



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Biología del Medio Ambiente

Evaluación de los Parámetros Físico-Químico y Biológicos de la Laguna  
El Junco Antes, Durante y Después de la Erradicación de la Tilapia  
(*Oreochromis niloticus*). Isla San Cristóbal - Galápagos

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Bióloga

Autor:  
Rosa Mily Obando Pallo

Director:  
Blgo. Edwin Javier Zárate Hugo

Cuenca, Ecuador  
2009

## **DEDICATORIA**

Con amor y admiración a Sonia y Edmundo, mis padres, por el legado más grande que pudiera recibir de ellos.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes de una u otra forma, fueron importantes para el desarrollo de esta tesis.

A Fernando, porque jamás existirá una forma de agradecer por todo lo que me has dado, porque sabes escuchar y brindar ayuda cuando es necesario, porque te has ganado mi amor, admiración y respeto.

A mi director de Tesis Blgo. Edwin Zárate por sus revisiones y comentarios en la realización de este trabajo

En agradecimiento especial al Parque Nacional Galápagos, especialmente al MSc. Washington Tapia, a la MSc. Maryuri Yépez y Nelson García, por las facilidades logísticas brindadas, a los guardaparques Olmedo G., Oscar Ch., Mario P., Javier C., Jeffrey M., Milton M., Alonso T., Abel T., por su ayuda y sus ocurrencias en el trabajo de campo.

Un reconocimiento de gratitud a la PhD Miriam Kannam, Blgo. Diego Vimos, Blga. Verónica Toral, Javier López, Blga. Natalia Tirado, Blgo. Eddy Araujo, Blgo. Juan Carlos Murillo por sus observaciones y sugerencias.

A la Blga. Mónica Prado por su colaboración en la identificación de plancton.

A mis hermanos Milbia, Alex y Vania porque gracias a sus consejos y apoyo he llegado a realizar unas de mis grandes metas.

A Jenny C., Leonardo V., Sebastián R., Jhosellyn A., Dalila G., por su apoyo incondicional en las salidas de campo.

¡A todos ellos, muchas gracias!

## RESUMEN

La introducción de *Oreochromis niloticus* en El Junco, generó un problema ecológico; para lograr su erradicación se aplicó rotenona en la laguna. Con el fin de identificar los efectos producidos en la laguna, se evaluó el estado físico-químico del agua y su caracterización biológica antes, durante y después de la aplicación de la rotenona. Al evaluar las variables físico-químicas del agua, se determinó que la presencia de la tilapia no cambió el estado de la laguna. Los resultados obtenidos de la caracterización biológica mostraron diferencias espacio-temporales en términos de composición y abundancia, los cuales indicaron que fueron afectados por la presencia de la tilapia y por la rotenona.

## **ABSTRACT**

An ecological problem was generated for the introduction of *Oreochromis niloticus* at El Junco lagoon. Rotenone was applied in order to eliminate this specie. With the aim of identify the effects produced after this treatment, the physical – chemical water status was evaluated before, during and after rotenone application. Results evaluation allowed us to conclude that the specie introduced did not affected the lagoon status. Biological parameters evaluated showed space – time differences in terms of plankton composition and abundance. This fact may indicate that this parameter was affected by *O. niloticus* introduction and rotenone application.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de figuras.....	vii
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos.....	8
<b>CAPITULO I: METODOLOGÍA</b>	
1.1 Ubicación geográfica.....	9
1.2 Clima.....	10
1.3 Área de estudio.....	11
1.3.1 Ubicación de las estaciones de monitoreo.....	12
1.3.2 Caracterización física-química.....	14
1.3.3 Caracterización biológica.....	15
1.4 Manejo de datos.....	17
<b>CAPITULO II: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
2.1 Caracterización físico-química.....	18
2.2 Caracterización biológica.....	40
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Variación de temperatura de la laguna El Junco en los cinco meses de monitoreo.....	19
Figura 2: Variación de temperatura en octubre/2007.....	19
Figura 3: Variación de temperatura en diciembre/2007.....	21
Figura 5: Variación de temperatura en enero/2008.....	21
Figura 6: Variación de temperatura en marzo/2008.....	22
Figura 7: Variación de oxígeno disuelto en El Junco en los cinco meses de monitoreo.....	23
Figura 8: Variación de oxígeno disuelto en octubre/2007.....	24
Figura 9: Variación de oxígeno disuelto en noviembre/2007.....	25
Figura 10: Variación de oxígeno disuelto en diciembre/2007.....	25
Figura 11: Variación de oxígeno disuelto en enero/2008.....	26
Figura 12: Variación de oxígeno disuelto en marzo/2008.....	27
Figura 13: Variación de pH durante los cinco meses de monitoreo en El Junco.....	28
Figura 14: Variación de conductividad en El Junco en los cinco meses de monitoreo.....	30
Figura 15: Variación de la turbiedad durante los cinco meses de monitoreo.....	31
Figura 16: Variación de DBO registrado en El Junco en los cinco meses de monitoreo.....	32
Figura 17: Variación de ST en El Junco en los cinco meses de monitoreo.....	34
Figura 18: Concentración de Ca en la laguna El Junco en los cinco meses de monitoreo.....	35
Figura 19: Representación gráfica del análisis CART.....	36
Figura 20: Representación gráfica del análisis físico-químico <i>in-situ</i> .....	37
Figura 21: Clasificación de los parámetros físico-químico en los cinco meses de monitoreo.....	38
Figura 22: Riqueza de taxones de macroinvertebrados acuáticos del litoral por monitoreo.....	43
Figura 23: Abundancia de macroinvertebrados acuáticos del litoral por monitoreo.....	44
Figura 24: Riqueza de taxones de la fauna bentónica.....	46
Figura 25: Abundancia de la fauna bentónica.....	46
Figura 26: Riqueza de taxa de zooplancton.....	49
Figura 27: Abundancia de zooplancton.....	50
Figura 28: Riqueza de taxones de fitoplancton.....	57
Figura 29: Abundancia de fitoplancton (arrastre horizontal).....	58
Figura 30: Abundancia de fitoplancton (arrastre vertical).....	59

Tabla 1: Comparación físico-química de la laguna El Junco.....	39
Tabla 2: Composición numérica y porcentual de macroinvertebrados acuáticos del litoral.....	42
Tabla 3: Composición numérica y porcentual de la fauna bentónica.....	45
Tabla 4: Composición cualitativa y cuantitativa de zooplancton. Arrastre horizontal (org/m <sup>3</sup> ).....	48
Tabla 5: Composición cualitativa y cuantitativa de zooplancton. Arrastre vertical (org/m <sup>3</sup> ).....	53
Tabla 6: Composición cualitativa y cuantitativa de fitoplancton. Arrastre horizontal (org/m <sup>3</sup> ).....	55
Tabla 7: Composición cualitativa y cuantitativa de fitoplancton. Arrastre vertical (org/m <sup>3</sup> ).....	56

**Obando Pallo Rosa Mily**  
**Trabajo de Graduación**  
**Director: Blgo. Edwin Javier Zárate Hugo**  
**Marzo, 2009**

**Evaluación de los Parámetros Físico-Químico y Biológicos de la Laguna El Junco Antes, Durante y Después de la Erradicación de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Isla San Cristóbal - Galápagos**

**INTRODUCCIÓN**

En el borde de la cima principal volcánica de San Cristóbal se encuentra el cerro conocido con el nombre de El Junco, contiene una laguna permanente (Colinvaux P, 1968), el nombre de la laguna se debe a los bancos de juncias que se encontraban presentes a lo largo de su línea costera.

De acuerdo a Colinvaux (1982), la laguna se encuentra en un cráter de origen explosivo, denominado *maars*. Es un edificio volcánico menor, de construcción explosiva, asociado con erupciones freamagmáticas superficiales (Ceballos, Flores & Robertson 2002).

Su ubicación en la zona ecuatorial, donde la influencia del fenómeno del ENSO es más fuerte, permite diferir su comportamiento de otras lagunas. El Junco ha retenido agua aproximadamente 10000 años, lo cual ha permitido realizar varios estudios; dónde núcleos de sedimentos y polen han sido utilizados para analizar la frecuencia con la que los eventos de más intensidad del ENSO han ocurrido en las islas y a nivel global, permitiendo reconstruir la historia del clima (Steinitz-Kannan et al 2004, Colinvaux 1982, Colinvaux & Schofield 1976a y 1976b); también se realizó

comparaciones de plancton de las lagunas y lagos de los Andes ecuatorianos y de Galápagos (Steinitz-Kannan 1979) y un estudio de los recursos hídricos en la isla San Cristóbal fue efectuado por Adelinet (2005) en donde la laguna fue parte de la investigación.

La laguna, forma parte del Parque Nacional Galápagos y es considerada como Zona de Conservación y Restauración de Ecosistemas; lo cual significa que puede o no presentar organismos introducidos u otro tipo de impacto de origen humano, por lo tanto puede manifestar un cierto grado de alteración de los niveles de integridad ecológica (Parque Nacional Galápagos 2006, en Informe Técnico, Sevilla & López 2007).

En el Archipiélago de Galápagos, las especies exóticas se han introducido a partir de 1535 por el hombre, de forma intencional o incidentalmente (Atkinson R, Carrión V & Tye A 2007). Existen por lo menos 53 especies de muy alto riesgo, que podrían ingresar a Galápagos (Causton C 2007); las cuales podrán causar impactos negativos en la diversidad biológica, distorsión del flujo de energía del ecosistema, pérdida del endemismo, introducción de parásitos, bacterias y hongos; que pueden desencadenar epidemias en las demás especies e hibridación en el medio natural.

En el último estudio realizado por la Dra. Steinitz – Kannan en El Junco (septiembre de 2004) no reporta la presencia de ningún pez. En febrero de 2006; el PNG registra la presencia de peces exóticos en la laguna, tiempo más tarde realizan la identificación de estos peces y clasifican a estos organismos como *Oreochromis niloticus*, tilapia del Nilo (Torales V & Poulsom T, 2006).

Estos peces se liberaron intencionalmente y se establecieron en la laguna El Junco. No se tiene datos con exactitud de Quién y/o Cuándo se introdujo la tilapia, pero se

considera que su introducción fue alentar algún tipo de proyecto de desarrollo económico, destinado a la pesca deportiva, como se lo hace en ciertas lagunas o estanques cercanos a las comunidades del Ecuador continental, sin técnica alguna y de forma descontrolada, prometiendo así, grandes beneficios; pero no consideraron u omitieron los riesgos potenciales sobre los valores culturales, económicos o ambientales.

Las tilapias se han introducido en varios países tropicales y subtropicales donde las condiciones han sido favorables para su reproducción y crecimiento. (Acero A, Blanco J & Narváez J 2005). La extraordinaria plasticidad fenotípica de la tilapia le permitió adaptarse con gran facilidad en El Junco.

Se encontraron sitios de desove, visibles en las orillas de la laguna, la mayoría de ellos estaban abandonados. Ante la falta de alimento y de espacio, las tilapias se maduraron sexualmente y se reprodujeron cuando alcanzaron un tamaño más pequeño de lo normal. Matthews (2005) manifiesta, que los machos son los encargados de escoger el sitio de desove en el substrato, limpian los nidos constantemente esperando atraer una hembra, después del cortejo la hembra suelta los huevos dentro del nido, el macho se acerca y expulsa su esperma, dando lugar a la fecundación externa. Una vez fertilizados, los huevos son protegidos y ventilados con las aletas de los padres, o son incubados y criados dentro de la boca de uno o de ambos progenitores. El tiempo de incubación de los huevos es de 3 a 6 días.

Antes de la introducción de *Oreochromis niloticus*; El Junco albergaba una amplia variedad de formas de vida, tanto en la superficie, como en los sedimentos y en los substratos inmersos. El plancton y los macroinvertebrados acuáticos son las comunidades biológicas, características de este cuerpo hídrico. La fauna acuática de

la laguna estaba compuesta por 24 especies de invertebrados/crustáceos, por lo menos, nueve de ellas se las registraron como endémicas (Torales & Poulsen 2006).

La tilapia, al no ser una especie autóctona de El Junco, es considerada como especie exótica invasora. Entiéndase por especie exótica o especie invasora a cualquier especie que se establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural, es un agente que induce cambios y amenaza a la diversidad biológica nativa (UICN 2001).

Desde 1968, el Parque Nacional Galápagos (PNG) ha tenido como objetivo prioritario el control y erradicación de especies introducidas. Trabajando conjuntamente con la Fundación Charles Darwin, implementaron técnicas de control y/o erradicación en sitios estratégicos o en islas donde se encuentren (Atkinson R, Carrión V & Tye A 2007).

Dada la importancia que tiene la Laguna El Junco desde el punto de vista ambiental y turístico; el PNG investigó varios métodos de erradicación de peces, que no causen terribles impactos en la laguna. Los resultados de estas investigaciones permitieron determinar la estrategia más viable, que fue la aplicación de la rotenona, la cual fue cuidadosamente planificada, coordinada y ejecutada.

La rotenona es una toxina natural, que se extrae de las raíces de las plantas tropicales pertenecientes a la familia de las leguminosas (*Dalbergia paniculata*, *Derris elliptica*, *Lonchocarpus nicou*, *L. uruco*, *Tephrosia vogelii*, etc), originarias de América del Sur y del Suroeste de Asia y han sido utilizadas cientos de años para capturar peces para el consumo humano, por pescadores indígenas de varios pueblos primitivos (Bearez 1998 & Lockett 1998). Tiene varios nombres, dependiendo del

país donde se la utiliza se la puede conocer como cube, barbasco, intchipari (en la Amazonía), etc.

La rotenona es clasificada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) con una toxicidad de clase I o III (altamente toxica o ligeramente toxica) dependiendo de la fórmula del producto.

Se la usa en diferentes programas de manejo de pesquerías para: control de peces indeseables, erradicación de peces exóticos dañinos, cuantificación de poblaciones, restauración de especies amenazadas o en peligro, etc.

La erradicación de peces con rotenona tiene un éxito inconstante dependiendo del tipo de ambiente y la cantidad del esfuerzo consumido para completar la ejecución de dispersión del tóxico por todo el lago o drenaje (Hisata 2002 & Meronek *et al.* 1996).

Según Robertson & Smith (2008), la persistencia de la rotenona en el agua varía de pocos días a varias semanas, dependiendo de la estación del año. Su degradación toma más tiempo en el invierno, mientras que en el verano se puede degradar en pocas horas. A diferencia de otros pesticidas, la rotenona no persiste en el ambiente, es químicamente inestable y se degrada rápidamente en el ambiente bajo condiciones naturales, principalmente de la temperatura; pero también depende de la turbidez, niveles de luz, pH y oxígeno. Se degrada rápidamente en aguas cálidas, bien iluminadas y oxigenadas, en las cuales se puede degradar en menos de una semana, su toxicidad completa puede perderla entre dos a tres días con radiación solar alta, y entre cinco y seis días con radiación solar baja (Hinson 2000 & Walker *et al.* 1992).

La rotenona trabaja selectivamente con peces y otros organismos que respiren por medio de agallas. No sofoca a los peces o interfiere con la absorción de oxígeno en la sangre, es una toxina metabólica, que inhibe un proceso bioquímico a nivel celular, lo cual bloquea el transporte de electrones mitocondriales por inhibición de NADH ubiquinona reductasa; bloqueando así la absorción de oxígeno disuelto que es necesario en la pérdida de energía del proceso respiratorio. Los peces mueren por anoxia de los tejidos especialmente cardíaco y deterioro neurológico (Ling 2002). Los peces muertos retienen una pequeña cantidad de rotenona, principalmente en las partes no comestibles del cuerpo, con mayor acumulación en la cabeza, huesos, hígado y piel.

Tiene baja toxicidad en las aves y es muy improbable que las aves muestren efectos adversos luego de consumir peces muertos con rotenona. En un estudio realizado con aves mostró, que un ave que pese un cuarto de libra tendría que consumir 100 cuartos de agua con rotenona o más de 40 libras de peces o invertebrados en 24 horas para recibir una dosis letal; la misma ave consumiría normalmente 0.2 onzas de agua y 0.32 onzas de comida diaria.

Ling (2002) manifiesta que los mamíferos, que coman peces muertos o beban agua con rotenona, no podrán ser afectados, debido a que tienen enzimas naturales que se encuentra en el tracto digestivo; neutralizan la rotenona y la absorción gastrointestinal del tóxico es ineficiente y es rápidamente degradada por el hígado.

La sensibilidad de los invertebrados acuáticos a la rotenona es altamente variable, aunque son más resistentes que los peces, disminuye drásticamente su población, causando pérdidas significativas en la fauna de los invertebrados; los resultados son más evidentes en las estaciones de aplicación de la rotenona (Finlayson 2000). Las

especies de zooplancton como las Daphnias, Cladóceros y Copéodos son el grupo más sensible a la rotenona.

