

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

Los puntos de muestreo fueron ubicados en zonas de mayor sensibilidad, definidas mediante términos de distancia e influencia de actividad antrópica y en tramos que facilitaron el acceso considerando de esta manera el muestreo en los siguientes sitios: Sitio A (orillas de la laguna), Sitio B (canal del río Tahuando), Sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo) y D (Canal Sin Nombre), caracterizados mediante una lista de chequeo (Anexo 2. Formato 1).

4.1.1 Sitio A. Orillas de la Laguna

a) Ubicación

El área de estudio del Sitio A orillas de laguna, se encuentra ubicado en la parte norte y noreste del sistema lacustre, a una altura de 2210 m.s.n.m. con una extensión de 4.20 Km. en los lugares más accesibles: con transectos de 100 metros ubicados en cada punto de muestreo (Anexo 1. Mapa 2).

b) Coordenadas

A este sitio se ubicó seis puntos de muestreo con las siguientes coordenadas planas en la Zona 17 Sur:

X: 822430	X: 821973	X: 822145
Y: 10042174	Y: 10042216	Y: 10041389
X: 822258	X: 821952	X: 822495
Y: 10042303	Y: 10041750	Y: 10040527

c) Características físicas

En los lugares más accesibles de la laguna de Yahuarcocha existe una profundidad media de 0.50 m., con gran parte del suelo recubierto por pasto y un 5% de suelo sin protección, presencia de sedimentos con olor desagradable, basura orgánica e inorgánica y estiércol de animales. La topografía es en su mayoría plana.

d) Características biológicas

En este sitio de muestreo existe presencia de vegetación acuática predominando totora (*Typha latifolia*), colla, jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna*), azola (*Azola californiana*), helecho acuático (*Ceratophyllum demersum*) con una cobertura del dosel parcialmente sombreado.

e) Características Socioeconómicas

El uso del suelo predominante en los alrededores de la laguna es agrícola y urbano con pocas viviendas cercanas con presencia de ganado vacuno y equino. En este sitio de muestreo presentan diferentes actividades antrópicas producto del turismo como paseos en lancha, venta de alimentos y bebidas, deportes, etc.

4.1.2 Sitio B.- Canal del Río Tahuando

a) Ubicación

El canal del río Tahuando se encuentra ubicado en la parte oeste de la laguna de Yahuarcocha a una altura de 2210 m.s.n.m. (Anexo 1. Mapa 2).

b) Coordenadas

A este sitio se ubicó cuatro puntos de muestreo con las siguientes coordenadas planas en la Zona 17 Sur:

X: 822814

X: 822807

Y: 10039845

Y: 10039921

X: 822809

X: 822801

Y: 10039879

Y: 10039473

c) Características Físicas

En el canal del río Tahuando se ubicó cuatro puntos de muestreo (Cuadro 4.1), con suelo recubierto por pasto, presencia de sedientos con olor desagradable. La topografía es plana.

Cuadro 4.1 Profundidad del Sitio B

Punto de Muestreo	Profundidad derecha (m)	Profundidad izquierda (m)	Profundidad media (m)
1	0.18	0.25	0.20
2	0.20	0.25	0.23
3	0.25	0.30	0.22
4	0.28	0.32	0.25

d) Características Biológicas

En el canal existe presencia de vegetación acuática en la parte cercana a la laguna predominando jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), lenteja de agua (*Lemna*), azola (*Azola californiana*), helecho acuático (*Ceratophyllum demersum*), picantillo con una cobertura del dorsal parcialmente sombreado. La vegetación dominante es el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

e) Características Socioeconómicas

El uso del suelo predominante en los alrededores de la laguna es agrícola y urbano con presencia de ganado vacuno.

4.1.3 Sitio C.- Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo

a) Ubicación

La quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo se encuentra ubicado en la parte sur oeste de la laguna de Yahuarcocha con una altura de 2214 m.s.n.m. (Anexo 1. Mapa 2).

b) Coordenadas

A este sitio se ubicó cuatro puntos de muestreo con las siguientes coordenadas planas en la Zona 17 Sur:

X: 8229801

X: 822923

X: 822958

Y: 10040375

Y: 10040352

Y: 10040366

c) Características Físicas

En la quebrada se ubicó tres puntos de muestreo (Cuadro 4.2), con suelo recubierto por pasto, presencia de sedimentos con olor desagradable. La topografía del suelo en su mayoría es plana.

Tabla 4.2 Profundidad del Sitio C.

Punto de Muestreo	Profundidad derecha (m)	Profundidad izquierda (m)	Profundidad media (m)
1	0.26	0.30	0.35
2	0.24	0.23	0.30
3	0.20	0.25	0.25

d) Características Biológicas

Existe presencia de vegetación acuática en la parte cercana a la laguna predominando jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), con una cobertura del dorsal parcialmente sombreado. La vegetación dominante es el Kikuyo (*Pennisetum clausenianum*), picantillo, chilca, higuera.

e) Características Socioeconómicas

El uso del suelo predominante en los alrededores de la laguna es agrícola con presencia de ganado vacuno. Cerca de los puntos de muestreo existe una vivienda.

4.1.4 Sitio D.- Canal sin nombre

Este sitio se lo considero debido a que en varias salidas se campo se observo la presencia física de materia fecal, convirtiéndose en un foco de gran contaminación.

a) Ubicación

El sitio D se encuentra ubicado en la parte sur oeste de la laguna de Yahuarcocha con una altura de 2214 m.s.n.m.

b) Coordenadas

A este sitio se ubicó cuatro puntos de muestreo con las siguientes coordenadas planas en la Zona 17 Sur:

X: 822438

Y: 10042174

c) Características Físicas

En el sitio D existe una profundidad media de 0.30 m., con gran parte del suelo recubierto por pasto, presencia de sedimentos con olor desagradable . Su topografía en su mayoría plana.

d) Características Biológicas

Existe presencia de vegetación acuática en la parte cercana a la laguna predominando jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), con una cobertura del dorsal parcialmente sombreado.

e) Características Socioeconómicas

El uso del suelo predominante en los alrededores de la laguna es agrícola con presencia de ganado vacuno.

4.1.5 Causas de la contaminación

Con la lista de chequeo (Anexo 2, Formato 1) y la observación directa realizada en el área de estudio se determinó que la contaminación que existe en la laguna de Yahuarcocha, es fruto de descargas de aguas residuales provenientes de varias actividades antrópicas producidas por el hombre como son: uso de fertilizantes en la agricultura, pastoreo de ganado, turismo, falta de gestión ambiental, etc. Dichas actividades aportan un alto grado de nutrientes ocasionando un proceso de eutroficación progresivo.

4.2 MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LOS SITIOS DE MUESTREO

Según Carrera y Fierro, 2001. Los macroinvertebrados proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender

claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia.

La colecta de macroinvertebrados en la presente investigación se realizó en tres sitios de muestreo: Sitio A (orillas de la laguna), Sitio B (canal del río Tahuando), Sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo). En el sitio D (canal sin nombre) no se realizó debido a la excesiva presencia de material fecal.

4.2.1 Muestreo de macroinvertebrados en el Sitio A

El sitio A se encuentra ubicado en las orillas de la laguna de Yahuarcocha (Anexo 1, Mapa 2), encontrándose mayor número de especies en las familias: Díptera, Hemíptera y Odonata según se puede ver en el listado de especies presentes (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3 Listado de macroinvertebrados presentes en el Sitio A (orillas de la laguna)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Oligochaeta	Annelida	Tubificidae	<i>Haplotaxida (lombriz roja)</i>
Arachnida	Aracnida		<i>Oribatei</i>
Arachnida	Aracnida	Pisauridae	<i>Dolomedes</i>
Arachnida	Aracnida		<i>Fishing spider</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Pyrrhalta (larva)</i>
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropis ternus sp</i>
Colembola	Collembola	Hypogastruridae	
Crustácea	Crustáceo	Amphipoda	<i>Gammarus</i>
Insecta	Diptera	Culicidae	<i>Aedes aegypti</i>
Insecta	Diptera	Heleidae	<i>Stilobezzia bula (pupa)</i>
Insecta	Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomys sp.</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Anthomyiidae (puparium)</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Tipula/Bellardina sp.</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Mydacina obscura (larva)</i>

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Tellardina sp.</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Limonia</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Cricopus sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Hidges</i>
Insecta	Diptera		<i>Pseudodiamesa sp.</i>
Insecta	Diptera	Culicidae (pupa)	
Insecta	Ephemeroptera	Beatidae	<i>Beatis sp.</i>
Insecta	Ephemeroptera	Heptageniidae	<i>Epeorus longimanus</i>
Gastrópoda		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>
Gastrópoda			<i>Campeloma</i>
Gastrópoda			<i>Lymnaes</i>
Gastrópoda		Physidae	<i>Physa</i>
Gastrópoda		Limnacididae	<i>Limnaca</i>
			<i>Daphnia</i>
Gastrópoda		Hidrobiidae	<i>Hydrobia</i>
Insecta	Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>
Insecta	Hemiptera	Vellidae	<i>Microvelia sp.</i>
Insecta	Hemiptera	Hebbidae	<i>Hebrus major</i>
Insecta	Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp.</i>
Insecta	Hemiptera	Notonectidae	<i>Buenoa</i>
Insecta	Hemiptera	Vellidae	<i>Stridulivelia cinctipes</i>
Insecta	Hemiptera	Vellidae	<i>Macrovelia</i>
Insecta	Hemiptera	Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>
Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Sigara</i>
Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Centrocorisa kollari</i>
Insecta	Hemiptera	Corixidae	
Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Tenegobia sociales</i>
Insecta	Hemiptera	Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>
Insecta	Hemiptera	Gerridae	<i>Eurygerris kahli</i>
Insecta	Hemiptera	Velicidae	<i>Stridulivelia cinctipes</i>
Insecta	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Bellura gortynoides</i>
Insecta	Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalis</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Anaxamazili</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Anax junius</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Anax amazili</i>
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	<i>Acantagrion sp</i>
Insecta	Odonata	Coenagrionidae	<i>Telebasis sp.</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna marchali</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i>

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna cercaintricata</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Coryphaeshna sp.</i>
Insecta	Odonata	Libellulidae	<i>Sympetrum</i>
Bivalvia		Hyriidae	<i>Unionoida</i>
Hirudinea			
Huevos			
	Tomocerida	Tomoceridae	<i>Podurid springtails</i>
Turbelaria	Tricladia	Planariidae	<i>Dugeria</i>
Insecta	Trichóptera		
Insecta		Ephydriidae	<i>Brachydeutera puparium</i>
Insecta		Neridae	<i>Niritina</i>

4.2.2 Muestreo de macroinvertebrados en el Sitio B

En el sitio B ubicado en el canal del río Tahuando uno de los afluentes de la laguna (Anexo 1, Mapa 2), se ubicó dos puntos de muestreo encontrándose mayor número de especies de las familias: Coleóptera, Hemíptera y Díptera según se puede observar en el listado de especies presentes (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 Listado de macroinvertebrados presentes en el Sitio B (canal del ríoTahuando)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Arácnida		Tetragnathidae	<i>Tetragnatha sp.</i>
Arácnida	Hidracárido	Arachnoidea	<i>Oribatei</i>
Arachnida	Araneae	Pisauridae	<i>Dolomedes adult</i>
Oligochaeta	Annelida	Tubificidae	<i>Haplotaxida (lombriz roja)</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Macrelmis sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis sp. Larva</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Stenelmis sexlinaata</i>
Insecta	Coleóptera	Elmidae	<i>Cylloepus sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropis ternus sp</i>
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	
Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>
Insecta	Coleoptera	Dystiscidae	<i>Thermonectus</i>
Insecta	Coleoptera	Dystiscidae	<i>Hidroporinae (Uvarus)</i>
Insecta	Coleoptera	Dystiscidae	<i>Rhantus</i>

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Coleoptera	Dystiscidae	<i>Laccophilus</i>
Insecta	Coleoptera	Hydraenidae	<i>Hydraena</i>
Colembola	Colembola	Isotomidae	<i>Isotomurus</i>
Colembola	Colembola	Poduridae	<i>Podura</i>
Crustácea	Crustáceo	Amphipoda	<i>Gammarus</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Tipula/Bellardina sp.</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Larva</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Lispe sp.</i>
Insecta	Diptera		<i>Chrysops sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Ablabesomyia sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Pseudodiamesa sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus attenuatus</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Diamesinae larva</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Orthocladinae</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Tanypodinae</i>
Insecta	Díptera	Chironomidae	<i>Criconominae larva</i>
Insecta	Diptera	Psychodidae	<i>Psychoda sp.</i>
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Pupa</i>
Insecta	Díptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>
Insecta	Díptera	Simulidae	<i>Simulium arnatum pupa</i>
Insecta	Díptera	Simulidae	<i>Simulium vittatum adulto</i>
Insecta	Díptera	Ephydriidae	<i>Brachydeutera pupa</i>
Insecta	Díptera	Ephydriidae	<i>Lemnaphila</i>
Insecta	Díptera	Sciomycidae	<i>Sepedon larva</i>
Insecta	Díptera	Sciomycidae	
Insecta	Díptera	Empididae	<i>Clelfera sp.</i>
Insecta	Díptera	Empididae	<i>Clinocera pupa</i>
Insecta	Díptera	Sarcophagidae	<i>Puparium</i>
Insecta	Ephemeroptera	Beatidae	<i>Beatis sp.</i>
Insecta	Ephemeroptera	Beatidae	<i>Moribaetis sp.</i>
Gastrópoda		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>
Gastrópoda			<i>Campeloma</i>
Gastrópoda		Lymnaeidae	<i>Lymnaes</i>
Gastrópoda		Limnacididae	<i>Limnaca</i>
Gastrópoda	C:Mesogastrópoda	Piladae	
Insecta	Hemiptera	Vellidae	<i>Microvelia sp.</i>
Insecta	Hemiptera	Vellidae	
Insecta	Hemiptera	Aphididae	<i>Rhopaosiphum nymphaeae</i>
Insecta	Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia oriander</i>

