2011.

Desembocadura Río San Francisco -DRSF-		
ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
Diptera	Psychodidae	1
TOTAL		1

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 35.** Resumen del total de Macroinvertebrados del 7 y 8 de noviembre 2011

ID	Familia	ID	Familia	ID	Familia
1	Dytiscidae	8	Cordullidae	15	Physidae
2	Baetidae	9	Elmidae	16	Oligochaeta
3	Simuliidae (larva y pupa)	10	Gerridae	17	Tipulidae
4	Chironomidae (larva y pupa)	11	Coenagrionidae	18	Culicidae
5	Psychodidae	12	Calopterygidae	19	Dixidae
6	Muscidae (larva y pupa)	13	Libellulidae	20	Leptoceridae
7	Hydropsychidae	14	Velidae		

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

## Imágenes de macroinvertebrados recolectados en el primer muestreo

Fotografía No. 9. Dytiscidae



Fotografía No. 10. Baetidae.



. Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 11.** Simuliidae (a: larva; b: pupa)



(a)



(b)

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 12.** Chironomidae (a: larva; b: pupa)



(a)



(b)

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 13.** Psychodidae



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 14. Muscidae.**



**Fotografía No. 15. Hydropsychidae**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 16. Cordullidae**



**Fotografía No. 17. Elmidae**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 18. Gerridae**



**Fotografía No. 19. Coenagrionidae**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Figura No. 20.** Calopterigidae



**Figura No. 21.** Libellulidae



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Figura No. 22.** Velidae

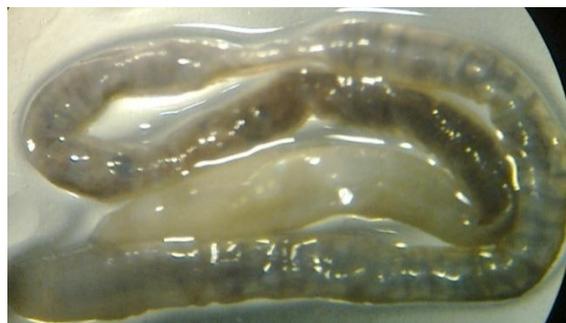


**Figura No. 23.**Physidae



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Figura No. 24.** Oligochaeta



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Figura No. 25. Tipulidae**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Figura No. 26. Dixidae**



**Figura No. 27. Leptoceridae**



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

## RESULTADOS DEL SEGUNDO MUESTREO

El primer muestreo del año 2012, realizado del 17 al 20 de abril, del mismo año.

**Cuadro No. 36.** Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición del muestreo Abril 2012

MUESTREO No.1 Físico-químicos										
Río	Cuenca	Nombre del Punto	No.Muestra	Parámetros <i>in-situ</i>						
				Geoposición	Altura	pH	T° Ambiente	T° Agua	OD (mg/l)	UTN
Quiscab	Alta	Aldea el Novillero	1	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.25	21	19.8	5.55	17
			2	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.31	21	17.6	5.74	
			3	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.46	21	16.8	5.23	16
Quiscab	Media	San José Chacayá	1	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	8	17	16.3	5.97	6
			2	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	6.58	17	16.6	5.87	7
			3	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	7.78	17	16.5	5.87	
Quiscab	Baja	Finca el Jaibal	1	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.02	27	19.5	5.88	
			2	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	7.75	27	19.7	6.07	64
			3	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	7.94	27	23.1	5.72	62
		Desemb.	1	N14° 44'29.9 W 91°11'10.2"	1523msnm					
San Francisco	Alta		1	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"	2378msnm					
			2	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"	2378msnm					
			3	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"	2378msnm					
	Media	Finca la Vega	1	N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.46	28	25.4	4.46	10
2			N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	7.97	28	25.6	7.88	28	
3			N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.33	28	25.9	6	64	
	Baja	Panajachel	1	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	7.79	17.5	16.2	6.33	
2			N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	7.93	17.5	16.8	6.1	15	
3			N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8	18	16.8	6.52	41	
		Desemb.	1	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.47	18	21.9	5.71	

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 37.** Cálculo de ICA de la cuenca alta del río Quiscab, abril 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	240	NMP	38	0.15	1.752 (5.7)
pH	7.34	-	92	0.12	1.720 (11.04)
Nitratos	9.55	mg/l	55	0.10	1.492 (5.5)
Fosfatos	0.375	mg/l	92	0.10	1.571 (9.2)
Cambio de temperatura	2.94	°C	68	0.10	1.525 (6.8)
Turbidez	16.5	UTN	69	0.08	1.403 (5.52)
Oxígeno Disuelto	59.3	%	57	0.17	1.988 (9.69)

DBO	<20	mg/l	16	0.10	1.602 (1.6)
Sólidos Disueltos Totales	142	mg/l	80	0.08	1.420 (6.4)
				<b>Total</b>	61.45

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 38.** Resultados ICA de la cuenca media del río Quiscab, abril 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	nmp	18	0.15	2.7
pH	7.45	-	94	0.12	11.28
Nitratos	7.70	mg/l	59	0.10	5.9
Fosfatos	0.85	mg/l	47	0.10	4.7
Cambio de temperatura	0.53	°C	87	0.10	8.7
Turbidez	6.50	UTN	82	0.08	6.56
Oxígeno Disuelto	59.3	%	57	0.17	9.69
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	126	mg/l	81	0.08	6.48
				<b>Total</b>	57.61

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 39.** Resultados ICA de la cuenca baja del río Quiscab, abril 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	nmp	18	0.15	2.7
pH	7.90	-	88	0.12	10.56
Nitratos	27.80	mg/l	30	0.10	3.00
Fosfatos	1.04	mg/l	39	0.10	3.90
Cambio de temperatura	6.23	°C	35	0.10	3.50
Turbidez	63.0	UTN	32	0.08	2.56

Oxígeno Disuelto	64.0	%	68	0.17	11.56
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	238	mg/l	86	0.08	6.88
				<b>Total</b>	46.26

. Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 40.** Cálculo de ÍCA de la Desembocadura del Río Quiscab, abril 2012.

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	NMP	18	0.15	2.7
pH	7.00	-	90	0.12	10.8
Nitratos	-	mg/l	-	0.10	
Fosfatos	-	mg/l	-	0.10	
Cambio de temperatura	-	°C	-	0.10	
Turbidez	-	UTN	-	0.08	
Oxígeno Disuelto	-	%	-	0.17	
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	238	mg/l	69	0.08	5.52
				<b>Total</b>	(20.62)

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 41.** Cálculo del ICA de la cuenca media del río San Francisco, abril 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	240	NMP	38	0.15	5.70
pH	8.25	-	80	0.12	9.60
Nitratos	3.87	mg/l	90	0.10	9.00
Fosfatos	1.71	mg/l	31	0.10	3.10
Cambio de temperatura	2.37	°C	72	0.10	7.20

Turbidez	34.0	UTN	50	0.08	4.00
Oxígeno Disuelto	75.3	%	72	0.17	12.24
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.60
Sólidos Disueltos Totales	214	mg/l	70	0.08	5.60
				<b>Total</b>	57.94

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 42.** Cálculo del ICA de la cuenca baja del río San Francisco, abril 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	NMP	18	0.15	2.70
pH	7.91	-	87	0.12	10.44
Nitratos	14.1	mg/l	45	0.10	4.50
Fosfatos	1.43	mg/l	35	0.10	3.50
Cambio de temperatura	1.07	°C	85	0.10	8.50
Turbidez	28	UTN	54	0.08	4.32
Oxígeno Disuelto	68	%	70	0.17	11.90
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.60
Sólidos Disueltos Totales	172	mg/l	75	0.08	6.00
				<b>Total</b>	58.04

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 43.** Cálculo del ICA de la desembocadura del río San Francisco, abril 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	NMP	18	0.15	2.70
pH	8.47	-	66	0.12	6.60
Nitratos	-	mg/l	-	0.10	-
Fosfatos	-	mg/l	-	0.10	-
Cambio de	-3.90	°C	65	0.10	6.50

temperatura					
Turbidez	-	UTN	-	0.08	-
Oxígeno Disuelto	-	%	-	0.17	-
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	2.60
Sólidos Disueltos Totales	278	mg/l	62	0.08	4.96
				<b>Total</b>	(23.36)

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Comentario:** No fue posible realizar todos los análisis, y por lo tanto no se pudo calcular en índice correctamente

**1.3. Resultados del Cálculo de Índice de Calidad del agua utilizando Macroinvertebrados Acuáticos durante el primer muestreo del año 2012 Del 17 al 20 de abril**

**Cuadro No. 44.** Cálculo del IBF de la cuenca alta del río Quiscab, abril 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Pun	(Abd*Pun)/ Total
Hemiptera	Guerridae	15	6	90	0.1
	Veliidae	93	5	465	0.52
Odonata	Calopterygidae	28	7	196	0.22
	Coenagrionidae	77	9	693	0.77
Trichoptera	Odontoceridae	134	2	268	0.30
	Hydropsychidae	57	5	285	0.32
	Hydroptilidae	9	4	36	0.04
	Calamoceratidae	4	2	8	0.009
Diptera	Simuliidae	194	6	1164	1.29
	Chironomidae	132	8	1056	1.17
	Dixidae	13	5	65	0.07
	Ceratopogonidae	4	8	32	0.035
	Tipulidae	5	5	25	0.027
Ephemeroptera	Baetidae	77	6	462	0.513
Coleoptera	Lutrochidae	1	5	5	0.005
	Dytiscidae	1	7	7	0.007
Mollusca	Sphaeriidae	56	4	224	0.248
	<b>Total</b>	<b>900</b>			<b>5.65</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 45.** Cálculo de IBF de la cuenca media del río Quiscab, abril 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/ Total
Hemiptera	Veliidae	47	5	235	1.64
	Guerridae	2	6	12	0.083
	Notonectidae	2	5	10	0.069
	Corixidae	5	5	25	0.174
Diptera	Dolichopodidae	2	6	12	0.083
Odonata	Calopterygidae	13	7	91	0.636
Ephemeroptera	Baetidae	16	6	96	0.671
Diptera	Chironomidae	25	8	200	1.398
	Simuliidae	5	6	30	0.209
	Chironomidae	5	8	40	0.279
Trichoptera	Odontoceridae	3	2	6	0.041
	Hydrobiosidae	3	4	12	0.083
	Polycentropodidae	5	3	15	0.104
	Hydropsychidae	10	5	50	0.349
	<b>Total</b>	<b>143</b>			<b>5.83</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 46.** Cálculo de IBF de la cuenca baja del río Quiscab, abril 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/Total
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.072
Ephemeroptera	Baetidae	9	6	54	0.556
Hemiptera	Corixidae	1	5	5	0.051
Trichoptera	Hydrobiosidae	1	4	4	0.041
	Hydropsychidae	4	5	20	0.206
Diptera	Chironomidae	10	8	80	0.824
	Muscidae	1	9	9	0.092
	Simuliidae	63	6	378	3.896
Coleoptera	Hydrocanthus	3	4	12	0.123
Annelidae	Oligochaeta	4	10	40	0.412
	<b>Total</b>	<b>97</b>			<b>6.28</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 47.** Cálculo del IBF de la cuenca media del río San Francisco, abril 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/Total
Ephemeroptera	Baetidae	147	6	882	3.486

Diptera	Dolichopodidae	6	6	36	0.142
	Psychodidae	2	7	14	0.055
	Stratiomyidae	3	6	18	0.071
	Ceratopogonidae	3	8	24	0.094
	Muscidae	3	9	27	0.106
	Tipulidae	3	5	15	0.059
	Simulidae	3	6	18	0.071
	Chironomidae	19	8	152	0.600
Trichoptera	Hydrobiosidae	10	4	40	0.158
	Hydropsychidae	13	5	65	0.256
	Odontoceridae	11	2	22	0.086
Odonata	Coenagrionidae	10	9	90	0.355
Hemiptera	Ochteridae	3	7	21	0.083
	Veliidae	1	5	5	0.019
	Guerridae	1	6	6	0.023
Coleoptera	Dytiscidae	13	7	91	0.359
	Hydrophilidae	1	7	7	0.027
	Donacia	1	4	4	0.015
<b>Total</b>		<b>253</b>			<b>6.08</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 48.** Cálculo del IBF de la cuenca baja del río San Francisco, abril 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/Total
Hemiptera	Guerridae	10	6	60	0.297
Trichoptera	Polycentropodidae	1	3	3	0.014
Ephemeroptera	Baetidae	175	6	1050	5.198
Coleoptera	Hydrocanthus	6	4	24	0.118
Mollusca	Physidae	8	9	72	0.356
Diptera	Simulidae	2	6	12	0.059
<b>Total</b>		<b>202</b>			<b>6.04</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 49.** Interpretación del –IBF-SV, abril 2012

Punto de muestreo	Valor IBF-SV	Calidad de agua
-------------------	--------------	-----------------

Río Quiscab – Cuenca Alta	5.65	Regular
Río Quiscab – Cuenca Media	5.83	Regular pobre
Río Quiscab – Cuenca Baja	6.28	Regular pobre
Río San Francisco – Cuenca media	6.08	Regular pobre
Río San Francisco – Cuenca baja	6.04	Regular pobre

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

### **RESULTADOS DEL TERCER MUESTREO Realizado en junio 2012**

**Cuadro No. 50.** ICA cuenca alta río Quiscab del monitoreo en el mes de junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	476.67	NMP/100ml	26	0.15	3.9
pH	7.51	-	94	0.12	11.28
Nitratos	2.45	mg/l	85	0.10	8.5
Fosfatos	0.12	mg/l	94	0.10	9.4
Cambio de temperatura	4.10	°C	52	0.10	5.2
Turbidez	56.33	UTN	35	0.08	2.8
Oxígeno Disuelto	107.20	%	96	0.17	16.15
DBO	<20	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	120	mg/l	82	0.08	6.56
				<b>Total</b>	65.39

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 51.** ICA cuenca media del río Quiscab del monitoreo, mes de junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	NMP/100ml	18	0.15	2.7
pH	8.13	-	80	0.12	9.6
Nitratos	0.4	mg/l	96	0.10	9.6
Fosfatos	0.12	mg/l	95	0.10	9.5
Cambio de temperatura	4.43	°C	50	0.10	5
Turbidez	54.33	UTN	37	0.08	2.96
Oxígeno	129.69	%	84	0.17	14.28

Disuelto					
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	320	mg/l	57	0.08	4.56
				<b>Total</b>	59.80

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 52.** ICA Cuenca Baja río Quiscab, del monitoreo en el mes de junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	2133.33	NMP/100ml	19	0.15	2.85
pH	8.31	-	70	0.12	8.4
Nitratos	2.45	mg/l	85	0.10	8.5
Fosfatos	0.71	mg/l	52	0.10	5.2
Cambio de temperatura	5.46	°C	41	0.10	4.1
Turbidez	231.67	UTN	5	0.08	0.4
Oxígeno Disuelto	108.90	%	93	0.17	15.81
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	733	mg/l	32	0.08	2.56
				<b>Total</b>	49.42

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 53.** ICA Desembocadura del río Quiscab, del monitoreo en junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	130	NMP/100ml	42	0.15	6.3
pH	9.00	-	49	0.12	5.88
Nitratos	2.70	mg/l	82	0.10	8.2
Fosfatos	0.31	mg/l	80	0.10	8
Cambio de temperatura	-0.90	°C	88	0.10	8.8
Turbidez	6.00	UTN	83	0.08	6.64
Oxígeno Disuelto	130.68	%	84	0.17	14.28
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos	51.25	mg/l	87	0.08	6.96

Totales					
				<b>Total</b>	66.66

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 54.** ICA cuenca media del río San Francisco del mes de junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	830	NMP/100ml	24	0.15	3.6
pH	8.34	-	70	0.12	8.4
Nitratos	12.0	mg/l	82	0.10	8.2
Fosfatos	0.70	mg/l	48	0.10	4.8
Cambio de temperatura	5.83	°C	39	0.10	3.9
Turbidez	148	UTN	5	0.08	0.4
Oxígeno Disuelto	111.60	%	93	0.17	15.81
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	423.12	mg/l	44	0.08	3.52
				<b>Total</b>	50.23