Por las razones anteriormente expuestas, se volvió necesario estudiar la laguna El Junco, para contar con información básica sobre la calidad de agua, su estratificación térmica, la fauna acuática y el impacto de la tilapia; de tal manera que se pueda contar con criterios que permitan desarrollar programas y medidas tendientes a su protección y conservación.

**Objetivo General:**

- Evaluar el impacto ecológico producido por la erradicación de *Oreochromis niloticus* en la laguna El Junco mediante el análisis de calidad de agua, estudio de composición de la comunidad planctónica y macroinvertebrados acuáticos.

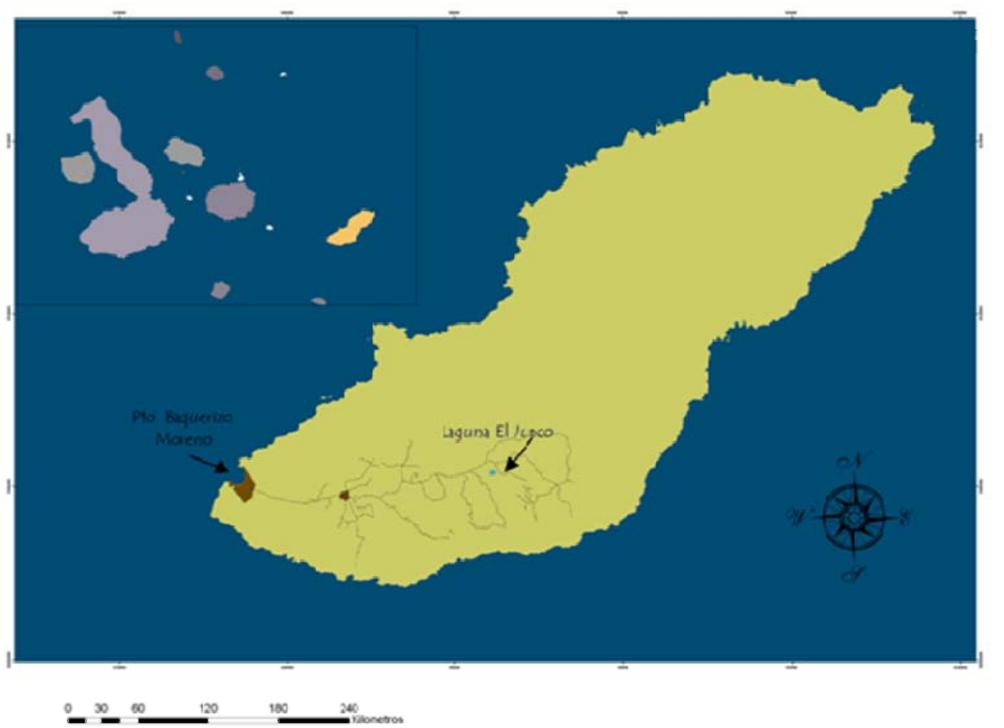
**Objetivos Específicos:**

- Evaluar el estado trófico de la laguna El Junco a partir de análisis de parámetros físico-químico de muestras de agua y medición de parámetros *in-situ* (Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura y pH)
- Establecer cualitativamente y cuantitativamente las diferentes taxa planctónicas (fitoplancton y zooplancton) presente en El Junco antes, durante y después de la erradicación de la Tilapia realizado por el Parque Nacional Galápagos.
- Establecer la estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.
- Comparar con estudios anteriores para determinar los cambios producidos en El Junco.

## CAPITULO I METODOLOGÍA

### 1.1 Ubicación geográfica

El Archipiélago de Galápagos se encuentra en el sur del Océano Pacífico, aproximadamente a unos 1000 km de la costa oeste del Ecuador Continental. Posee una superficie total emergida de 7.995,4 km<sup>2</sup> y una línea de costa de 1688 km (Parque Nacional Galápagos 2006, Cruz 2005, Bustamante R, *et al.* 2002).



**Mapa 1.** Vista aérea de la Isla San Cristóbal

El archipiélago consta de trece islas grandes, cinco islas consideradas medianas y 215 islotes de diferentes tamaño; las islas más antiguas se encuentran al sureste, mientras que las más recientes se encuentran al noroeste, donde se encuentra mayor actividad volcánica. En 1959 el Gobierno del Ecuador asignó al Servicio Parque Nacional Galápagos (SPNG) un 97% de su superficie terrestre para ser protegida; el resto del territorio está asignado a los asentamientos humanos (Altamirano M & Aguiñaga M 2002).

San Cristóbal (también llamada Chatham) se localiza al extremo oriental del Archipiélago, tiene una edad alrededor de 2.35 millones de años, está conformada por dos volcanes unidos; el más antiguo se encuentra en la parte media occidental de la isla y el más joven ubicado en la parte nororiental. La isla comprende un área aproximada de 558 km<sup>2</sup>, su cerro más alto es el San Joaquín con una altura máxima de 759 msnm (Moore A, Cifuentes M, De Roy T. 1996).

## **1.2 Clima**

Las corrientes oceánicas son las grandes responsables del clima de las Galápagos. Muchas de las islas en su totalidad son desérticas, exageradamente secas para soportar muchas plantas con vida (Horwell D 1988).

Las corrientes marcan durante el año dos estaciones climáticas: la estación fría o de garúa que va de mayo a noviembre, está influenciada por la corriente de Perú, también conocido como Humboldt, cuyas aguas llegan a Galápagos empujadas por los vientos alisios que provienen del sureste. Son aguas ricas en nutrientes y en ellas se registran una mayor abundancia de vida marina (Tapia S, Banks S, *et al.* 2004).

Mientras que la estación cálida o lluviosa, se presenta de diciembre a abril o mayo, en esta época predomina la corriente de Panamá, las cuales proporcionan el calentamiento del aire y del mar (Tye A, Snell H *et al.* 2002). Son aguas tropicales, menos salinas, relativamente pobres en nutrientes y como consecuencia de ello, disminuye la abundancia de vida marina en el archipiélago (con excepción de las islas Darwin y Wolf). Esta temporada puede ser repentinamente alterada por los eventos El Niño. Este evento se ha hecho más intenso y frecuente en los últimos 20 años. El movimiento de las aguas cálidas incrementa la evaporación y esto da como resultado lluvias intensas y prolongadas. (McMullen 1999, Rosenberg S & Sarbone E 2004).

El clima en el archipiélago es imprescindible y severo; los años de sequía ejercieron presión en la selección natural de plantas y animales, las especies adaptadas a climas secos tuvieron un periodo de especiación más largo que las especies adaptadas a climas húmedos. (Jackson M 1997).

### **1.3 Área de estudio**

El Junco, es un cuerpo de agua dulce permanente, situado al sureste de la Isla San Cristóbal, a 40 minutos de su puerto principal, con una altura de 650 m.s.n.m. Forma parte de las áreas protegidas por el Parque Nacional Galápagos. Tiene un volumen aproximado de 124.000 m<sup>3</sup> de agua y una superficie de 34.000m<sup>2</sup>. Se encuentra ubicada dentro en una zona muy húmeda, posee abundantes lluvias en la estación invernal y garúas en la estación seca.

No posee afluentes, ni efluentes; el nivel del agua aumenta con las continuas precipitaciones durante la época lluviosa; mientras que las intensas neblinas que

cubren totalmente la laguna, evitan la rápida tasa de evaporización durante la época seca.

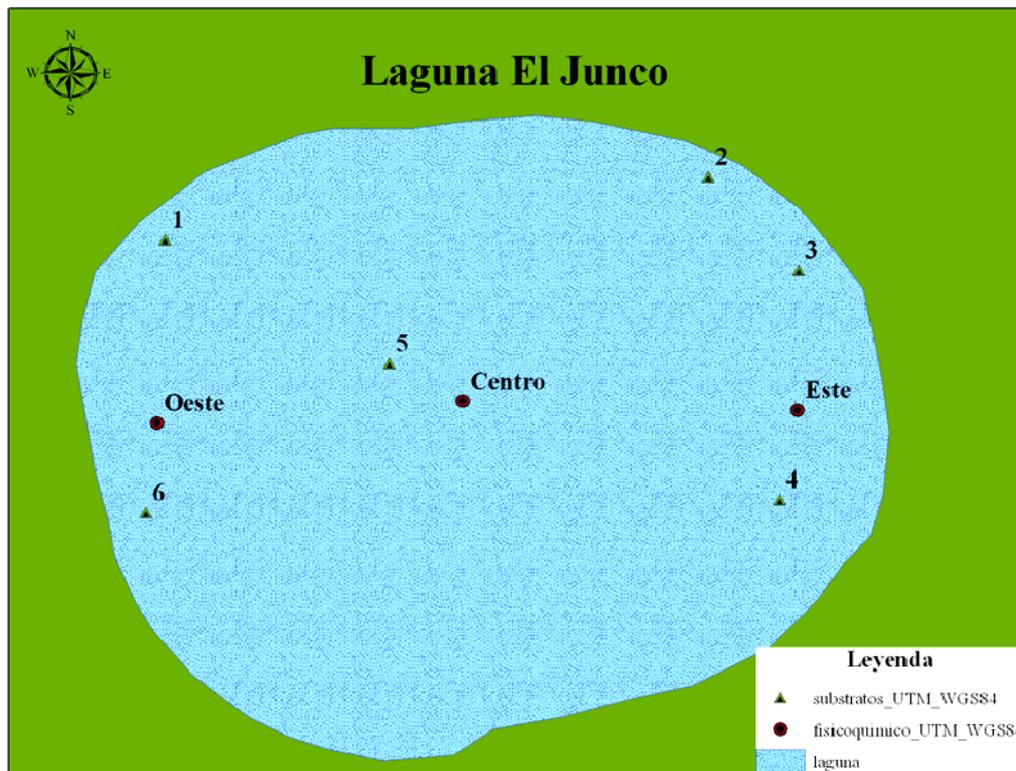
El 25 de enero de 2008, miembros del P.N.G; aplicaron 46 canecas de 5 galones de rotenona sobre la superficie de la laguna. Los peces afectados con rotenona comenzaron a emerger en la superficie a los 20 minutos del inicio del tratamiento. Los peces muertos comenzaron a hundirse, mientras que otros se acumularon en la línea costera, acarreados por el viento. A partir del 12<sup>avo</sup> día se dejó de recolectar tilapias muertas.

Se capturaron 39.958 peces, un 30% de los individuos fueron pesados y medidos. Las tilapias presentaban una longitud que va desde los 5 a 39 cm (Anexo 1).

### **1.3.1 Ubicación de las estaciones de monitoreo**

El estudio de la Laguna El Junco comenzó en septiembre de 2007 y terminó a mediados de marzo de 2008, realizando en total 5 monitoreos de parámetros físico-químico (3 monitoreos antes, 1 durante y 1 después de la aplicación de la rotenona) y 4 monitoreos biológicos (3 antes y 1 después de la aplicación de la rotenona) (Anexo 1).

Para determinar las características físico-químicas se establecieron 3 estaciones de muestreo; la primera al Oeste de la laguna, la segunda cerca del Centro de la laguna, la tercera se ubicó al lado Este. La ubicación de las estaciones se presenta en Mapa 2.



**Mapa 2.** Ubicación de las estaciones de monitoreo

### 1.3.2 Caracterización física y química

En cada estación de monitoreo y a profundidades definidas (a 20cm de la superficie y a 1 m antes del fondo de la laguna), una vez en el día (00:00 horas) se colectaron muestras de agua con la ayuda de la botella de Van Dorn (Anexo 1), con excepción de las superficiales. Las muestras obtenidas fueron colocadas en envases plásticos estériles, conservadas en bajas temperatura para evitar su deterioro. Estos fueron rotulados con la descripción de cada estación y profundidad. Se tomó en cuenta los parámetros de calidad de agua realizados por Kannan (1979). En el laboratorio de la Universidad del Azuay se determinaron las siguientes variables: Sólidos Totales,

Fosfatos, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Calcio y DBO. Los datos obtenidos de las variables físico-químico *ex-situ* se encuentran en el Anexo 2.

Durante los monitoreos, en las mismas estaciones de muestreo fueron registrados cada seis horas, parámetros ambientales como: Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura, Turbidez. Estos fueron medidos *In-situ* (Aranguren N, Bolívar A, Canosa A, *et al* 2002) mediante medidores digitales, los cuales se encontraban previamente calibrados. Los datos de las variables físico-químicas *in-situ* se encuentran en el Anexo 3.

Las metodologías utilizadas en el Laboratorio para analizar las muestras de agua de la laguna se encuentran en el Anexo 4.

Mediante una ficha, se llevó a cabo un registro de los datos obtenidos en el campo y en el laboratorio, con la información pertinente a cada punto de muestreo (Anexo 5).

### **1.3.3 Caracterización biológica**

Se realizó cuatro monitoreos cualitativos, exceptuando los monitoreos de macroinvertebrados acuáticos del litoral que se realizó cinco.

Para la captura de macroinvertebrados acuáticos se utilizó una red D, realizando batidas en las zonas de orillas de la laguna con vegetación y con una profundidad considerada. Los organismos obtenidos fueron fijados en alcohol al 90%; para su

posterior identificación taxonómica en el laboratorio; se usó un estereoscopio y claves de identificación llegando hasta el nivel de género, en ciertos organismos.

Para la fauna béntica se ubicaron al azar 6 substratos artificiales. Se trató de reproducir el hábitat de la laguna, colocando sedimento, piedras, fragmentos de ramas y palos del mismo lugar.

Las jaulas permanecieron sumergidas durante 30 a 40 días, luego de este lapso de tiempo las trampas fueron retiradas de la laguna para colectar el bentos. Los organismos capturados fueron almacenados, fijados en alcohol y posteriormente identificados.

Los organismos capturados fueron agrupados en categorías taxonómicas específicas, llegando el nivel de identificación hasta género; con excepción de los Chironomidos que se llegó sólo hasta familia y de Anélidos hasta orden. Tanto para la identificación de macroinvertebrados acuáticos como bentónicos se utilizaron claves taxonómicas de Roldán G (2003), Domínguez (1998) y Roldán G 1996.

Para fitoplancton y zooplancton se efectuó dos tipos de arrastre. 1. Arrastre superficial de las redes; con una velocidad lenta que duró 5 minutos a lo largo del radio de la laguna. 2. Arrastre vertical, las redes fueron descendidas en el centro de la laguna, sin tocar el substrato del fondo, el ascenso fue de forma lenta. (Arangúren N, Bolívar A, Canosa A, *et al*; 2002).

El muestreo de plancton se realizó una vez en el día, en las primeras horas de la mañana. Las muestras colectadas fueron preservadas en envases plásticos con una solución de formol con una concentración de 5%, y lugol, el cual permitió colorear las estructuras de los organismos capturados. Las muestras fueron colocadas a oscuras debido a que el lugol se oxida de manera fácil (González A, 1988).

Mediante la utilización de la cubeta Dolfus y un microscopio de contraste de fase, se determinó el número de organismos de zooplancton. Para la identificación de zooplancton se utilizaron claves de Pennak R (1996<sup>a</sup>), Pennak R (1996<sup>a</sup>), Paggi J (1986) y Paggi (1975).

#### **1.4 Manejo de datos**

Los diferentes datos obtenidos durante el presente proyecto fueron analizados en distintos programas; a fin de identificar la existencia de variaciones temporales de los parámetros físico-químicos *in-situ*, fueron evaluados a través de un análisis estadístico multivariado en el programa SCAN con pruebas de Clasificación CART. Las estaciones de monitoreo fueron mapeados con el programa Arcview 9.2 (ArcMap). La caracterización físico-química *ex-situ* y biológica fueron analizadas en el programa EXCEL (2007). Además también se realizó a un análisis descriptivo de cada uno de ellos.

## CAPÍTULO II

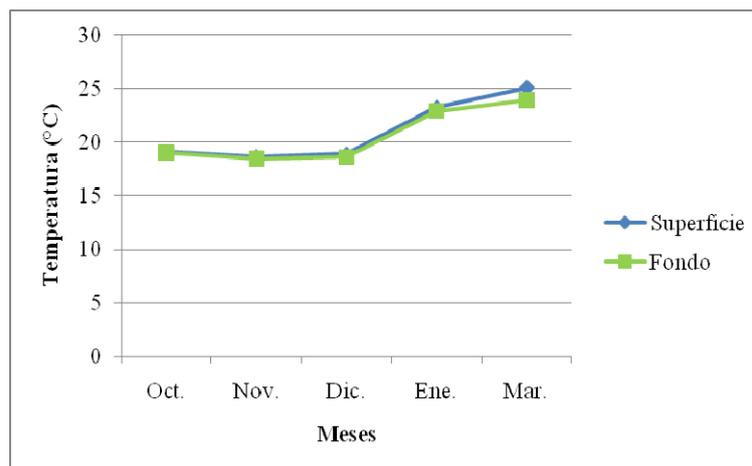
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 2.1 Caracterización físico-química

##### Temperatura

Octubre y noviembre, son los meses que se encuentran marcados por la estación fría, con temperaturas ambientales bajas que van desde los 15 hasta los 17°C; esto influye en la temperatura del agua de la laguna.