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Lepidoptera	Ceratopogonidae	<i>Pupa</i>
Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Anax junius</i>
Insecta	Odonata	Libellulidae	<i>Macrotemis sp.</i>
Bivalvia		Hyriidae	<i>Unionoida</i>
Insecta	Trichóptera	Polycentropodidae	
Insecta	Trichóptera	Hidrottilidae	<i>Ochrotrichia larval case</i>
Insecta	Trichóptera		
Insecta	Trichóptera	Hydropsychidae	
Turbelaria	Tricladia	Planaridae	<i>Dugeria</i>
Nematoda	Nematoda	Gordioidae	
Crustacea	Ostracoda		
Crustacea	Copepoda		<i>Cyclops adult.</i>
Insecta	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Bellura larva</i>
Insecta		Sminthuridae	<i>Sminthurides adult.</i>
Insecta		Hygroboatoidea	

4.2.3 Muestreo de macroinvertebrados en el Sitio C

En el sitio C ubicado en la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo que es el afluente más importante que alimenta de la laguna (Anexo 1, Mapa 2), se ubicó dos puntos de muestreo encontrándose mayor número de especies de las familias: Díptera y Coleóptera según se puede observar en el listado de especies presentes (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Listado de macroinvertebrados presentes en el Sitio C (quebrada Manzanohuayco-Santo Domingo)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Oligochaeta	Annelida	Tubificidae	<i>Haplotaxida (lombriz roja)</i>
Oligochaeta	Annelida	Aelosomalidae/ Tubificidae	<i>Tubifex</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Cylloepus sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Elmidae	<i>Disersus sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Pyrrhalta (larva)</i>
Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropis ternus sp</i>
Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Coleoptera		<i>Thermonectus</i>
Insecta	Coleoptera	Haliplidae	<i>Haiiplus larva</i>
Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	<i>Stenelmis sexlineata</i>
Insecta	Coleoptera	Psephenidae	<i>Stenelmis sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Georissidae	<i>Georissus</i>
Colembola	Colembola	Isotomidae	<i>Isotomurus</i>
Colembola	Colembola		<i>Colembus</i>
Colembola	Colembola	Poduridae	<i>Podura</i>
Colembola	Colembola	Sminthuvidae	<i>Sminthurides</i>
Insecta	Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomys sp.</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Anthomyiidae (puparium)</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Tipula/Bellardina sp.</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Limnophora sp.</i>
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Fucellia limnophora</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Limnophora sp.</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Prionocera sp.</i>
Insecta	Diptera	Tipulidae	<i>Molophilus</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Ablabesymyia sp.</i>
Insecta	Diptera	Chironomidae/ Tendipedidae	
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus sp.</i>
Insecta	Diptera	Culicidae (pupa)	
Insecta	Diptera	Psychodidae	
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia sp.</i>
Insecta	Díptera	Simuliidae	<i>Simulium arnatum pupa</i>
Insecta	Díptera	Podonomidae	<i>Podonomus larva</i>
Insecta	Díptera	Ephydriidae	<i>Hydrella pupa</i>
Insecta	Díptera	Ephydriidae	<i>Brachydeutera</i>
Insecta	Díptera	Canaceidae	<i>Canace macateel larva</i>
Insecta	Díptera		<i>Limnophora sp.</i>
Insecta	Ephemeroptera	Beatidae	<i>Beatis sp.</i>
Gastrópoda		Planorbidae	<i>Gyraulus</i>
Gastrópoda			<i>Campeloma</i>
Gastrópoda		Lymnaeidae	<i>Lymnaes</i>
Gastrópoda		Limnaciidae	<i>Limnaca</i>
Gastrópoda			<i>Daphnia</i>
Insecta	Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i>
Insecta	Hemiptera	Vellidae	<i>Microvelia sp.</i>
Insecta	Hemiptera	Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i>

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Insecta	Hemiptera	Cicadeliidae	
Insecta	Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>
Bivalvia		Hyriidae	<i>Unionoida</i>
Insecta	Trichóptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>
Insecta	Trichóptera	Leptoceridae	
Insecta	Trichóptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>
Insecta	Trichóptera	Hydrobiosidae	
Insecta	Trichóptera		
Nematoda	Nematoda	Gordioidae	
Crustacea	Ostracoda		
Crustacea	Conchostraca		<i>Eulimnadia</i>
Insecta		Delphacidae	
Insecta		Cercopidae	<i>Philaemarcys adut</i>
Insecta	Orthoptera	Tridactylidae	<i>Ellipes aduls.</i>

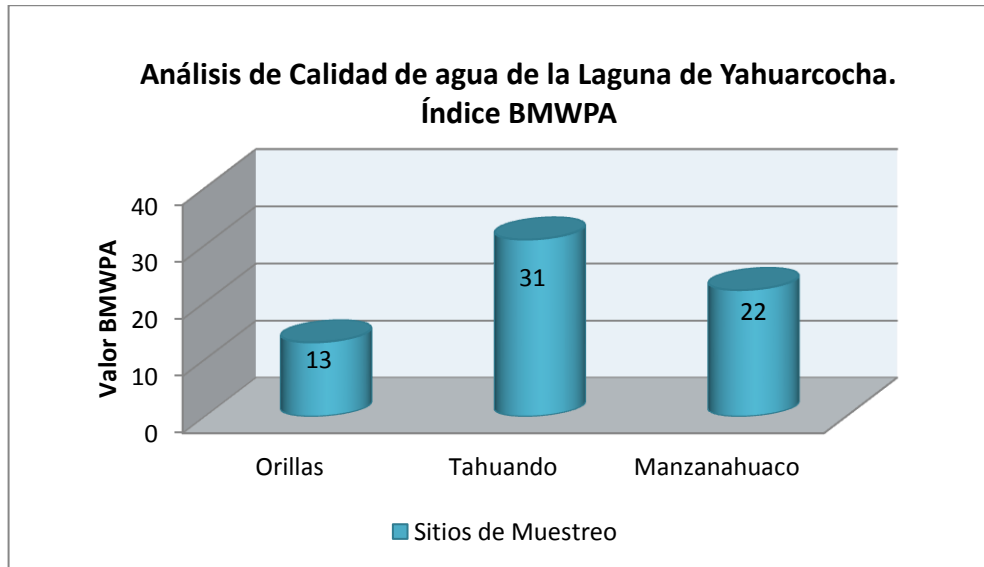
4.3 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA LÉNTICO

El agua de la Laguna de Yahuarcocha presenta turbiedad, materia orgánica en descomposición y un olor desagradable. Para la evaluación de la calidad de agua del sistema léntico se utilizó el Índice BMWP, Índice ETP, Índice de Sensibilidad y el análisis físico químico.

4.3.1 Análisis de calidad de agua del Índice BMWPA de cada Sitio de Muestreo

Los resultados del análisis de calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha utilizando el Índice BMWP establecen que en el Sitio A (orillas de la laguna), presenta una fuerte contaminación, con un valor promedio de 13 (Gráfico 4.1), dando como resultado una calidad de agua “Muy Crítica” (Cuadro 3.2).

Gráfico 4.1 Análisis de Calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha. Índice BMWPA

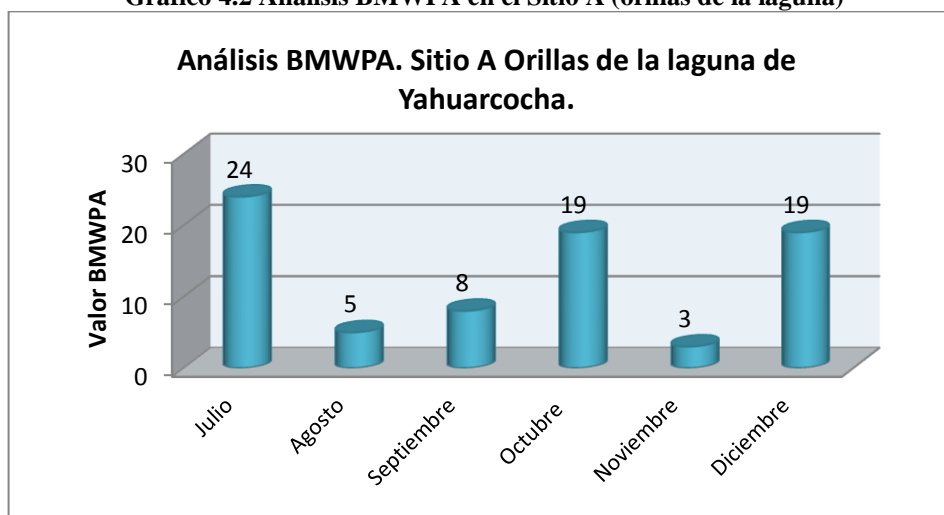


En los afluentes que alimentan a la laguna: quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo y canal del río Tahuando da como resultado un agua muy contaminada con una calidad de agua “Crítica”, debido a que existe contaminación por diferentes actividades agrícolas, jabones, desechos de animales y otros residuos.

4.3.1.1 Sitio A (orillas de la laguna)

Luego de haber ordenado las familias de macroinvertebrados en grupos siguiendo un gradiente ascendente de mayor a menor tolerancia a la contaminación (Anexo 3.2 Hoja de campo 1), podemos ver que en el monitoreo mensual realizado en las orillas de la laguna (Gráfico 4.2) se establece que en los meses julio, octubre y diciembre nos da como resultado que sus aguas son muy contaminadas con una calidad de agua “crítica” (Cuadro 3.2) a diferencia de los demás meses que presentan una calidad de agua “muy crítica” siendo una agua fuertemente contaminada. Esta diferencia se da debido a que en los meses de julio, octubre y diciembre se encontró mayor abundancia de individuos con tolerancia a los contaminantes.

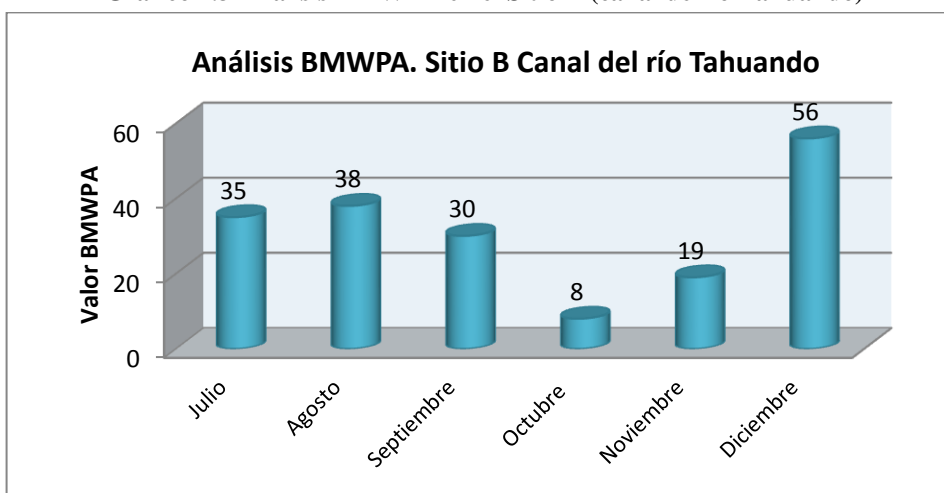
Gráfico 4.2 Análisis BMWPA en el Sitio A (orillas de la laguna)



4.3.1.2 Sitio B (canal del río Tahuando)

Luego de haber ordenado las familias de macroinvertebrados en grupos siguiendo un gradiente ascendente de mayor a menor tolerancia a la contaminación (Anexo 3.2 Hoja de campo 2), podemos ver que en el monitoreo mensual realizado en el canal de río Tahuando (Gráfico 4.3) se establece que en los meses agosto y diciembre nos da como resultado que sus aguas son contaminadas con una calidad de agua “dudosa” (Cuadro 3.2) a diferencia de los demás meses que presentan una calidad de agua “crítica” siendo una agua muy contaminada. En el mes de octubre se encontró solo taxones que son tolerantes a la contaminación.

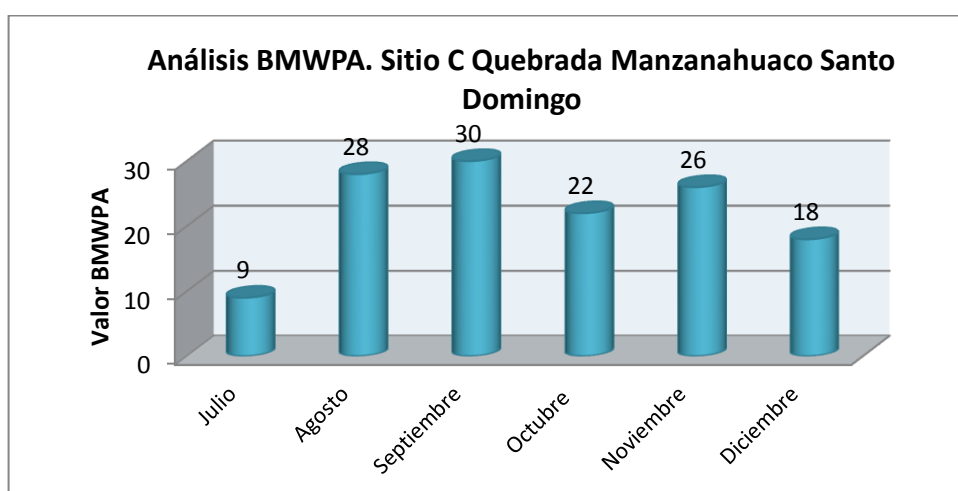
Gráfico 4.3 Análisis BMWPA en el Sitio B (canal de río Tahuando)



4.3.1.3 Sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo)

Luego de haber ordenado las familias de macroinvertebrados en grupos siguiendo un gradiente ascendente de mayor a menor tolerancia a la contaminación (Anexo 3.2 Hoja de campo 3), podemos ver que en el monitoreo mensual realizado en el quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.4) se establece que en el mes de julio da como resultado que sus aguas son fuertemente contaminadas con una calidad de agua “muy crítica” (Cuadro 3.2), los meses siguientes presentan una calidad de agua “crítica” siendo una agua muy contaminada.