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 55.** ICA cuenca baja del río San Francisco, del mes de junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	>2400	nmp	18	0.15	2.7
pH	8.07	-	82	0.12	9.84
Nitratos	29.5	mg/l	28	0.10	2.8
Fosfatos	0.27	mg/l	52	0.10	5.2
Cambio de temperatura	-1.06	°C	85	0.10	8.5
Turbidez	274	UTN	5	0.08	0.4
Oxígeno Disuelto	106.14	%	96	0.17	16.32
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	687.5	mg/l	32	0.08	2.56
				<b>Total</b>	49.92

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 56.** ICA desembocadura río San Francisco, del monitoreo de junio 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
Coliformes Fecales	350	NMP/100ml	30	0.15	4.5
pH	9.00	-	49	0.12	5.88
Nitratos	2.2	mg/l	90	0.10	9
Fosfatos	0.27	mg/l	52	0.10	5.2
Cambio de temperatura	-2.10	°C	65	0.10	6.5
Turbidez	4.00	UTN	88	0.08	7.04
Oxígeno Disuelto	108.9	%	93	0.17	15.81
DBO	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
Sólidos Disueltos Totales	690	mg/l	32	0.08	2.56
				<b>Total</b>	58.09

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**INDICE DE CALIDAD DEL AGUA  
UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS**

**Cuadro No. 57.** Cálculo de caudales, del monitoreo realizado en junio 2012.

Río	Nombre del Punto	Tiempo (seg)	Distancia (m)	Ancho(m)	Prof.media(m)	Caudal (m/s)
Quiscab	Aldea el Novillero	12.3	2.7	0.78	0.18	<b>0.03</b>
	San José Chacayá	20.74	6.9	3.7	0.22	<b>0.27</b>
	Finca el Jaibal	4.7	7.2	19.2	0.6	<b>17.65</b>
San Francisco						
	Finca la Vega	6.93	5.1	1.6	0.13	<b>0.15</b>
	Panajachel	9.85	8.4	12	0.6	<b>6.14</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 58.** Macroinvertebrados de cuenca alta del río Quiscab en junio 2012

Orden	Familia	Cantidad
Hemiptera	Guerridae	3
	Microvelia	24
	Ochteridae	1
	Veliidae	57
Ephemeroptera	Baetidae	134
Odonata	Coenagrionidae	36
	Calopterygidae	5
Coleoptera	Dystiscidae	9
Trichoptera	Odontoceridae	37
	Hydroptilidae	47
	Hydropsychidae	16
Diptera	Tipulidae	2
	Simulidae	453
	Dixidae	16
	Chironomidae	27
Mollusca	Sphaeriidae	15

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 59.** Macroinvertebrados del río Quiscab del mes de junio 2012

Orden	Familia	Cantidad
Trichoptera	Odontoceridae	40
	Hydrobiosidae	2
	Hydropsychidae	4
Odonata	Calopterygidae	7
Hemiptera	Notonectidae	2
	Guerridae	5
	Veliidae	2
	Corixidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	190
Diptera	Simulidae	2

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 60.** Macroinvertebrados acuáticos río Quiscab, cuenca baja, de junio 2012.

Orden	Familia	Cantidad
Hemiptera	Veliidae	46
	Corixidae	69

	Notonectidae	4
Trichoptera	Hydropsychidae	46
	Leptoceridae	5
	Odontoceridae	12
Coleoptera	Gyrinidae	12
Diptera	Dolichopodidae	13
	Chironomidae	118
	Tabanidae	1
	Simuliidae	59
	Syrphidae	1
Ephemeroptera	Leptohiphyidae	4
	Baetidae	152
Odonata	Calopterygidae	8
Mollusca	Sphaeriidae	2

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 61.** Macroinvertebrados, río San Francisco (cuenca media), junio 2012

Orden	Familia	Cantidad
Diptera	Tipulidae	1
	Tabanidae	1
	Psychodidae	2
	Chironomidae	2
	Stratiomyidae	1
	Simuliidae	1
Coleoptera	Gyrinidae	1
	Hydroscaphidae	1
Hemiptera	Veliidae	2
Ephemeroptera	Baetidae	2
Trichoptera	Hydropsychidae	2

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 62.** IBF río Quiscab (Cuenca alta), de monitoreo del mes de junio 2012

Orden	Familia	Cantidad	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/total
Hemiptera	Guerridae	3	6	18	0.02
	Microvelia	24	5	120	0.14
	Ochteridae	1	7	7	0.01
	Veliidae	57	5	285	0.32
Ephemeroptera	Baetidae	134	6	804	0.91
Odonata	Coenagrionidae	36	9	324	0.37
	Calopterygidae	5	7	35	0.04
Coleoptera	Dystiscidae	9	7	63	0.07

Trichoptera	Odontoceridae	37	2	74	0.08
	Hydroptilidae	47	4	188	0.21
	Hydropsychidae	16	5	80	0.09
Diptera	Tipulidae	2	5	10	0.01
	Simulidae	453	6	2718	3.08
	Dixidae	16	5	80	0.09
	Chironomidae	27	8	216	0.24
Mollusca	Sphaeriidae	15	4	60	0.07
		882			<b>5.76</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 63.** Macroinvertebrados, del río Quiscab (cuenca media), junio 2012

Orden	Familia	Cantidad	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/total
Trichoptera	Odontoceridae	40	2	80	0.31
	Hydrobiosidae	2	4	8	0.031
	Hydropsychidae	4	4	16	0.062
Odonata	Calopterygidae	7	7	49	0.192
Hemiptera	Notonectidae	2	5	10	0.039
	Guerridae	5	6	30	0.117
	Veliidae	2	5	10	0.039
	Corixidae	1	5	5	0.019
Ephemeroptera	Baetidae	190	6	1140	4.47
Diptera	Simulidae	2	6	12	0.047
Total		255	50		<b>5.32</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 64.** Macroinvertebrados del río Quiscab (cuenca baja), de junio 2012

Orden	Familia	Cantidad	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/total
Hemiptera	Veliidae	46	5	230	0.42
	Corixidae	69	5	345	0.63
	Notonectidae	4	5	20	0.04
Trichoptera	Hydropsychidae	46	4	184	0.33
	Leptoceridae	5	4	20	0.04
	Odontoceridae	12	2	24	0.04
Coleoptera	Gyrinidae	12	3	36	0.07
Diptera	Dolichopodidae	13	6	78	0.14
	Chironomidae	118	8	944	1.71
	Tabanidae	1	6	6	0.01

	Simuliidae	59	6	354	0.64
	Syrphidae	1	10	10	0.02
Ephemeroptera	Leptohyphyidae	4	6	24	0.04
	Baetidae	152	6	912	1.65
Odonata	Calopterygidae	8	7	56	0.10
Mollusca	Sphaeriidae	2	4	8	0.01
		552			<b>5.89</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 65.** Macroinvertebrados del río San Francisco (cuenca media), de junio 2012

Orden	Familia	Cantidad	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/total
Diptera	Tipulidae	1	5	5	0.31
	Tabanidae	1	6	6	0.38
	Psychodidae	2	7	14	0.88
	Chironomidae	2	8	16	1.00
	Stratiomyidae	1	6	6	0.38
	Simuliidae	1	6	6	0.38
Coleoptera	Gyrinidae	1	3	3	0.19
	Hydroscaphidae	1	4	4	0.25
Hemiptera	Veliidae	2	5	10	0.63
Ephemeroptera	Baetidae	2	6	12	0.75
Trichoptera	Hydropsychidae	2	4	8	0.50
		16			<b>5.63</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 66.** IBF de los dos ríos Quiscab y San Francisco junio 2012

Río	Punto	Valor IBF-SV	Resultado
Quiscab	El Novillero	5.76	Regular pobre
	San José Chacayá	27.2	Muy pobre
	Finca el Jaibal	5.89	Regular pobre
San Francisco	Finca La Vega	5.63	Regular
	Panajachel		

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 67.** Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición de puntos, junio 2012

		MUESTREO No.2 Fisico-químicos									
Río	Cuenca	Nombre del Punto	No. Muestra	Parámetros <i>in situ</i>							
				Geoposición	Altura	pH	T° Ambiente	T° del agua	OD (mg/l)	FAU	
Quiscab	Alta	Aldea el Novillero	1	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.6	24	20.2	7.67	12	
			2	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.4	24	20	7	117	
			3	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.5	24	19.5	7.5	40	
Quiscab	Media	San José Chacayá	1	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	8.2	23	18.4	9.95	53	
			2	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	7.9	23	18.5	9	62	
			3	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	8.3	23	18.8	8.3	48	
Quiscab	Baja	Finca el Jaibal	1	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.3	25	19.5	8.34	231	
			2	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8	25	19.6	8	235	
			3	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.6	25	19.5	8.6	229	
		Desembocadura		N14° 44'29.9 W 91°11'10.2"	1523msnm	9	23	23.9	9.55	6	
San Francisco	Alta		1	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"							
			2	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"							
			3	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"							
	Media	Finca la Vega	1	N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.1	28	22.3	6.7	181	
2			N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.5	28	22	7.8	77		
3			N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.5	28	22.2	7.9	186		
	Baja	Panajachel	1	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.2	19	20.2	7.3	236	
2			N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.1	19	20	7.65	263		
3			N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8	19	20	7.94	323		
		Desembocadura		N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	9	22	24.1	9.52	4	

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 28.** Equipo de trabajo del Proyecto FODECYT 19-201



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Figura No. 29.** Investigadora principal, monitoreando el río Quiscab, cuenca baja.



**Figura 30.** Investigadora principal, midiendo la temperatura en la cuenca alta del río Quiscab.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 31.** Investigadoras asociadas realizando determinaciones de parámetros fisicoquímicos in situ



**Figura No. 32.** Investigadora principal realizando mediciones en el laboratorio.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 33.** Investigadores asociados tomando muestras de macroinvertebrados acuáticos



**Fotografía No. 34.** Investigadores asociados, separando muestras de macroinvertebrados acuáticos.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 35.** Investigadores invitados tomando muestras de caudales.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**RESULTADOS DE CUARTO MONITOREO**  
**Realizado en agosto 2012**

**Cuadro No. 68.** Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición, agosto 2012

MUESTREO No.3 Fisico-químicos										
Río	Cuenca	Nombre del Punto	No.	Geoposición	Parámetros <i>in situ</i>					
					Altura	pH	T° amb	T° H2O	OD (mg/l)	FAU
Quiscab	Alta	Aldea el Novillero	1	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.54	23	15	6.4	12
			2	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.4	23	15	5.7	102
			3	N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.5	23	15	6.3	71
Quiscab	Media	San José Chacayá	1	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	7.37	22	17.6	5.9	23
			2	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	6	22	17.6	6	12
			3	N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	7.8	22	17.6	6.3	15
Quiscab	Baja	Finca el Jaibal	1	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.03	25	18.7	7.2	54
			2	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	7.9	25	18.7	6.8	61
			3	N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.1	25	18.7	6.2	67
		Desembocadura	1	N14° 44'29.9 W 91°11'10.2"	1523msnm	8.85	22	25	7.49	4
San Francisco	Alta		1	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"						
			2	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"						
			3	N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"						
	Media	Finca la Vega	1	N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.1	26	21.2	6.13	35
			2	N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.1	26	21.2	6.93	171
			3	N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.26	26	21.2	6.5	121
	Baja	Panajachel	1	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.34	28	22.2	5.48	64
			2	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.41	28	22.2	5.77	83
			3	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.4	28	22.2	5.8	75
		Desembocadura	1	N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.89	22	23.5	7.5	0

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**INFORME DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

**Cuadro No. 69.** Macroinvertebrados acuáticos del río Quiscab cuenca alta, agosto 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/ Total
Hemiptera	Guerridae	15	6	90	0.1
	Veliidae	93	5	465	0.52
Odonata	Calopterygidae	28	7	196	0.22
	Coenagrionidae	77	9	693	0.77
Trichoptera	Odontoceridae	134	2	268	0.29

	Hydropsychidae	57	5	285	0.32
	Hydroptilidae	9	4	36	0.04
	Calamoceratidae	4	2	8	0.08
Diptera	Simuliidae	194	6	1164	1.29
	Chironomidae	132	8	1056	1.17
	Dixidae	13	5	65	0.07
	Ceratopogonidae	4	8	32	0.03
	Tipulidae	5	5	25	0.03
Ephemeroptera	Baetidae	77	6	462	0.51
Coleoptera	Lutrochidae	1	5	5	0.005
	Dytiscidae	1	7	7	0.007
Mollusca	Sphaeriidae	56	4	224	0.248
	<b>Total</b>	<b>900</b>			<b>5.65</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 70.** Macroinvertebrados de la cuenca media del río Quiscab, agosto 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/Total
Hemiptera	Veliidae	47	5	235	1.64
	Guerridae	2	6	12	0.08
	Notonectidae	2	5	10	0.06
	Corixidae	5	5	25	0.17
Diptera	Dolichopodidae	2	6	12	0.08
Odonata	Calopterygidae	13	7	91	0.64
Ephemeroptera	Baetidae	16	6	96	0.67
Diptera	Chironomidae	25	8	200	1.39
	Simuliidae	5	6	30	0.21
	Chironomidae	5	8	40	0.28
Trichoptera	Odontoceridae	3	2	6	0.04
	Hydrobiosidae	3	4	12	0.084
	Polycentropodidae	5	3	15	0.105
	Hydropsychidae	10	5	50	0.349
	<b>Total</b>	<b>143</b>			<b>5.83</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No.71.** Macroinvertebrados de la cuenca baja del río Quiscab, agosto 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/Total
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.072

Ephemeroptera	Baetidae	9	6	54	0.556
Hemiptera	Corixidae	1	5	5	0.0515
Trichoptera	Hydrobioscidae	1	4	4	0.0412
	Hydropsychidae	4	5	20	0.206
Diptera	Chironomidae	10	8	80	0.824
	Muscidae	1	9	9	0.092
	Simuliidae	63	6	378	3.896
Coleoptera	Hydrocanthus	3	4	12	0.123
Annelidae	Oligochaeta	4	10	40	0.412
	<b>Total</b>	<b>97</b>			<b>6.28</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 72.** Macroinvertebrados de cuenca media del río San Francisco, agosto 2012

Orden	Familia	Abundancia	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/ Total
Ephemeroptera	Baetidae	147	6	882	3.486
Diptera	Dolichopodidae	6	6	36	0.142
	Psychodidae	2	7	14	0.055
	Stratiomyidae	3	6	18	0.071
	Ceratopogonidae	3	8	24	0.094
	Muscidae	3	9	27	0.106
	Tipulidae	3	5	15	0.059
	Simulidae	3	6	18	0.071
	Chironomidae	19	8	152	0.600
Trichoptera	Hydrobiosidae	10	4	40	0.158
	Hydropsychidae	13	5	65	0.256
	Odontoceridae	11	2	22	0.086
Odonata	Coenagrionidae	10	9	90	0.355
Hemiptera	Ochteridae	3	7	21	0.083
	Veliidae	1	5	5	0.019
	Guerridae	1	6	6	0.024
Coleoptera	Dytiscidae	13	7	91	0.359
	Hydrophilidae	1	7	7	0.028
	Donacia	1	4	4	0.016
	<b>Total</b>	<b>253</b>			<b>6.08</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 73.** Macroinvertebrados cuenca baja río San Francisco agosto 2012

Orden	Familia	Abundanci	Punteo	Abd*Punt	(Abd*Punt)/
-------	---------	-----------	--------	----------	-------------

		a			Total
Hemiptera	Guerridae	10	6	60	0.297
Trichoptera	Polycentropodidae	1	3	3	0.014
Ephemeroptera	Baetidae	175	6	1050	5.198
Coleoptera	Hydrocanthus	6	4	24	0.118
Mollusca	Physidae	8	9	72	0.356
Diptera	Simulidae	2	6	12	0.059
	<b>Total</b>	<b>202</b>			<b>6.04</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 74.** Resumen del cálculo del IBF-SV de los dos ríos, monitoreo agosto 2012

Punto de muestreo	Valor IBF-SV	Calidad de agua
Río Quiscab – Cuenca Alta	5.65	Regular
Río Quiscab – Cuenca Media	5.83	Regular pobre
Río Quiscab – Cuenca Baja	6.28	Regular pobre
Río San Francisco – Cuenca media	6.08	Regular pobre
Río San Francisco – Cuenca baja	6.04	Regular pobre