Las temperaturas más altas se presentaron en los meses de enero y marzo, son los meses más abrigados durante el proyecto (Figura 1).



**Figura 1.** Variación de temperatura de la laguna El Junco en los cinco meses de monitoreo.

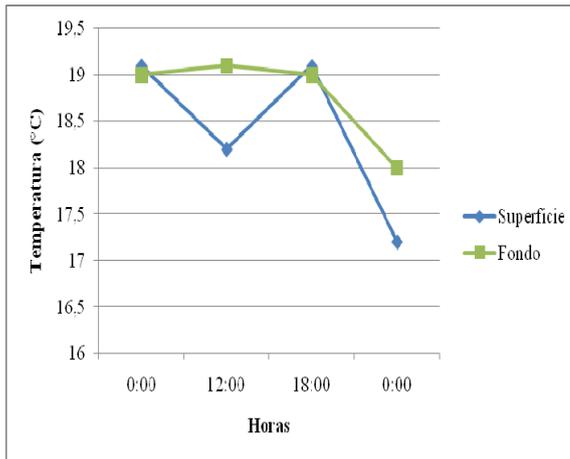
Se registró una ligera variación inversa de temperatura entre la superficie y a 1 metro antes del fondo de la laguna a las 12:00 y 0:00 en el mes de octubre; esto se debió a la presencia de las garúas constantes, alta nubosidad y sobre todo a los vientos fuertes, característicos de la época fría (Figura 2).

En noviembre aún continúa la presencia de garúas, nubosidad y de vientos, pero su fuerza es tenue. Al medio día, la columna de agua presenta una temperatura uniforme de 18.6°C. La máxima temperatura del agua se registra a las 18:00 en la superficie (19°C) y a un metro del fondo (18,7°C) la diferencia entre las dos profundidades, es de 0,3°C (Figura 3).

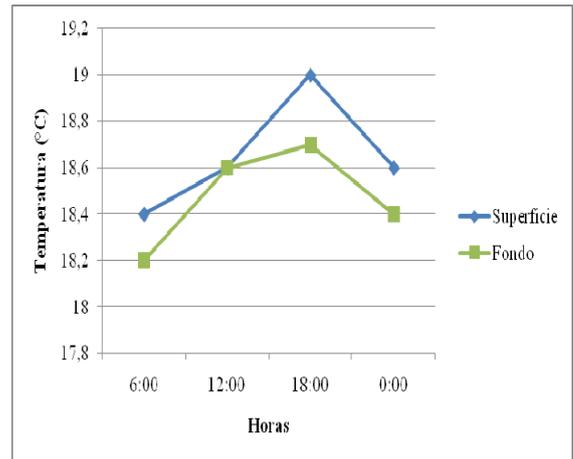
Los vientos y garúas en diciembre han desaparecido, pero la nubosidad sigue siendo ligera. Desde la seis de la mañana, hasta el medio día la temperatura del agua fue uniforme (19°C). A las seis de la tarde, la temperatura superficial no varió, pero existió una diferencia menor de 0,5°C entre la superficie y a un metro antes del fondo (Figura 4).

Comparando las temperaturas superficiales del primer monitoreo del día (06:00), entre diciembre y enero la temperatura del agua aumentó 4,3°C. Al medio día se registró en la superficie de la laguna, una temperatura máxima de 23,7°C; en los dos últimos monitoreos del día, la disminución de la temperatura del agua no fue considerable (Figura 5). En este mes la radiación solar y la temperatura del agua se incrementaron, esto seguramente favoreció la degradación rápida de la rotenona (Ling 2003, Robertson & Smith 2008).

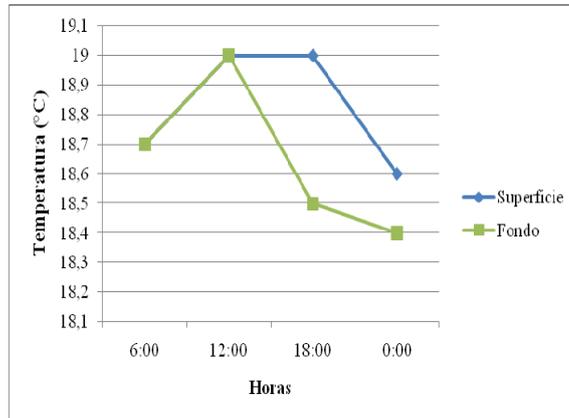
En marzo se registró una estratificación leve, la diferencia fue de casi 2°C entre la superficie y a un metro antes del fondo, en el tercer monitor (Figura 6). El incremento en la temperatura hace que la laguna se estratifique.



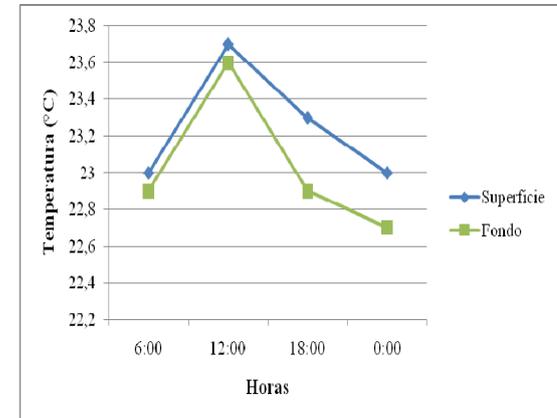
**Figura 2.** Variación de temperatura en octubre/2007.



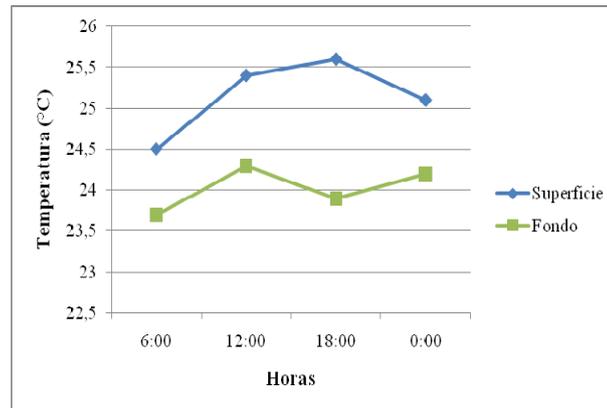
**Figura 3.** Variación de temperatura en noviembre/2007.



**Figura 4.** Variación de temperatura en diciembre/2008.



**Figura 5.** Variación de temperatura en enero/2008.



**Figura 6.** Variación de temperatura en marzo/2008.

### Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro muy importante en los cuerpos de agua, proporciona información de las reacciones químicas y bioquímicas; es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos (Wetzel R & Likens G 1991).

La Figura 7, muestra la variación de oxígeno entre la superficie y a un metro antes del fondo. Los valores registrados del OD en los tres primeros monitoreo y en el quinto, se encuentran dentro de los valores de saturación de oxígeno; exceptuando el cuarto monitoreo (enero) mes el cual se realizó la aplicación de la rotenona.



**Figura 7.** Variación de Oxígeno Disuelto en El Junco en los cinco meses de monitoreo.

En todos los monitoreos se observa una ligera disminución de OD a un metro antes del fondo de la laguna; esto se relaciona con la DBO, ya que la descomposición orgánica se realiza en el fondo de la laguna (Figuras 8 – 12).

En noviembre, los máximos valores de OD fueron de 8,30 ppm en la superficie y 7,5 ppm a un metro antes del fondo al medio día. En la media noche el oxígeno disuelto descendió a 7,90 ppm en la superficie y 6,60 ppm a un metro antes del fondo de la laguna. (Figura 9).

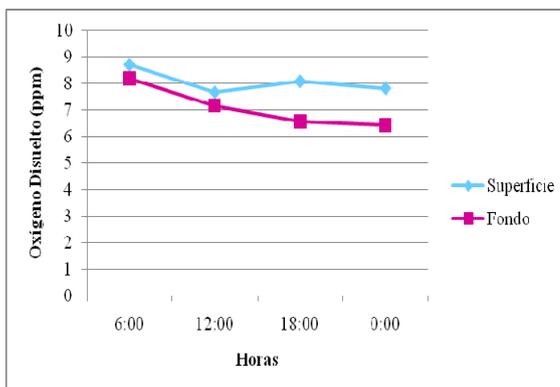
En diciembre hay notable diferencia de OD, entre la superficie y aun metro del fondo de la laguna; esto tiene relación con el aumento de la DBO que se produjo en el mismo mes, el aumento de la DBO se debió a que está relacionado con el aumento de la temperatura del agua (Figura 10).

La rotenona afectó a la vida acuática de la laguna; al disminuir el fitoplancton, se redujo el nivel de OD en el agua (Figura 11). Los valores mínimos de OD registrados

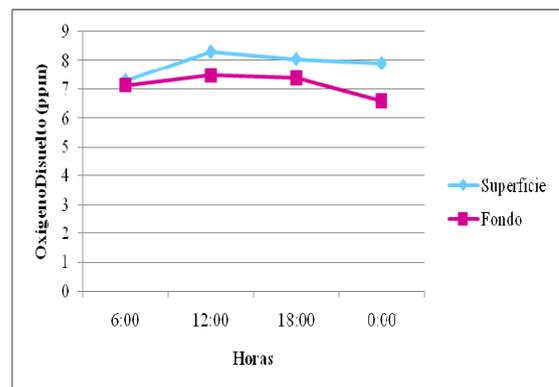
en enero, se presentaron durante el primer monitoreo de este mes; con valores de 5,34 ppm en la superficie y 4,39 ppm a un metro antes del fondo. Al medio día el oxígeno disuelto aumentó ligeramente y se mantuvo casi uniforme en el resto del día.

Después de un mes y medio de la aplicación de la rotenona, el oxígeno disuelto en el agua aumentó, llegando a un valor máximo de 8,81 ppm en la superficie y 8,32 ppm a un metro antes del fondo en la media noche (Figura 12).

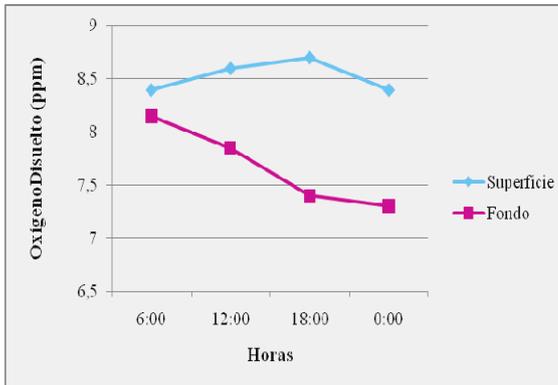
En condiciones naturales la producción de oxígeno disuelto de El Junco, entre la superficie y el fondo de la laguna, permanece más o menos constante a lo largo del ciclo día-noche y presenta valores superiores a 8 ppm de OD; por lo tanto, está dentro del rango de clasificación de las lagunas oligotróficas que presentan valores mayores a 5 ppm, mientras que las eutróficas registran valores menores a 5 ppm (Grupo No 4, 2006 & Roldán 1992).



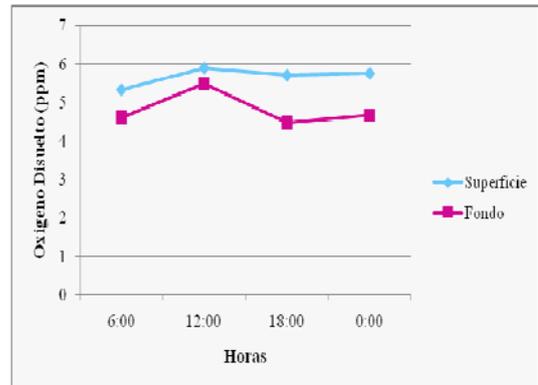
**Figura 8.** Variación del Oxígeno disuelto en octubre/2007.



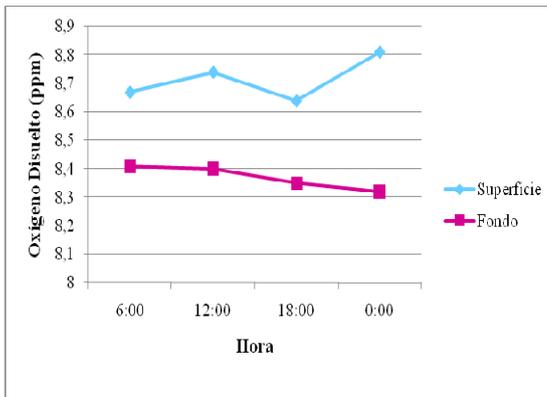
**Figura 9.** Variación del Oxígeno disuelto en noviembre/2007.



**Figura 10.** Variación del Oxígeno disuelto en diciembre/2007.



**Figura 11.** Variación del Oxígeno disuelto en enero/2008.

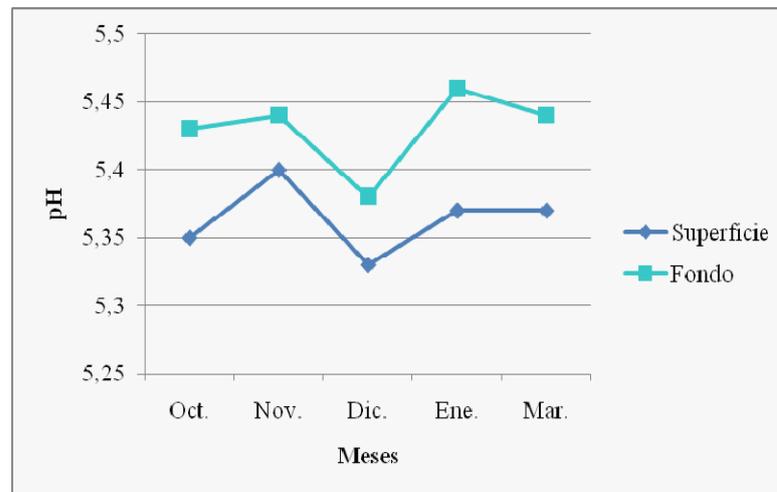


**Figura12.** Variación del Oxígeno disuelto en marzo/2008.

## pH

El pH del agua, es un carácter químico de vital importancia para el desarrollo de la vida acuática. Su origen puede ser natural o artificial. El origen natural está influenciado, entre otros, por el tipo de terreno o suelo que atraviesa el agua o donde ésta se encuentra (Alfayate, González, *et al*; 2004).

Los valores de las medianas del pH, encontrados en todos los monitoreos; presentaron una insignificante variación entre la superficie y a un metro del fondo; así como también en los cinco meses de monitoreo. Los rangos de variación del pH de la laguna, en la superficie es de 5,33 a 5,37 mientras que a un metro antes del fondo es de 5,38 a 5,46 (Figura 13).



**Figura 13.** Variación de pH durante los 5 meses de monitoreo en El Junco.

Habitualmente, el pH de las aguas dulces cálidas naturales propuesto por el TULAS, para la preservación de la flora y fauna, oscila entre 6,5 y 9. El agua de El Junco está por debajo del límite de la normalidad. Su acidez se debe a los ácidos orgánicos provenientes de la descomposición de la materia vegetal o animal y a su vez por ser de origen volcánico (Alfayate, González, *et al*; 2004).

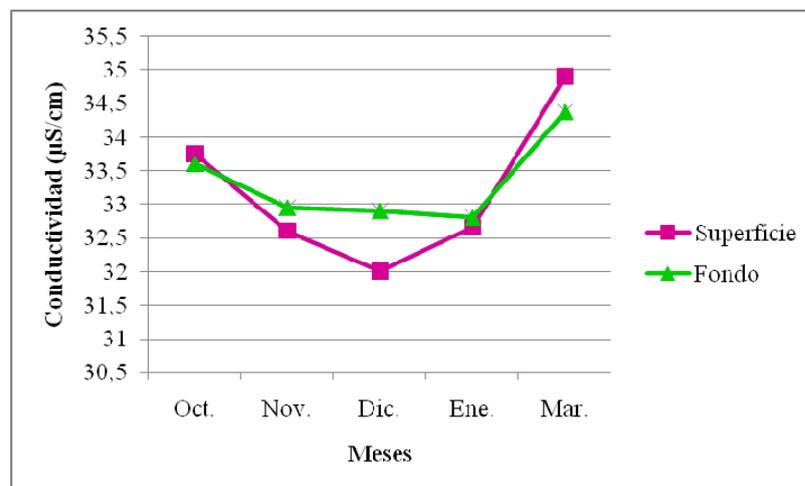
Roldán (1992) ha comprobado que los lagos, lagunas y ciénagas de las partes bajas tropicales presentan rangos de pH más amplios (5,0 a 9,0) los cuales dependen del

terreno y de la alcalinidad. Según este criterio el pH de la laguna El Junco está dentro de lo normal.

### Conductividad

La conductividad aporta valiosa información sobre el estado de un ecosistema acuático. En las zonas tropicales la conductividad varía de acuerdo con el tipo de lago (oligo o eutrófico) y en función de la profundidad, especialmente si el lago está o no estratificado. La concentración de la conductividad varía principalmente con las épocas de lluvias y de sequía.