Gráfico 4.4 Análisis BMWPA en el Sitio C quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo



4.3.2 Análisis de calidad de agua del Índice ETP del Sitio A (orillas de la laguna)

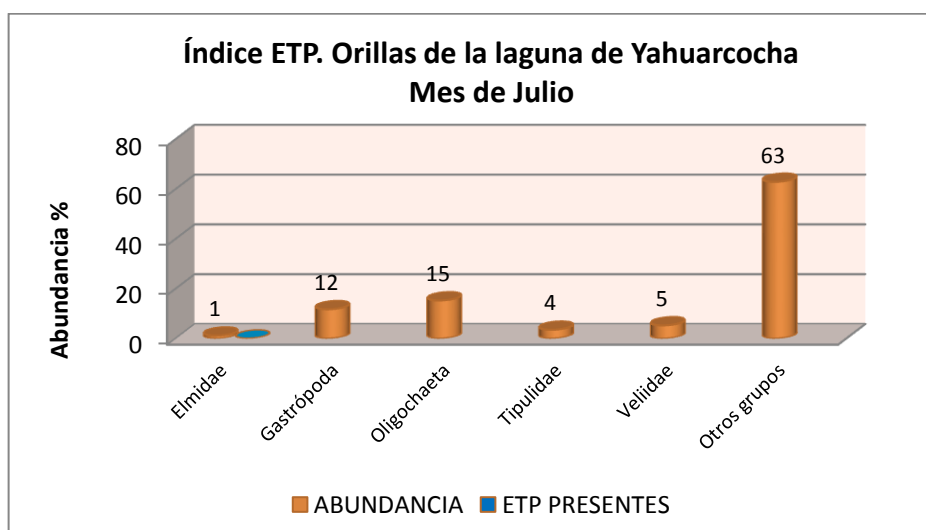
El monitoreo en los seis meses nos permitió conocer la abundancia de macroinvertebrados presentes en la laguna de Yahuarcocha y a la vez determinar la calidad de agua que existe mediante el uso del Índice ETP.

4.3.2.1 Mes de Julio

En el mes de julio una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de las orillas de laguna (Gráfico 4.5) se determinó que existe mayor

abundancia de individuos en las clases Oligochaeta con un porcentaje de presencia 15 % y Gastrópoda con un porcentaje de 12 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 63 % siendo las especies más representativas Anphipoda con un 33%, Aesnidae 6 %, Hypogastruridae 6 % y Coricidae 4 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 4).

Gráfico 4.5 Índice ETP, Sitio A, mes de Julio

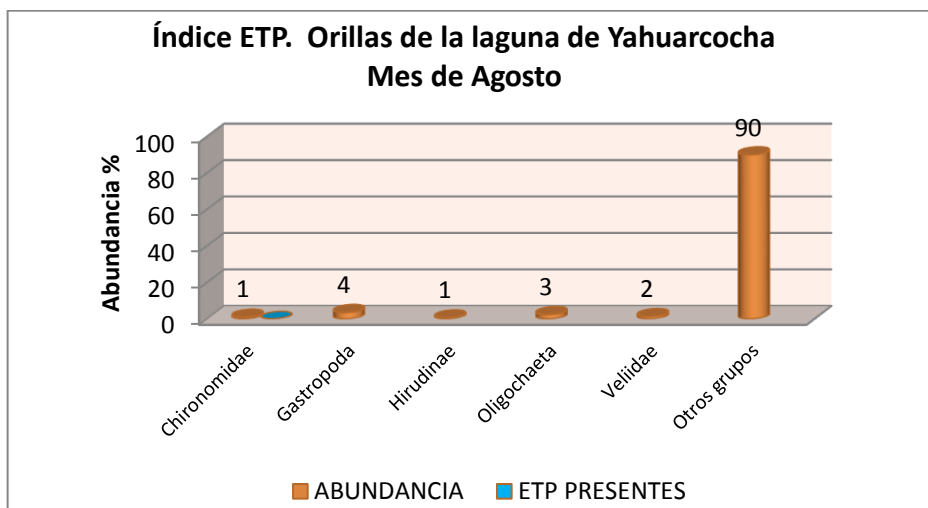


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de julio, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de las orillas de laguna es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.2.2 Mes de Agosto

En el mes de agosto una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de las orillas de laguna (Gráfico 4.6) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las clases Gastrópoda con un porcentaje de 4 % y Oligochaeta con un porcentaje de presencia 3 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 90 % siendo las especies más representativas Anphipoda con un 44%, Mesiveliidae 12 % y Aeshnidae 9 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 4).

Gráfico 4.6 Índice ETP, Sitio A, mes de Agosto



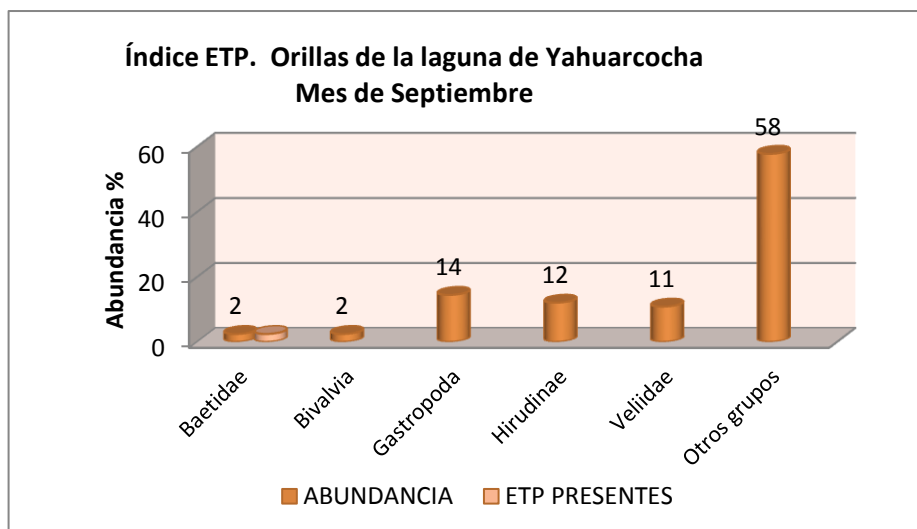
El resultado del análisis del índice ETP en el mes de agosto, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de las orillas de laguna es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.2.3 Mes de Septiembre

En el mes de septiembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de las orillas de laguna (Gráfico 4.7) se determinó que existe mayor abundancia de individuos de Gastrópoda con un porcentaje de presencia de 14 % y Hirudinae con un porcentaje de presencia 12 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 58 % siendo las especies más representativas Corixidae con un 24% y Amphipoda 20 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 4).

El resultado del análisis del índice ETP en el mes de septiembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de las orillas de laguna es MALA, pues existe 2 % presencia de individuos de la familia Baetidae del grupo ETP.

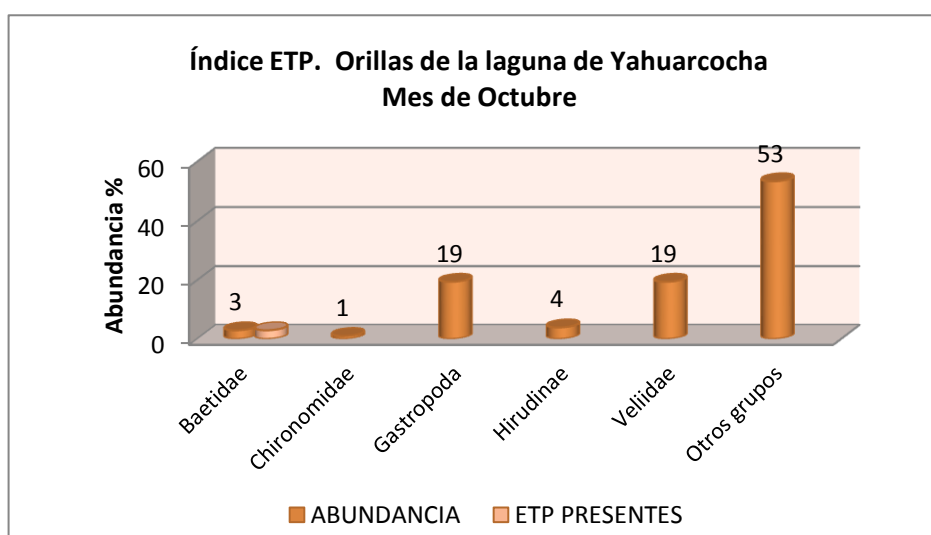
Gráfico 4.7 Índice ETP, Sitio A, mes de Septiembre



4.3.2.4 Mes de Octubre

En el mes de octubre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de las orillas de laguna (Gráfico 4.8) se determinó que existe mayor abundancia de individuos de Gastrópoda y Veliidae con un porcentaje de presencia de 19 % y. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 53 % siendo las especies más representativas Amphipoda 16 % y Mesoveliidae con un 14% (Anexo 3.2 Hoja de campo 4).

Gráfico 4.8 Índice ETP, Sitio A, mes de Octubre

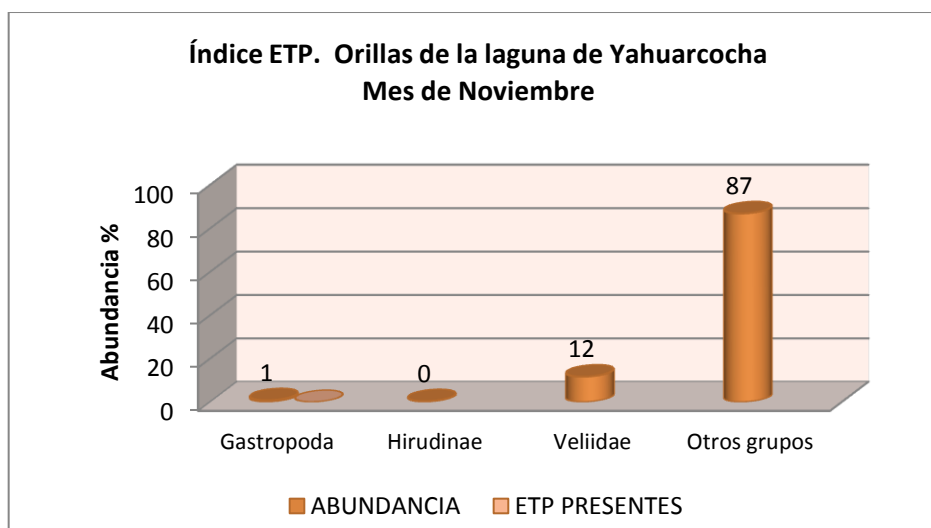


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de octubre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de las orillas de laguna es MALA, pues existe 3 % presencia de individuos de la familia Baetidae.

4.3.2.5 Mes de Noviembre

En el mes de noviembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de las orillas de laguna (Gráfico 4.9) se determinó que existe mayor abundancia de individuos de Veliidae con un porcentaje de 12 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 87 % siendo las especies más representativas Amphipoda 39 % y Mesoveliidae con un 26% (Anexo 3.2 Hoja de campo 4).

Gráfico 4.9 Índice ETP, Sitio A, mes de Noviembre



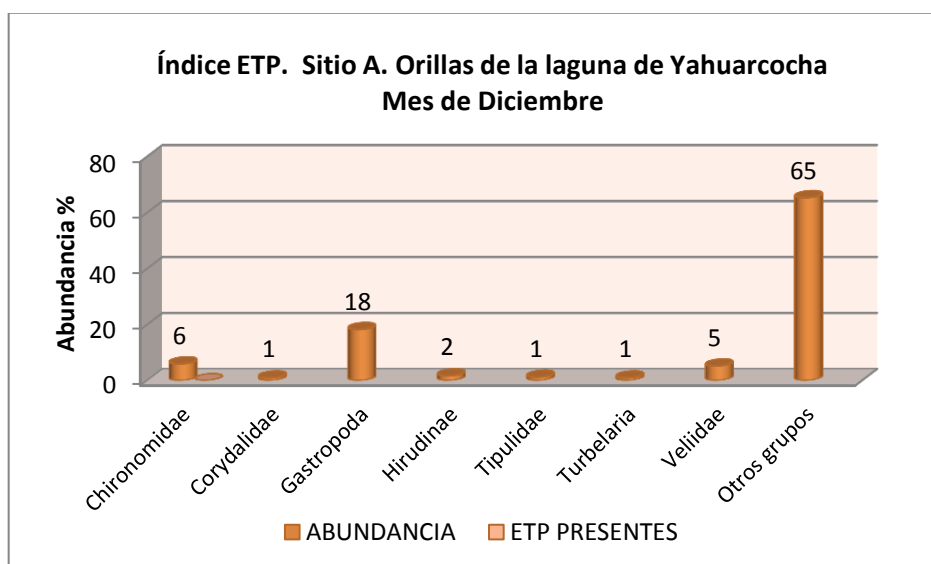
El resultado del análisis del índice ETP en el mes de noviembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de las orillas de laguna es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.2.6 Mes de Diciembre

En el mes de diciembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de las orillas de laguna (Gráfico 4.10) se determinó que existe

mayor abundancia de individuos de Gastrópoda con un porcentaje de 18 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 65 % siendo las especies más representativas Notonectidae 24 % y Corixidae con un 17% (Anexo 3.2 Hoja de campo 4).

Gráfico 4.10 Índice ETP, Sitio A, mes de Diciembre



El resultado del análisis del índice ETP en el mes de diciembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de las orillas de laguna es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.3 Análisis de calidad de agua del Índice ETP del Sitio B (canal del río Tahuando)

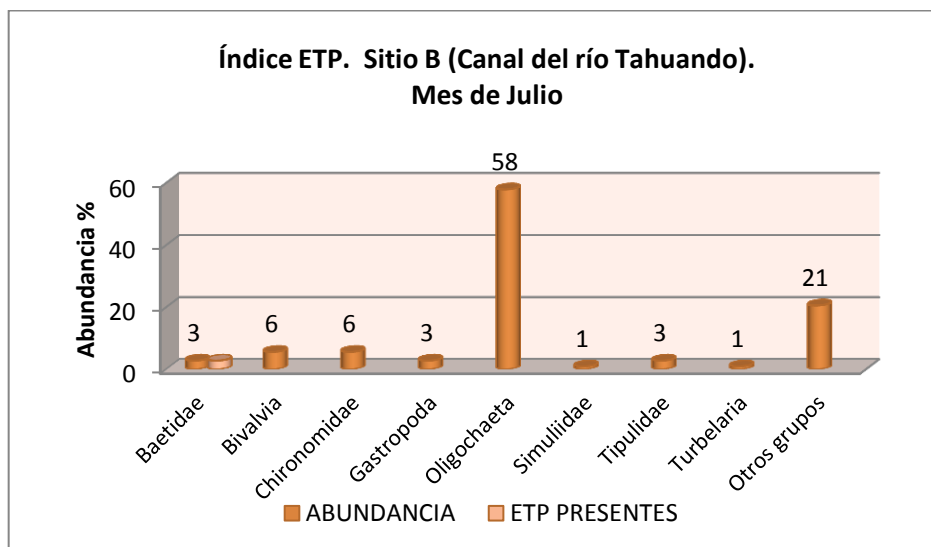
El monitoreo en los seis meses nos permitió conocer la abundancia de macroinvertebrados presentes en el canal del río Tahuando y a la vez determinar la calidad de agua que existe mediante el uso del Índice ETP.