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**RESULTADOS DE QUINTO MUESTREO**  
**Realizado en octubre 2012**

**Cuadro No. 75.** Parámetros fisicoquímicos in situ y geoposición de puntos, octubre 2012

MUESTREO No.4 Físico-químicos										
Río	Cuenca	Nombre del Punto No	Geoposición	Altura	Parámetros <i>in situ</i>					
					pH	T° amb	T° H2O	OD (mg/l)	FAU	
Quiscab	Alta	Aldea el Novillero	1 N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.54	23	15	6.4	12	
			2 N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.4	23	15	5.7	102	
			3 N14° 48'15.8" W 91°16'15.9"	2430 msnm	7.5	23	15	6.3	71	
Quiscab	Media	San José Chacayá	1 N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	7.37	22	17.6	5.9	23	
			2 N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	6	22	17.6	6	12	
			3 N14° 46'17.3" W 91°13'10.2"	2216msnm	7.8	22	17.6	6.3	15	
Quiscab	Baja	Finca el Jaibal	1 N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.03	25	18.7	7.2	54	
			2 N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	7.9	25	18.7	6.8	61	
			3 N14° 45.213" W 91°11.129"	1627msnm	8.1	25	18.7	6.2	67	
		Desembocadura	1 N14° 44'29.9 W 91°11'10.2"	1523msnm	8.85	22	25	7.49	4	
San Francisco	Alta		1 N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"	2378msnm	7.6	21	15.3	6.46	15	
			2 N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"	2378msnm	7.6	21	15.3	6.46	15	
			3 N14° 48'20.0 W 91°06'54.7"	2378msnm	7.6	21	15.3	6.46	15	
	Media	Finca la Vega	1 N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"	1662msnm	8.1	26	21.2	6.13	35	
2 N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"			1662msnm	8.1	26	21.2	6.93	171		
3 N14° 45'33.7" W 91°08'10.5"			1662msnm	8.26	26	21.2	6.5	121		
	Baja	Panajachel	1 N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.34	28	22.2	5.48	64	
2 N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"			1589msnm	8.41	28	22.2	5.77	83		
3 N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"			1589msnm	8.4	28	22.2	5.8	75		
		Desembocadura	1 N14° 44'02.6" W 91°09'25.9"	1589msnm	8.89	22	23.5	7.5	0	

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 76.** ICA de la cuenca alta del río Quiscab, monitoreo octubre 2012

Parámetro	Valor	Unidad	Sbi	Wi	Total
<b>Coliformes Fecales</b>	33.0	Nmp	58	0.15	8.7
<b>pH</b>	7.48	-	92	0.12	11.04
<b>Nitratos</b>	14.83	mg/l	45	0.10	4.5
<b>Fosfatos</b>	0.04	mg/l	95	0.10	9.5
<b>Cambio de temperatura</b>	8.00	°C	28	0.10	2.8
<b>Turbidez</b>	61.7	UTN	33	0.08	2.64
<b>Oxígeno Disuelto</b>	100	%	100	0.17	17
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos</b>	72.0	mg/l	87		6.96

<b>Totales</b>				0.08	
				<b>Total</b>	64.74

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 77.** ICA de la cuenca media del río Quiscab, monitoreo octubre 2012

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	240	Nmp	36	0.15	5.4
<b>pH</b>	7.70	-	90	0.12	d10.8
<b>Nitratos</b>	13.93	mg/l	47	0.10	4.7
<b>Fosfatos</b>	0.05	mg/l	95	0.10	9.5
<b>Cambio de temperatura</b>	4.30	°C	50	0.10	5
<b>Turbidez</b>	16.7	UTN	65	0.08	5.2
<b>Oxígeno Disuelto</b>	90.0	%	90	0.17	15.3
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	95.0	mg/l	95	0.08	7.6
			36	<b>Total</b>	65.1

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No.78.** ICA cuenca baja río Quiscab, del monitoreo del mes de octubre 2012

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	1600	nmp	19	0.15	2.85
<b>pH</b>	7.70	-	90	0.12	10.8
<b>Nitratos</b>	17.53	mg/l	43	0.10	4.3
<b>Fosfatos</b>	0.09	mg/l	91	0.10	9.1
<b>Cambio de temperatura</b>	6.20	°C	36	0.10	3.6
<b>Turbidez</b>	60.7	UTN	39	0.08	3.12
<b>Oxígeno Disuelto</b>	101	%	99	0.17	16.83
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	233.75	mg/l	69	0.08	5.52
				<b>Total</b>	57.72

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 79.** ICA desembocadura del río Quiscab en el lago de Atitlán, octubre 2012

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
------------------	--------------	---------------	------------	-----------	--------------

<b>Coliformes Fecales</b>	13.0	nmp	66	0.15	9.9
<b>pH</b>	8.85	-	54	0.12	6.48
<b>Nitratos</b>	8.50	mg/l	61	0.10	6.1
<b>Fosfatos</b>	0.05	mg/l	95	0.10	9.5
<b>Cambio de temperatura</b>	-3.00	°C	68	0.10	6.8
<b>Turbidez</b>	4.00	UTN	90	0.08	7.2
<b>Oxígeno Disuelto</b>	101	%	99	0.17	16.83
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	11.25	mg/l	80	0.08	6.4
				<b>Total</b>	70.81

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 80.** ICA de la cuenca alta del río San Francisco, octubre 2012

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	173	nmp	39	0.15	5.85
<b>pH</b>	7.60	-	91	0.12	10.92
<b>Nitratos</b>	15.40	mg/l	44	0.10	4.4
<b>Fosfatos</b>	0.05	mg/l	95	0.10	9.5
<b>Cambio de temperatura</b>	5.70	°C	38	0.10	3.8
<b>Turbidez</b>	15	UTN	68	0.08	5.44
<b>Oxígeno Disuelto</b>	100	%	100	0.17	17
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	87	mg/l	87	0.08	0.64
				<b>Total</b>	59.15

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 81.** ICA cuenca media, del río San Francisco, octubre 2012

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	350	nmp	30	0.15	4.5
<b>pH</b>	8.10	-	79	0.12	9.48
<b>Nitratos</b>	14.27	mg/l	45	0.10	4.5
<b>Fosfatos</b>	0.25	mg/l	89	0.10	8.9
<b>Cambio de temperatura</b>	7.60	°C	28	0.10	2.8
<b>Turbidez</b>	109	UTN	5	0.08	0.4

<b>Oxígeno Disuelto</b>	102	%	99	0.17	16.83
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	98.7	mg/l	85	0.08	6.8
				<b>Total</b>	55.81

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 82.** ICA cuenca baja del río San Francisco, octubre 2012.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	920	nmp	22	0.15	3.3
<b>pH</b>	8.38	-	73	0.12	8.76
<b>Nitratos</b>	17.80	mg/l	45	0.10	4.5
<b>Fosfatos</b>	0.20	mg/l	84	0.10	8.4
<b>Cambio de temperatura</b>	-4.50	°C	59	0.10	5.9
<b>Turbidez</b>	74	UTN	37	0.08	2.96
<b>Oxígeno Disuelto</b>	105	%	98	0.17	16.66
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	263.75	mg/l	63	0.08	5.04
				<b>Total</b>	57.12

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 83.** ICA desembocadura del río San Francisco en Atitlán, octubre 2012.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sbi</b>	<b>Wi</b>	<b>Total</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	43.0	nmp	54	0.15	8.1
<b>pH</b>	8.89	-	52	0.12	6.24
<b>Nitratos</b>	9.70	mg/l	51	0.10	5.1
<b>Fosfatos</b>	0.05	mg/l	94	0.10	9.4
<b>Cambio de temperatura</b>	1.50	°C	81	0.10	8.1
<b>Turbidez</b>	0	UTN	98	0.08	7.84
<b>Oxígeno Disuelto</b>	105	%	98	0.17	16.66
<b>DBO</b>	<20.0	mg/l	16	0.10	1.6
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	11.25	mg/l	80	0.08	6.4
				<b>Total</b>	69.44

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

## Identificación de macroinvertebrados acuáticos De la gira realizada en Octubre 2012

**Cuadro No. 84.** Macroinvertebrados acuáticos, cuenca alta río Quiscab, octubre 2012

Orden/Phyllum	Familia/Clase	No. Organismos
Mollusca	Sphaeridae	185
Díptera	Tipulidae	31
	Dolicopodidae	1
	Simuliidae	155
	Chironomidae	81
	Dixidae	13
Odonata	Coenagrionidae	49
	Calopterygidae	85
	Libellulidae	2
Trichoptera	Lepidostomatidae	247
	Hydropsychidae	12
Hemíptera	Veliidae	70
	Corixidae	11
	Gerridae	2
Ephemeroptera	Baetidae	78
	Leptophlebiidae	1

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 85.** Macroinvertebrados acuáticos cuenca media río Quiscab, octubre 2012

Orden	Familia	Cantidad
Ephemeroptera	Baetidae	226
Diptera	Simuliidae	58
	Psychodidae	6
	Dolichopodidae	4
	Chironomidae	8
	Ceratopogonidae	4
Odonata	Calopterygidae	9
	Coenagrionidae	6
	Libellulidae	2
Hemiptera	Veliidae	95

	Belostomatidae	3
	Corixidae	4
Coleoptera	Dytiscidae	5
	Gyrinidae	2
Trichoptera	Leptoceridae	12
	Hydroptilidae	6
	Hydropsychidae	11
	Helicopsychidae	1
	Ecnomidae	2
Platyhelminthes	Turbelaria (planaria)	1
Annelida	Hirudinea	2
	Oligochaeta	1

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 86.** Macroinvertebrados acuáticos cuenca baja río Quiscab, octubre 2012

Orden	Familia	Cantidad
Díptera	Psychodidae	1
	Simuliidae	22
	Chironomidae	4
Coleóptera	Lampyridae	1
Ephemeroptera	Baetidae	125
Hemíptera	Mesoveliidae	4
Trichoptera	Hydropsychidae	1
Mollusca	Gasterópoda	1

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 87.** Macroinvertebrados cuenca alta del río San Francisco, octubre 2012

Orden	Familia	Cantidad
Ephemeroptera	Baetidae	153
Diptera	Simuliidae	23
	Dixidae	5
	Chironomidae	30
	Dolichopodidae	3
	Muscidae	1
	Culicidae	4
Hemiptera	Gerridae	2
	Mesoveliidae	3

Trichoptera	Hydropsychidae	2
	Leptoceridae	1
	Hydrobiosidae	1
Coleoptera	Dytiscidae	1
	Hydrophilidae	3
	Gyrinidae	6

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 88.** Macroinvertebrados cuenca media del río San Francisco, octubre 2012

Orden	Familia	Cantidad
Diptera	Simuliidae	175
	Dolichopodidae	5
	Tipuliidae	5
	Chironomiidae	10
	Ceratopogonidae	3
	Dixidae	1
Trichoptera	Hydropsichidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	69
Coleoptera	elmidae	2
	hydrophilidae	1
Hemiptera	Veliidae	1
	Belostomatidae	1
	Salidae	2

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 89.** Macroinvertebrados cuenca baja río San Francisco, octubre 2012

Orden	Familia	Cantidad
Ephemeroptera	Baetidae	1
Coleoptera	Noteridae	1
Diptera	Psychodidae	8
	Chironomidae	1
	Simuliidae	2

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 90.** Cálculo del IBF de la cuenca alta del río Quiscab, octubre 2012

Orden/Phyllum	Familia/Clase	Abundancia	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/total
Mollusca	Sphaeridae	185	4	740	0.72
Díptera	Tipulidae	31	5	155	0.15
	Dolicopodidae	1	6	6	0.01

	Simuliidae	155	6	930	0.91
	Chironomidae	81	8	648	0.63
	Dixidae	13	5	65	0.06
Odonata	Coenagrionidae	49	9	441	0.43
	Calopterygidae	85	7	595	0.58
	Libellulidae	2	7	14	0.01
Trichoptera	Lepidostomatidae	247	2	494	0.48
	Hydropsychidae	12	5	60	0.06
Hemíptera	Veliidae	70	5	350	0.34
	Corixidae	11	5	55	0.05
	Gerridae	2	6	12	0.01
Ephemeroptera	Baetidae	78	6	468	0.46
	Leptophlebiidae	1	5	5	0.00
		1023			<b>4.92</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 91.** Cálculo del IBF de la cuenca media del río Quiscab, octubre 2012

Orden	Familia	Abundancia	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/Total
Ephemeroptera	Baetidae	226	6	1356	2.90
Diptera	Simuliidae	58	6	348	0.74
	Psychodidae	6	7	42	0.09
	Dolichopodidae	4	6	24	0.05
	Chironomidae	8	8	64	0.14
	Ceratopogonidae	4	8	32	0.07
Odonata	Calopterygidae	9	7	63	0.13
	Coenagrionidae	6	9	54	0.12
	Libellulidae	2	7	14	0.03
Hemíptera	Veliidae	95	5	475	1.01
	Belostomatidae	3	7	21	0.04
	Corixidae	4	5	20	0.04
Coleoptera	Dytiscidae	5	7	35	0.07
	Gyrinidae	2	3	6	0.01
Trichoptera	Leptoceridae	12	4	48	0.10
	Hydroptilidae	6	4	24	0.05
	Hydropsychidae	11	5	55	0.12
	Helicopsychidae	1	5	5	0.01
	Ecnomidae	2		0	0.00
Platyhelminthes	Turbelaria (planaria)	1	5	5	0.01
Annelida	Hirudinea	2	7	14	0.03

	Oligochaeta	1	10	10	0.02
		468			<b>5.80</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 92.** Cálculo del IBF para la cuenca baja del río Quiscab, octubre 2012

Orden	Familia	Abundancia	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/Total
Díptera	Psychodidae	1	7	7	0.04
	Simuliidae	22	6	132	0.83
	Chironomiade	4	8	32	0.20
Coleóptera	Lampyridae	1	3	3	0.02
Ephemeroptera	Baetidae	125	6	750	4.72
Hemíptera	Mesoveliidae	4	5	20	0.13
Trichoptera	Hydryopsychidae	1	5	5	0.03
Mollusca	Gasterópoda	1	7	7	0.04
		159			<b>6.01</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 93.** Cálculo del IBF cuenca alta del río San Francisco, octubre 2012

Orden	Familia	Abundancia	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/Total
Ephemeroptera	Baetidae	153	6	918	3.86
Diptera	Simuliidae	23	6	138	0.58
	Dixidae	5	5	25	0.11
	Chironomidae	30	8	240	1.01
	Dolichopodidae	3	6	18	0.08
	Muscidae	1	9	9	0.04
	Culicidae	4	10	40	0.17
Hemiptera	Gerridae	2	6	12	0.05
	Mesoveliidae	3	5	15	0.06
Trichoptera	Hydropsychidae	2	5	10	0.04
	Leptoceridae	1	4	4	0.02
	Hydrobiosidae	1	4	4	0.02
Coleoptera	Dytiscidae	1	7	7	0.03
	Hydrophilidae	3	7	21	0.09
	Gyrinidae	6	3	18	0.08
		238			<b>6.21</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 94.** Cálculo del IBF cuenca media del río San Francisco, octubre 2012.

Orden	Familia	Abundancia	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/Total
Diptera	Simuliidae	175	6	1050	3.80
	Dolichopodidae	5	6	30	0.11
	Tipuliidae	5	5	25	0.09
	Chironomiidae	10	8	80	0.29
	Ceratopogonidae	3	8	24	0.09
	Dixidae	1	5	5	0.02
Trichoptera	Hydropsychidae	1	5	5	0.02
Ephemeroptera	Baetidae	69	6	414	1.50
Coleoptera	elmidae	2	4	8	0.03
	hydrophilidae	1	7	7	0.03
Hemiptera	Veliidae	1	5	5	0.02
	Belostomatidae	1	7	7	0.03
	Saldidae	2	5	10	0.04
		276			<b>6.05</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 95.** Cálculo del IBF cuenca baja del río San Francisco, octubre 2012

Orden	Familia	Abundancia	Puntaje	Abd*Ptj	(Abd*Ptj)/Total
Ephemeroptera	Baetidae	1	6	6	0.46
Coleoptera	Noteridae	1	4	4	0.31
Diptera	Psychodidae	8	7	56	4.31
	Chironomidae	1	8	8	0.62
	Simuliidae	2	6	12	0.92
		13			<b>6.62</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 96.** Resumen de resultados, del cálculo del IBF-SV- octubre 2012.