En El Junco, el rango de variación de los valores de la mediana de la conductividad registrados durante los cinco meses de monitoreo es de 32 a 34,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la superficie y de 32,8 a 34,37  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a un metro antes del fondo (Figura 14).



**Figura 14.** Variación de Conductividad en el Junco en los cinco meses de monitoreo.

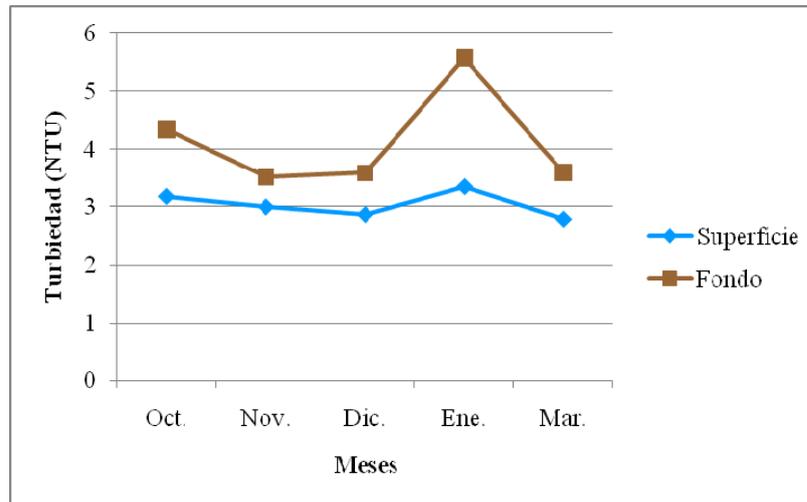
Roldán (1992), expone que los rangos de variación para lagos oligotróficos de las zonas tropicales están entre 20 y 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; la conductividad de la laguna El Junco está dentro de estos parámetros.

### **Turbiedad**

La turbiedad, define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada suspendida. Su papel más importante se relaciona con la transmisión de luz, ya que incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro de un ecosistema. (Wetzel R & Linkes G 1991).

Se registró una escasa elevación de la turbiedad en octubre; la presencia de garúas y vientos fuertes en el sitio, provocó la circulación del agua y con ello se puso en suspensión las partículas.

En el mes de marzo se evidenció el valor más alto de turbiedad a un metro del fondo (5,57 NTU), mientras que en la superficie la lectura de turbiedad fue de 3,35NTU. El incremento de la turbiedad se debió a la aplicación de la rotenona, la cual se realizó en este mes (figura 15).

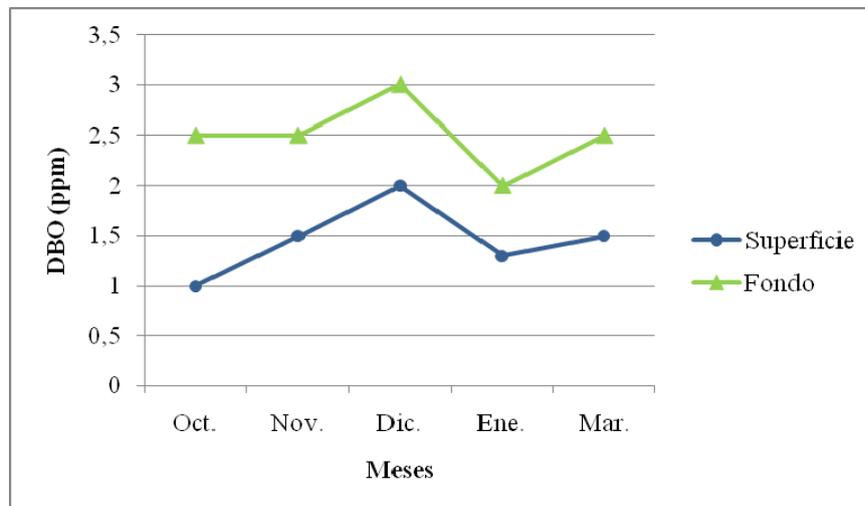


**Figura 15.** Variación de la turbiedad durante los cinco monitoreos.

### **DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)**

La DBO es la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para descomponer la materia orgánica. La Figura 16 ilustra el aumento de la DBO en los tres primeros meses hasta 2 ppm en la superficie y 3 ppm a un metro antes del fondo, en el cuarto mes disminuye y en el quinto restablece su aumento.

La disminución de DBO en el cuarto monitoreo, es resultado de la aplicación de la rotenona, ya que esta elimina a todos los organismos que respiren por medio del agua; y es claro que la rotenona afectó, a las bacterias que realizan la descomposición de la materia orgánica; consecuentemente la degradación biológica que se lleva a cabo por parte de las bacterias disminuyó en el cuarto mes de monitoreo.



**Figura 16.** Variación de DBO registrado en El Junco en los cinco meses de monitoreo.

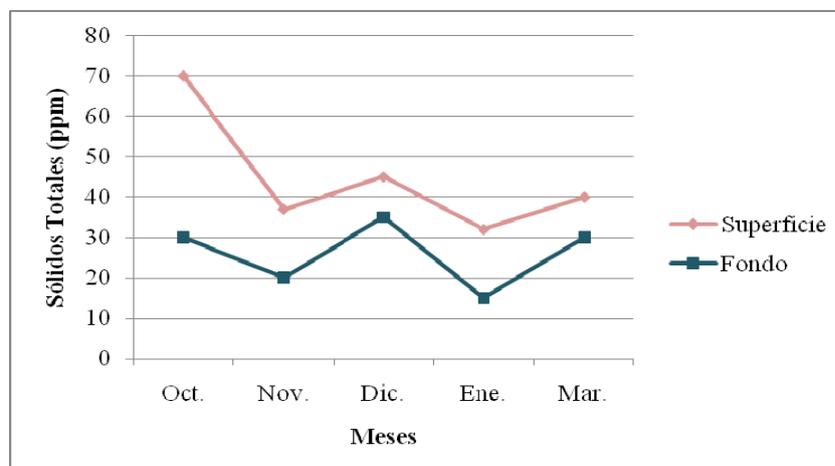
La temperatura contribuye al aumento de la DBO. El primer monitoreo se lo realizó en la época fría; conforme la temperatura del agua aumentaba, la DBO también se incrementaba. Cuando esto sucede el ciclo vital de la vida acuática se acelera, esto quiere decir que crecen más rápido y mueren más rápido; sus restos caen al fondo, donde son descompuestos por las bacterias; para este proceso, las bacterias requieren mayor cantidad de oxígeno y por ello la DBO es más alta en el fondo. Por lo tanto, a mayores temperaturas se acelera la descomposición por parte de las bacterias y ocasiona niveles altos de DBO (Alfayete J, González M, *et al*; 2004 & Roldan G 1992).

Dentro de la clasificación de la calidad del agua basada en el nivel de DBO; tomando en cuenta los datos registrados en la superficie, las aguas de la laguna El Junco se las puede clasificar dentro del grupo de aguas de puras ( $DBO < 3$  ppm).

### Sólidos disueltos

La concentración total de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales, permite conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua (Roldán 1992).

El rango de variación de las concentraciones de las medianas de los sólidos totales (ST) en la superficie es de 32 ppm (monitoreo 4) a 70 ppm (monitoreo 1); mientras que a un metro del fondo el rango de ST fue de 15 ppm (monitoreo 4) a 35 ppm (monitoreo 3). La variación de los sólidos totales disueltos registrados en los cinco meses de monitoreo se ilustra en la Figura 17.



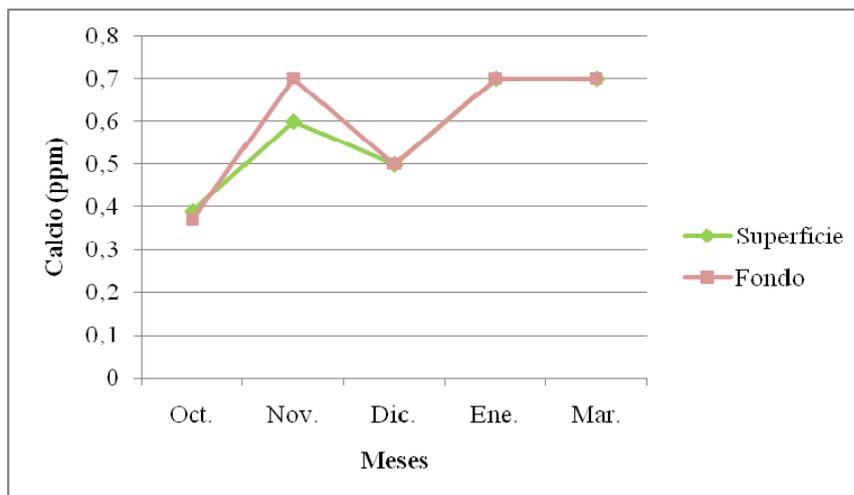
**Figura 17.** Variación de ST en El Junco en los cinco meses de monitoreo.

Los sólidos totales en la laguna El Junco son bajos, corresponden a aguas de productividad baja (entre 10 – 200 ppm, Roldán 1992).

## Calcio (Ca)

Se considera como un elemento inorgánico fundamental para las algas; actúa de diversas formas en el crecimiento y la dinámica de las poblaciones florísticas y faunísticas de las aguas dulces (Wetzel 1981).

Las concentraciones de Ca se mantuvieron uniforme en la columna de agua. Una mínima diferencia (0.1 ppm) se registró en el segundo monitoreo (Figura 18).



**Figura 18.** Concentración de Ca en la laguna El Junco en los cinco meses de monitoreo.

El nivel de calcio en El Junco es bastante inferior al de saturación, por lo tanto sus aguas son blandas; las cuales presentan variaciones estacionales mínimas en su distribución estacional.

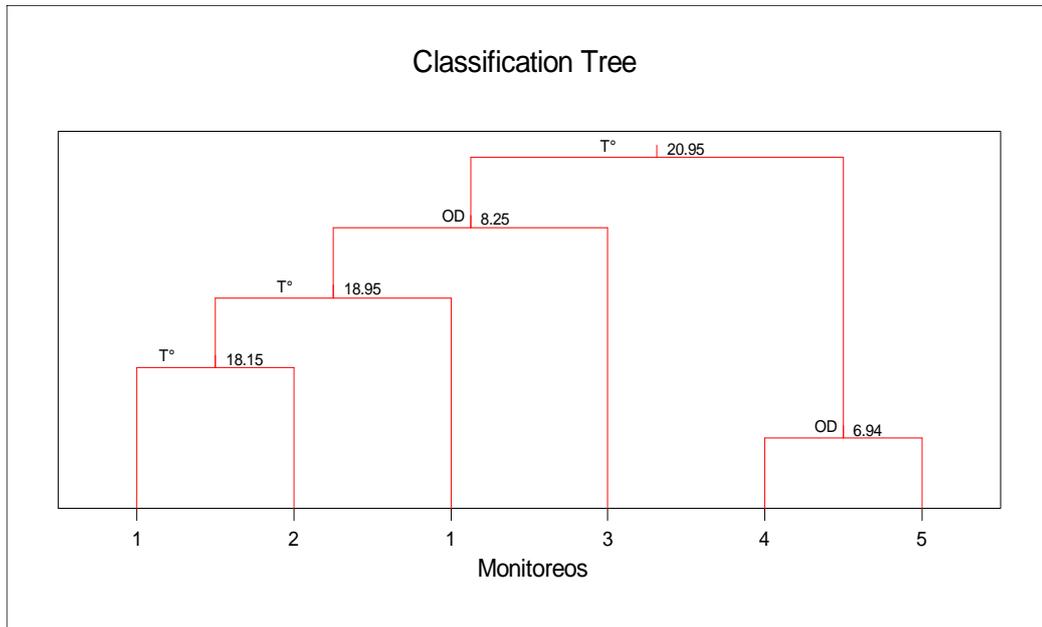
Las aguas de la laguna presentan valores bajos en calcio. Aguas que presentan valores menores a  $< 10$  mg/l de Ca, son clasificadas como aguas oligotróficas (Grupo No 4 2006).

### **Nitritos, Nitratos, Fosfatos y Sulfatos**

Nitritos, Nitratos y Fosfatos se registraron por debajo del límite de detección ( $< 0,1$  ppm), lo mismo sucedió con los Sulfatos ( $< 0,2$  ppm).

### **Análisis de datos**

Los parámetros físico-químico registrados *in-situ*, en los cinco meses de monitoreo, fueron sometidos a un análisis CART de exploración y clasificación; el cual determina si existe o no asociaciones entre en las mismas.

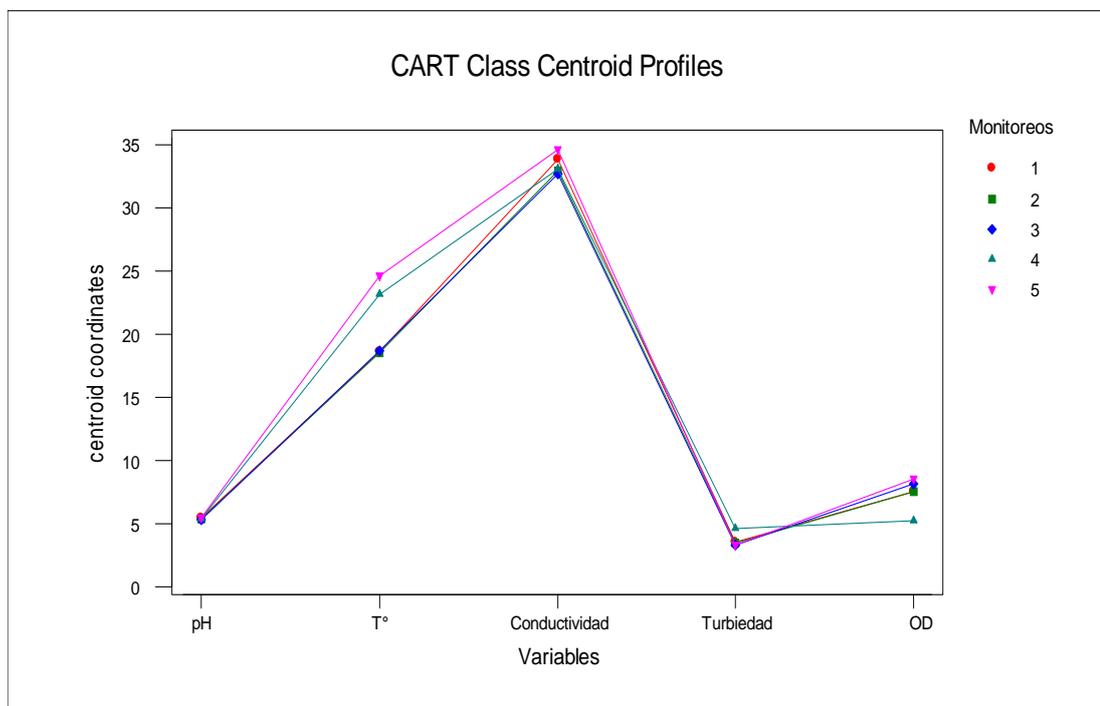


**Figura 19.** Representación gráfica del análisis CART.

El análisis CART (Figura 19) muestra una tendencia de agrupación entre los tres primeros meses de monitoreo que están por debajo de los  $20.95^\circ\text{C}$ ; mientras que los monitoreos 4 y 5 cinco (época cálida), presentan temperaturas superiores a los primeros monitoreos.

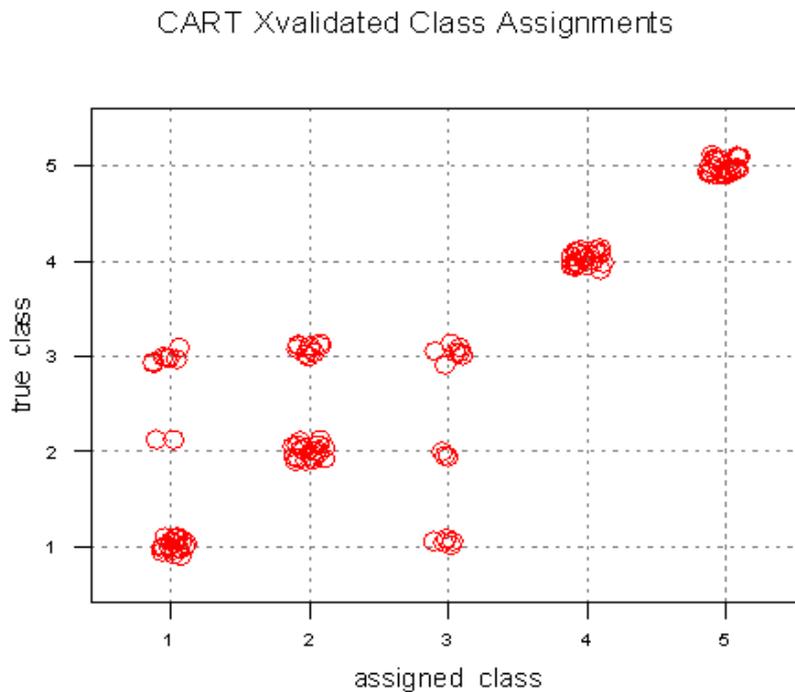
Conforme la temperatura del agua aumentaba, se aceleraba el ciclo de vida del fitoplancton y como resultado de esto se presentó una mayor producción de oxígeno disuelto en el tercer monitoreo con respecto a los dos anteriores. En el cuarto monitoreo, la disminución del oxígeno disuelto se debió a la aplicación de la rotenona; en el quinto monitoreo el oxígeno retomó sus valores normal.