Este afluente aguas arriba es utilizados como sitio de descarga de aguas negras y otros desechos afectando de esta manera al sistema lenticó en estudio.

4.3.3.1 Mes de Julio

En el mes de julio una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo del canal del río Tahuando (Gráfico 4.11) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las clases Oligochaeta con un porcentaje de presencia 58 %, Bivalvia y Chironomidae con un porcentaje de 6 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 21 % siendo las especies más representativas Anphipoda con un 7%, Aeshnidae y Distiscidae 6 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 5).

Gráfico 4.11 Índice ETP, Sitio B, mes de Julio



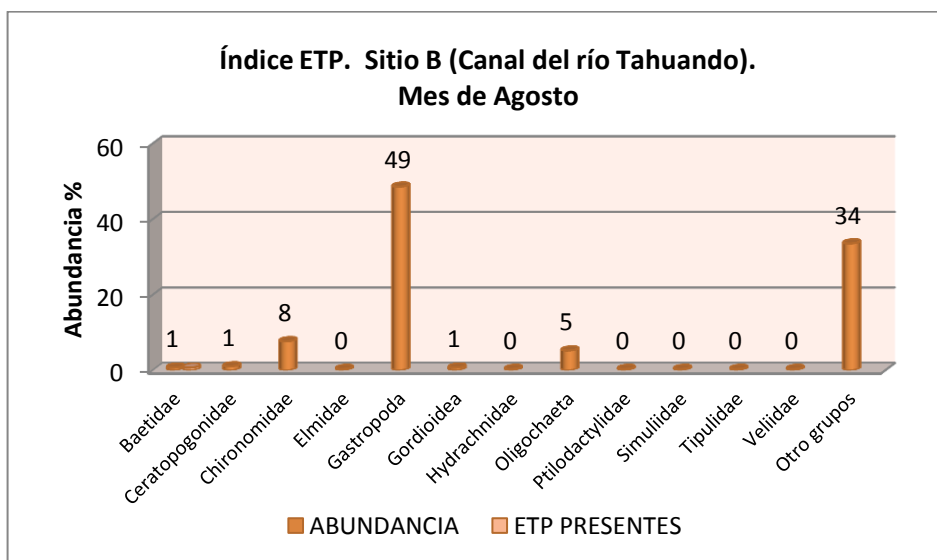
El resultado del análisis del índice ETP en el mes de julio, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo del canal del río Tahuando es MALA, pues existe 3 % presencia de individuos de la familia Baetidae.

4.3.3.2 Mes de Agosto

En el mes de agosto una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo del canal del río Tahuando (Gráfico 4.12) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en Gastrópoda con un porcentaje de presencia 49%, y Chironomidae con un porcentaje de 8 %. En otros grupos se obtuvo un

porcentaje de 34 % siendo las especies más representativas Distiscidae y Isotomidae con un 8 % y Poduridae 6 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 5)

Gráfico 4.12 Índice ETP, Sitio B, mes de Agosto

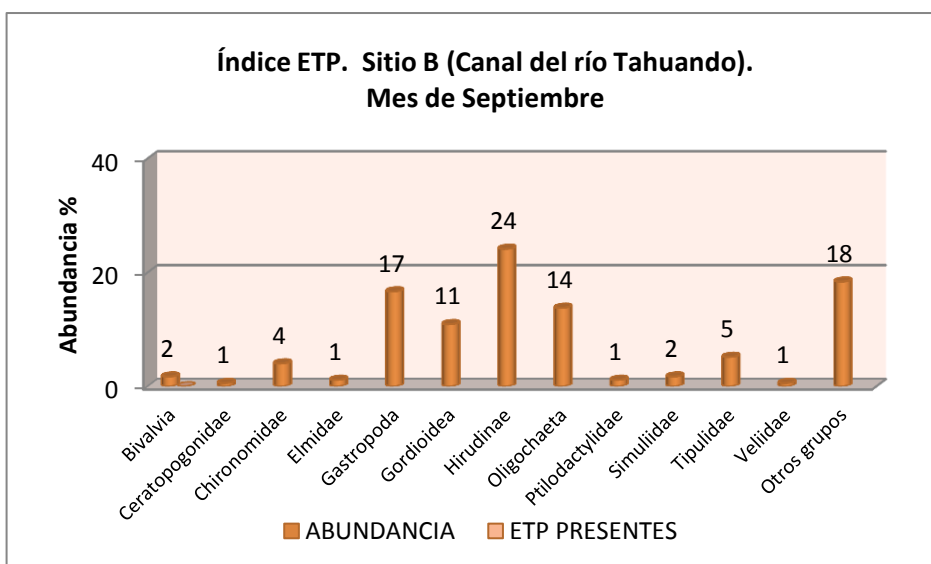


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de agosto, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo del canal del río Tahuando es MALA, pues existe 1 % presencia de individuos de la familia Baetidae.

4.3.3.3 Mes de Septiembre

En el mes de septiembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo del canal del río Tahuando (Gráfico 4.13) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las familias Huridae con un porcentaje de presencia 24%, y la clase Gastrópoda con un porcentaje de presencia de 17 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 18 % siendo las especies más representativas Isotomidae y Poduridae con un 6 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 5).

Gráfico 4.13 Índice ETP, Sitio B, mes de Septiembre



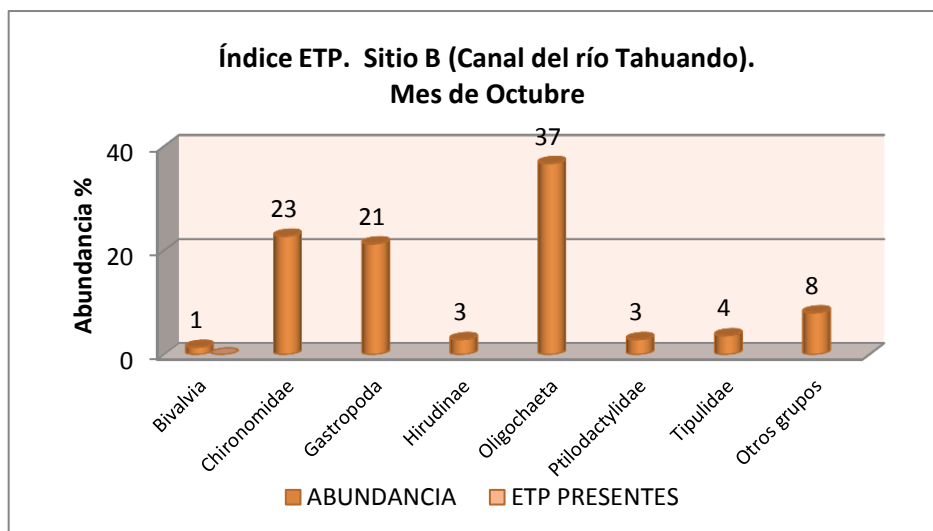
El resultado del análisis del índice ETP en el mes de septiembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo del canal del río Tahuando es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.3.4 Mes de Octubre

En el mes de octubre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo del canal del río Tahuando (Gráfico 4.14) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en el orden Oligochaeta con un porcentaje de presencia 37%, y la familia Chironomidae con un porcentaje de presencia de 23%. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 8 % siendo las especies más representativas Ostracoda con un 2 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 5).

El resultado del análisis del índice ETP en el mes de octubre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo del canal del río Tahuando es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

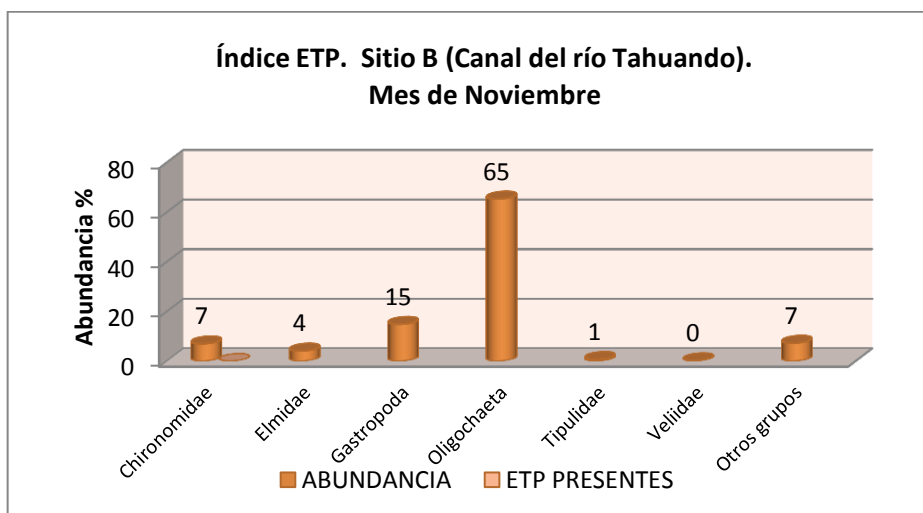
Gráfico 4.14 Índice ETP, Sitio B, mes de Octubre



4.3.3.5 Mes de Noviembre

En el mes de noviembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo del canal del río Tahuando (Gráfico 4.15) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en el orden Oligochaeta con un porcentaje de presencia 65%, y la clase Gastrópoda con un porcentaje de presencia de 15%. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 7 % siendo las especies más representativas Planaridae con un 4 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 5).

Gráfico 4.15 Índice ETP, Sitio B, mes de Noviembre

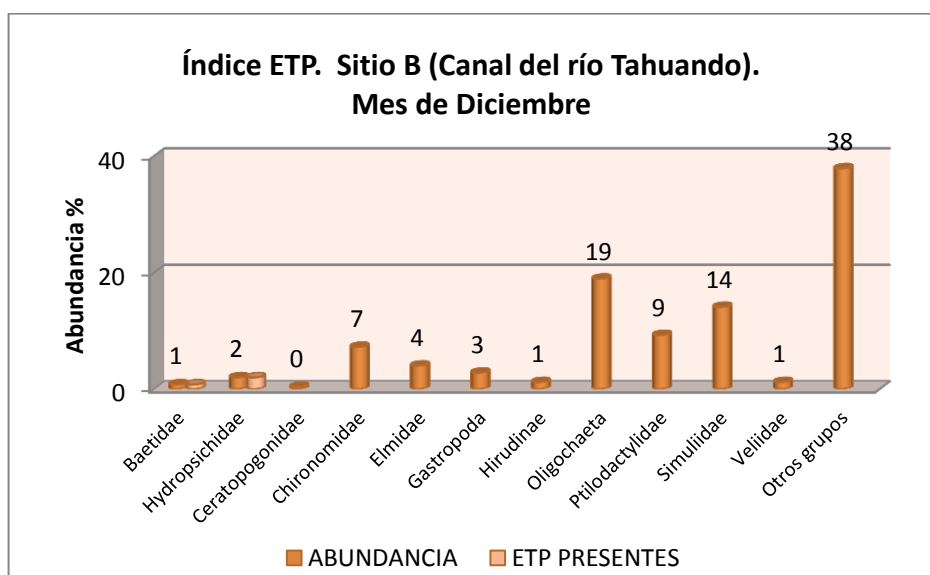


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de noviembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo del canal del río Tahuando es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.3.6 Mes de Diciembre

En el mes de diciembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo del canal del río Tahuando (Gráfico 4.16) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en el orden Oligochaeta con un porcentaje de presencia 19%, y la familia Simuliidae con un porcentaje de presencia de 14%. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 38 % siendo las especies más representativas Empididae con un 21 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 5).

Gráfico 4.16 Índice ETP, Sitio B, mes de Diciembre



El resultado del análisis del índice ETP en el mes de diciembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo del canal del río Tahuando es MALA, pues existe 1 % presencia de individuos de la familia Baetidae.

4.3.4 Análisis de calidad de agua del Índice ETP del Sitio C (quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo).

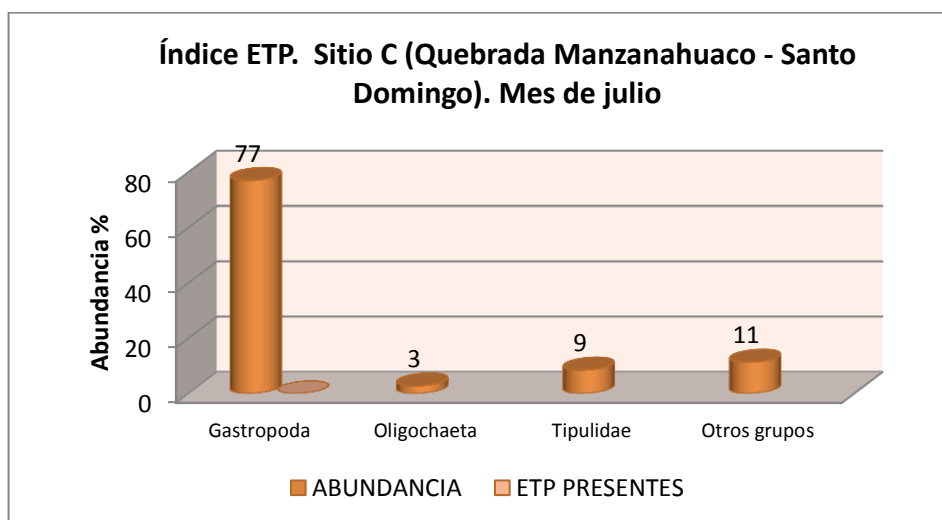
El monitoreo en los seis meses nos permitió conocer la abundancia de macroinvertebrados presentes en la quebrada Manzanohuayco – Sato Domingo y a la vez determinar la calidad de agua que existe mediante el uso del Índice ETP.