Río	Punto monitoreado	Valor IBF-SV	Resultado
Quiscab	El Novillero	4.92	<b>Buena:</b> Alguna contaminación orgánica probable.
	San José Chacayá	5.80	<b>Regular pobre:</b> Contaminación sustancial probable.
	Finca El Jaibal	6.01	<b>Regular pobre:</b> Contaminación sustancial probable.
San Francisco	Patzuzún	6.21	<b>Regular pobre:</b> Contaminación sustancial probable.
	Finca La Vega	6.05	<b>Regular pobre:</b> Contaminación sustancial probable.
	Panajachel	6.62	<b>Pobre:</b> Contaminación muy sustancial probable.

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**RESULTADOS DE SEXTO MUESTREO**  
**Realizado en abril 2013**

**Cuadro No. 97.** ICA del río Quiscab Cuenca Alta 1 (abril 2013)

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 1</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	33	62	0.15	9.3
pH	Unidades de pH	7.26	92	0.12	11.04
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.65	67	0.1	6.7
Nitratos	mg/L	4.9	81	0.1	8.1
Fosfatos	mg/L	4.4	15	0.1	1.5
Cambio de Temperatura	°C	2	78	0.1	7.8
Turbidez	FAU	7	82	0.08	6.56
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	20	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	67	65	0.17	11.05
<b>Valor del ICA</b>					<b>68.61</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 98.** Índice de Calidad del agua del río Quiscab Cuenca Alta 2, abril 2013

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	14	70	0.15	10.5
pH	Unidades de pH	7.24	93	0.12	11.16
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.65	65	0.1	6.5
Nitratos	mg/L	6.6	73	0.1	7.3
Fosfatos	mg/L	4.5	15	0.1	1.5
Cambio de Temperatura	°C	3	68	0.1	6.8
Turbidez	FAU	19	62	0.08	4.96

Sólidos Disueltos Totales	mg/L	19	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	58	54	0.17	9.18
<b>Valor del ICA</b>					<b>64.38</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 99.** Índice de Calidad del agua del río Quiscab Cuenca Alta 3, abril 2013.

Parámetro	Unidades	Valor	Sub <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	TOTAL
Coliformes Fecales	NMP/100mL	33	62	0.15	9.3
pH	Unidades de pH	7.44	94	0.12	11.28
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.67	57	0.1	5.7
Nitratos	mg/L	5.7	76	0.1	7.6
Fosfatos	mg/L	3.9	21	0.1	2.1
Cambio de Temperatura	°C	4	53	0.1	5.3
Turbidez	FAU	1	97	0.08	7.76
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	25	85	0.08	6.8
OD (% de Saturación)	% de Saturación	66	66	0.17	11.22
<b>Valor del ICA</b>					<b>67.06</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 100.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 1, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 1 (Abril 2,013)</b>					
Parámetro	Unidades	Valor	Sub <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	TOTAL
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	18	0.15	2.7
pH	Unidades de pH	7.85	86	0.12	10.32
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.12	60	0.1	6
Nitratos	mg/L	16.6	43	0.1	4.3
Fosfatos	mg/L	4.3	17	0.1	1.7

Cambio de Temperatura	°C	1	85	0.1	8.5
Turbidez	FAU	17	64	0.08	5.12
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	78	85	0.17	14.45
<b>Valor del ICA</b>					<b>59.49</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 101.** Índice de Calidad del Agua río Quiscab Cuenca Media 2, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 2 (Abril 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	33	56	0.15	8.4
pH	Unidades de pH	7.87	87	0.12	10.44
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.12	60	0.1	6
Nitratos	mg/L	2.9	88	0.1	8.8
Fosfatos	mg/L	4.9	15	0.1	1.5
Cambio de Temperatura	°C	-0.2	87	0.1	8.7
Turbidez	FAU	21	59	0.08	4.72
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	80	87	0.17	14.79
<b>Valor del ICA</b>					<b>69.75</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 102.** Índice de Calidad del Agua río Quiscab Cuenca Media 3, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 3 (Abril 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	18	0.15	2.7
pH	Unidades de pH	7.95	89	0.12	10.68
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.12	60	0.1	6
Nitratos	mg/L	4.3	83	0.1	8.3
Fosfatos	mg/L	4.2	18	0.1	1.8
Cambio de Temperatura	°C	-0.1	88	0.1	8.8
Turbidez	FAU	9	78	0.08	6.24
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	89	92	0.17	15.64
<b>Valor del ICA</b>					<b>66.56</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 103.** Índice de Calidad del Agua río Quiscab Cuenca Baja 1, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 1</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1600	24	0.15	3.6
pH	Unidades de pH	8.03	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	7.69	35.7	0.1	3.57
Nitratos	mg/L	4.9	78	0.1	7.8
Fosfatos	mg/L	5.9	11	0.1	1.1
Cambio de Temperatura	°C	6.3	37	0.1	3.7
Turbidez	FAU	34	50	0.08	4

Sólidos Disueltos Totales	mg/L		83	0.08	6.64
OD (% de Saturación)	% de Saturación	90	93	0.17	15.81
<b>Valor del ICA</b>					<b>55.82</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No.104.** Índice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Baja 2, abril 2013

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 2</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1600	24	0.15	3.6
pH	Unidades de pH	7.9	86	0.12	10.32
DBO <sub>5</sub>	mg/L	7.69	35.7	0.1	3.57
Nitratos	mg/L	4.7	81	0.1	8.1
Fosfatos	mg/L	4.4	16	0.1	1.6
Cambio de Temperatura	°C	6.3	37	0.1	3.7
Turbidez	FAU	20	62	0.08	4.96
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	88	91	0.17	15.47
<b>Valor del ICA</b>					<b>57.8</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 105.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 3, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 3</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1600	24	0.15	3.6

pH	Unidades de pH	8.1	83	0.12	9.96
DBO <sub>5</sub>	mg/L	7.69	35.7	0.1	3.57
Nitratos	mg/L	4.1	85	0.1	8.5
Fosfatos	mg/L	5.6	13	0.1	1.3
Cambio de Temperatura	°C	6.3	37	0.1	3.7
Turbidez	FAU	24	58	0.08	4.64
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		83	0.08	6.64
OD (% de Saturación)	% de Saturación	84	86	0.17	14.62
<b>Valor del ICA</b>					<b>56.53</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 106.** ICA de la Desembocadura del Río Quiscab, abril 2013.

<b>Desembocadura Río Quiscab (Abril 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>j</sub></b>	<b>w<sub>j</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	110	44	0.15	6.6
pH	Unidades de pH	8.52	62	0.12	7.44
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.85	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	5.8	75	0.1	7.5
Fosfatos	mg/L	23.1	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	5.3	40	0.1	4
Turbidez	FAU	1	95	0.08	7.6
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		78	0.08	6.24
OD (% de Saturación)	% de Saturación	105	96	0.17	16.32
<b>Valor del ICA</b>					<b>62.5</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 107.** ICA del Río San Francisco Cuenca Media 1, abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 1</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	350	38	0,15	5,7
pH	Unidades de pH	8.1	83	0,12	9,96
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5.23	55	0,1	5,5
Nitratos	mg/L	6	74	0,1	7,4
Fosfatos	mg/L	5.2	14	0,1	1,4
Cambio de Temperatura	°C	4.8	47	0,1	4,7
Turbidez	FAU	18	63	0,08	5,04
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		86	0,08	6,88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	92	95	0,17	16,15
<b>Valor del ICA</b>					<b>62.73</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 108.** ICA del río San Francisco Cuenca Media 2, abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 2</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	350	38	0,15	5,7
pH	Unidades de pH	8.1	83	0,12	9,96
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5.23	55	0,1	5,5
Nitratos	mg/L	4.3	80	0,1	8
Fosfatos	mg/L	4.6	15	0,1	1,5

Cambio de Temperatura	°C	4.8	47	0,1	4,7
Turbidez	FAU	23	58	0,08	4,64
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		86	0,08	6,88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	103	98	0,17	16,66
<b>Valor del ICA</b>					<b>63.54</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 109.** ICA del río San Francisco Cuenca Media 3, abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 3</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	350	38	0,15	5,7
pH	Unidades de pH	8.26	80	0,12	9,6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5.23	55	0,1	5,5
Nitratos	mg/L	5.2	79	0,1	7,9
Fosfatos	mg/L	4.9	12	0,1	1,2
Cambio de Temperatura	°C	4.8	47	0,1	4,7
Turbidez	FAU	22	59	0,08	4,72
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		86	0,08	6,88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	100	100	0,17	17
<b>Valor del ICA</b>					<b>63.2</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 110.** ICA del río San Francisco Cuenca Baja 1, abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja 1</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1600	18	0.15	2.7

pH	Unidades de pH	8.1	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	8.54	42	0.1	4.2
Nitratos	mg/L	5	78	0.1	7.8
Fosfatos	mg/L	4.5	15	0.1	1.5
Cambio de Temperatura	°C	5.8	40	0.1	4
Turbidez	FAU	17	62	0.08	4.96
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		86	0.08	6.88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	38	28	0.17	4.76
<b>Valor del ICA</b>					<b>46.4</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 111.** ICA del Río San Francisco Cuenca Baja 2, abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja 2</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1600	18	0.15	2.7
pH	Unidades de pH	8.1	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	8.54	42	0.1	4.2
Nitratos	mg/L	3.7	90	0.1	9
Fosfatos	mg/L	4.9	12	0.1	1.2
Cambio de Temperatura	°C	5.8	40	0.1	4
Turbidez	FAU	15	69	0.08	5.52
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		86	0.08	6.88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	41	31	0.17	5.27
<b>Valor del ICA</b>					<b>48.37</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 112.** ICA del Río San Francisco Cuenca Baja 3, Abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja 3</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	<1600	18	0.15	2.7
pH	Unidades de pH	8.26	75	0.12	9
DBO <sub>5</sub>	mg/L	8.54	42	0.1	4.2
Nitratos	mg/L	5.4	71	0.1	7.1
Fosfatos	mg/L	4.6	15	0.1	1.5
Cambio de Temperatura	°C	5.8	40	0.1	4
Turbidez	FAU	30	51	0.08	4.08
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		86	0.08	6.88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	42	31	0.17	5.27
<b>Valor del ICA</b>					<b>44.73</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 113.** ICA del río San Francisco Cuenca Media 3, abril 2013.

<b>Río San Francisco Desembocadura</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	49	59	0.15	8.85
pH	Unidades de pH	8.5	78	0.12	9.36
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.65	65	0.1	6.5
Nitratos	mg/L	6.7	72	0.1	7.2
Fosfatos	mg/L	4.2	18	0.1	1.8
Cambio de Temperatura	°C	6	40	0.1	4
Turbidez	FAU	7	82	0.08	6.56

Sólidos Disueltos Totales	mg/L	26	86	0.08	6.88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	82	88	0.17	14.96
<b>Valor del ICA</b>					<b>66.11</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 114.** Caudales de puntos de muestreo de los dos ríos, abril 2013.

Punto de Muestreo	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Río Quiscab Cuenca alta	0.0204
Río Quiscab Cuenca media	0.157
Río Quiscab Cuenca baja	3.42
Río San Francisco Cuenca media	0.0714
Río San Francisco Cuenca baja	0.894

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 115.** IBF-SV 2010 del río Quiscab Cuenca Alta, abril 2013.

<b>Río Quiscab cuenca alta (Abril 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Diptera	Ceratopogonidae	4	8	32	0.08
	Chironomidae	17	8	136	0.34
	Empididae	1	6	6	0.01
	Tipulidae	3	5	15	0.04
	Simuliidae	37	6	222	0.55
Coleoptera	Elmidae	1	4	4	0.01
	Psephenidae	1	4	4	0.01
Ephemeroptera	Baetidae	12	6	72	0.18
Hemiptera	Mesoveliidae	1	5	5	0.01
	Veliidae	16	5	80	0.20
	Gerridae	5	6	30	0.07
Odonata	Calopterygidae	51	7	357	0.89
	Cordulegastridae	2	2	4	0.01
	Coenagrionidae	49	9	441	1.10
Trichoptera	Limnephilidae	3		0	0.00

	Lepidostomatidae	142	2	284	0.71
	Hydropsychidae	43	5	215	0.54
Lepidoptera	Crambidae	1	5	5	0.01
Aracnida	Acarina	1	5	5	0.01
Hirudinea		1	7	7	0.02
Mollusca	Bivalva	10	4	40	0.10
<b>Abundancia Total</b>		<b>401</b>			<b>4.90</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 116.** IBF-SV 2010 del río Quiscab Cuenca Media, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media (Abril 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Taxa</b>	<b>Familia</b>				
Clase Arachnida	Hydrachnidae	1	5	5	0.01
Clase Bivalvia		1	4	4	0.01
Orden Diptera	Chironomidae	84	8	672	1.65
	Muscidae	2	9	18	0.04
	Simuliidae	7	6	42	0.10
	Stratiomyidae	1	6	6	0.01
Orden Ephemeroptera	Baetidae	132	6	792	1.94
	Leptohyphidae	18	6	108	0.26
	Leptophlebiidae	10	5	50	0.12
Orden Hemiptera	Mesoveliidae	3	5	15	0.04
	Saldidae	1	5	5	0.01
Orden Odonata	Aeshnidae	2	4	8	0.02
	Calopterygidae	1	7	7	0.02
	Coenagrionidae	1	9	9	0.02
Orden Trichoptera	Lepidostomatidae	49	2	98	0.24
	Hydrobiosidae	11	4	44	0.11
	Hydropsychidae	79	5	395	0.97
	Hydroptilidae	5	4	20	0.05
<b>Abundancia Total</b>		<b>408</b>			<b>5.63</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 117.** IBF-SV 2010 del Río Quiscab Cuenca Baja, abril 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja (Abril 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				

Diptera	Chironomidae	2	8	16	1.6
	Ceratopogonidae	2	8	16	1.6
	Psychodidae	1	7	7	0.7
Trichoptera	Polycentropodidae	2	3	6	0.6
	Hydropsychidae	3	5	15	1.5
<b>Abundancia Total</b>		<b>10</b>			<b>6</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 118.** IBF-SV 2010 del río San Francisco Cuenca Media, abril 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media (Abril 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Taxa</b>	<b>Familia</b>				
Orden Diptera	Ceratopogonidae	10	8	80	1.05
	Chironomidae	15	8	120	1.58
	Dolichopodidae	1	6	6	0.08
	Muscidae	2	9	18	0.24
	Stratiomyidae	4	6	24	0.32
	Tipulidae	14	5	70	0.92
	Simuliidae	3	6	18	0.24
Orden Ephemeroptera	Baetidae	18	6	108	1.42
Orden Hemiptera	Mesoveliidae	1	5	5	0.07
	Naucoridae	1	6	6	0.08
Orden Odonata	Coenagrionidae	1	9	9	0.12
Orden Trichoptera	Lepidostomatidae	2	2	4	0.05
	Hydrobiosidae	1	4	4	0.05
	Hydroptilidae	3	4	12	0.16
<b>Abundancia Total</b>		<b>76</b>			<b>6.37</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 119.** IBF-SV 2010 del río San Francisco Cuenca Baja, abril 2013

<b>Río San Francisco Cuenca Baja (Abril 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Diptera	Chironomidae	761	8	6088	7.88
	Culicidae	1	10	10	0.01