En la Figura 20 proveniente del análisis CART de los parámetros físico-químico *in-situ* indica la afinidad que existe entre los diferentes meses de monitoreo. El oxígeno disuelto y la turbiedad del cuarto monitoreo, fueron alterados por la aplicación de la rotenona, por ello no existió una similitud con respecto a los demás monitoreos. En lo que se refiere a la temperatura, tampoco hay una similitud en los dos últimos monitoreos, ya que estos presentaron valores de temperatura superiores a los tres primeros.



**Figura 20.** Representación gráfica de los parámetros físico-químico *in-situ*.

No hay una tendencia clara en los tres primeros meses de monitoreo; los datos obtenidos en dichos meses se encuentran fuera de la diagonal principal; se puede considerar que su mal clasificación se debe a la temporada de garúas, vientos y a la baja intensidad lumínica, lo cual provocó una mezcla de la columna de agua (Figura 21).



**Figura 21.** Clasificación de los parámetros físico-químico en los cinco meses de monitoreo.

El Cross-validated Error rate del análisis CART fue 0.2250.

### Comparación con estudios Anteriores

Para realizar la comparación de los datos físico-químico se utilizaron los datos obtenidos en el mes de marzo del monitoreo de la media noche, ya que sólo en esta hora se tomaron muestras para los análisis físico-químico *ex-situ* y también se la escogió, debido a que Colinvaux (1966) y Kannan (1977) realizaron su estudio, una sola vez en el día (julio, época fría).

**Tabla 1.** Comparación físico-química de la laguna El Junco.

<b>Parámetros Físico-Químicos</b>	<b>Unidades</b>	<b>P. Colinvaux 1966 (Tarde)</b>	<b>M. Kannan. 1977 (09:00)</b>	<b>2008 00:00</b>
DBO	Ppm	ND	ND	2
Oxígeno Disuelto	Ppm	ND	8,1	8,59
Temperatura	°C	18,5	12	24,2 / 25,8
Ca	Ppm	0,3	0	0,9
pH		5,5	5,5	5,35
Conductividad	µS/cm	ND	ND	40,3
Turbiedad	NTU	ND	ND	3,44
Sólidos Totales Disueltos	Ppm	ND	ND	35
Nitritos	Ppm	ND	ND	< 0,1
Nitratos	Ppm	0,6	0,04	< 0,1
Sulfatos	Ppm	0,4	5	< 0,2
Fosfatos	Ppm	0,06	0,04	< 0,1

Los parámetros que presentaron cambios y que se pudo comparar con los dos estudios anteriores fueron la temperatura y el calcio. Colinvaux (1966) registró en el mes de julio una temperatura de 18°C; once años más tarde Kannan (1977) a las 09:00, registra una temperatura de 12°C; los dos encontraron que la temperatura en la columna de agua se encontraba uniforme. Mientras que a la media noche del 16 de marzo de 2008 se registró en la superficie 25,8°C y a un metro antes del fondo 24,2°C, esto quiere decir que la columna de agua estaba estratificada.

El calcio registrado (0,9 ppm) en marzo de 2008 es superior a los dos estudios anteriores. Su variación podría deberse a las diferentes metodologías empleadas para el análisis de calcio; Kannan (1977) en su análisis de calcio utilizó el método titrimétrico de EDTA, mientras que en el 2008, se utilizó el método de Absorción

atómica. Aún así los valores de calcio son bajos, por lo tanto está dentro de los valores de calcio para lagos o lagunas oligotróficas (< 10 ppm).

## **2.2 Caracterización Biológica**

### **Composición de macroinvertebrados acuáticos del litoral**

Durante los cinco monitoreos en la laguna El Junco, no se encontró mucha variedad de grupos taxonómicos. La mayor parte de los grupos se encontraban dentro de la clase Insecta. El grupo que presentó mayor frecuencia en todos los monitoreos fue el Orden Díptera (Tabla 2). Los monitoreos 1, 2 y 3 se realizaron antes, el monitoreo 4 fue durante, mientras que el monitoreo 5 se lo realizó un mes y medio después de la erradicación de la tilapia. En el Anexo 6 se ilustra las fotos de los macroinvertebrados capturados.

En el monitoreo 1 se halló un bajo número de taxones, la taxa más abundante fueron los Chironomidos (95%), mientras que el 5 % del total de insectos le perteneció a *Anax* (Tabla 2)

En el monitoreo 2, los Chironomidos ocupó el porcentaje total (100 %) de la fauna capturada.

Se encontraron cinco géneros en el monitoreo 3. Los Chironomidos fue la taxa más abundante (70,8%); los géneros *Aeschna* (12,5%), *Anax* (8,33%), *Ophiogomphus* y

*Brachyptera* (4,17%) presentaron porcentajes bajos. No se registró ningún organismo en el monitoreo 4.

Dentro de los insectos, *Dystiscus* (25,9%) es el género que predominó, en el monitoreo 5; los Chironomidos (20,5%), *Acanthagrion* (15,1 %), *Thermonectus* (13,7%), *Heterelmis* (9,27%), *Neritina* (6,348%), *Gyraulus* (5,36) son las taxas que le sigue en importancia a *Dystiscus*.

En Haplotaxida sólo se llegó hasta nivel de orden, este grupo presentó el menor porcentaje en el monitoreo 5, constituyendo el 3,9%.

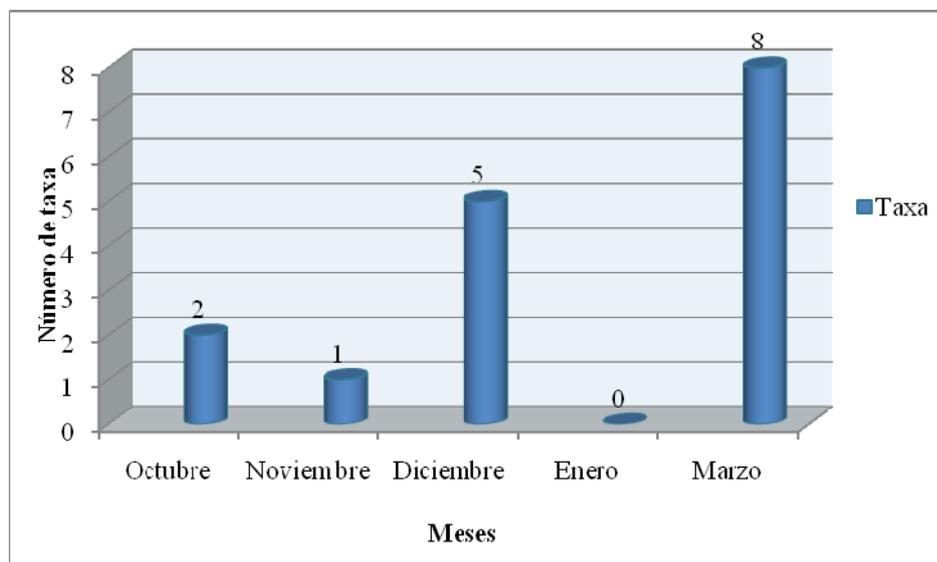
**Tabla 2.** Composición numérica y porcentual de macroinvertebrados acuáticos del litoral registrados en la laguna El Junco.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Número y Porcentaje Total Colectado									
					Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero		Marzo	
					No	%	No	%	No	%	No	%	No	%
Artrópoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Anax</i>	1	5	0	0	2	8,3	0	0	0	0
				<i>Aeschna</i>	0	0	0	0	3	13	0	0	0	0
			Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	31	15,1
			Libellulidae	<i>Ophiogomphus</i>	0	0	0	0	1	4,2	0	0	0	0
		Plecoptera	Taeniterygidae	<i>Brachyptera</i>	0	0	0	0	1	4,2	0	0	0	0
		Diptera	Chironomidae	??	19	95	21	100	17	71	0	0	42	20,5
		Coleoptera	Dystiscidae	<i>Dystiscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	53	25,9
				<i>Thermonectus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	28	13,7
Elmidae	<i>Heterelmis</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	19	9,27		
Annelida	Ologochaeta	Haplotaxida	??	??	0	0	0	0	0	0	0	8	3,9	
Mollusca	Crustacea	Gasteropoda	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	11	5,36
			Neritidae	<i>Neritina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	6,34
<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>					<b>20</b>	<b>100</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>205</b>	<b>100</b>

### Riqueza y abundancia de taxa de macroinvertebrados acuáticos del litoral

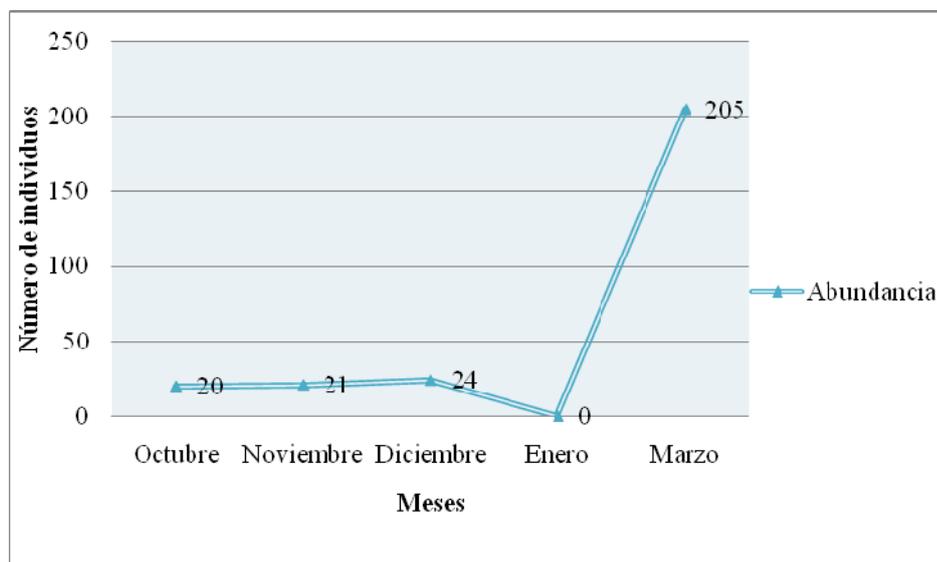
Al comparar la riqueza existente entre los cinco meses de monitoreo, existen diferencias significativas; encontrándose 8 géneros, en marzo (Figura 22). Una de las características de la tilapia que contribuye a su éxito como invasor es su variada dieta basada en invertebrados y plantas acuáticas (Matthews, 2005). Luego de la erradicación de *O. niloticus*, la riqueza en el último monitoreo es alta en comparación a los anteriores monitoreos.

En enero no se registró ningún organismo, se presume que la ausencia de macroinvertebrados, se debió a que el agua de la laguna se encontraba mezclada con rotenona.



**Figura 22.** Riqueza de taxa de macroinvertebrados acuáticos del litoral.

La mayor abundancia de la fauna de macroinvertebrados acuáticos, así mismo registró en marzo, con un total de 205 individuos capturados. Casi no existió variación en la abundancia de individuos en los tres primeros monitoreos. No se obtuvo ningún taxón en el monitoreo de enero (Figura 23).



**Figura 23.** Abundancia de macroinvertebrados acuáticos del litoral.

### Composición de fauna béntica

En el bentos profundo de la laguna, existió una pobreza de grupos taxonómicos. El grupo común en todos los monitoreos fueron los Chironomidos; este grupo obtuvo el total del porcentaje (100%) en los tres primeros monitoreos (Tabla 3).

A nivel de familia dentro de la clase Insecta, se obtuvo la presencia de dos grupos, la más abundante en el monitoreo 4, fue la familia Chironomidae, constituyendo el 58,5% y la Coenagrionidae representó el 41,6% de la fauna capturada.

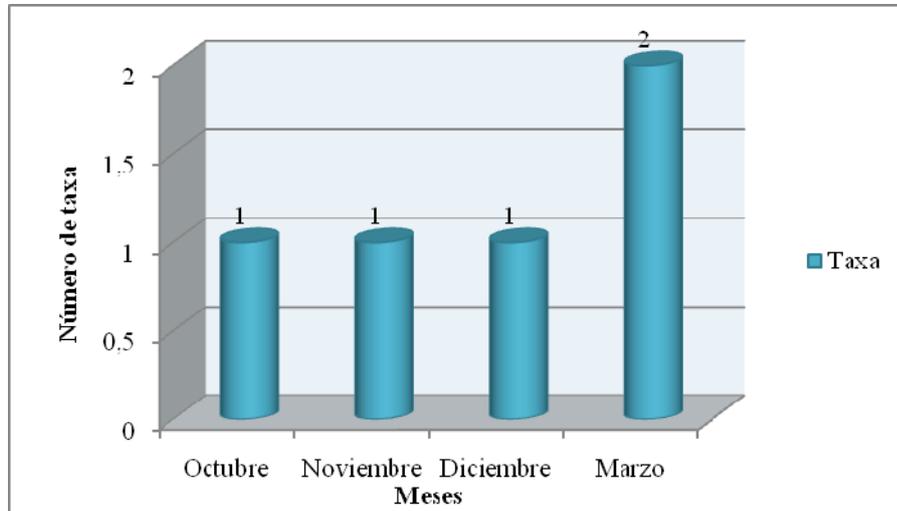
**Tabla 3.** Composición numérica y porcentual de la fauna bentónica registrada en la laguna El Junco.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	Número y porcentaje total colectado							
			M1	M1%	M2	M2%	M3	M3%	M4	M4%
Diptera	Chironomidae	??	13	100	20	100	9	100	121	58,5
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>	0	0	0	0	0	0	86	41,6
<b>TOTAL INDIVIDUOS</b>			<b>13</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>207</b>	<b>100</b>

M1 = Octubre, M2 = Noviembre, M3 = Diciembre, M4 = Marzo

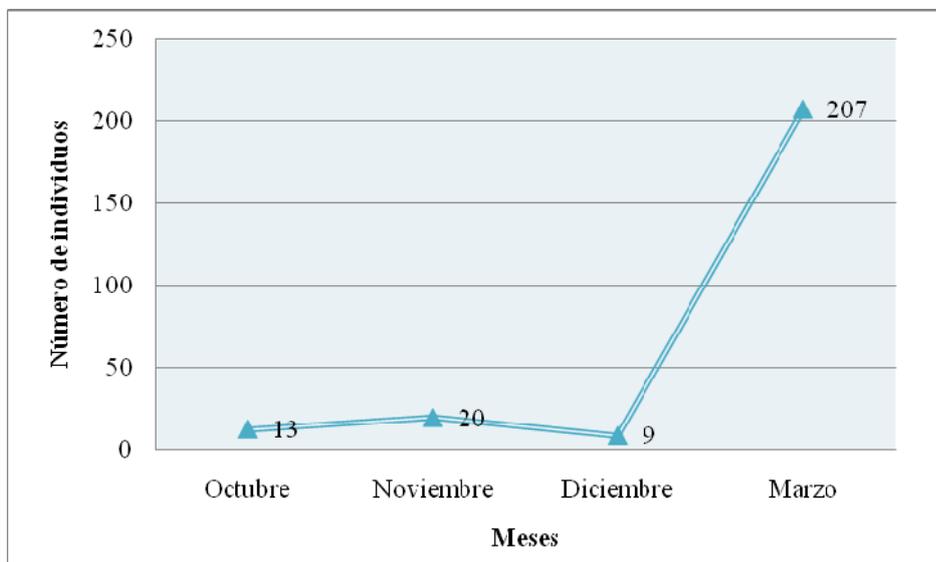
### Riqueza y abundancia de taxa de fauna béntica

No se encontró reportes anteriores que detallen la fauna bentónica de la laguna El Junco. Antes de la erradicación de *Oreochromis niloticus*, sólo se halló una familia (Chironomidae), la cual se presentó en números escasos. Se registró una diferencia significativa de la fauna, después de la erradicación de la tilapia, con la presencia de dos taxa; la familia Chironomidae con 121 individuos y Coenagrionidae con 86 (Figura 24).



**Figura 24.** Riqueza de taxa de la fauna béntica por monitoreo.

La mayor abundancia de organismos bentónicos se obtuvo en marzo con un total de 207 individuos capturados, los cuales pertenecían a dos géneros distintos (Figura 25).



**Figura 25.** Abundancia de la fauna bentónica.

### **Composición de la comunidad de zooplancton**

Los crustáceos zooplanctónicos en la laguna el Junco, en los tres primeros meses estaban dominados por el orden Branchiopoda (Tabla 4). En octubre, el segundo en importancia fue Mongononta, Trichoceridae, *Trichocerca sp.* (36,36%), le sigue en bajas proporciones Oligotrichida (9,09%) y finalmente los copéodos, NN (6,06%).