Se consideró esta zona debido a que es uno de los afluentes que mayor caudal aporta a la laguna, y es uno de los lugares que mayor influencia humana presenta, poblaciones que se encuentran en la parte alta hacen uso del agua para actividades agrícolas, pecuarias, y la eliminación de desechos de varios tipos.

4.3.4.1 Mes de Julio

En el mes de julio una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.17) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en la clase Gastrópoda con un porcentaje de presencia 77 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 11 % siendo las especies más representativas Hyriidae, Muscidae, Staphilinidae y Coleoptera 3% (Anexo 3.2 Hoja de campo 6).

Gráfico 4.17 Índice ETP, Sitio C, mes de Julio

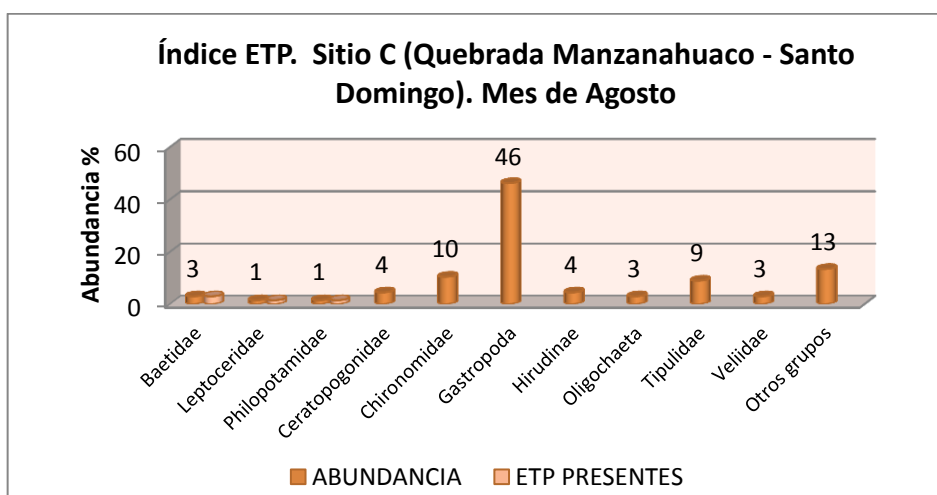


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de julio, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.4.2 Mes de Agosto

En el mes de agosto una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.18) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en la clase Gastrópoda con un porcentaje de presencia 46 % y la familia Chironomidae con un porcentaje de presencia de 10 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 13 % siendo las especies más representativas Heleidae, Noctonectidae y Poduridae 3% (Anexo 3.2 Hoja de campo 6).

Gráfico 4.18 Índice ETP, Sitio C, mes de Agosto

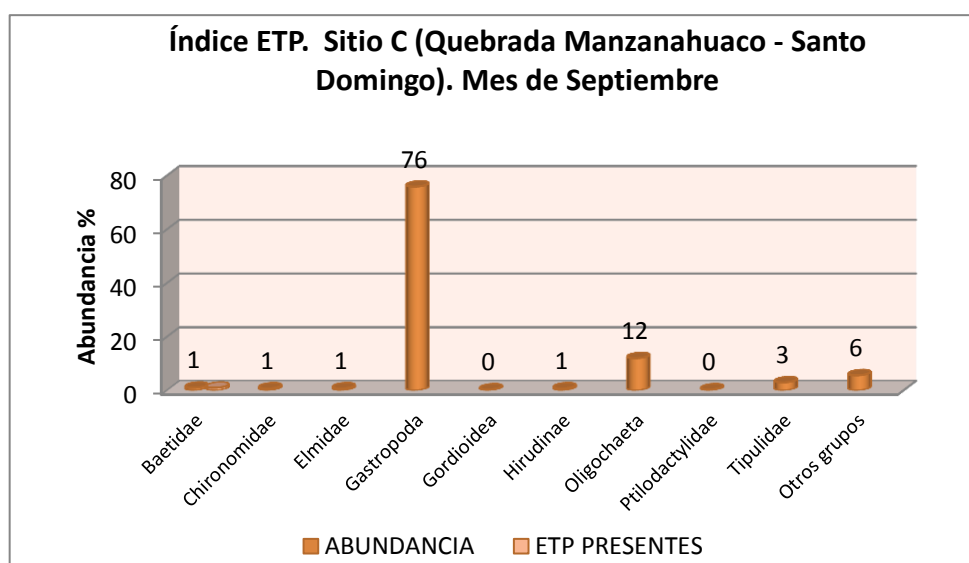


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de agosto, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo es MALA, pues existe 3 % presencia de individuos de la familia Baetidae, 1 % Leptoceridae y 1 % Philopotamidae.

4.3.4.3 Mes de Septiembre

En el mes de septiembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.19) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las clases Gastrópoda con un porcentaje de presencia 76 % y Oligochaeta con un porcentaje de presencia de 12 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 6 % siendo las especies más representativas Isotomidae con un 2 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 6).

Gráfico 4.19 Índice ETP, Sitio C, mes de Agosto



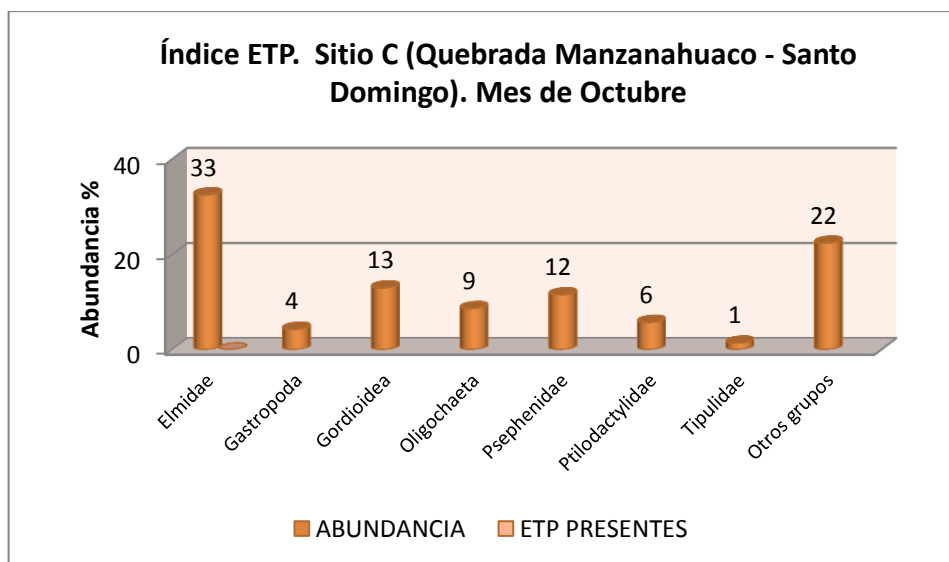
El resultado del análisis del índice ETP en el mes de agosto, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo es MALA, pues existe 1 % presencia de individuos de la familia Baetidae.

4.3.4.4 Mes de Octubre

En el mes de octubre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.20) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las familias Elmidae con

un porcentaje de presencia 33 % y Gardioidea con un porcentaje de presencia de 13 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 22 % siendo las especies más representativas la familia Muscidae con un 4 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 6).

Gráfico 4.20 Índice ETP, Sitio C, mes de Octubre

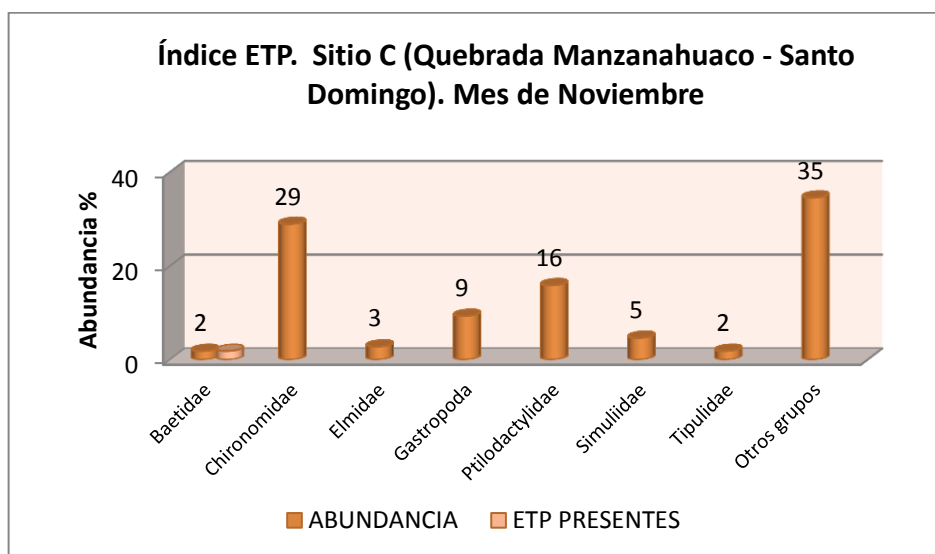


El resultado del análisis del índice ETP en el mes de octubre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo es MALA, pues no existe presencia de individuos del grupo ETP.

4.3.4.5 Mes de Noviembre

En el mes de noviembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.21) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las familias Chiromomidae con un porcentaje de presencia 29 % y Ptilodactylidae con un porcentaje de presencia de 16 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 35 % siendo las especies más representativas *Cyloepus* con un 17 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 6).

Gráfico 4.21 Índice ETP, Sitio C, mes de Noviembre



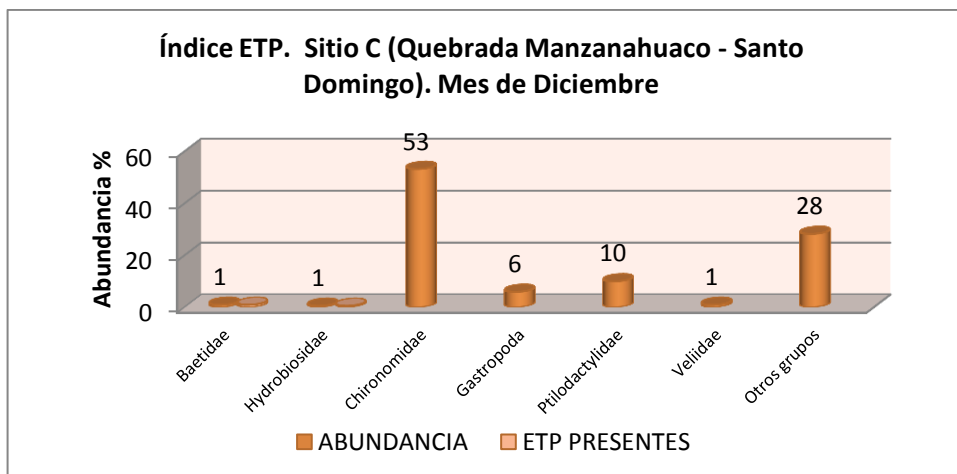
El resultado del análisis del índice ETP en el mes de noviembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo es MALA, pues existe 2 % presencia de individuos de la familia Baetidae.

4.3.4.6 Mes de Diciembre

En el mes de diciembre una vez que se identificó los grupos presentes en cada punto de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.22) se determinó que existe mayor abundancia de individuos en las familias Chiromomidae con un porcentaje de presencia 53 % y Ptilodactylidae con un porcentaje de presencia de 10 %. En otros grupos se obtuvo un porcentaje de 28 % siendo las especies más representativas Colembola con un 16 % (Anexo 3.2 Hoja de campo 6).

El resultado del análisis del índice ETP en el mes de noviembre, establece que la calidad del agua de los diferentes puntos de muestreo de la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo es MALA, pues existe 1 % presencia de individuos de la familia Baetidae y 1 % de Hydrobiosidae.

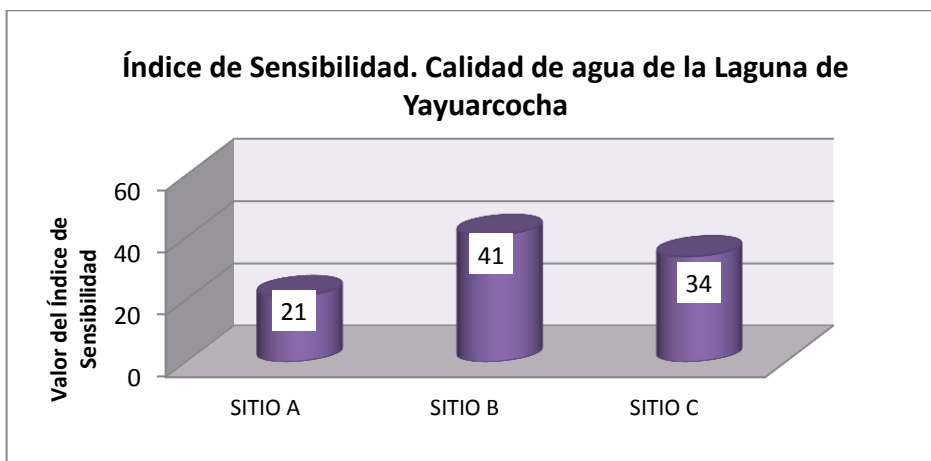
Gráfico 4.22 Índice ETP, Sitio C, mes de Diciembre



4.3.5 Análisis de calidad de agua del Índice de Sensibilidad de cada Sitio de Muestreo

Sin tomar en cuenta el número de individuos, el análisis de Sensibilidad determina el grado de sensibilidad que tiene cada familia de macroinvertebrados a los contaminantes.

Gráfico 4.23 Índice de Sensibilidad. Calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha



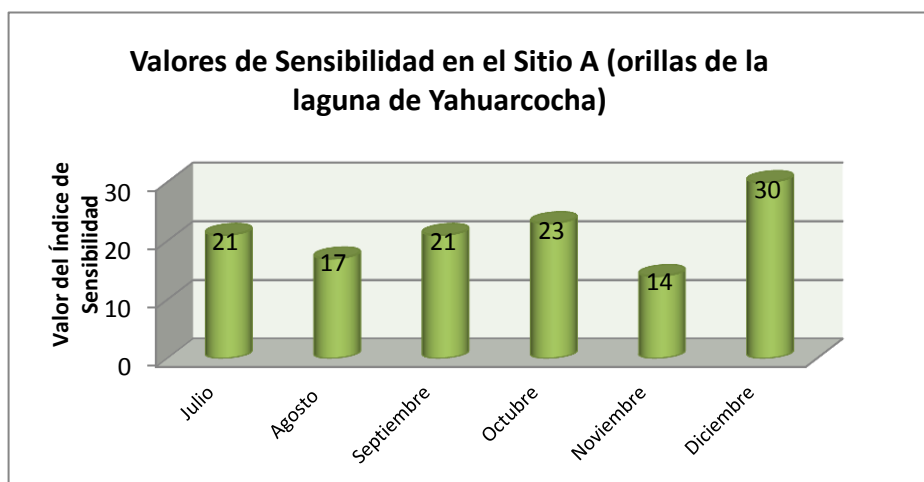
Luego de seis meses de estudio dio como resultado (Gráfico 4.23) que, el Sitio B canal del río Tahuando, de acuerdo al análisis de sensibilidad con un valor

promedio de 41, presenta una calidad de agua "regular" (Cuadro 3.6), el Sitio C quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo y el Sitio A presenta una calidad de agua "mala".