	Psychodidae	1	7	7	0.01
	Muscidae	1	9	9	0.01
Ephemeroptera	Baetidae	1	6	6	0.01
	Heptagenidae	1	3	3	0.00
Coleoptera	Elmidae	3	4	12	0.02
	Staphylinidae	2	6	12	0.02
	Curculionidae	2	6	12	0.02
<b>Abundancia Total</b>		<b>773</b>			<b>7.97</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 36.** Prementón plano característica principal de la familia Aeshnidae del orden Odonata.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 37.** Branquias laminares ovaladas de la familia Baetidae del orden Ephemeroptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 38.** Molusco de la clase Bivalvia.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 39.** Primer segmento antenal alargado de la familia Calopterygidae del orden Odonata.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 40.** Propatas torácicas y abdominales en la familia Crambidae del orden Lepidoptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 41.** Ausencia de apéndices abdominales en la familia Ceratopogonidae del orden Diptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 42.** Propatas torácicas apareadas de la familia Chironomidae del orden Diptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 43.** Molusco de la clase Gasterópoda.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 44.** Cuerno prosternal de la familia Lepidostomatidae del orden Trichoptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía. No. 45.** Branquias operculares ovas de la familia Leptohiphidae del orden Ephemeroptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 46.** Pico largo y segmentado de la familia Naucoridae del orden Hemiptera



. Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 47.** Especimen del orden Ostracoda.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 48.** Dos pares de propatas abdominales de la familia Dixidae del orden Diptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 49.** Larva aplanada dorsoventralmente de la familia Psephenidae del orden Coleoptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 50.** Espécimen de la familia Stratiomyidae del orden Diptera



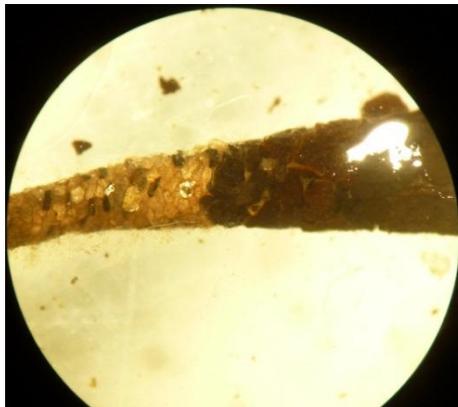
Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 51.** Espécimen de la familia Veliidae del orden Hemiptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 52.** Refugio de Trichoptero construido con distintos materiales



Fuente: Proyecto FODECYT 19-201

**RESULTADOS DEL SEPTIMO MUESTREO**  
**Realizado en junio 2013**

**Cuadro No.120.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 1, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 1(Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	13	70	0.15	10.5
pH	Unidades de pH	7.07	90	0.12	10.8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.78	65	0.1	6.5
Nitratos	mg/L	4.7	75	0.1	7.5
Fosfatos	mg/L	7.2	8	0.1	0.8
Cambio de Temperatura	°C	3.9	53	0.1	5.3
Turbidez	FAU	5	86	0.08	6.88
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10.7	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	45	37	0.17	6.29
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.05</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 121.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 2, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 2(Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	13	70	0.15	10.5
pH	Unidades de pH	7.21	91	0.12	10.92
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.78	65	0.1	6.5

Nitratos	mg/L	4.4	77	0.1	7.7
Fosfatos	mg/L	4.9	14	0.1	1.4
Cambio de Temperatura	°C	4	51	0.1	5.1
Turbidez	FAU	12	76	0.08	6.08
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10.7	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	105	98	0.17	16.66
<b>Valor del ICA</b>					<b>71.34</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No.122.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 3, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 3(Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	13	70	0.15	10.5
pH	Unidades de pH	7.52	89	0.12	10.68
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.78	65	0.1	6.5
Nitratos	mg/L	3.4	80	0.1	8
Fosfatos	mg/L	3.9	21	0.1	2.1
Cambio de Temperatura	°C	2.8	68	0.1	6.8
Turbidez	FAU	1	97	0.08	7.76
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	10.7	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	40	30	0.17	5.1
<b>Valor del ICA</b>					<b>63.92</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 123.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 1, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 1 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>

Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	7.94	85	0.12	10.2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.55	66	0.1	6.6
Nitratos	mg/L	3.1	88	0.1	8.8
Fosfatos	mg/L	12.9	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	1.1	86	0.1	8.6
Turbidez	FAU	9	80	0.08	6.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	26	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	63	61	0.17	10.37
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.03</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 124.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 2, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 2 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	7.86	86	0.12	10.32
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.55	66	0.1	6.6
Nitratos	mg/L	3	88	0.1	8.8
Fosfatos	mg/L	29.4	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	1.1	86	0.1	8.6
Turbidez	FAU	9	80	0.08	6.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	26	82	0.08	6.56

OD (% de Saturación)	% de Saturación	62	60	0.17	10.2
<b>Valor del ICA</b>					<b>60.98</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 125.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 3 junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 3 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	7.78	87	0.12	10.44
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.55	66	0.1	6.6
Nitratos	mg/L	2.9	89	0.1	8.9
Fosfatos	mg/L	11.5	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	0.7	88	0.1	8.8
Turbidez	FAU	13	72	0.08	5.76
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	26	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	61	59	0.17	10.03
<b>Valor del ICA</b>					<b>60.59</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 126.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 1, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 1 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	15	0.15	2.25
pH	Unidades de pH	8.15	82	0.12	9.84
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.14	90	0.1	9
Nitratos	mg/L	4.3	82	0.1	8.2

Fosfatos	mg/L	3.1	21	0.1	2.1
Cambio de Temperatura	°C	0.6	89	0.1	8.9
Turbidez	FAU	70	29	0.08	2.32
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	120	77	0.08	6.16
OD (% de Saturación)	% de Saturación	70.4	77	0.17	13.09
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.86</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 127.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 2, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 2 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	540	34	0.15	5.1
pH	Unidades de pH	8.14	81	0.12	9.72
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.14	90	0.1	9
Nitratos	mg/L	5.9	68	0.1	6.8
Fosfatos	mg/L	8.5	7	0.1	0.7
Cambio de Temperatura	°C	0.6	89	0.1	8.9
Turbidez	FAU	75	27	0.08	2.16
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	120	77	0.08	6.16
OD (% de Saturación)	% de Saturación	69	75	0.17	12.75
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.29</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 128.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 3, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 3 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>

Coliformes Fecales	NMP/100mL	1600	15	0.15	2.25
pH	Unidades de pH	8.1	84	0.12	10.08
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.14	90	0.1	9
Nitratos	mg/L	6.6	65	0.1	6.5
Fosfatos	mg/L	3.9	17	0.1	1.7
Cambio de Temperatura	°C	1.6	78	0.1	7.8
Turbidez	FAU	70	29	0.08	2.32
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	120	77	0.08	6.16
OD (% de Saturación)	% de Saturación	67.6	70	0.17	11.9
<b>Valor del ICA</b>					<b>57.71</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 129.** ICA de la Desembocadura del río Quiscab, junio 2013.

<b>Desembocadura Río Quiscab (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	5	87	0.15	13.05
pH	Unidades de pH	8.64	60	0.12	7.2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	5.67	53	0.1	5.3
Nitratos	mg/L	3	84	0.1	8.4
Fosfatos	mg/L	4	18	0.1	1.8
Cambio de Temperatura	°C	-0.4	87	0.1	8.7
Turbidez	FAU	10	78	0.08	6.24
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.9	80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	117	92	0.17	15.64
<b>Valor del ICA</b>					<b>72.73</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 130.** ICA del río San Francisco Cuenca Alta 1, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Alta 1 (Junio)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	39	0.15	5.85
pH	Unidades de pH	6.73	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.34	96	0.1	9.6
Nitratos	mg/L	6	67	0.1	6.7
Fosfatos	mg/L	5.1	15	0.1	1.5
Cambio de Temperatura	°C	1.1	87	0.1	8.7
Turbidez	FAU	1	98	0.08	7.84
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	11.8	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	41	31	0.17	5.27
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.54</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 131.** ICA del río San Francisco Cuenca Alta 2, junio 2013

<b>Río San Francisco Cuenca Alta 2</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	39	0.15	5.85
pH	Unidades de pH	7.53	93	0.12	11.16
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2.46	76	0.1	7.6
Nitratos	mg/L	6.1	67	0.1	6.7
Fosfatos	mg/L	3.9	17	0.1	1.7
Cambio de Temperatura	°C	3	68	0.1	6.8
Turbidez	FAU	16	78	0.08	6.24
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	11.8	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	42	32	0.17	5.44

<b>Valor del ICA</b>	<b>57.97</b>
----------------------	--------------

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 132.** ICA del río San Francisco Cuenca Alta 3, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Alta 3</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	39	0.15	5.85
pH	Unidades de pH	7.43	92	0.12	11.04
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.76	62	0.1	6.2
Nitratos	mg/L	6.4	68	0.1	6.8
Fosfatos	mg/L	9	8	0.1	0.8
Cambio de Temperatura	°C	3.7	55	0.1	5.5
Turbidez	FAU	10	76	0.08	6.08
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	11.8	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	41	31	0.17	5.27
<b>Valor del ICA</b>					<b>54.02</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 133.** ICA del río San Francisco Cuenca Media 1, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 1 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	130	45	0.15	6.75
pH	Unidades de pH	8.32	73	0.12	8.76
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2.46	77	0.10	7.7
Nitratos	mg/L	3.4	83	0.10	8.3
Fosfatos	mg/L	8	7	0.10	0.7
Cambio de Temperatura	°C	3.6	63	0.10	6.3
Turbidez	FAU	15	70	0.08	5.6

Sólidos Disueltos Totales	mg/L	7.4	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	47	40	0.17	6.8
<b>Valor del ICA</b>					<b>57.39</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 134.** ICA del río San Francisco Cuenca Media 2, Junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 2 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	130	45	0.15	6.75
pH	Unidades de pH	8.38	73	0.12	8.76
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2.46	77	0.10	7.7
Nitratos	mg/L	3.3	83	0.10	8.3
Fosfatos	mg/L	4.3	17	0.10	1.7
Cambio de Temperatura	°C	3.7	63	0.10	6.3
Turbidez	FAU	16	69	0.08	5.52
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	7.4	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	45	37	0.17	6.29
<b>Valor del ICA</b>					<b>57.8</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 135.** ICA del río San Francisco Cuenca Media 3, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 3 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	130	45	0.15	6.75
pH	Unidades de pH	8.44	71	0.12	8.52
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2.46	77	0.10	7.7
Nitratos	mg/L	3.9	81	0.10	8.1

Fosfatos	mg/L	4.3	17	0.10	1.7
Cambio de Temperatura	°C	4	55	0.10	5.5
Turbidez	FAU	14	70	0.08	7.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	7.4	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	46	39	0.17	6.63
<b>Valor del ICA</b>					<b>58.38</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 136.** ICA del río San Francisco Cuenca Baja 1, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja 1 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	8.19	78	0.12	9.36
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.7	60	0.1	6
Nitratos	mg/L	9	57	0.1	5.7
Fosfatos	mg/L	5.4	12	0.1	1.2
Cambio de Temperatura	°C	1.2	84	0.1	8.4
Turbidez	FAU	328	5	0.08	0.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	261	67	0.08	5.36
OD (% de Saturación)	% de Saturación	43	32	0.17	5.44
<b>Valor del ICA</b>					<b>44.86</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 137.** ICA del río San Francisco Cuenca Baja 2, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja2 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>

Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	8.01	83	0.12	9.96
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.6	58	0.1	5.8
Nitratos	mg/L	8.7	60	0.1	6
Fosfatos	mg/L	5.7	11	0.1	1.1
Cambio de Temperatura	°C	1.4	83	0.1	8.3
Turbidez	FAU	156	5	0.08	0.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	261	67	0.08	5.36
OD (% de Saturación)	% de Saturación	49	43	0.17	7.31
<b>Valor del ICA</b>					<b>47.23</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 138.** ICA del río San Francisco Cuenca Baja 3, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja3 (Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	8.38	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.75	60	0.1	6
Nitratos	mg/L	9.3	57	0.1	5.7
Fosfatos	mg/L	8.1	7	0.1	0.7
Cambio de Temperatura	°C	1.1	88	0.1	8.8
Turbidez	FAU	217	5	0.08	0.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	261	67	0.08	5.36

OD (% de Saturación)	% de Saturación	52	47	0.17	7.99
<b>Valor del ICA</b>					<b>47.55</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 139.** ICA de la Desembocadura del Río San Francisco, junio 2013.

<b>Río San Francisco Desembocadura(Junio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	33	58	0.15	8.7
pH	Unidades de pH	8.68	65	0.12	7.8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3.34	68	0.1	6.8
Nitratos	mg/L	3	82	0.1	8.2
Fosfatos	mg/L	3.2	19	0.1	1.9
Cambio de Temperatura	°C	-0.4	87	0.1	8.7
Turbidez	FAU	4	92	0.08	7.36
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	261	66	0.08	5.28
OD (% de Saturación)	% de Saturación	75	75	0.17	12.75
<b>Valor del ICA</b>					<b>67.49</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

### Macroinvertebrados del Río Quiscab y Río San Francisco mes de junio

**Cuadro No. 140.** Cálculo del IBF-SV 2010 río Quiscab Cuenca Alta, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Alta (Junio 2,013)</b>					
<b>Orden/Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abu*punt</b>	<b>A*p/tot</b>
Clase Bivalvia		7	4	28	0.298
Clase Turbellaria		5	5	25	0.266
Coleoptera	Dystiscidae	4	7	28	0.298
Diptera	Tipulidae	10	5	50	0.532

	Chironomidae	5	8	40	0.426
	Simuliidae	2	6	12	0.128
Hemiptera	Gerridae	4	6	24	0.255
	Veliidae	9	5	45	0.479
	Corixidae	1	5	5	0.053
Odonata	Aeshnidae	1	4	4	0.043
	Cordulegastridae	7	2	14	0.149
	Calopterygidae	17	7	119	1.266
	Coenagrionidae	16	9	144	1.532
Trichoptera	Hydropsychidae	4	5	20	0.213
	Leptoceridae	2	4	8	0.085
<b>Abundancia Total</b>		<b>94</b>			<b>6.021</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 141.** Cálculo del IBF-SV 2010 del río Quiscab Cuenca Media, junio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media (Junio 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Clase Bivalvia		1	4	4	0.03
Clase Turbellaria		3	5	15	0.11
Clase Oligochaeta		19	10	190	1.39
Diptera	Chironomidae	15	8	120	0.88
	Muscidae	4	9	36	0.26
	Simuliidae	4	6	24	0.18
Ephemeroptera	Baetidae	40	6	240	1.75
	Leptohyphidae	1	6	6	0.04
Hemiptera	Corixidae	9	5	45	0.33
	Notonectidae	1	5	5	0.04
	Veliidae	14	5	70	0.51
Odonata	Calopterygidae	5	7	35	0.26
Plecoptera	Perlidae	2	2	4	0.03
Trichoptera	Hydrobiosidae	5	4	20	0.15
	Hydropsychidae	14	5	70	0.51
<b>Abundancia Total</b>		<b>137</b>			<b>6.45</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 142.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río Quiscab Cuenca Baja, junio 2013.

Río Quiscab Cuenca Media (Junio 2,013)					
Grupo taxonómico		Abundancia	Puntaje	Abd * Ptj	(Abd*Ptj)/ Total
Orden / Clase	Familia				
Diptera	Chironomidae	1	8	8	0.11
	Simuliidae	24	6	144	1.97
Ephemeroptera	Baetidae	37	6	222	3.04
Hemiptera	Mesoveliidae	5	5	25	0.34
	Veliidae	2	5	10	0.14
Trichoptera	Hydrobiosidae	4	4	16	0.22
<b>Abundancia Total</b>		<b>73</b>			<b>5.82</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 143.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río San Francisco Cuenca Alta, junio 2013.

Río San Francisco Cuenca Alta (Junio 2,013)					
Grupo taxonómico		Abundancia	Puntaje	Abd * Ptj	(Abd*Ptj)/ Total
Orden / Clase	Familia				
Coleoptera	Dystiscidae	2	7	14	0.237
	Noteridae	13	4	52	0.881
Diptera	Chironomidae	9	8	72	1.220
	Muscidae	6	9	54	0.915
	Ssimuliidae	1	6	6	0.102
	Tipulidae	2	5	10	0.169
Ephemeroptera	Baetidae	2	6	12	0.203
Hemiptera	Veliidae	18	5	90	1.525
Odonata	Calopterygidae	1	7	7	0.119
	Coenagrionidae	5	9	45	0.763
<b>Abundancia Total</b>		<b>59</b>			<b>6.14</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 144.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río San Francisco cuenca media, junio 2013.