En noviembre, Testacida fue el segundo orden sobresaliente (34,88%) y con un bajo porcentaje se presentó los Copéodos: Ciclopiidae, *Mesocyclops sp.* (6,97%).

Se registraron tres órdenes y tres familias, en diciembre: el segundo numéricamente dominante fue el orden Peritrichida (15,5%) y Copépoda, Ciclopiidae, *Cyclops sp.* (11,03%).

A nivel de orden, Branchiopoda representó el 100% de los individuos capturados, con dos familias y cuatro géneros.

Comparando el estudio actual, con el de Kannan (1977) los únicos géneros similares son *Cyclops sp.*, *Ceriodaphnia sp.* y *Chydorus sp.*; los otros géneros capturados no se encontraron reportados en estudios anteriores.

**Tabla 4.** Composición cualitativa y cuantitativa de zooplancton. Arrastre horizontal (org/m<sup>3</sup>).

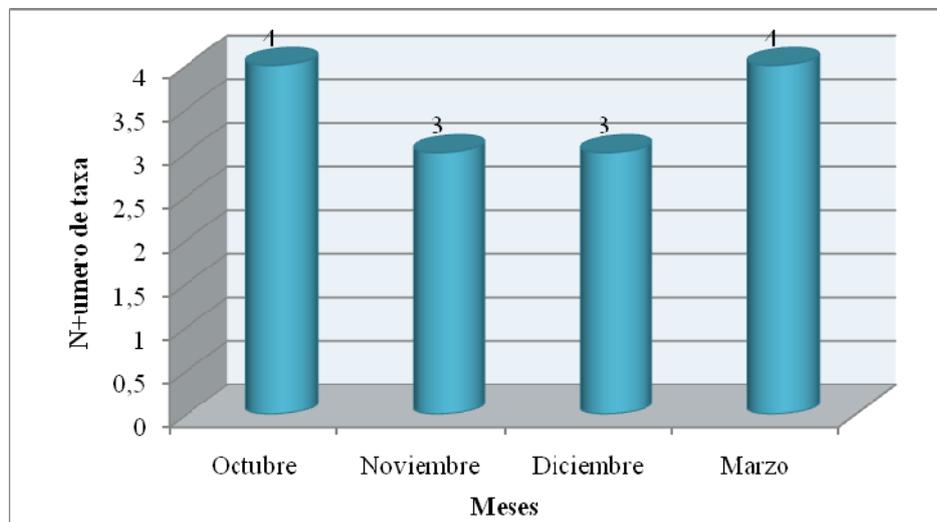
Clase	Orden	Familia	Nombre Científico	Número y porcentaje colectado							
				Octubre		Noviembre		Diciembre		Marzo	
				No	%	No	%	No	%	No	%
Ciliata	Oligotrichida	Codonellopsidae Kofoid y Campbell	<i>Codonellopsis</i> sp.	300	9,091	0	0	0	0	0	0
	Peritrichida	Epistylidae	<i>Epistylis cambari</i> Kellicott	0	0	0	0	400	15,5	0	0
Rotífera	Monogononta	Trichocercidae	<i>Trichocerca</i> sp.	1200	36,36	0	0	0	0	0	0
Crustacea	Branchiopoda	Chydoridae	<i>Chydorus</i> sp.	1600	48,48	2000	58,14	1880	72,87	0	0
			<i>Alona</i> sp.	0		0	0	0	0	200	10,471
			<i>Euryalona occidentalis</i> Sars	0		0	0	0	0	1500	78,534
		Daphniidae	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	0		0	0	0	0	10	0,5236
			<i>Simocephalus exspinosus</i> Koch	0		0	0	0	0	200	10,471
	Copépoda	N.N	N.N	200	6,061	0	0	0	0	0	0
		Cyclopiidae	<i>Mesocyclops</i>	0		240	6,977	0	0	0	0
<i>Cyclops</i> sp.	0			0	0	300	11,63	0	0		
Sarcomastigophora	Testacida	Arcellidae	<i>Arcella</i> sp.	0		1200	34,88	0	0	0	0
<b>TOTAL ORGANISMOS/m<sup>3</sup></b>				<b>3300</b>	<b>100</b>	<b>3440</b>	<b>100</b>	<b>2580</b>	<b>100</b>	<b>1910</b>	<b>100</b>

### Riqueza y abundancia de zooplancton

Con referencia al número de taxa registradas en los meses de monitoreo, se presentó analogías entre octubre y marzo (4 taxa) y así mismo, en noviembre y diciembre (3 taxa), pero estos difieren en la composición de los grupos taxonómicos a nivel de género (Figura 26).

*Chydorus sp.*, fue el único género que se registro en los tres primero meses de monitoreo.

En comparación a los meses anteriores, el monitoreo de marzo se caracterizó por presentar una sola clase (Crustacea), con cuatro géneros diferentes: *Alona sp.*, *Euryalona occidentalis Sars*, *Ceriodaphnia sp.*, *Simocephalus exspinosus Koch*.

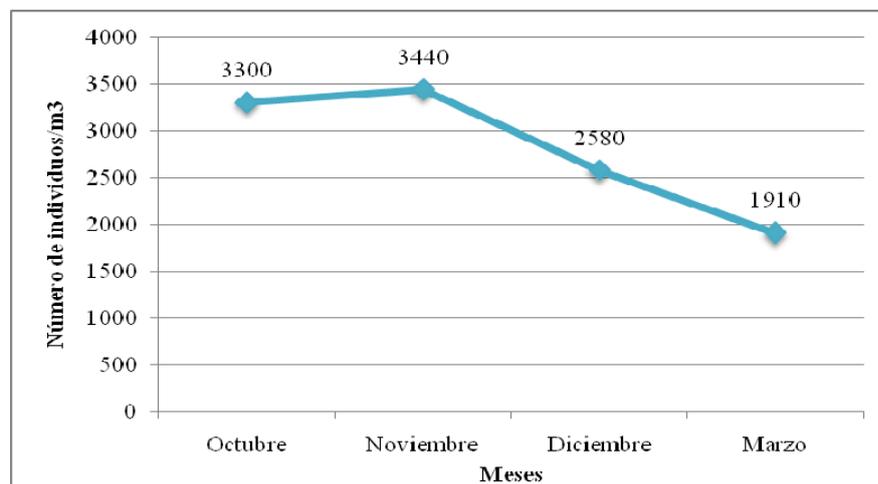


**Figura 26.** Riqueza de taxa de zooplancton.

En marzo hubo ausencia, de los organismos capturados en meses anteriores; esto coincide con la presencia de *Oreochromis niloticus* y a la aplicación de la rotenona. Estos organismos fueron los más sensibles a este químico.

Los géneros hallados en marzo fueron los más resistentes a la rotenona, pero también los más depredados por la tilapia en los primeros meses de monitoreo.

Con respecto a la abundancia de organismos zooplanctónicos, en marzo se registró una disminución significativa; esto es uno de los efectos del tratamiento con rotenona para eliminar la tilapia. La recuperación de las poblaciones de zooplancton puede tomar periodos de hasta ocho meses en ciertos casos u otros habrán desaparecido definitivamente (Ling 2002).



**Figura 27.** Abundancia de zooplancton.

La abundancia de zooplancton fue baja, ya que formó parte esencial en la alimentación de peces y macroinvertebrados acuáticos.

### **Distribución vertical**

El zooplancton lacustre presenta generalmente un fenómeno de migración vertical en la columna de agua; su migración normal hacia la superficie lo realiza durante la noche, que inicia antes del anochecer y su descenso lo realiza durante el día, que la mayoría de las veces lo empieza en las primeras horas de la mañana (Carrasco & Barros, 1997).

Para la captura de zooplancton se obtuvo mayor éxito en el arrastre superficial que en el vertical. Se observó una elevada disminución con respecto a la diversidad y abundancia de organismos en la columna de agua, no se presentó una distribución homogénea del zooplancton en función de la profundidad.

La presencia de la tilapia influyó enormemente sobre las comunidades de zooplancton. Carrasco & Barros (1997) manifiestan que la migración del zooplancton está en función de la predación; esto quiere decir, que cuando no existe la presencia de peces planctófagos hay una distribución uniforme del zooplancton en la columna de agua, mientras que cuando hay presencia de peces, existen una ventaja selectiva para los individuos que suben, debido a que pueden escapar de los depredadores que vienen de las aguas profundas hasta su nivel, mientras que los que se demoran presentan mayor probabilidad de ser atrapados por los peces. Por lo tanto se puede

explicar el por qué de la menor cantidad de organismos en la columna de agua con respecto al arrastre superficial durante el día (Tabla 5).

En octubre y diciembre no se registró la presencia de ningún individuo zooplanctónico en la columna de agua; en noviembre se registró la presencia del género *Mesocyclops sp* el cual representó el 100% del zooplancton capturado en ese mes.

Después de la erradicación de la tilapia se registraron dos géneros presentes en la columna de agua (*Ceriodaphnia sp.* y *Euryalona occidentalis Sars*) con un total de 45 org/m<sup>3</sup> capturados.

**Tabla 5.** Composición cualitativa y cuantitativa de zooplancton. Arrastre vertical (org/m<sup>3</sup>).

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Número y porcentaje colectado							
				Octubre		Noviembre		Diciembre		Marzo	
				No	%	No	%	No	%	No	%
Crustacea	Copépoda	Cyclopiidae	<i>Mesocyclops</i>	0	0	35	100	0	0	0	0
	Branchiopoda	Daphniidae	<i>Ceriodaphnia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	10	22
		Chydoridae	<i>Euryalona occidentalis Sars</i>	0	0	0	0	0	0	35	78
<b>TOTAL ORGANISMOS/m<sup>3</sup></b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### **Composición de la comunidad de fitoplancton**

La composición general de la comunidad fitoplanctónica varió entre los meses de monitoreo. Los grupos más frecuentes y comunes que se encontraron en los cuatro monitoreos fueron los géneros de la familia Scenedesmaceae con un alto porcentaje, seguidos de los géneros *Peridinium sp* y *Mougeotia sp*. Y aquellos que se encontraron en un solo monitoreo y solamente en el arrastre vertical fueron *Proto-peridinium sp* y *Ulothrix sp* (Tabla 6 y 7).

Kannan (1977) registró en El Junco, 76 especies de fitoplancton pertenecientes a 48 géneros. Comparando con el estudio de Kannan, los géneros comunes encontrados en el estudio actual fueron: *Anabaena azollae*, *Oscillatoria sp*, *Cosmarium sp*, *Eaustrium sp.*, *Scenedesmus quadricauda*, *Rhopalodia gibba*, *Fragilaria longissima*, *Frustulia rhomboides Ehrenberg*, *Nitzschia sp* y *Ulothrix sp*.

Ciertas especies, durante un periodo de tiempo permanecen en vida latente en los sedimentos del litoral, para luego desarrollarse más adelante y entrar a formar parte significativa del fitoplancton, cuando esto ocurre se ve aumentada la diversidad del fitoplancton (Wetzel 1981).

**Tabla 6.** Composición cualitativa y cuantitativa de fitoplancton. Arrastre horizontal (org/m<sup>3</sup>).

Clase	Familia	Nombre científico	Número y porcentaje de fitoplancton							
			Octubre		Noviembre		Diciembre		Marzo	
			No	%	No	%	No	%	No	%
Cyanophyceae	Anabaenaceae	<i>Anabaena torulosa</i>	560	5,2	0	0	940	1,82	0	0
		<i>Anabaena azollae</i>	0	0	560	5	470	0,91	0	0
	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp.</i>	0	0	1120	10	930	1,8	0	0
Dinophyceae	Peridiniaceae	<i>Peridinium sp</i>	1120	10	560	5	6510	12,6	2160	19
Chlorophyceae	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp.</i>	560	5,2	0	0	0	0	560	5
		<i>Euastrum sp.</i>	0	0	560	5	1410	2,72	720	6,5
		<i>Actinotaenium cucurbita (Brébisson) Teiling</i>	0	0	560	5	0	0	720	6,5
	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus denticulatus Lagerheim</i>	3240	30	1120	10	14880	28,7	2280	20
		<i>Scenedesmus quadricauda (Turp) Brébisson</i>	2520	23	2240	20	9300	18	1120	10
		<i>Scenedesmus bijuga (Turp.) Lagerheim</i>	0	0	1120	10	7990	15,4	720	6,5
Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp.</i>	2240	21	1680	15	3290	6,36	1440	13	
Bacillariophyceae	Epithemiaceae	<i>Rhopalodia gibba</i>	0	0	560	5	930	1,8	0	0
	Fragilariaceae	<i>Fragilaria longissima</i>	560	5,2	560	5	0	0	720	6,5
	Naviculaceae	<i>Frustulia rhomboides Ehrenberg</i>	0	0	560	5	4650	8,98	720	6,5
	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp</i>	0	0	0	0	470	0,91	0	0
<b>TOTAL DE ORGANISMOS/m<sup>3</sup></b>			<b>10800</b>	<b>100</b>	<b>11200</b>	<b>100</b>	<b>51770</b>	<b>100</b>	<b>11160</b>	<b>100</b>

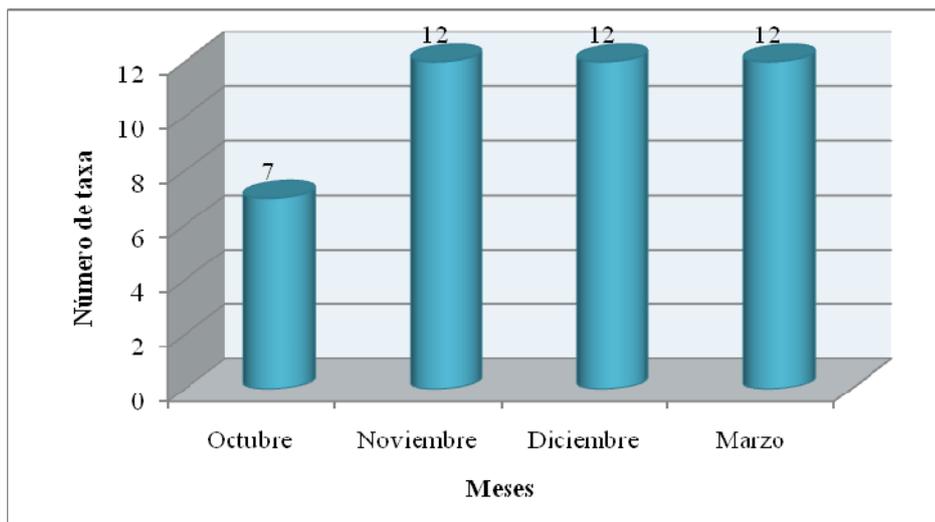
**Tabla 7.** Composición cualitativa y cuantitativa de fitoplancton. Arrastre vertical (org/m<sup>3</sup>).

Clase	Familia	Nombre científico	Número y porcentaje de fitoplancton							
			Octubre		Noviembre		Diciembre		Marzo	
			#	%	#	%	#	%	#	%
Dinophyceae	Peridiniaceae	<i>Peridinium sp</i>	720	39	0	0	880	9	560	14
	Proto-peridiniaceae	<i>Proto-peridinium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	560	14
Chlorophyceae	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus denticulatus Lagerheim</i>	0	0	0	0	6580	67	560	14
		<i>Scenedesmus quadricauda (Turp) Brébisson</i>	560	30	560	50	320	3,3	720	18
		<i>Scenedesmus bijuga (Turp.) Lagerheim</i>	0	0	0	0	930	9,5	560	14
	Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp.</i>	560	30	560	50	560	5,7	560	14
	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix sp.</i>	0	0	0	0	0	0	560	14
Bacillariophyceae	Naviculaceae	<i>Frustulia rhomboides Ehrenberg</i>	0	0	0		560	5,7	0	0
<b>TOTAL ORGANISMOS/m<sup>3</sup></b>			<b>1840</b>	<b>100</b>	<b>1120</b>	<b>100</b>	<b>9830</b>	<b>100</b>	<b>4080</b>	<b>100</b>

### Riqueza y abundancia de fitoplancton

Octubre fue el mes con menor riqueza de taxa; en noviembre, diciembre y marzo se registraron el mismo número de taxa, pero existieron algunas variantes en su composición.