4.3.5.1 Sitio A (orillas de la laguna)

En el monitoreo mensual realizado en las orillas de la laguna de Yahuarcocha (Anexo 3.2 Hoja de campo 7), podemos ver que en el análisis de sensibilidad los meses julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre (Gráfico 4.24) los macroinvertebrados aceptan mayor cantidad de contaminantes resultando una calidad de agua "mala" (Cuadro 3.6). En el mes de noviembre el agua acepta muchos contaminantes presentando una calidad de agua "muy mala".

Gráfico 4.24 Valores de Sensibilidad en el Sitio A

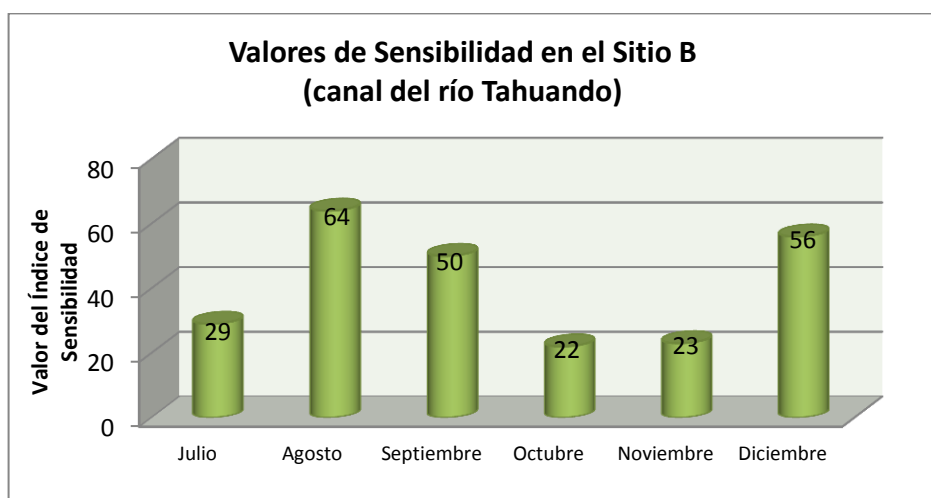


4.3.5.2 Sitio B (canal del río Tahuando)

En el monitoreo mensual realizado en el canal del río Tahuando (Anexo 3.2 Hoja de campo 8), podemos ver que en el análisis de sensibilidad el mes de agosto (Gráfico 4.25) los macroinvertebrados aceptan muy pocos contaminantes resultando una calidad de agua "buena" (Cuadro 3.6). En los meses de septiembre y diciembre el agua acepta pocos contaminantes presentando una calidad de agua

“regular” a diferencia del resto de meses que presentan una calidad de agua “mala”.

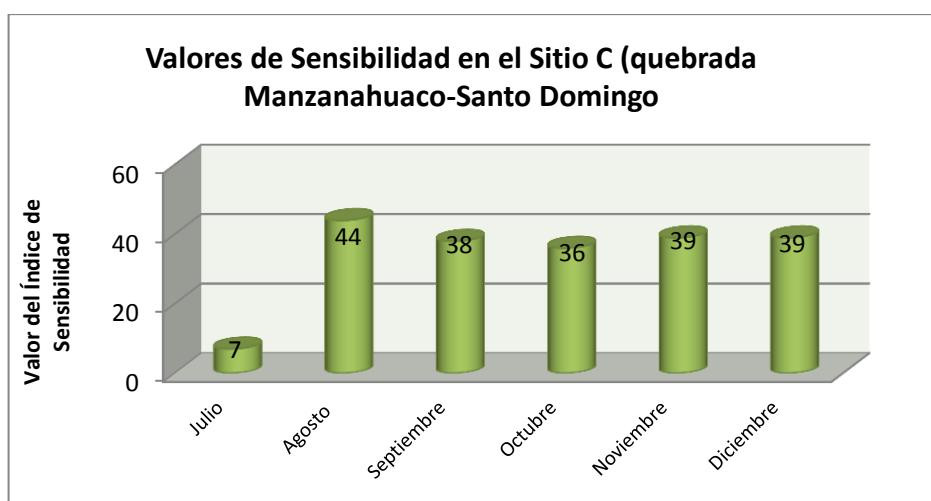
Gráfico 4.25 Valores de Sensibilidad en el Sitio B



4.3.5.3 Sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo - Domingo)

En el monitoreo mensual realizado en la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Anexo 3.2 Hoja de campo 9), podemos ver que en el análisis de sensibilidad el mes de julio (Gráfico 4.26) los macroinvertebrados aceptan muchos contaminantes resultando una calidad de agua “mala” (Cuadro 3.6), a diferencia del resto de meses que presentan una calidad de agua “regular”.

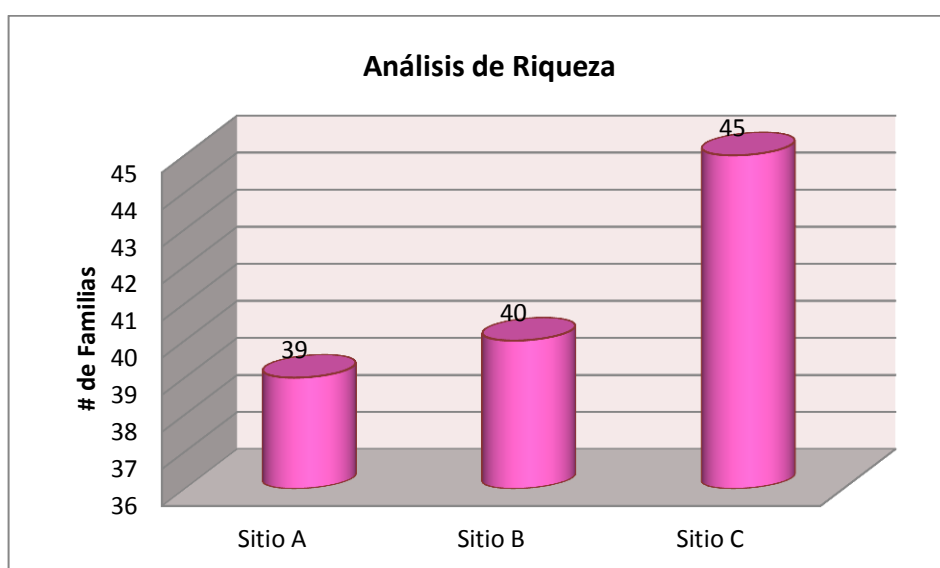
Gráfico 4.26 Valores de Sensibilidad en el Sitio C



4.3.6 Análisis de Riqueza

Durante el monitoreo mensual realizado en la laguna de Yahuarcocha se registró mayor riqueza de familias de macroinvertebrados en el sitio C (quebrada Manzanohuayco-Santo Domingo) con un número 45 familias. El sitio B (Canal del río Tahuando) presentó 40 familias registradas y por último en el Sitio A (orillas de laguna) se registraron 39 familias (Gráfico 4.27).

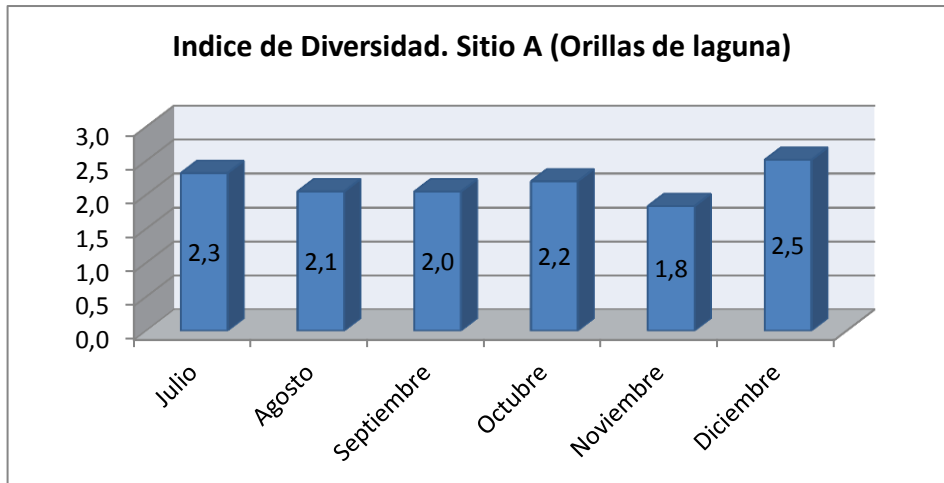
Gráfico 4.27 Valores de Riqueza de los sitios de muestreo



4.3.7 Análisis del Índice de Diversidad de Shannon Wiener

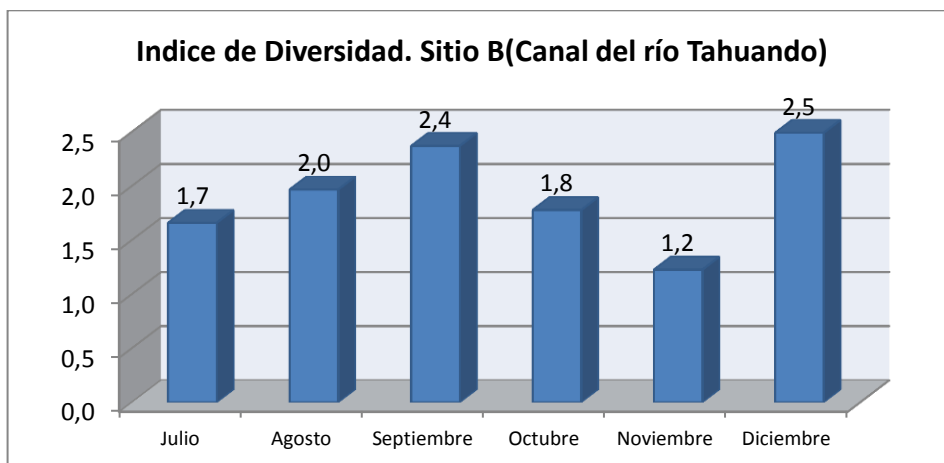
Aplicando el Índice de diversidad de Shannon Wiener, se estableció que en el monitoreo mensual en las orillas de la laguna de Yahuarcocha (Gráfico 4.28), el mes de noviembre presentó un valor de diversidad de 1,8 lo que significa que el agua tiene una “contaminación moderada” a diferencia de los otros meses que presentan una “contaminación ligera” con valores de entre 2,0 a 3,0 (Cuadro 3.7).

Gráfico 4.28 Índice de Diversidad. Sitio A



En el monitoreo mensual realizado en el canal del río Tahuando (Gráfico 4.29), se mostró que en el índice de diversidad, los meses de agosto, septiembre y diciembre presentan una “contaminación ligera” con valores del índice de diversidad de entre 2,0 a 3,0 con respecto a los meses de julio, octubre y noviembre que presentan una “contaminación moderada” (Cuadro 3.7).

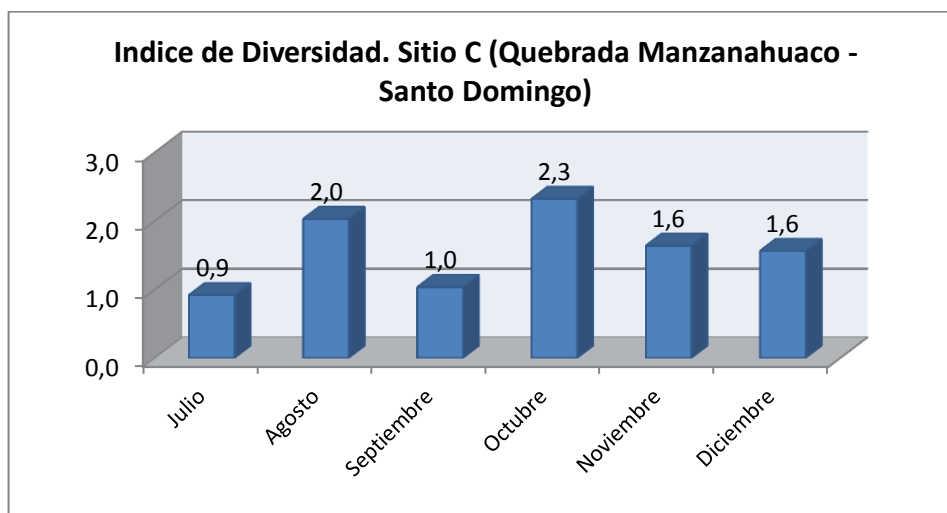
Gráfico 4.29 Índice de Diversidad. Sitio B



En el monitoreo mensual realizado en la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo (Gráfico 4.30), se mostró que en el índice de diversidad los meses de octubre y agosto con valores de 2,3 y 2,0 respectivamente, presentan una “contaminación ligera” a diferencia de los meses septiembre, noviembre y

diciembre que presentan una “contaminación moderada” y el mes de julio presenta una “contaminación severa” (Cuadro 3.7).

Gráfico 4.30 Índice de Diversidad. Sitio C



4.3.8 Análisis general de la calidad de agua con macroinvertebrados como indicadores biológicos

En el muestreo realizado para conocer la calidad de agua del sistema léntico nos dio como resultado una calidad de agua mala, encontrándose mayor presencia de individuos que resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. La familia Díptera por ejemplo estuvo presente en todos los sitios de muestreo.