Río San Francisco Cuenca Media (Junio 2,013)					
Grupo taxonómico		Abundancia	Puntaje	Abd * Ptj	(Abd*Ptj)/ Total
Orden / Clase	Familia				
Diptera	Chironomidae	19	8	152	0.46
	Simuliidae	275	6	1650	4.94

Ephemeroptera	Baetidae	26	6	156	0.47
Trichoptera	Hydropsychidae	14	5	70	0.21
<b>Abundancia Total</b>		<b>334</b>			<b>6.07</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 145.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río San Francisco cuenca baja, junio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca baja (Junio 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Clase Hirudinea		5	10	50	0.12
Diptera	Chironomidae	175	8	1400	3.26
	Simuliidae	211	6	1266	2.95
Ephemeroptera	Baetidae	27	6	162	0.38
Hemiptera	Veliidae	2	5	10	0.02
Trichoptera	Glossosomatidae	9	1	9	0.02
<b>Abundancia Total</b>		<b>429</b>			<b>6.75</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 53.** Especimen de la familia Baetidae del orden Ephemeroptera.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía. No. 54.** Espécimen de la familia Crambidae del orden Lepidoptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 55.** Espécimen de la familia Ceratopogonidae del orden Diptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 56.** Diferentes formas de especímenes de la familia Chironomidae del orden Diptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 57.** Filum Mollusca, Clase Gasterópoda



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 58.** Especimen de la familia Corixidae del orden Hemiptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 59.** Primer par de patas torácicas en forma de pinza, en la familia Hydrobiosidae del orden Trichoptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 60.** Espécimen de la familia Hydropsychidae del orden Trichoptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 61.** Espécimen de la familia Notonectidae del orden Hemiptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 62.** Subfilum Crustacea, Clase Ostrácoda.



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 63.** Espécimen de la familia Simuliidae del orden Diptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 64.** Espécimen de la familia Veliidae del orden Hemiptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

### **RESULTADOS DEL OCTAVO MUESTREO Realizado en julio 2013**

**Cuadro No. 146.** Índice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Alta 1, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 1 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	13	70	0.15	10.5
pH	Unidades de pH	7.62	86	0.12	10.32
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.3	59	0.1	5.9
Nitratos	mg/L	14.2	46	0.1	4.6

Fosfatos	mg/L	12.3	1	0.1	0.1
Cambio de Temperatura	°C	8.7	25	0.1	2.5
Turbidez	FAU	8	80	0.08	6.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	12.7	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	49	45	0.17	7.65
<b>Valor del ICA</b>					<b>54.53</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 147.** ICA del Río Quiscab Cuenca Alta 2, julio, 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 2 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	23	67	0.15	10.05
pH	Unidades de pH	7.38	9	0.12	1.08
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.3	59	0.1	5.9
Nitratos	mg/L	12.7	48	0.1	4.8
Fosfatos	mg/L	12.6	1	0.1	0.1
Cambio de Temperatura	°C	8.7	25	0.1	2.5
Turbidez	FAU	10	77	0.08	6.16
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.1	79	0.08	6.32
OD (% de Saturación)	% de Saturación	50.2	48	0.17	8.16
<b>Valor del ICA</b>					<b>45.07</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 148.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Alta 3, julio 2013

<b>Río Quiscab Cuenca Alta 3 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	49	53	0.15	7.95

pH	Unidades de pH	7.79	85	0.12	10.2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.3	59	0.1	5.9
Nitratos	mg/L	6.1	71	0.1	7.1
Fosfatos	mg/L	16	1	0.1	0.1
Cambio de Temperatura	°C	7.9	28	0.1	2.8
Turbidez	FAU	10	77	0.08	6.16
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	4.8	80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	69.9	72	0.17	12.24
<b>Valor del ICA</b>					<b>58.85</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 149.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab cuenca media 1, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 1 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>j</sub></b>	<b>w<sub>j</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	920	24	0.15	3.6
pH	Unidades de pH	7.96	84	0.12	10.08
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.4	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	4.7	80	0.1	8
Fosfatos	mg/L	8.4	7	0.1	0.7
Cambio de Temperatura	°C	1.1	86	0.1	8.6
Turbidez	FAU	9	80	0.08	6.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	6	80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	68.4	69	0.17	11.73
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.81</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 150.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Media 2, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 2 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	920	24	0.15	3.6
pH	Unidades de pH	7.92	85	0.12	10.2
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.4	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	7.2	68	0.1	6.8
Fosfatos	mg/L	9.8	6	0.1	0.6
Cambio de Temperatura	°C	1.1	86	0.1	8.6
Turbidez	FAU	5	90	0.08	7.2
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	5.9	80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	66	65	0.17	11.05
<b>Valor del ICA</b>					<b>60.75</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 151.** Índice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Media 3, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media 3 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	20	0.15	3
pH	Unidades de pH	7.89	86	0.12	10.32
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.4	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	9.2	55	0.1	5.5
Fosfatos	mg/L	4.2	17	0.1	1.7

Cambio de Temperatura	°C	0.9	87	0.1	8.7
Turbidez	FAU	9	80	0.08	6.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	5	78	0.08	6.24
OD (% de Saturación)	% de Saturación	66	65	0.17	11.05
<b>Valor del ICA</b>					<b>59.21</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 152.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab Cuenca Baja 1, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 1 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1,600	15	0.15	2.25
pH	Unidades de pH	8.24	74	0.12	8.88
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.5	59	0.1	5.9
Nitratos	mg/L	9.8	52	0.1	5.2
Fosfatos	mg/L	11.9	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	3.7	57	0.1	5.7
Turbidez	FAU	35	50	0.08	4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	125.2	83	0.08	6.64
OD (% de Saturación)	% de Saturación	70.4	77	0.17	13.09
<b>Valor del ICA</b>					<b>52.16</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 153.** Índice de Calidad del Agua del Río Quiscab Cuenca Baja 2, julio 2013

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 2 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>

Coliformes Fecales	NMP/100mL	1600	15	0.15	2.25
pH	Unidades de pH	8.2	77	0.12	9.24
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.5	59	0.1	5.9
Nitratos	mg/L	7.8	60	0.1	6
Fosfatos	mg/L	12.5	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	3.7	57	0.1	5.7
Turbidez	FAU	35	50	0.08	4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	75	86	0.08	6.88
OD (% de Saturación)	% de Saturación	69	75	0.17	12.75
<b>Valor del ICA</b>					<b>53.22</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 154.** Índice de Calidad del Agua del río Quiscab cuenca baja 3, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Baja 3 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1600	15	0.15	2.25
pH	Unidades de pH	8.21	76	0.12	9.12
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.5	59	0.1	5.9
Nitratos	mg/L	11.5	51	0.1	5.1
Fosfatos	mg/L	7.8	7	0.1	0.7
Cambio de Temperatura	°C	3.7	57	0.1	5.7
Turbidez	FAU	35	50	0.08	4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	11.9	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	67.6	70	0.17	11.9
<b>Valor del ICA</b>					<b>51.23</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 155.** ICA de la Desembocadura del Río Quiscab. , julio 2013.

<b>Desembocadura Río Quiscab (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	43	60	0.15	9
pH	Unidades de pH	8.78	58	0.12	6.96
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.51	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	3.2	83	0.1	8.3
Fosfatos	mg/L	8.7	8	0.1	0.8
Cambio de Temperatura	°C	1.4	82	0.1	8.2
Turbidez	FAU	0	98	0.08	7.84
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	6.6	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	72	72	0.17	12.24
<b>Valor del ICA</b>					<b>66.12</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 156.** ICA del Río San Francisco Cuenca Alta 1, julio 2013.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	42	0.15	6.3
pH	Unidades de pH	7.56	93	0.12	11.16
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.3	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	14.2	46	0.1	4.6
Fosfatos	mg/L	12.3	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	5.9	42	0.1	4.2
Turbidez	FAU	2	98	0.08	7.84

Sólidos Disueltos Totales	mg/L	17.3	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	51	48	0.17	8.16
<b>Valor del ICA</b>					<b>55.62</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 157.** ICA del Río San Francisco Cuenca Alta 2, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Alta 2 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	42	0.15	6.3
pH	Unidades de pH	7.5	93	0.12	11.16
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.3	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	12.7	48	0.1	4.8
Fosfatos	mg/L	12.6	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	5.3	44	0.1	4.4
Turbidez	FAU	5	87	0.08	6.96
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	15.2	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	50.8	48	0.17	8.16
<b>Valor del ICA</b>					<b>55.06</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 158.** ICA Río San Francisco Cuenca Alta 3, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Alta 3 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	130	46	0.15	6.9
pH	Unidades de pH	7.83	87	0.12	10.44
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.3	63	0.1	6.3
Nitratos	mg/L	6.1	67	0.1	6.7

Fosfatos	mg/L	16	5	0.1	0.5
Cambio de Temperatura	°C	5.2	43	0.1	4.3
Turbidez	FAU	4	89	0.08	7.12
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	12.4	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	34.5	21	0.17	3.57
<b>Valor del ICA</b>					<b>52.31</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 159.** ICA Río San Francisco Cuenca Media 1, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 1 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	920	24	0.15	3.6
pH	Unidades de pH	8.32	73	0.12	8.76
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.40	61	0.10	6.1
Nitratos	mg/L	4.7	79	0.10	7.9
Fosfatos	mg/L	8.4	7	0.10	0.7
Cambio de Temperatura	°C	0.4	90	0.10	9.0
Turbidez	FAU	92	20	0.08	1.6
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	334	57	0.08	4.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	65.7	66	0.17	11.22
<b>Valor del ICA</b>					<b>53.44</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 160.** ICA río San Francisco cuenca media 2, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 2 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	170	40	0.15	6

pH	Unidades de pH	8.31	73	0.12	8.76
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.40	61	0.10	6.1
Nitratos	mg/L	7.2	63	0.10	6.3
Fosfatos	mg/L	9.8	6	0.10	0.6
Cambio de Temperatura	°C	0.3	90	0.10	9.0
Turbidez	FAU	77	26	0.08	2.08
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	211	72	0.08	5.76
OD (% de Saturación)	% de Saturación	66	68	0.17	11.56
<b>Valor del ICA</b>					<b>56.16</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 161.** ICA del río San Francisco cuenca media, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media 3 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100m L	540	26	0.15	3.9
pH	Unidades de pH	8.34	73	0.12	8.76
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.40	61	0.10	6.1
Nitratos	mg/L	9.2	54	0.10	5.4
Fosfatos	mg/L	4.2	18	0.10	1.8
Cambio de Temperatura	°C	-0.4	87	0.10	8.7
Turbidez	FAU	98	18	0.08	1.44
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	131	80	0.08	6.4
OD (% de Saturación)	% de Saturación	66.6	69	0.17	11.73
<b>Valor del ICA</b>					<b>54.23</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 162.** ICA Río San Francisco Cuenca Baja 1, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja 1 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1,600	23	0.15	3.45
pH	Unidades de pH	8.24	79	0.12	9.48
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.76	58	0.1	5.8
Nitratos	mg/L	9.8	56	0.1	5.6
Fosfatos	mg/L	11.9	1	0.1	0.1
Cambio de Temperatura	°C	0.5	90	0.1	9
Turbidez	FAU	80	25	0.08	2
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	207	72	0.08	5.76
OD (% de Saturación)	% de Saturación	61	60	0.17	10.2
<b>Valor del ICA</b>					<b>51.39</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 163.** ICA del río San Francisco cuenca baja 2, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja2 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1,600	23	0.15	3.45
pH	Unidades de pH	8.09	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.76	58	0.1	5.8
Nitratos	mg/L	7.8	62	0.1	6.2
Fosfatos	mg/L	12.5	1	0.1	0.1

Cambio de Temperatura	°C	1.00	87	0.1	8.7
Turbidez	FAU	71	29	0.08	2.32
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	125	82	0.08	6.56
OD (% de Saturación)	% de Saturación	59	58	0.17	9.86
<b>Valor del ICA</b>					<b>52.59</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 164.** ICA del río San Francisco cuenca baja 3, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja3 (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>
Coliformes Fecales	NMP/100mL	>1,600	23	0.15	3.45
pH	Unidades de pH	8.11	80	0.12	9.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.76	58	0.1	5.8
Nitratos	mg/L	11.5	50	0.1	5
Fosfatos	mg/L	7.8	8	0.1	0.8
Cambio de Temperatura	°C	0.7	89	0.1	8.9
Turbidez	FAU	73	27	0.08	2.16
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	121	83	0.08	6.64
OD (% de Saturación)	% de Saturación	60	59	0.17	10.03
<b>Valor del ICA</b>					<b>52.38</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 165.** ICA de la Desembocadura del Río San Francisco, julio 2013.

<b>Río San Francisco Desembocadura (Julio 2,013)</b>					
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>w<sub>i</sub></b>	<b>TOTAL</b>

Coliformes Fecales	NMP/100mL	1600	18	0.15	2.7
pH	Unidades de pH	8.71	61	0.12	7.32
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4.51	54	0.1	5.4
Nitratos	mg/L	3.2	80	0.1	8
Fosfatos	mg/L	8.7	6	0.1	0.6
Cambio de Temperatura	°C	0.7	83	0.1	8.3
Turbidez	FAU	0	98	0.08	7.84
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	6.5	81	0.08	6.48
OD (% de Saturación)	% de Saturación	83	88	0.17	14.96
<b>Valor del ICA</b>					<b>61.6</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 166.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río Quiscab Cuenca Alta, julio 2013.

Grupo taxonómico		Abundancia	Puntaje	Abu*punt	A*p/tot
Orden/Clase	Familia				
Clase Bivalvia		366	4	1464	0.697
Clase Turbellaria		60	5	300	0.143
Trichoptera	Limnephilidae	5		0	0.000
Coleoptera	Staphylinidae	3	6	18	0.009
Diptera	Chironomidae	333	8	2664	1.269
	Dixidae	62	5	310	0.148
	Simuliidae	396	6	2376	1.132
	Tipulidae	12	5	60	0.029
Ephemeroptera	Baetidae	311	6	1866	0.889
	Leptophlebiidae	1	5	5	0.002
Hemiptera	Gerridae	20	6	120	0.057
	Veliidae	33	5	165	0.079
	Corixidae	10	5	50	0.024
	Mesoveliidae	14	5	70	0.033
Lepidoptera	Crambidae	1	5	5	0.002

Odonata	Calopterygidae	146	7	1022	0.487
	Coenagrionidae	185	9	1665	0.793
	Aeshnidae	1	4	4	0.002
	Cordulegastridae	17	2	34	0.016
Trichoptera	Lepidostomatidae	98	2	196	0.093
	Hydropsychidae	22	5	110	0.052
	Leptoceridae	2	4	8	0.004
	Hydroptilidae	1	4	4	0.002
<b>Abundancia Total</b>		<b>2,099</b>			<b>5.963</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No.167.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río Quiscab Cuenca Media, julio 2013.

<b>Río Quiscab Cuenca Media (Julio 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Clase Bivalvia		5	4	20	0.07
Clase Turbellaria		1	5	5	0.02
Colembola	-	1	5	5	0.02
Coleoptera	Hydraenidae	1	5	5	0.02
Diptera	Chironomidae	67	8	536	1.99
	Dixidae	8	5	40	0.15
	Dolichopodidae	3	6	18	0.07
	Simuliidae	87	6	522	1.94
Ephemeroptera	Baetidae		6	0	0.00
Hemiptera	Corixidae	5	5	25	0.09
	Gerridae	2	6	12	0.04
	Vellidae	42	5	210	0.78
Odonata	Calopterygidae	7	7	49	0.18
	Coenagrionidae	33	9	297	1.10
Trichoptera	Hydropsychidae	1	5	5	0.02
	Lepidostomatidae	6	2	12	0.04
<b>Abundancia Total</b>		<b>269</b>			<b>6.55</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 168.** Cálculo del IBF-SV 2010 río Quiscab cuenca baja, julio 2013

<b>Río Quiscab Cuenca Baja (Julio 2,013)</b>				
<b>Grupo taxonómico</b>	<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/</b>

<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				<b>Total</b>
Diptera	Simuliidae	24	6	144	4.235
Ephemeroptera	Baetidae	9	6	54	1.588
Trichoptera	Hydropsychidae	1	5	5	0.147
<b>Abundancia Total</b>		<b>34</b>			<b>5.97</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 169.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río San Francisco Cuenca Alta, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media (Junio 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Coleoptera	Dystiscidae	1	7	7	1.17
Diptera	Dolichopodidae	1	6	6	1.00
Ephemeroptera	Baetidae	2	6	12	2.00
Hemiptera	Veliidae	2	5	10	1.67
<b>Abundancia Total</b>		<b>6</b>			<b>5.83</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 170.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río San Francisco Cuenca Media, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Media (Julio 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Diptera	Stratiomyidae	1	6	6	2.000
Hemiptera	Veliidae	2	5	10	3.333
<b>Abundancia Total</b>		<b>3</b>			<b>5.33</b>

Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Cuadro No. 171.** Cálculo del IBF-SV 2010 Río San Francisco Cuenca Baja, julio 2013.