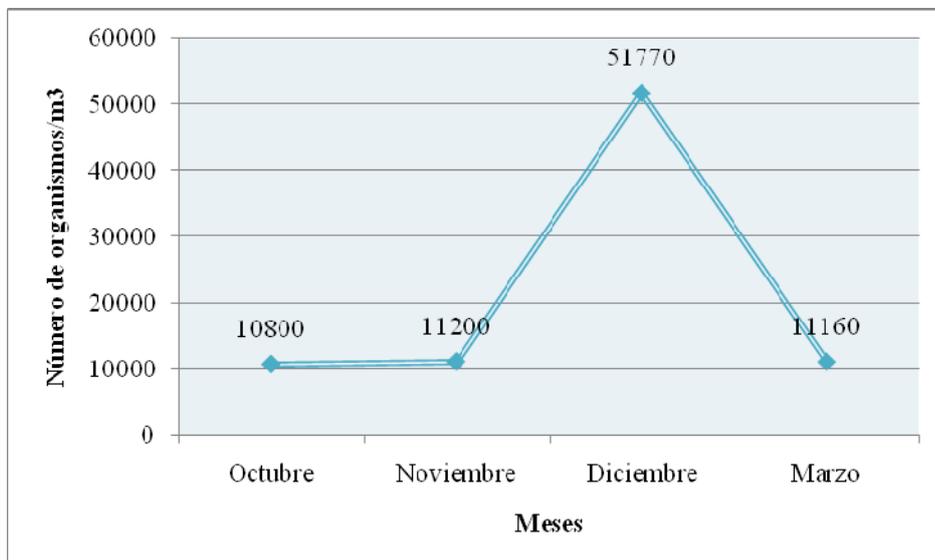
Los géneros: *Peridinium sp*, *Scenedesmus denticulatus Lagerheim*, *Scenedesmus quadricauda (Turp) Brébisson* y *Mougeotia sp.*, fueron registrados en los 4 meses.



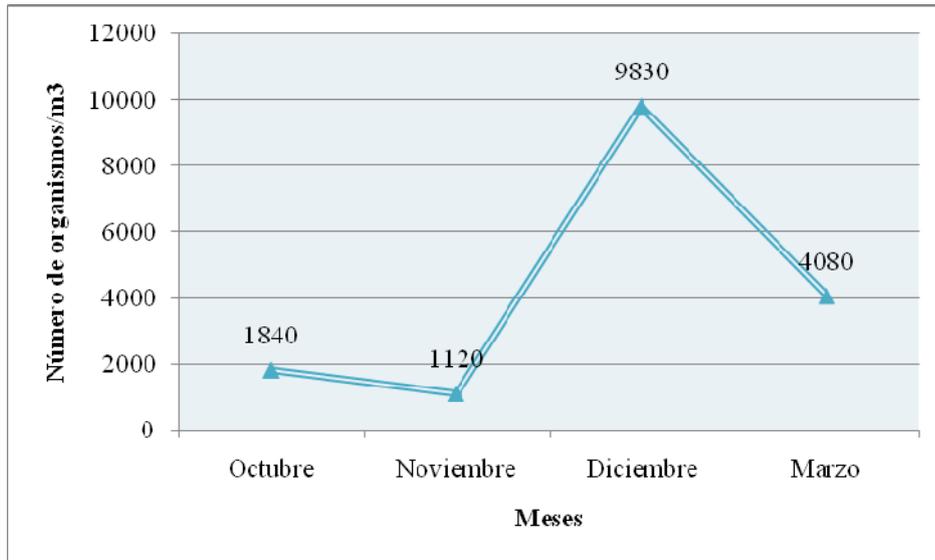
**Figura 28.** Riqueza de taxa de fitoplancton.

Al realizar una comparación entre los meses de monitoreo; diciembre fue el mes que presentó mayor abundancia en fitoplancton, tanto en el arrastre horizontal, como en el vertical (Figura 29 y 30).

Algunas especies de fitoplancton son verdaderamente planctónicas, esto quiere decir que la abundancia de sus poblaciones fluctúan temporalmente, dominando en algunos periodos y desapareciendo en otros, haciéndose a veces extremadamente raras, aun persistiendo en el plancton (Wetzel 1981). Es sabido que la temperatura también es uno de los factores ambientales más importantes, ya que influyen en los organismos, a medida que la temperatura aumenta, acelera el ciclo biológico de los individuos. (Roldán 1992).



**Figura 29.** Abundancia de fitoplancton, arrastre horizontal.



**Figura 30.** Abundancia de fitoplancton, arrastre vertical.

En los meses más fríos se registró menor abundancia de fitoplancton, esto coincide con lo expuesto por Roldán (1992) que la temperatura influye en los organismos acuáticos. Queda claro que el fitoplancton se vio afectado por la aplicación de la rotenona, al observarse una disminución evidente en la abundancia registrada en marzo.

## CONCLUSIONES

- $\alpha$  La interpretación de las variables físico-químicas y biológicas permitieron evaluar el impacto producido por la erradicación de la tilapia. Las variables físico-químicas que fueron alteradas por la aplicación de la rotenona fueron: 1. Disminución de la DBO; se puede indicar que fue debido a que las bacterias descomponedoras de la materia orgánica, se vieron afectadas por la rotenona; 2. Aumento de la turbiedad, esto se debió a la aplicación del químico en el agua y al levantamiento de los sedimentos por el uso de motores de los botes de goma y 3. Disminución del oxígeno disuelto, fue el resultado de la reducción del fitoplancton (estos son los encargados de la producción de oxígeno).

Los resultados del estudio de las variables biológicas (macroinvertebrados acuáticos, fitoplancton y zooplancton) mostraron que se causó pérdidas significativas con la aplicación de la rotenona. Tomará un periodo de tiempo en recuperarse las poblaciones de los organismos. Pero también es cierto que luego de la erradicación de *Oreochromis niloticus*, se presentó una relación positiva entre el aumento de la diversidad y la abundancia, en lo que se refiere a macroinvertebrados acuáticos.

- $\alpha$  Mediante el análisis de los parámetros físico-químico, se pudo determinar el estado trófico de la laguna. Las concentraciones de los nutrientes son bajas, por lo tanto El Junco, es una laguna oligotrófica.
- $\alpha$  En relación a la clasificación con respecto a la temperatura, la laguna es polimíctica, debido a que presentó variaciones de temperatura pequeñas en la columna de agua.

- α La presencia y ausencia de la tilapia influyó en la diversidad y abundancia de zooplancton y macroinvertebrados acuáticos. Los géneros de zooplancton: *Alona sp.*, *Euryalona occidentalis Sars*, *Ceriodaphnia sp.*, *Simocephalus exspinosus* Koch, fueron los únicos registrados luego de la erradicación de la tilapia, como se explicó anteriormente estos géneros fueron los menos sensibles a la rotenona y los más depredados por la tilapia. La abundancia de estos géneros en la laguna debió ser mínima, ya que no se registraron en los monitoreos anteriores a la erradicación.

Con la ausencia de la tilapia, la diversidad y riqueza de los macroinvertebrados acuáticos también aumentó.

- α Resultó evidente que la abundancia de fitoplancton se encontró limitada por barreras que resultaron de la combinación de dos factores: temperatura del agua y aplicación de rotenona.
- α Comparando con estudios de anteriores (Kannan 1977 & Colinvaux 1966), la presencia de la tilapia no afectó a las variables físico-químicas del agua.

## BIBLIOGRAFÍA

ACERO A, BLANCO J & NARVAEZ J. 2005 Variación Morfométricas en Poblaciones Naturalizadas y Domesticadas de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) en el norte de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 29 (112): 383-394. ISSN 0370-3908.

ALFAYATE J, GONZÁLEZ M, OROZCO C & RODRÍGUEZ F. 2004. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. España. pp. 64 – 75.

ALTAMIRANO M & AGUIÑAGA M 2002. Control y Respeto al Marco Jurídico En: Reserva Marina de Galápagos. Línea Base de la Biodiversidad (Danulat E & GJ Edgar, eds.). Fundación CharlesDarwin/Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

ANDELINET M. 2005. Estudio de los Recursos Hídricos en la Isla San Cristóbal – Galápagos. UMR Sisyphe. París, Francia.

ARANGÚREN N, BOLÍVAR A, CANOSA A, GALVIS G, MOJICA J, DONATO J, DEGALDO G, RUÍZ E & SCHMIDT-MUMM U. 2002. Manual de Métodos en Limnología. Primera Edición. Colombia. 24p.

ATKINSON R, CARRIÓN V & TYE A. 2007. Incrementa el Número de Plantas Introducidas en Galápagos. En: Informe Galápagos 2006 – 2007. Galápagos, Ecuador. 142p.

BEAREZ P. 1998. FOCUS: First Archaeological Indication of Fishing by Poison in a sea Environment by the Engoroy population of Salango (Manabí, Ecuador). *Journal of Archaeological Science* 25. pp 943–948.

BUSTAMANTE R, WELLINGTON G, *et al*; 2002. Sobresalientes Características Marinas del Archipiélago de Galápagos. En: *Visión para la biodiversidad de las islas Galápagos*. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos y Fondo Mundial para la Naturaleza. Puerto Ayora – Galápagos.

CARRASCO MC & BARROS S. 1997. Estudio limnológico en la laguna Toreadora, Parque Nacional Cajas. ETAPA. Dirección de Gestión Ambiental. pp 27 – 31.

CARRASCO M C. 1996. Estudio Limnológico y macroinvertebrados bentónicos en la Zona Surrocucho, Área Nacional de Recreación. Tesis previa a la obtención del título de Bióloga. Escuela de Biología del Medio Ambiente. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.

CAUSTON C. 2007. Riesgos Asociados con las Rutas Aéreas Actuales y Propuestas Hacia Galápagos. En: Informe Galápagos 2006 – 2007. Puerto Ayora, Galápagos. pp: 53 – 58.

CEBALLOS, FLORES & ROBERTSON. 2002. Geomorfología Volcánica, Actividad Reciente y Clasificación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. XI (1-2): 37-76.

COLINVAUX P, 1982. El Clima y las Islas Galápagos. Compendio de Ciencia en Galápagos. Publicación de la Estación Científica Charles Darwin. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

COLINVAUX P & SCHOFIELD E. 1976b. Historical Ecology in the Galapagos Islands. II. Holocene spore record from EL Junco Lake, Isla San Cristóbal. J. of Ecology 64.

COLINVAUX P. 1968. In Black J. 1973. Galápagos, Archipiélago del Ecuador. Fundación Charles Darwin. World Wide Foundation. Imprenta Europa.

CRUZ F. 2005. Biología Reproductiva de *Pterodroma phaeopygia* (Procellariidae) Isla San Cristóbal – Galápagos. Tesis previa a la obtención del título de Biólogo. Escuela de Biología y Química. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

DAMBORENEA C, DARRIGRAN G, LEGARRALDE T & VILCHES A. 2007. Guía para el Estudio de Macroinvertebrados. I.- Métodos de Colecta y Técnicas de Fijación. Serie Técnica No 10. ISSN 1515-9329. pp. 22 y 23

DOMÍNGUEZ E., y FERNÁNDEZ H., 1998. Calidad de los ríos de la cuenca del Salí (Tucumán, Argentina) medida por un índice biótico. Serie Conservación de la Naturaleza 12. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. 39p.

FINLAYSON B, SCHNICK R, CAILTEUX R, DEMONG L, HORTON W, McCLAY W, THOMPSON C, & TICHAEK G. 2000. Rotenone Use in Fisheries Management: Administrative and Technical Guidelines Manual. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

GONZÁLEZ A. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. USA. pp. 85-89.

GRUPO No 4. 2006. Gesta Agua. <http://www.sni.org.pe/comisiones/medioambiente>.  
Ultimo acceso: julio de 2006.

HINSON D. 2000. Rotenone Characterization and Toxicity in Aquatic System. University of Idaho. Principles of Environmental Toxicology. pp. 3 – 10.

HISTA J. 2000. Lake and the stream rehabilitation: Rotenone use and health risks. Final Supplemental Environmental Impact Statement. Washington Department of Fish and Wildlife. 14p.

HORWELL D. 1988. Galápagos: the enchanted isles. London.

JACKSON M. 1997. Galápagos una Historia Natural. University of Calgary Press. Canada.

LING N. 2003. Rotenone: A Review of its Toxicity and use for Fisheries Management. *Science for Conservation* 211. 40.

LOCKETT M. 1998. The Effect of Rotenone on Fishes and its use as a Sampling Technique: A survey. *Zeitschrift für Fishkunde* 5: 13–45.

MATTHEWS S. 2005. Invasoras Acuáticas. En: Introducción a las invasiones Biológicas. En: GISP. Programa mundial sobre especies invasoras. pp 64 y 67.

MERONEK T, BOUCHARD P, BUCKNER E, BURRI T, DEMMERLY K, HATLELI D, KLUMB R, SCHMIDT S, COBLE D. 1996. A review of fish control projects. *North American Journal of Fisheries Management* 16: 63-74.

McMULLEN C. 1999. *Flowering Plants of Galápagos*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. London.

MOORE A, CIFUENTES M & DE ROY T. 1996. *Guía a los diferentes sitios de visita*. INEFAN. A & B Editores.

PAGGI, J.C. 1986. Aportes al conocimiento de la fauna argentina de cladóceros. V: *Cerophnia laticaudata* Muller 1867 y *C. Pulchella* Sars 1962. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 17 (1): 39-49p.

PAGGI J.C. 1975. Las pulgas de agua o cladóceros- *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Lit.* (6): 85 – 107p.

PENNAK R.W. 1996<sup>a</sup>. Gastrotricha. *Fresh-water Invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca.* (7): 157-167p.

PENNAK R.W. 1996<sup>b</sup>. Hydrocarina. *Fresh-water Invertebrates of the United States. Protozoa to Mollusca.* (23): 514-539p.

PARQUE NACIONAL GALÁPAGOS. 2006. *Zonificación para el Ordenamiento Territorial y el Manejo del Parque Nacional Galápagos*. En: *Plan de Manejo – Parque Nacional Galápagos: Un Pacto por la Conservación y el Desarrollo Sustentable del Archipiélago*. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

ROBERTSON R & SMITH W. 2008. ROTENONA: Una Herramienta Esencial pero Difamada para la Evaluación de la Diversidad de los Peces Marinos. Vol. 58. No. 2. FORUM. BioScience 165. pp. 165 – 171.

ROLDAN G. 2003. Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del Método BMWP/Co. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.

ROLDAN G. 1996. Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia. Medellín. Colombia. pp. 233-238.

ROLDAN G. 1992. Fundamento de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia.

ROSENBERG S & SARBONE E. 2004. The Diving Guide. Galapagos Islands. First Edition. Cruising Guide Publications. China.

STEINITZ-KANNAN, *et al.* 2004. Un Registro de 6000 años de Manifestaciones Intensas del Fenómeno de El Niño en Sedimentos de Lagunas de las islas Galápagos. Northern Kentucky University. Highland Heights USA.

STEINITZ-KANNAN M. 1979. Comparative Limnology of Ecuadorian lakes: A study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos Islands and the Equatorial Andes. Ph. D. Thesis, The Ohio State University

TAPIA S, BANKS S, BRANDT M & CHIRIBOGA A. 2004. Origen, Condiciones Biológicas y Oceanográficas de la Reserva Marina de Galápagos. En: Ambientes Marinos y Costeros de Galápagos. Fundación CharlesDarwin/Servicio Parque Nacional Galápagos, Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

TORAL V & POULSOM T. 2006. La Tilapia *Oreochromis niloticus* en la Laguna de El Junco, San Cristóbal: Propuesta para su erradicación. Fundación Charles Darwin. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

TYE A, SNELL H, PECK S & ADSERSEN H. 2002. Sobresalientes Características Terrestres del Archipiélago de Galápagos. En: Visión para la biodiversidad de las islas Galápagos. Fundación Charles Darwin para las islas Galápagos y Fondo Mundial para la Naturaleza, Puerto Ayora, Galápagos.

UICN. 2001. Invasores en Mesoamérica y el Caribe. Taller regional sobre especies invasoras en América y el Caribe.

WALKER M & LAWRENCE H. 1992. EPA's Pesticide Fact Sheet Database. Lewis Publishers. Chelsea, MI.

WETZEL R & LIKENS G. 1991. Limnological Analyses. Second Edition. United States of America. Pp 69-73.

WETZEL R. 1981. Limnología. Ediciones Omega. España. pp 58 – 150, 271.