En los ríos y quebradas que están siendo contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutrofizadas, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de oligoquetos, chironómidos y ciertos moluscos; pero ocasionalmente, pueden presentarse algunos pocos individuos que se consideran indicadores de aguas limpias (Roldán, 1992). En nuestro caso se cumple lo que dice Roldán predominando estas poblaciones en los sitios de muestreo. En ciertas ocasiones en las orillas de la laguna se encontró especies de los órdenes Hemíptera, Coleóptera y Odonata por el contrario en los afluentes se encontró especies de los órdenes Hemíptera y Coleóptera que según la (Guía de

identificación de macroinvertebrados de trópico americano, Carrera y Fierro, 2001), aceptan pocos contaminantes que califican al agua como buena. Sin embargo en todos los sitios de muestreo, al existir mayor presencia de órdenes y familias que aceptan muchos contaminantes se obtuvo como resultado que la calidad de agua de laguna de Yahuarcocha es mala.

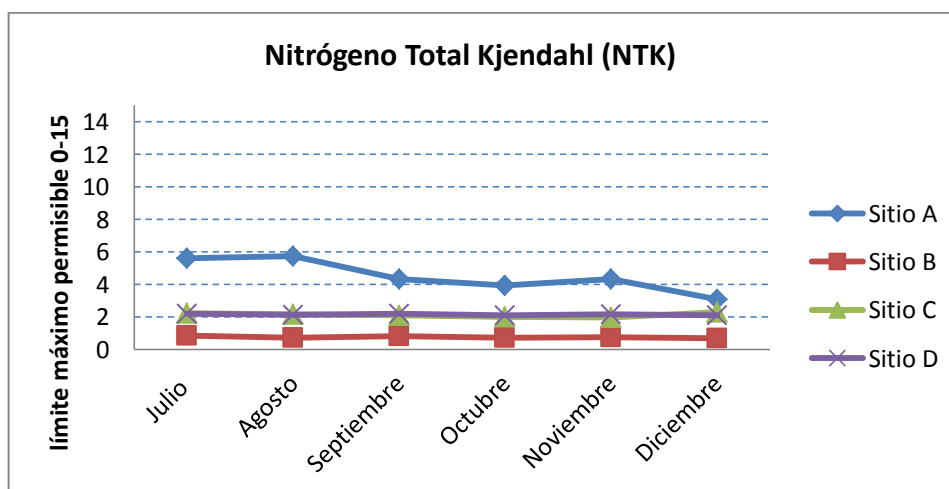
4.3.9 Análisis físico – químico y microbiológicos

Para este análisis se consideró cuatro sitios de muestreo:

- Sitio A. Orillas de la laguna —
- Sitio B. Canal del río Tahuando —
- Sitio C. Quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo —
- Sitio D. Canal sin nombre —

El análisis físico - químico y microbiológico de los diferentes sitios de muestreo (Anexo 3.1), arrojó los siguientes resultados:

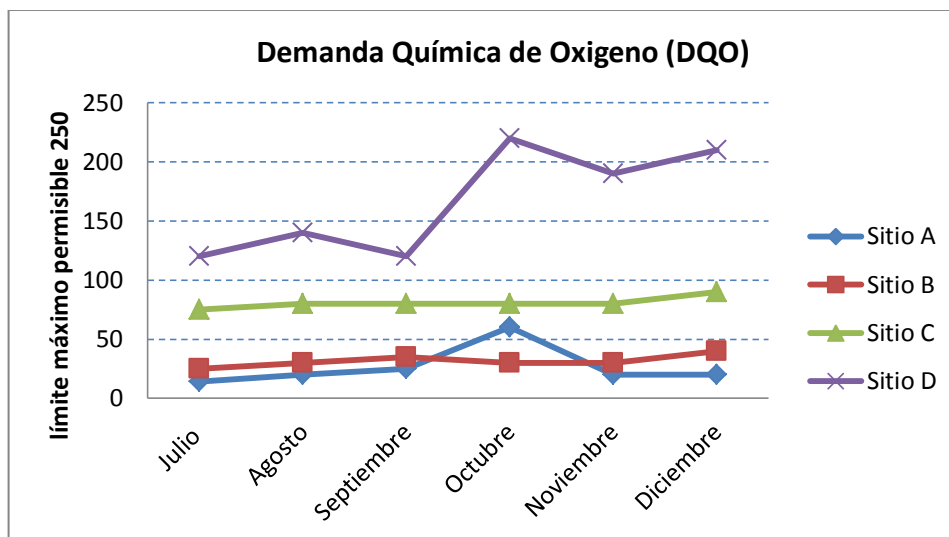
Gráfico 4.31 Valores de Nitrógeno Total Kjendahl de los sitios de muestreo



En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.31), los valores del nitrógeno total en los tres sitios de muestreo está bajo según el límite máximo permisible 10 mg/L.

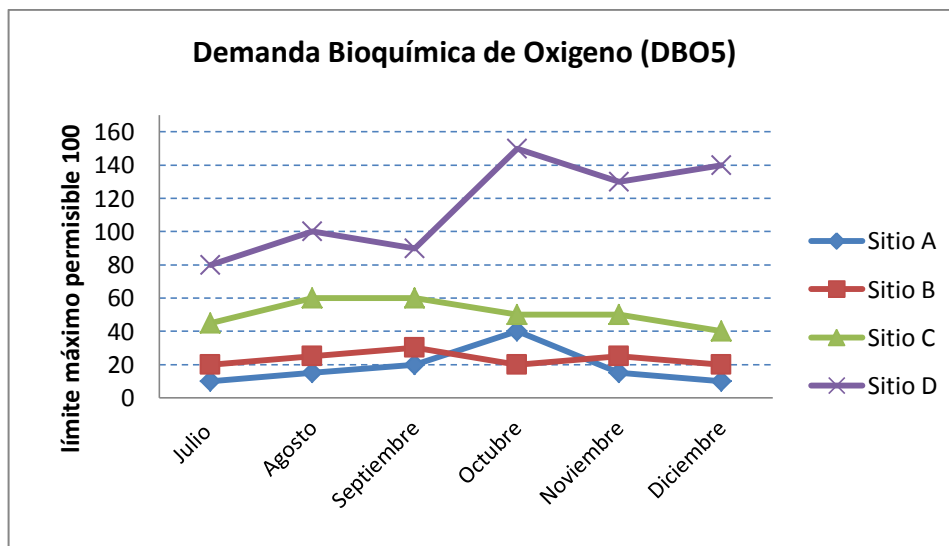
En las orillas se puede ver claramente que la cantidad de nitrógeno es mayor con respecto a las afluentes, concluyendo que las muestras de agua tomadas antes que ingresa a la laguna son de mejor calidad.

Gráfico 4.32 Valores de Demanda Química de Oxígeno de los sitios de muestreo



En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.32), los valores de la Demanda Química de Oxígeno en los tres sitios de muestreo esta bajo según el límite máximo permisible 250 ml/L, concluyendo que la calidad de agua es mala.

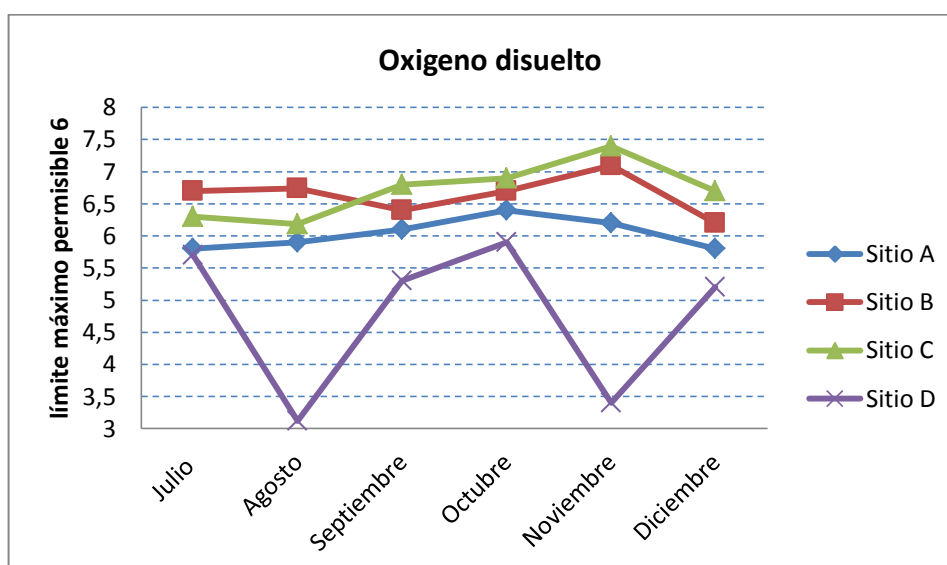
Gráfico 4.33 Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno de los sitios de muestreo



En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.33), los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en los tres sitios de muestreo esta bajo según el límite máximo permisible 100 ml/L. El sitio D sobrepasa los límites máximos permisible en consecuencia no es de buena calidad.

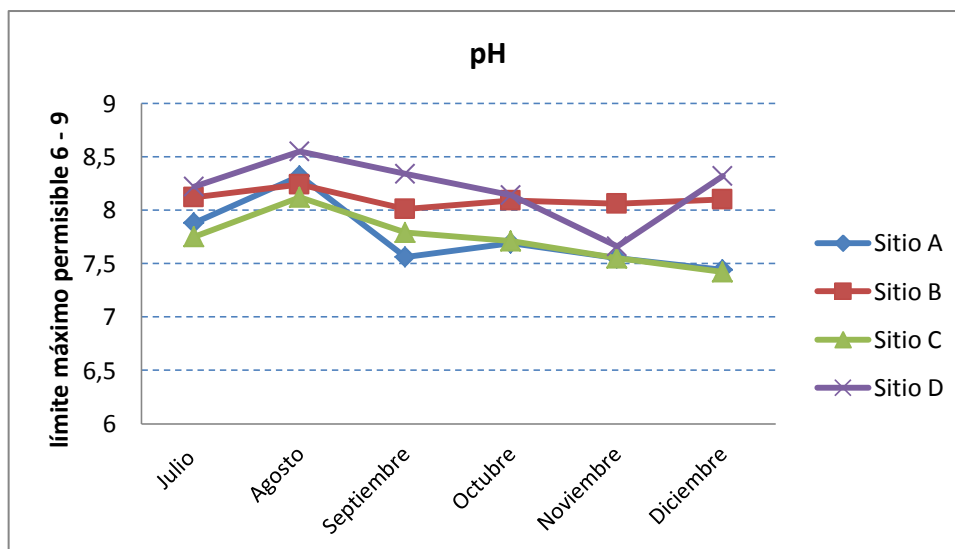
En la quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo se puede ver claramente que la cantidad de DBO5 es mayor con respecto a los otros sitios de muestreo sin embargo se concluye que la calidad de agua en los tres sitios de muestreo es mala.

Gráfico 4.34 Valores de Oxígeno Disuelto de los sitios de muestreo



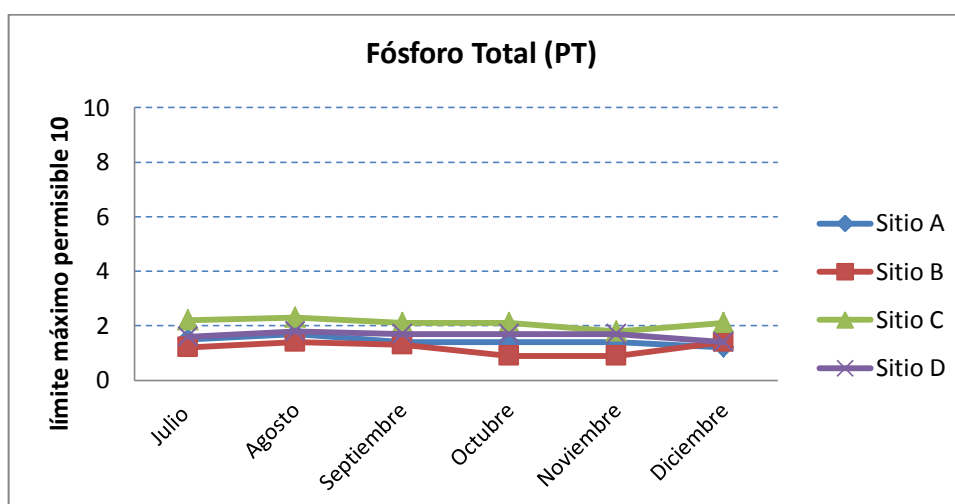
El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes en la calidad el agua y su rango permisible es 7,0 a 8,0 mg/L. Los valores representados en el Gráfico 4.34 están bajos con respecto a los límites permisibles, concluyendo que en un periodo de seis meses la calidad de agua de la laguna es mala.

Gráfico 4.35 Valores de pH de los sitios de muestreo



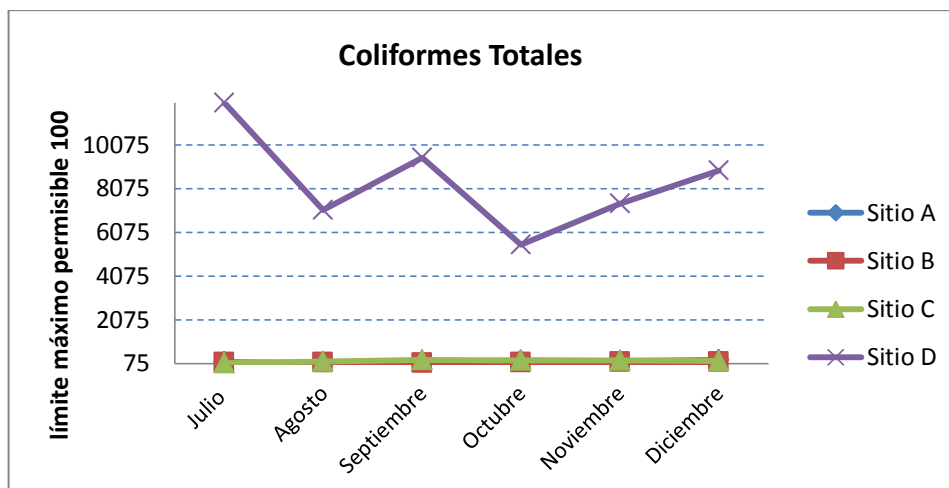
En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.35), los valores de pH en los tres sitios de muestreo esta dentro del rango permisible 6 - 9.