<b>Río San Francisco Cuenca Baja (Julio 2,013)</b>					
<b>Grupo taxonómico</b>		<b>Abundancia</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Abd * Ptj</b>	<b>(Abd*Ptj)/ Total</b>
<b>Orden / Clase</b>	<b>Familia</b>				
Coleoptera	Elmidae	1	4	4	0.024
Diptera	Chironomidae	166	8	1328	7.952
<b>Abundancia Total</b>		<b>167</b>			<b>7.98</b>



**Fotografía No. 67.** Especimen de la familia Stratiomyidae del orden Diptera



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

## Anexo No. 2. Manual Práctico in situ



Grandes grupos de macroinvertebrados	Características ambientales de hábitat y respuesta poblacional	Imagen y valoración
<p>Insecta-Ephemeroptera</p>	<p>Los Ephemeropteros son un orden de insectos, a los que comúnmente se les llama efémeras o efímeras. Este nombre se les da por tener una etapa de adulto bastante corta, lo que hace de su vida efímera. Una vez salen del huevo viven en el medio acuático, ya sean ríos o lagos en forma de ninfras (esta etapa puede durar de unos meses a un año). Cuando han madurado, salen del agua para reproducirse. Su vida adulta es muy corta ni siquiera tienen órganos para ingerir alimentos ( Serrano Cervantes, Leopoldo 2010).</p> <p>Son excelentes indicadores de aguas claras y limpias, aunque hay especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica. Por lo regular sus poblaciones son más</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;">  <div style="margin-left: 10px;">Leptophlebiidae (5)</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;">Baetidae (6)</div> </div> </div>

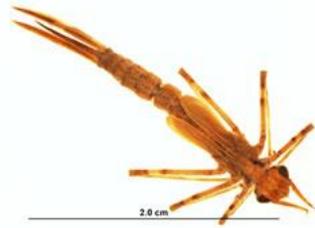
	<p>abundantes en aguas frías que en aguas cálidas y la mayor diversidad se encuentra en aguas con corriente. Los adultos son de vida terrestre y viven pocas horas, suficiente solo para reproducirse (Sermeño, Chicas 2010)</p>  <p>Heptageniidae (3)</p>	 <p>Leptoxyphidae (6)</p>  <p>Caenidae (7)</p>
<p>Insecta- Odonata</p>	<p>Los insectos del Orden Odonata a nivel mundial han sido descritas alrededor de 5,600 especies, su ciclo de vida puede durar desde unas pocas semanas hasta varios años. Dependiendo de la especie se pueden encontrar en aguas limpias o ligeramente contaminadas, aunque hay varias especies (de distintas familias) que pueden tolerar ambientes altamente contaminados (Sermeño Chicas, 2010)</p> <p>Son adultos terrestres comúnmente se les conocen como “caballitos del diablo” o “libélulas”. Sus larvas se encuentran en charcos o lagos, con abundante vegetación en la orilla. Se les considera indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. Algunas especies pueden soportar altos niveles de contaminación (Sermeño, Chicas 2010).</p> <p>Simulidae (a: larva; b: pupa) (3).</p>	<p>Corduliidae (1)</p> <p>Cordulegasteridae (1)</p>   <p>Aeshnidae (4)</p>

(a)



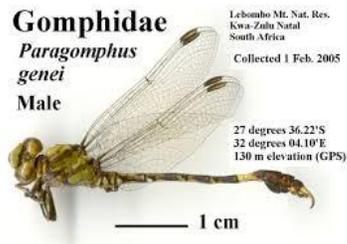
(b)

Calopterygidae



(7)

Gomphidae (7)



Coenagrionidae (9) 204

Platystictidae (1)



Lestidae (6)



Libellulidae (7)

Insecta- Hemiptera

Los Hemipteros se caracterizan por poseer las partes bucales modificadas y tener un “pico” chupador insertado cerca al extremo anterior de la cabeza.

Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de las aguas termales. Son depredadores de insectos acuáticos y terrestres ( Pcheco-Chaves, 2010).

En este grupo están las “chinchas de agua”, los cuales se encuentran tanto en aguas estancadas como aguas de corriente. Su hábitat es similar al de los odonatos; por lo que se les considera como indicadores en general del mismo tipo de agua (Sermeño, Chicas 2010).



Gerridae (6)



Veliidae (5)

Mesoveliidae (5)



Mesoveliidae  
wingless adult



Familia Corixidae (5)



Familia Notonectidae (5)



Pleidae (4)

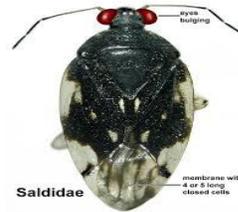
Gelastocoridae (5)



Gelastocoridae



Nepidae (5)



Saldidae (5)

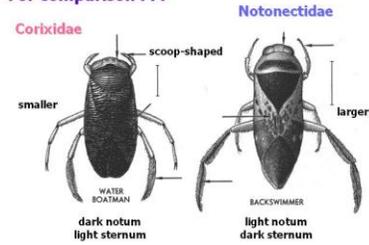


Naucoridae (6)



Ochtheridae (7)

For comparison . . .



Notonectidae (5)



Hebridae (6)



Belostomatidae (7)

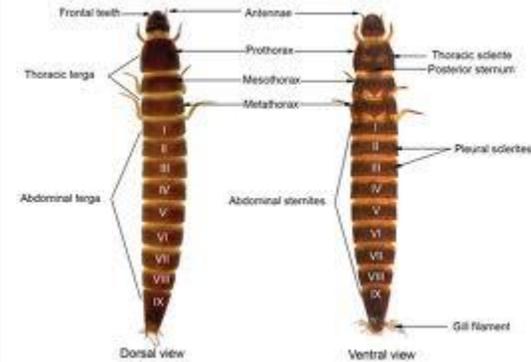
El Orden Coleóptera es uno de los extensos y complejos. Debido a que muchos de ellos son semiacuáticos a veces es difícil definirlos como acuáticos o terrestres: presentan un cuerpo compacto, la mayoría de los que son acuáticos. Viven en aguas continentales lóxicas y lénticas, representados por ríos, quebradas, riachuelos, charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas (Gutierrez-Fonseca, 2010).

Este es un grupo muy diverso y abundante. En su mayoría son indicadores de aguas limpias, aunque hay especies que pueden soportar ciertos niveles de contaminación orgánica. Se les encuentra en una gran diversidad de hábitats, tanto en la corriente como en zonas de remansos con vegetación y en aguas estancadas (Sermeño, Chicas 2010).

Ptilodactylidae (3)

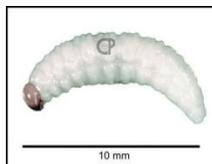
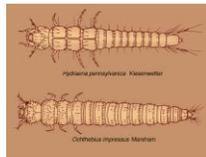


Dryopidae (4)

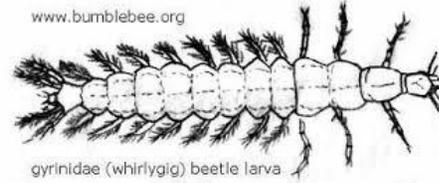


Elmidae (4)

Hydraenidae (5)

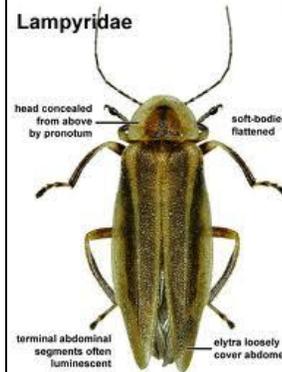


Dytiscidae (1).



Gyrinidae (3)

Lampyridae

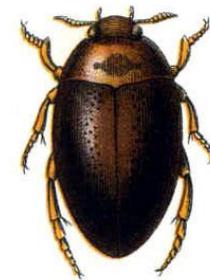


Lampyridae (3)



Hydroscaphidae (4)

Noteridae (4)



Psephenidae (4)

Insecta-  
Trichoptera

Los Tricópteros son insectos que se caracterizan por hacer casas o refugios que constituyen en un estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación. Son insectos Holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat (lóticos y lénticos) pero en los lóticos fríos es donde parece presentarse la mayor diversidad. La mayoría de estos organismos viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de las piedras, troncos y material vegetal: algunas especies viven en aguas quietas y remansos de quebradas. En general son buenos indicadores de aguas oligotróficas (Springer, Mónica 2010).

Este grupo se caracteriza porque las larvas construyen refugios o casitas, a partir de piedritas, arena y hojas de árboles. Las larvas viven largos períodos de tiempo en tales refugios. Se les considera excelentes indicadores de aguas limpias y frías, aunque hay algunas especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica y altas temperaturas. Junto a los efemerópteros y plecópteros son los mejores indicadores de aguas claras y limpias. Los adultos son terrestres (Sermeño, Chicas 2010).



Xiphocentronidae (2)



Polycentropodidae (3)

Familia Hydrobiosidae (4)



Glososomatidae (1)

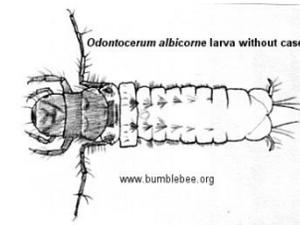
Familia Hydropsychidae (5)



Calamoceratidae (2)



Lepidostomatidae (2)



Odontoceridae (2)



Figure 10 - Lateral view of Hydroptilidae larvae and case

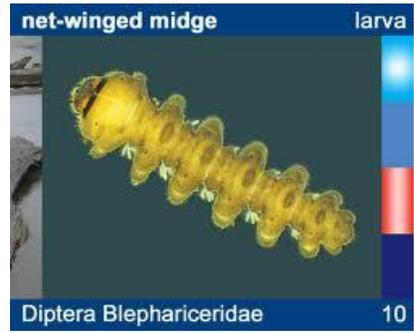


	 <p>Philopotamidae (5)</p>	<p>Hydroptilidae (4)      Leptoceridae (4)</p>  <p>Helicopsychidae (5)</p>
<p>Insecta- Megaloptera</p>	<p>Son poco diversos y sus larvas viven asociadas a piedras en la zona de corriente de ríos y quebradas. Depredan las larvas de otros insectos acuáticos y pueden tolerar niveles intermedios de contaminación orgánica. Su desarrollo pueden durar hasta varios años y los adultos terrestres son de vida relativamente corta (Sermeño Chichas, 2010).</p>	
<p>Insecta- Diptera</p>	<p>Los Dipteros acuáticos constituyen uno de los Ordenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en todo el mundo. Su literatura a nivel mundial es tan abundante, que para analizarla con cierto grado de detalle, había que hacerlo por familias, y en ciertos casos, por géneros. Son insectos Holometábolos, su hábitat es muy variado; se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aun en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como la familia Simuliidae o contaminadas como Tipulidae y Chironomidae ( Menjivar Rosa, 2010).</p> <p>Es un grupo extremadamente diverso. Sus larvas se caracterizan por no poseer patas. Una gran mayoría son indicadoras de aguas contaminadas, siendo las más</p>	 <p>Stratiomyidae</p>  <p>Simuliidae</p>

conocidas las especies pertenecientes a la familia Chironomidae. En algunas familias (Psychodidae,

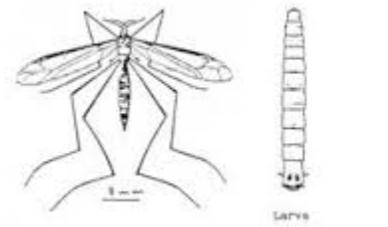
Syrphidae, Ephydriidae) Hay especies que soportan los más altos niveles de contaminación otras, como la familia Blephariceridae son indicadores de aguas claras y limpias. Este orden también tiene importancia médica, ya que muchas especies transmiten enfermedades venéreas (en especial la familia Culicidae) (Sermeño, Chicas 2010).

Blephariceridae



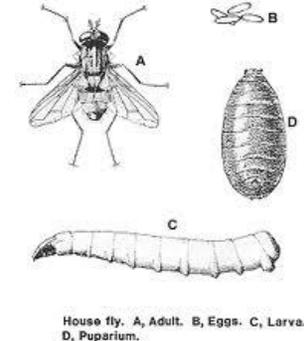
(0)

Tipulidae

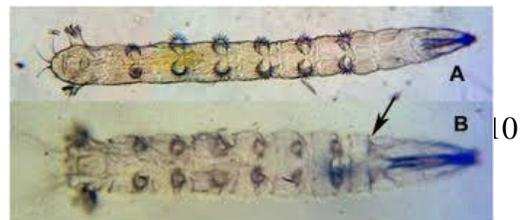


(5)

Muscidae (9)



Empididae ( 6)

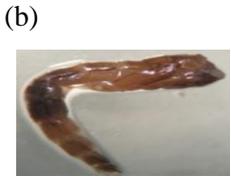


10

Ceratopogonidae



Chironomidae (a: larva; b: pupa) (4).