## ANEXOS

### Anexo 1. Fotografías.



**Foto1.** Medición de parámetros físico-químico *in-situ*.



**Foto 2.** Toma de datos.



**Foto 3.** Monitoreo.



**Foto 4.** Ubicación de trampas para macroinvertebrados bentónicos.



**Foto 5.** Aplicación de Rotenona.



**Foto 6.** Agua con rotenona.



**Foto 7.** Tilapias capturadas.



**Foto 8.** Registro del peso de c/individuo.



**Foto 9.** Medición del tamaño de c/individuo.

**Anexo 2.** Tabla de los parámetros físico-químico *ex-situ*.

<b>Fecha</b>	<b>Fecha Códig.</b>	<b>Profund.</b>	<b>Sitio</b>	<b>ST (ppm)</b>	<b>Calcio (ppm)</b>	<b>DBO (ppm)</b>
08/10/2007	1	20 cm	Oeste	20	0.36	2.5
08/10/2007	1	20 cm	Centro	70	0.41	1
08/10/2007	1	20 cm	Este	90	0.39	1
21/11/2007	2	20 cm	Oeste	37	0.6	1
21/11/2007	2	20 cm	Centro	30	0.9	1.5
21/11/2007	2	20 cm	Este	40	0.5	2
12/12/2007	3	20 cm	Oeste	33,5	0.5	2
12/12/2007	3	20 cm	Centro	65	0.5	2
12/12/2007	3	20 cm	Este	45	0.6	1
28/01/2008	4	20 cm	Oeste	32	0.6	1
28/01/2008	4	20 cm	Centro	25	0.9	1.3
28/01/2008	4	20 cm	Este	45	0.7	2.5
16/03/2008	5	20 cm	Oeste	37	0.6	1
16/03/2008	5	20 cm	Centro	40	0.9	1.5
16/03/2008	5	20 cm	Este	50	0.7	2
08/10/2007	1	2 m	Oeste	50	0.37	3
08/10/2007	1	3.30 m	Centro	30	0.4	2
08/10/2007	1	4.10 m	Este	20	0.35	2.5
21/11/2007	2	2 m	Oeste	20	0.7	2.5
21/11/2007	2	3.30 m	Centro	20	0.9	2
21/11/2007	2	4.10 m	Este	50	0.7	3
12/12/2007	3	2 m	Oeste	20	0.5	3
12/12/2007	3	3.30 m	Centro	50	0.7	3
12/12/2007	3	4.10 m	Este	35	0.5	3
28/01/2008	4	2 m	Oeste	15	0.7	2
28/01/2008	4	3.30 m	Centro	15	0.9	2
28/01/2008	4	4.10 m	Este	50	0.7	3
16/03/2008	5	2 m	Oeste	20	0.7	2.5
16/03/2008	5	3.30 m	Centro	30	0.9	2.5
16/03/2008	5	4.10 m	Este	55	0.7	3

**Anexo 3.** Tabla de los parámetros físico-químico *in-situ*.

Fecha	Fecha Codi.	Profun.	Sitio	Hora	T° Ambien.	pH	T° Agua	Conducti. $\mu\text{S/cm}$	Turbied. NTU	OD ppm
08/10/2007	1	2 m	Oeste	6:00	15	5,43	18,7	35,5	3,5	8,14
08/10/2007	1	2 m	Oeste	12:00	16	5,4	17,8	33,2	4,16	7,17
08/10/2007	1	2 m	Oeste	18:00	15	5,84	19	33,99	4,42	7,77
08/10/2007	1	2 m	Oeste	0:00	15	5,6	17,8	33,5	3,53	6,41
21/11/2007	2	2 m	Oeste	6:00	17	5,36	18,3	31,9	3,59	7,15
21/11/2007	2	2 m	Este	12:00	17	5,38	18,8	33,2	3,31	7,5
21/11/2007	2	2 m	Este	18:00	16	5,72	18,5	33	3,71	7,3
21/11/2007	2	2 m	Este	0:00	15	5,38	18,4	32,9	3,73	6,6
12/12/2007	3	2 m	Este	6:00	19	5,45	18,7	32,3	4,8	8,3
12/12/2007	3	2 m	Este	12:00	19,5	5,38	18,6	32,8	3,05	7,9
12/12/2007	3	2 m	Este	18:00	19	5,42	18,4	31,4	3,58	7,7
12/12/2007	3	2 m	Este	0:00	15	5,34	18,4	32,5	3,87	8,3
28/01/2008	4	2 m	Este	6:00	22	5,39	22,9	32,3	5,06	4,39
28/01/2008	4	2 m	Este	12:00	25	5,4	23,6	33,6	3,45	5,5
28/01/2008	4	2 m	Este	18:00	21,5	5,59	22,9	33,2	8,33	4,48
28/01/2008	4	2 m	Este	0:00	19	5,8	22,9	32,9	5,84	4,68
16/03/2008	5	2 m	Este	6:00	23,5	5,37	23,7	34,13	3,41	8,91
16/03/2008	5	2 m	Este	12:00	27,1	5,2	24,9	31,38	3,31	8,4
16/03/2008	5	2 m	Este	18:00	23	5,72	23,9	30,16	3,17	8,59
16/03/2008	5	2 m	Este	0:00	22	5,72	24,6	32,04	3,71	8,35
08/10/2007	1	20 cm	Este	6:00	15	5,33	19,1	35,7	2,14	8,71
08/10/2007	1	20 cm	Este	12:00	16	5,29	19,3	31,4	2,28	7,41
08/10/2007	1	20 cm	Este	18:00	15	5,74	19,2	33	3,17	8,09
08/10/2007	1	20 cm	Este	0:00	15	5,57	16,5	33,8	3,42	7,83
21/11/2007	2	20 cm	Este	6:00	17	5,82	18,4	33,5	3	8,1
21/11/2007	2	20 cm	Este	12:00	17	5,26	18,5	32,2	3,71	8,3
21/11/2007	2	20 cm	Este	18:00	16	5,56	19	34,4	2,86	8,05
21/11/2007	2	20 cm	Este	0:00	15	5,06	18,6	32,1	3,72	8,2
12/12/2007	3	20 cm	Este	6:00	19	5,44	18,5	31,9	2,94	8,5
12/12/2007	3	20 cm	Este	12:00	19,5	5,3	19,1	30,1	2,66	8,83
12/12/2007	3	20 cm	Este	18:00	19	5,36	19	31,7	2,74	8,7
12/12/2007	3	20 cm	Este	0:00	15	5,31	18,6	32	2,87	8,4
28/01/2008	4	20 cm	Este	6:00	22	5,2	23	32,8	3,06	5,34

Fecha	Fecha Codi.	Profun.	Sitio	Hora	T° Ambien.	pH	T° Agua	Conducti. $\mu\text{S}/\text{cm}$	Turbied. NTU	OD ppm
28/01/2008	4	20 cm	Oeste	12:00	25	5,25	23,8	37,1	3,91	5,9
28/01/2008	4	20 cm	Oeste	18:00	21,5	5,32	23,3	32,8	2,85	5,65
28/01/2008	4	20 cm	Oeste	0:00	19	5,64	23,1	32,6	4,08	5,8
16/03/2008	5	20 cm	Oeste	6:00	23,5	5,64	24,6	31,67	2,62	8,71
16/03/2008	5	20 cm	Este	12:00	27,1	5,79	25,4	38,23	2,85	8,74
16/03/2008	5	20 cm	Este	18:00	23	5,62	24,8	36,11	2,62	8,62
16/03/2008	5	20 cm	Este	0:00	22	5,71	25,1	29,71	2,92	8,6
08/10/2007	1	4,10 m	Este	6:00	15	5,32	19	35,6	5,18	8,2
08/10/2007	1	4,10 m	Este	12:00	16	5,37	19,1	32,3	4,44	7,09
08/10/2007	1	4,10 m	Este	18:00	15	5,8	19	33,9	4,42	6,49
08/10/2007	1	4,10 m	Este	0:00	15	5,43	18	32,6	5,8	6,42
21/11/2007	2	4,10 m	Este	6:00	17	5,39	18,2	31,9	3,51	7,1
21/11/2007	2	4,10 m	Este	12:00	17	5,49	18,6	31,9	3,07	7,6
21/11/2007	2	4,10 m	Este	18:00	16	5,57	18,7	34,6	3,03	7,4
21/11/2007	2	4,10 m	Este	0:00	15	5,3	18,4	32,4	4,03	6,6
12/12/2007	3	4,10 m	Este	6:00	19	5,36	18,4	31,9	3,09	7,9
12/12/2007	3	4,10 m	Este	12:00	19,5	5,42	19	39,1	3,42	7,8
12/12/2007	3	4,10 m	Este	18:00	19	5,41	18,8	33,4	3,16	7,4
12/12/2007	3	4,10 m	Este	0:00	15	5,41	18,5	33	3,5	7,3
28/01/2008	4	4,10 m	Este	6:00	22	5,35	22,9	33,2	5,94	4,61
28/01/2008	4	4,10 m	Este	12:00	25	5,35	23,8	40,8	3,48	5,5
28/01/2008	4	4,10 m	Este	18:00	21,5	5,6	22,9	32,1	6,92	4,45
28/01/2008	4	4,10 m	Este	0:00	19	5,83	22,7	32,4	8,97	4,49
16/03/2008	5	4,10 m	Este	6:00	23,5	5,12	23,7	39,5	3,46	8,15
16/03/2008	5	4,10 m	Este	12:00	27,1	5,41	24,3	35,57	3,92	7,98
16/03/2008	5	4,10 m	Este	18:00	23	5,47	23,8	34,01	3,86	7,98
16/03/2008	5	4,10 m	Este	0:00	22	5,33	24,1	34,96	3,23	8,17
08/10/2007	1	20 cm	Este	6:00	15	5,26	19,1	35,6	3,19	7,7
08/10/2007	1	20 cm	Este	12:00	16	5,37	17,7	32,8	3,22	7,62
08/10/2007	1	20 cm	Este	18:00	15	5,8	19	34	3,03	7,6
08/10/2007	1	20 cm	Este	0:00	15	5,59	17,2	33,4	3,07	7,96
21/11/2007	2	20 cm	Este	6:00	17	5,27	18,3	32,6	5,53	6,9
21/11/2007	2	20 cm	Este	12:00	17	5,41	18,7	31,5	3,04	8,2
21/11/2007	2	20 cm	Este	18:00	16	5,59	18,9	35,6	2,86	8,4
21/11/2007	2	20 cm	Este	0:00	15	5,3	18,3	32,4	3,12	7,6

Fecha	Fecha Codi.	Profun.	Sitio	Hora	T° Ambien.	pH	T° Agua	Conducti. $\mu$ S/cm	Turbied. NTU	OD ppm
12/12/2007	3	20 cm	Este	6:00	19	5,33	18,7	33,8	5,33	8,36
12/12/2007	3	20 cm	Este	12:00	19,5	5,33	19	32,7	2,53	8,55
12/12/2007	3	20 cm	Este	18:00	19	5,35	19	31,8	2,98	8,7
12/12/2007	3	20 cm	Este	0:00	15	5,37	18,8	32,5	2,97	8,4
28/01/2008	4	20 cm	Este	6:00	22	5,22	22,9	32,8	2,38	5,01
28/01/2008	4	20 cm	Este	12:00	25	5,21	23,7	32	3,41	5,7
28/01/2008	4	20 cm	Este	18:00	21,5	5,42	23,3	30,3	3,54	5,71
28/01/2008	4	20 cm	Este	0:00	19	5,51	23	32,6	4,9	5,69
16/03/2008	5	20 cm	Este	6:00	23,5	5,12	24,5	39,12	2,72	8,67
16/03/2008	5	20 cm	Este	12:00	27,1	5,14	25,7	32,94	2,78	8,65
16/03/2008	5	20 cm	Este	18:00	23	5,63	25,6	35,51	2,8	8,74
16/03/2008	5	20 cm	Este	0:00	22	5,37	25	34,51	2,74	8,81
08/10/2007	1	3,30 m	Centro	6:00	15	5,4	19,1	36	3,34	8,4
08/10/2007	1	3,30 m	Centro	12:00	16	5,41	19,1	32,3	4,26	7,3
08/10/2007	1	3,30 m	Centro	18:00	15	5,74	19	33,7	3,29	6,56
08/10/2007	1	3,30 m	Centro	0:00	15	5,74	18,1	33,1	4,52	6,57
21/11/2007	2	3,30 m	Centro	6:00	17	5,44	18,2	31,2	4,58	7,4
21/11/2007	2	3,30 m	Centro	12:00	17	5,52	18,4	33,2	2,93	7,3
21/11/2007	2	3,30 m	Centro	18:00	16	5,75	18,9	33,3	4,75	7,4
21/11/2007	2	3,30 m	Centro	0:00	15	5,44	18,4	33,8	3,47	7,3
12/12/2007	3	3,30 m	Centro	6:00	19	5,36	18,7	33,6	2,84	8,15
12/12/2007	3	3,30 m	Centro	12:00	19,5	5,38	19	33,7	3,78	7,85
12/12/2007	3	3,30 m	Centro	18:00	19	5,38	18,5	32,6	4,76	7,4
12/12/2007	3	3,30 m	Centro	0:00	15	5,38	18,4	33	3,98	7,2
28/01/2008	4	3,30 m	Centro	6:00	22	5,37	22,9	32,5	5,01	4,7
28/01/2008	4	3,30 m	Centro	12:00	25	5,52	23,3	34,7	3,48	5,15
28/01/2008	4	3,30 m	Centro	18:00	21,5	5,4	23	29,5	5,3	4,62
28/01/2008	4	3,30 m	Centro	0:00	19	5,65	22,4	32,7	7,05	5,43
16/03/2008	5	3,30 m	Centro	6:00	23,5	5,26	23,7	36,22	6,19	8,41
16/03/2008	5	3,30 m	Centro	12:00	27,1	5,67	23,8	34,61	3,32	8,86
16/03/2008	5	3,30 m	Centro	18:00	23	5,66	24	30	5,34	8,35
16/03/2008	5	3,30 m	Centro	0:00	22	5,55	24,2	40,42	3,94	8,32
08/10/2007	1	20 cm	Centro	6:00	15	5,33	19,5	36	2,26	8,8
08/10/2007	1	20 cm	Centro	12:00	16	5,23	18,2	32,9	2,67	7,68
08/10/2007	1	20 cm	Centro	18:00	15	5,74	19,1	33,9	3,5	7,61

<b>Fecha</b>	<b>Fecha Codi.</b>	<b>Profun.</b>	<b>Sitio</b>	<b>Hora</b>	<b>T° Ambien.</b>	<b>pH</b>	<b>T° Agua</b>	<b>Conducti. <math>\mu</math>S/cm</b>	<b>Turbied. NTU</b>	<b>OD ppm</b>
08/10/2007	1	20 cm	Centro	0:00	15	5,24	19	33,7	3,75	7,49
21/11/2007	2	20 cm	Centro	6:00	17	5,38	18,4	32,5	3,67	7,3
21/11/2007	2	20 cm	Centro	12:00	17	5,31	18,6	32,6	2,78	8,4
21/11/2007	2	20 cm	Centro	18:00	16	5,6	19,1	34,2	2,21	8,05
21/11/2007	2	20 cm	Centro	0:00	15	5,44	18,6	32,8	2,74	7,9
12/12/2007	3	20 cm	Centro	6:00	19	5,33	18,8	32	2,56	8,4
12/12/2007	3	20 cm	Centro	12:00	19,5	5,32	19	32	2,87	8,6
12/12/2007	3	20 cm	Centro	18:00	19	5,3	18,9	31,8	3,16	8,5
12/12/2007	3	20 cm	Centro	0:00	15	5,3	18,6	32,2	2,8	8,4
28/01/2008	4	20 cm	Centro	6:00	22	5,23	23	32,8	3,28	5,61
28/01/2008	4	20 cm	Centro	12:00	25	5,33	23,7	32,7	3,18	5,9
28/01/2008	4	20 cm	Centro	18:00	21,5	5,4	23,3	32,6	2,94	5,8
28/01/2008	4	20 cm	Centro	0:00	19	5,56	23	32,4	4,42	5,76
16/03/2008	5	20 cm	Centro	6:00	23,5	5,69	24,4	33,8	2,56	8,59
16/03/2008	5	20 cm	Centro	12:00	27,1	5,38	24,9	30,76	3,32	8,76
16/03/2008	5	20 cm	Centro	18:00	23	5,49	25,6	35,26	2,8	8,64
16/03/2008	5	20 cm	Centro	0:00	22	5,14	25,8	40,18	2,93	8,85

**Anexo 4.** Métodos para el análisis de los parámetros físico-químico *ex-situ*.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
Ca	ppm	Absorción atómica
DBO	ppm	Electroquímico
Fosfatos	ppm	Turbidimétrico
Nitratos	ppm	Colorimetría UV-vis
Nitritos	ppm	Colorimetría UV-vis
Sólidos Totales	ppm	Gravimetría
Sulfatos	ppm	Colorimetría

**Anexo 5.** Ficha para la caracterización de sitios de muestreo.

Punto de colección:	
Fecha:	
Hora	
Temperatura Ambiente (°C)	
<b>Mediciones Físico-Químicas <i>in-situ</i></b>	
Temperatura del agua (°C)	
pH	
Oxígeno Disuelto ppm O <sub>2</sub>	
Conductividad µS	
Turbidez	
Sólidos suspendidos	
<b>Mediciones Físico-Químicas <i>ex-situ</i></b>	
Sólidos Totales	
Sólidos Disueltos	
Fosfatos	
Sulfatos	
Nitritos	
Nitratos	
Dureza Total	
DBO	
Calcio	
Observaciones:	

**Anexo 6.** Macroinvertebrados registrados en El Junco.



**Foto 10.** *Acanthagrion sp.*



**Foto 11.** *Aeschna sp.*



**Foto 12.** *Anax sp.*



**Foto 13.** *Brachyptera sp.*



**Foto 14.** *Dystiscus sp.*



**Foto 15.** *Heterelmis sp.*



**Foto 16.** *Ophiogomphus sp.*



**Foto 17.** *Thermonectus sp.*