(a)

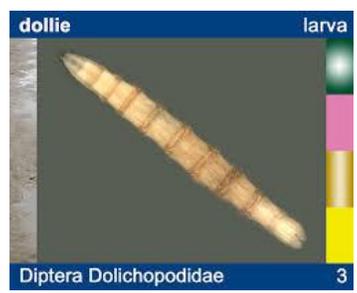
(b)

Dixidae (5)

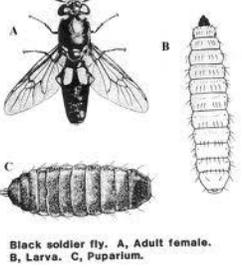
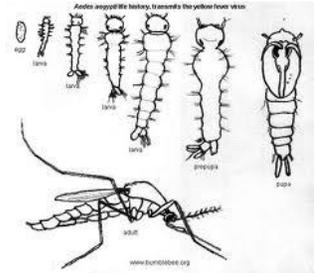
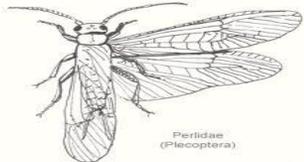


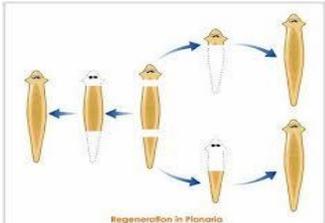
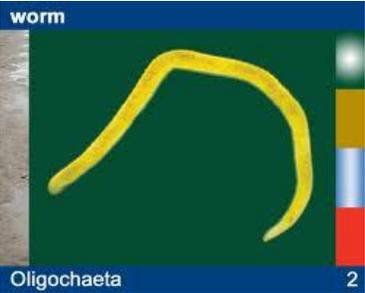
Ephydriidae (9)

Dolichopodidae (6)



3

<p>Insecta Plecoptera</p>	<p>Stratiomyidae (6)</p>  <p>Black soldier fly. A, Adult female. B, Larva. C, Puparium.</p> <p>Es un grupo de poca diversidad en Centroamérica, que vive en agua muy limpias y claras; preferiblemente frías y bien oxigenadas. En general, son excelentes indicadores de buena calidad de agua (Gutierrez Fonseca 2010).</p>	<p>Simuliidae (6)</p>  <p>Perlidae (2)</p>  <p>Perlidae (Plecoptera)</p>
<p><b>Grupos diferentes de los insectos</b></p>		
<p>Phylum Nematomorpha</p>	<p>Nematomorfos, viene del griego “vena” o “hilo” con aspecto de hilo, conocidos como nematodos y nematelmintos, se conocen alrededor de 25,000 especies. Producen enfermedades de transmisión alimentaria, se conocen como gusanos redondos, porque su cuerpo es alargado cilíndrico no segmentado (Roldán Gabriel, 1988). Pueden existir en vida marina, agua dulce, en el suelo y especies parasitas de plantas y animales incluyendo el hombre.</p>	
<p>Phylum Plathelmintes</p>	<p>Los Plathelmintos (Platyhelminthes o plathelminthes del griego “plano” y helmintos “gusano”). Es un filo de animales invertebrados, hermafroditas, habitan en ambientes marinos fluviales, terrestres húmedos, muchos son parásitos que necesitan del huésped para pasar del estado larvario a otros estados adultos (Roldán, Gabriel 1988). Cuatro clases pertenecen a este Phylum: Turbelarios,</p>	

	<p>Monogénes, Tremátodos y Céstodos.</p> <p>Turberlarios: Este grupo pertenecen las planarias que pueden llegar a ser abundantes, viven en aguas estancadas o de poca corriente; con la contaminación orgánica aumenta su número considerablemente. Fundamentalmente viven adheridos a troncos y piedras.</p>	
<p>Annelida-Oligochaeta</p>	<p>Los Anélidos (Annelida, del latín annellum “anillo” y del griego ides “miembro de un grupo”). Grupo de invertebrados vermiforme (forma de “gusano” y cuerpo segmentado en anillos). El cuerpo está compuesto por numerosos metámeros o anillos similares entre sí. Gusanos marinos “polituetos” y las lombrices de tierra y las anguijuelas, se encuentran en ambientes húmedos, agua dulce y la tierra (Roldán, Gabriel 1988).</p> <p>Son lombrices de agua y a este grupo pertenece el género Tubifex; el cual es un indicador de máxima contaminación acuática (Sermeño, Chicas 2010).</p> <p>Orden nematoda (5)</p>  <p>Orden Planaria (5)</p> 	<p>Orden Oligochaeta (10)</p> 

<p>Annelida- Hirudinea</p>	<p>Son las “sanguijuelas”, y su presencia se interpreta como indicadores de aguas contaminadas con materia orgánica, sus poblaciones son típicas de aguas con reciente contaminación o en vías de recuperación (Sermeño Chicas 2010).</p>	<p>Orden Hirudinea (7)</p> 
<p>Mollusca - Gastropoda</p>	<p>Los moluscos (Mollusca, del latín Molluscum “blando”) forman uno de los grandes filos del reino animal. Son invertebrados no segmentados, de cuerpo blando, desnudo o protegido por una concha. De este grupo los que forman parte de los macroinvertebrados son los Bivalvos y los Gasterópodos (Martinelli, Jordi 2009). A este grupo pertenecen los caracoles de agua que en general son indicadores de aguas contaminadas con abundante materia orgánica. Es frecuente un grupo poco conocido (Sermeño Chicas 2010).</p> <p>Orden Gastropoda, Familia Planorbidae (7)</p> <p>Orden Gastropoda, Familia Physidae (9)</p>	 <p>Orden Bivalvia (4)</p> <p>Orden Gastropoda, Familia Hydrobiidae (4)</p> 

### Anexo No. 3. Trifoliar del método IBF-SV-2010

#### INDICE BIOLÓGICO O BIOTICO A NIVEL DE FAMILIAS (IBF)

(Hilsenhoff 1988)

VALOR IBF-SV-2010	Categoría	Calidad del agua	Interpretación de Contaminación
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

Ejemplo de cálculo del IBF-SV-2010, con datos hipotéticos

Orden	Familia	Abd.	Pg.	AbdX Pg	(AbdX/Pg) total
Diptera	Chironomidae	6	8	48	1.60
	Chironomidae (pupa)	7	8	56	1.87
	Psychodidae	13	7	91	3.03
	Simuliidae	1	6	6	0.20
Ephemeroptera	Baetidae	2	6	12	0.40
Coleoptera	Elmidae	1	4	4	0.13
Total		30	IBF-SV(2010)		7.23

#### Bibliografía:

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)/José Miguel Serrano Chicas, Leopoldo Serrano Cervantes, Mónica Springer (et al) 1ª. Ed. San Salvador. Editorial Universitaria (UES), 2010.43P. II Col. 22cm.



Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYT  
 Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología-SENACYT  
 Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología-FODECYT  
 Universidad de San Carlos de Guatemala-USAC-  
 Centro de Estudios del Mar y Acuicultura-CEMA-

**PROYECTO FODECYT 19-2011**  
 “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”.

**Investigadora principal:**  
 MSc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo

**Asociación entre grupos taxonómicos generales de macroinvertebrados acuáticos y determinados hábitats donde pueden abundar (modificado de Roldán-Pérez 1997)**

**1. Insecta - Ephemeroptera**

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
<p>Son excelentes indicadores de aguas claras y limpias, aunque hay especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica. Por lo regular sus poblaciones son más abundantes en aguas frías que en corriente. Los adultos son de vida terrestre y viven pocas horas, suficiente solo para reproducirse.</p>	<p>Heptageniidae (3) Leptophlebiidae (5) Baetidae (6) Leptohyphidae (6) Caenidae (7)</p>
 <p>Baetidae (6)</p>	 <p>Leptohyphidae (6)</p>

**2. Insecta- Odonata**

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo de familias y puntaje o grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas
<p>Sus adultos terrestres comúnmente se les conoce como "caballitos del diablo" o "libélulas". Sus larvas se encuentran en charcos o lagos, con abundante vegetación en las orillas. Se les considera indicadores de aguas entre limpias y medianamente contaminadas con materia orgánica. Algunas especies pueden soportar altos niveles de contaminantes</p>	<p>Corduliidae (1) Platystictidae (1) Cordulegasteridae (2) Aeshnidae (4) Lestidae (6) Calopterygidae (7) Gomphidae (7) Libellulidae (7) Coenagrionidae (9)</p>
 <p>Calopterygidae (7) Coenagrionidae (9)</p>	 <p>Corduliidae (1) Libellulidae (7)</p>

**3. Insecta - Hemiptera**

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
<p>En este grupo están las "chinchas de agua", los cuales se encuentran tanto en aguas estancadas como en aguas corrientes.</p> <p>Su hábitat es similar al de los odonatos; por lo que se les considera como indicadores en general del mismo tipo de agua.</p>	<p>Pleidae (4) Corixidae (5) Gelastocoridae (5) Mesovelidae (5) Nepidae (5) Notonectidae (5) Saldidae (5) Veliidae (5) Gerridae (6) Hebridae (6) Naucoridae (6) Belostomatidae (7) Ochteridae (7)</p>
 <p>Gerridae (6)</p>	 <p>Notonectidae (5)</p>
 <p>Veliidae (5)</p>	 <p>Corixidae (5)</p>

#### 4. Insecta – Coleoptera

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
<p>Este es un grupo muy diverso y abundante. En su mayoría son indicadores de aguas limpias, aunque hay especies que pueden soportar ciertos niveles de contaminación orgánica. Se les encuentra en una gran diversidad de hábitats, tanto en la corriente como en zonas de remansos con vegetación y en aguas estancadas.</p>	<p>Gyrinidae (3) Lampyridae (3) Ptilodactylidae (3) Dryopidae (4) Elmidae (4) Hydroscaphidae (4) Noteridae (4) Psephenidae (4) Hydraenidae (5) Limnichidae (5) Lutrochidae (5) Curculionidae (6) Scirtidae (6) Staphylinidae (6) Dytiscidae (7) Hydrophilidae (7)</p>
	<p>Psephenidae (8)      Dytiscidae (7)</p>

#### 5. Insecta – Trichoptera

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
<p>Este grupo se caracteriza porque las larvas construyen refugios o casitas, a partir de piedritas, arena y hojas de árboles. Las larvas viven largos periodos de tiempo en tales refugios. Se les considera excelentes indicadores de aguas limpias y frías, aunque hay algunas especies que toleran ciertos niveles de contaminación orgánica y altas temperaturas. Junto a los efemerópteros y plecópteros son los mejores indicadores de aguas claras y limpias. Los adultos son terrestres.</p>	<p>Glossosomatidae (1) Calamoceratidae (2) Lepidostomatidae (2) Odontoceridae (2) Xiphocentronidae (2) Polycentropodidae (3) Hydroptilidae (4) Leptoceridae (4) Helicopsychidae (5) Hydropsychidae (5) Philopotamidae (5)</p>
	<p>Hydropsychidae (5)      Leptoceridae (4)</p>
	
	<p>Hydrobiosidae      Lepidostomatidae (2)</p>

#### 6. Insecta- Megaloptera

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional
<p>Son pocos diversos y sus larvas viven asociadas a piedras en la zona de corriente de ríos y quebradas. Depredan las larvas de otros insectos acuáticos y pueden tolerar niveles intermedios de contaminación orgánica. Su desarrollo puede durar hasta varios años y los adultos terrestres son de vida relativamente corta.</p>

#### 7. Insecta Plecoptera

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
<p>Es un grupo de poca diversidad en Centroamérica, que vive en aguas muy limpias y claras; preferiblemente frías y bien oxigenadas. En general, son excelentes indicadores de buena calidad del agua.</p>	<p>(P) Perlidae (2)</p>

### 8. Insecta- Diptera

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo familias y grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas
<p>Este es un grupo extremadamente diverso. Sus larvas se caracterizan por no poseer patas. Una gran mayoría son indicadores de aguas contaminadas, siendo las más conocidas las especies pertenecientes a la familia Chironomidae. En algunas familias (Pisicodidae, Syrphidae, Ephydriidae) hay especies que soportan los más altos niveles de contaminación. Otras, como la familia Blephariceridae son indicadores de aguas claras y limpias. Este orden también tiene importancia médica, ya que muchas especies transmiten enfermedades: venaeras (familia Culicidae)</p>	<p>Blephariceridae (0)                      Dixidae (5)                      Tipulidae (5)                      Dolichopodidae (6)                      Empididae (6)                      Simuliidae (6)                      Stratiomyidae (6)                      Tabanidae (6)                      Psychodidae (7)                      Caratopogonidae (8)                      Chironomidae (8)                      Ephydriidae (9)                      Muscidae (9)                      Culicidae (10)                      Syrphidae (10)</p>
 <p>Simuliidae (6)</p>	 <p>Dixidae (5)</p>
 <p>Stratiomyidae (6)</p>	 <p>Tipulidae (5)</p>
	 <p>Chironomidae (8)</p>
	 <p>Caratopogonidae (8)</p>

### 9. Turbellaria- Tricladida

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
A este grupo pertenecen las planarias que pueden llegar a ser abundantes. Viven en aguas estancadas o de poca corriente; con la contaminación orgánica aumenta su número considerablemente. Fundamentalmente viven adheridos a troncos y piedras.	Planarias (5)

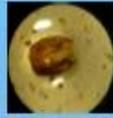
### 10. Annelida – Oligochaeta- Nematodos

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
Son lombrices de agua y a este grupo pertenece el género Tubifex, el cual es un indicador de máxima contaminación acuática.	Nematoda (5)

### 11. Annelida - Hirudinea

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
Son las "sanguijuelas", y su presencia se interpreta como indicadores de aguas contaminadas con materia orgánica, sus poblaciones son típicas de aguas con reciente contaminación o en vías de recuperación.	Hirudinea (7)

### 12. Mollusca - Gastropoda

Características ambientales del hábitat y respuesta poblacional	Ejemplo y valoración
Este grupo pertenecen los caracoles de agua que en general son indicadores de aguas contaminadas con abundante materia orgánica. Es frecuente un grupo poco conocido.	Bivalvia (4) (Gastropoda) Hydrobiidae (4) (Gastropoda) Physidae (9)
 <p>Mollusco clase Bivalvia.</p>	 <p>Molusca, Gastropoda</p>

**Anexo No. 4. programa de actividad para la divulgación de los resultados del Proyecto “FODECYT 19-2011”**



**PRESENTACIÓN DEL PROYECTO FODECYT 19-2011  
TITULADO:**

**“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”**

Fecha: 28 de noviembre 2013 Lugar: Panajachel  
Programa

<b>Hora</b>	<b>Actividad</b>
<b>09:00 - 09:30</b>	Bienvenida por parte de DICA-AMSCLAE
<b>09:30 – 10:00</b>	Presentación de SENACYT, FODECYT y Proyecto FODECYT 019-2011
<b>10:00 – 10:30</b>	Presentación de la metodología y análisis de las muestras por parte T.A. José Ortiz
<b>10:30 – 11:00</b>	Coffee Break
<b>10:30 – 11:30</b>	Presentación de los resultados del proyecto FODECYT 019-2011 por parte de M.Sc. Norma de Castillo
<b>12:00 – 13:00</b>	Preguntas

**Fotografía No. 68.** Presentación del proyecto FODECYT 19-2011



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 69.** Equipo de trabajo



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

**Fotografía No. 70.** Asistentes a la actividad de presentación del proyecto FODECYT 19-2011



Fuente: Proyecto FODECYT 19-2011

## PARTE V. INFORME FINANCIERO

GRUPO		RANGLOS	NOMBRE DEL GASTO	ASIGNACIÓN PRESUPUESTARIA	TRANSFERENCIA		EJECUTADO	PENDIENTE DE EJECUTAR	
				Meses (-)	Meses (+)				
1			SERVICIOS NO PERSONALES						
	181		Estudios, investigaciones y proyectos de factibilidad	Q 122,000.00			Q 116,750.00	Q 5,250.00	
	121		Divulgación e información	Q 600.00			Q 600.00	Q -	
	122		Impresión, mecanización y reproducción	Q 800.00			Q 557.75	Q 242.25	
	133		Viajes en el interior	Q 17,280.00	Q 2,638.74		Q 10,000.00	Q 4,641.26	
	169		Mantenimiento y reparación de otras maquinarias y equipos		Q 6,300.00	Q 6,300.00		Q -	
	189		Otros estudios y/o servicios: evaluación externa de impacto	Q 8,000.00				Q 8,000.00	
2			MATERIALES Y SUMINISTROS						
	243		Productos de papel o cartón			Q 91.25	Q 91.25	Q -	
	249		Otros productos de papel, cartón e impresos	Q 120.00			Q 95.40	Q 24.60	
	254		Productos de papel o cartón			Q 58.05	Q 58.05	Q -	
	261		Elementos y componentes químicos	Q 80,000.00	Q 18,350.00		Q 50,350.60	Q 11,299.40	
	262		Combustibles y lubricantes	Q 12,000.00	Q 994.20		Q 3,998.00	Q 7,007.80	
	268		Productos plásticos, nylon, vinyl y pvc	Q 12,000.00			Q 13,368.56	Q 750.44	
	272		Productos de vidrio	Q 12,000.00			Q 11,583.55	Q 416.45	
	289		Otros productos metálicos	Q 1,000.00				Q 1,000.00	
	291		Útiles de oficina			Q 99.40	Q 99.40	Q -	
	293		Útiles educativos y culturales			Q 271.04	Q 271.04	Q -	
	295		Útiles médicos, médico-quirúrgicos y de laboratorio	Q 500.00		Q 6,994.20	Q 7,494.20	Q -	
	298		Accesorios y repuestos en general			Q 6,300.00	Q 6,300.00	Q -	
3			PROPIEDAD, PLANTA, EQUIPO E INTANGIBLES						
	323		Equipo médico-sanitario y de laboratorio			Q 1,550.00	Q 1,550.00	Q -	
	329		Otras maquinarias y equipos			Q 4,500.00	Q 4,412.00	Q 88.00	
			GASTOS DE ADMÓN. (10%)						
				Q 266,500.00	Q 28,282.94	Q 28,282.94	Q 226,979.80	Q 59,520.20	
MONTO AUTORIZADO				Q 266,500.00				Disponibilidad	Q 34,320.20
EJECUTADO				Q 226,979.80					
SUBTOTAL				Q 39,320.20					
CAJA CHICA				Q 5,000.00					
TOTAL POR EJECUTAR				Q 34,320.20					