Gráfico 4.36 Valores de Fósforo Total de los sitios de muestreo



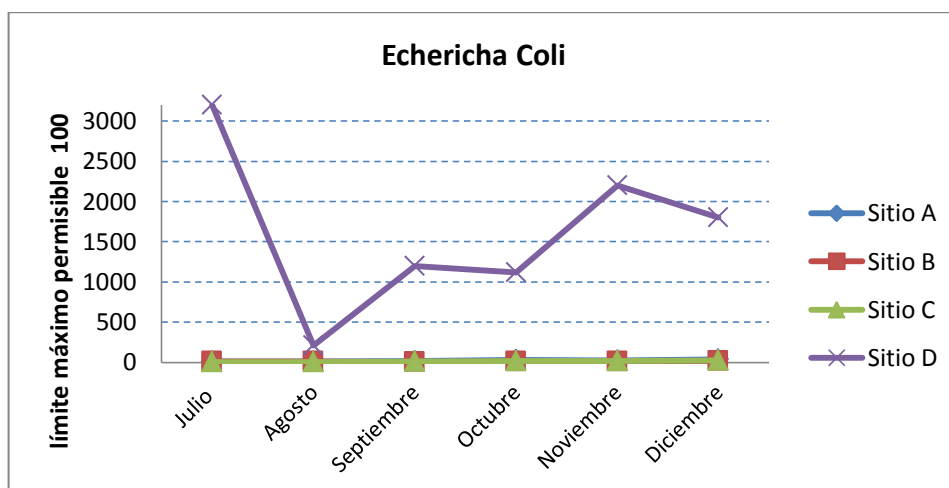
En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.36), los valores de Fósforo Total en los tres sitios de muestreo esta bajo con respecto al límite máximo permisible 10 mg/L.

Gráfico 4.37 Valores de Coliformes Totales de los sitios de muestreo



En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.37), los valores de coliformes totales en los cuatro sitios de muestreo sobrepasan al valor del límite máximo permisible UFC / 100 ml. En el sitio D es evidente la alta presencia de coliformes concluyendo que el agua está fuertemente contaminada.

Gráfico 4.38 Valores de Echericha coli de los sitios de muestreo



En el análisis mensual realizado (Gráfico 4.38), los valores de coliformes totales en el sitio D sobrepasa al valor del límite máximo permisible UFC / 100 ml., concluyendo que el agua está fuertemente contaminada. Los demás sitios de muestreo están dentro de los rangos permisibles.

4.4 COMPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA ENTRE LOS SITIOS DE MUESTREO

La comparación de la calidad de agua entre los sitios de muestreo se lo realizó aplicando la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de T pareada con las variables biológicas y físico químicas, donde se determinó si existe o no diferencia significativa entre los sitios analizados.

4.4.1 Comparación de la evaluación de la calidad de agua con macroinvertebrados entre los sitios de muestreo con la prueba de Kruskal -Wallis

Los supuestos establecidos en esta investigación son:

$$H_0: S_A = S_B = S_C \quad \text{Todos los sitios de muestreo son idénticos}$$

$$H_a: S_A \neq S_B \neq S_C \quad \text{No todos los sitios de muestreo son idénticos}$$

4.4.1.1 Valores de Abundancia

Cuadro 4.6 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Abundancia entre los sitios de muestreo

SITIO A	RANGO	SITIO B	RANGO	SITIO C	RANGO
170	9	107	4,5	35	1
266	13,5	286	15	67	2
83	3	174	10	266	13,5
130	6	136	7	138	8
238	11	382	16	107	4,5
399	17	248	12	520	18
Suma de Rangos	59,5		64,5		47

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 0.9522$ es menor que 5.99147 , aceptamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que no existe diferencia significativa en cuanto a la abundancia de individuos en entre

los sitios de muestreo. En los tres sitios de muestreo existe similar abundancia de individuos.

4.4.1.2 Valores de ETP

Cuadro 4.7 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de ETP entre los sitios de muestreo

SITIO A	RANGO	SITIO B	RANGO	SITIO C	RANGO
0	4,5	0	4,5	3	14,5
0	4,5	4	16	2	11,5
2	11,5	1	9	0	4,5
3	14,5	0	4,5	0	4,5
0	4,5	2	11,5	2	11,5
0	4,5	8	18	7	17
Suma de Rangos	44		63,5		63,5

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

El estadístico de $W = 1.6435$ es menor que 5.99147 , aceptamos la supuesta nula de que las poblaciones son idénticas. Entonces concluimos que no existe diferencia significativa en cuanto a los valores de ETP entre los sitios de muestreo. Los valores de ETP no son muy representativos en los tres sitios de muestreo, la calidad de agua es mala en todos los sitios de muestreo.

4.4.1.3 Valores de BMWP

Cuadro 4.8 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de BMWP entre los sitios de muestreo

SITIO A	RANGO	SITIO B	RANGO	SITIO C	RANGO
24	11	35	16	9	5
5	2	38	17	28	13
8	3,5	30	14,5	30	14,5
19	8	8	3,5	22	10
3	1	19	8	26	12
19	8	56	18	18	6
Suma de Rangos	33,5		77		60,5

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

El estadístico de $W = 5.6755$ es menor que 5.99147 , se puede ver que el valor calculado se acerca al valor tabulado, sin embargo aceptamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que no existe diferencia significativa en cuanto a los valores BMWP entre los sitios de muestreo. Las puntuaciones correspondientes al sitio A (orillas de laguna) son inferiores, en consecuencia su calidad de agua es más contaminada que los afluentes de la laguna.

4.4.1.4 Valores de Sensibilidad

Cuadro 4.9 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Sensibilidad entre los sitios de muestreo

SITIO A	RANGO	SITIO B	RANGO	SITIO C	RANGO
21	4,5	29	9	7	1
17	3	64	18	44	15
21	4,5	50	16	38	12
23	7,5	22	6	36	11
14	2	23	7,5	39	13,5
30	10	56	17	39	13,5
Suma de Rangos	31,5		73,5		66

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

El estadístico de $W = 5.88665$ es menor que 5.99147 , aceptamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. En consecuencia, no existe diferencia significativa en cuanto a la sensibilidad entre los sitios de muestreo. Al igual que en la prueba anterior BMWP, se concluye que para la prueba de sensibilidad, el sitio A (orillas de laguna) es más contaminado.

4.4.2 Comparación de la evaluación de la calidad de agua con macroinvertebrados entre los sitios de muestreo utilizando la prueba de T pareada.

En la comparación de la calidad de agua entre los sitios de muestreo utilizando la prueba de la T pareada se determinó si existe diferencia significativa entre los sitios en estudio.

4.4.2.1 Valores de Abundancia

- **Comparación Sitio B con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$$H_0: S_B = S_A \quad S_B = \text{Sitio B Canal del río Tahuando}$$

$$H_a: S_B \neq S_A \quad S_A = \text{Sitio A Orillas de la laguna}$$

Cuadro 4.10 Prueba de T. Comparación de la abundancia del sitio B con el sitio A

Meses	SITIO B	SITIO A	Di	di ²
Julio	107	170	-63	3969
Agosto	286	266	20	400
Septiembre	174	83	91	8281
Octubre	136	130	6	36
Noviembre	382	238	144	20736
Diciembre	248	399	-151	22801
Σ			47	56223
χ			7,83	9370,50

$$\begin{aligned} \Sigma di &= 47 \\ \Sigma di^2 &= 56223 \\ (\Sigma di)^2 &= 2209 \\ n &= 6 \end{aligned}$$

$$T_p = 0.18154189 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 0.18154189$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio B es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y

en base a los resultados establecidos de las medias expresadas existe mayor abundancia de individuos en el sitio B (canal del río Tahuando).

- **Comparación Sitio C con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_C = S_A$ $S_C =$ Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo

$H_a: S_C \neq S_A$ $S_A =$ Sitio A orillas de la laguna

Cuadro 4.11 Prueba de T. Comparación de la abundancia del sitio C con el sitio A.

Meses	SITIO C	SITIO A	di	di ²	
Julio	35	170	-135	18225	$\sum di = -153$
Agosto	67	266	-199	39601	$\sum di^2 = 123181$
Septiembre	266	83	183	33489	$(\sum di)^2 = 23409$
Octubre	138	130	8	64	$n = 6$
Noviembre	107	238	-131	17161	
Diciembre	520	399	121	14641	
Σ			-153	123181	
χ			-25,50	20530,17	

$$T_p = -0.40440629 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = -0.40440629$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio C es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas existe mayor abundancia de individuos en el sitio A (orillas de la laguna).

- **Comparación Sitio B con Sitio C**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_C = S_B$ $S_B =$ Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo

$H_a: S_C \neq S_B$ $S_C =$ Sitio B Canal del río Tahuando

Cuadro 4.12 Prueba de T. Comparación de la abundancia del sitio B con el sitio C.

Meses	SITIO B	SITIO C	Di	di ²
Julio	107	35	72	5184
Agosto	286	67	219	47961
Septiembre	174	266	-92	8464
Octubre	136	138	-2	4
Noviembre	382	107	275	75625
Diciembre	248	520	-272	73984
Σ			200	211222
χ			33,33	35203,67

$$\begin{aligned} \sum di &= 200 \\ \sum di^2 &= 211222 \\ (\sum di)^2 &= 40000 \\ n &= 6 \end{aligned}$$

$$T_p = 0.40367697 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} 5\% = 2.571 \\ 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 0.40367697$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio C es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas existe mayor abundancia de individuos en el sitio B (canal del río Tahuando).

4.4.2.2 Valores de ETP

- **Comparación Sitio B con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$$\begin{aligned} H_0: S_B &= S_A & S_B &= \text{Sitio B Canal del río Tahuando} \\ H_a: S_B &\neq S_A & S_A &= \text{Sitio A Orillas de la laguna} \end{aligned}$$

Cuadro 4.13 Prueba de T. Comparación de los valores de ETP del sitio B con el sitio A

Meses	SITIO B	SITIO A	Di	di ²
Julio	0	0	0	0
Agosto	4	0	4	16
Septiembre	1	2	-1	1

$$\begin{aligned} \sum di &= 10 \\ \sum di^2 &= 94 \\ (\sum di)^2 &= 100 \end{aligned}$$

Octubre	0	3	-3	9
Noviembre	2	0	2	4
Diciembre	8	0	8	64
Σ			10	94
χ			2,86	15,67

n= 6

$T_p = 1.779546 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5$

\swarrow 5% = 2.571
 \searrow 1% = 4.032

Por ser el valor calculado de $T_p = 1.779546$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio B es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio B (canal del río Tahuando) es de mejor calidad que el agua del sitio A (orillas de la laguna).

• **Comparación Sitio C con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_C = S_A$ $S_C =$ Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo
 $H_a: S_C \neq S_A$ $S_A =$ Sitio A orillas de la laguna

Cuadro 4.14 Prueba de T. Comparación de los valores de ETP del sitio C con el sitio A

Meses	SITIO C	SITIO A	Di	di ²
Julio	3	0	3	9
Agosto	2	0	2	4
Septiembre	0	2	-2	4
Octubre	0	3	-3	9
Noviembre	2	0	2	4
Diciembre	7	0	7	49
Σ			9	79
χ			2,57	13,17

$\Sigma di = 9$
 $\Sigma di^2 = 79$
 $(\Sigma di)^2 = 81$
 $N = 6$

$$T_p = 1.74026122 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 1.74026122$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio C es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo) es de mejor calidad que el agua del sitio A (orillas de la laguna).

- **Comparación Sitio B con Sitio C**

Los supuestos establecidos son:

$$H_0: S_B = S_C \quad S_C = \text{Sitio B Canal del río Tahuando}$$

$$H_a: S_B \neq S_C \quad S_B = \text{Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo}$$

Cuadro 4.15 Prueba de T. Comparación de los valores de ETP del sitio B con el sitio C

Meses	SITIO B	SITIO C	di	di ²
Julio	0	3	-3	9
Agosto	4	2	2	4
Septiembre	1	0	1	1
Octubre	0	0	0	0
Noviembre	2	2	0	0
Diciembre	8	7	1	1
Σ			1	15
χ			0,29	2,50

$$\begin{aligned} \Sigma di &= 1 \\ \Sigma di^2 &= 15 \\ (\Sigma di)^2 &= 1 \\ N &= 6 \end{aligned}$$

$$T_p = 0.40632468 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 0.40632468$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio B es igual al sitio C, entonces se determina que no existe diferencia

significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio B (canal del río Tahuando) es de mejor calidad que el agua del sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo).

4.4.2.3 Valores de BMWP

- **Comparación Sitio B con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$$H_0: S_B = S_A \quad S_B = \text{Sitio B Canal del río Tahuando}$$

$$H_a: S_B \neq S_A \quad S_A = \text{Sitio A Orillas de la laguna}$$

Cuadro 4.16 Prueba de T. Comparación de los valores de BMWP del sitio B con el sitio A

Meses	SITIO B	SITIO A	di	di ²
Julio	35	24	11	121
Agosto	38	5	33	1089
Septiembre	30	8	22	484
Octubre	8	19	-11	121
Noviembre	19	3	16	256
Diciembre	56	19	37	1369
Σ			108	3440
χ			18,00	573,33

$$\begin{aligned} \sum di &= 108 \\ \sum di^2 &= 3440 \\ (\sum di)^2 &= 11664 \\ n &= 6 \end{aligned}$$

$$T_p = 2.54898533 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 2.54898533$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio B es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio B (canal del río Tahuando) es de mejor calidad que el agua del sitio A (orillas de la laguna).

- **Comparación Sitio C con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_C = S_A$ $S_C =$ Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo

$H_a: S_C \neq S_A$ $S_A =$ Sitio A orillas de la laguna

Cuadro 4.17 Prueba de T. Comparación de los valores de BMWP del sitio C con el sitio A

Meses	SITIO C	SITIO A	di	di ²
Julio	9	24	-15	225
Agosto	28	5	23	529
Septiembre	30	8	22	484
Octubre	22	19	3	9
Noviembre	26	3	23	529
Diciembre	18	19	-1	1
Σ			55	1777
χ			9,17	296,17

$\Sigma di = 55$
 $\Sigma di^2 = 1777$
 $(\Sigma di)^2 = 3025$
 $n = 6$

$$T_p = 1.40729873 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 1.40729873$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio C es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo) es de mejor calidad que el agua del sitio A (orillas de la laguna).

- **Comparación Sitio B con Sitio C**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_B = S_C$ $S_C =$ Sitio B Canal del río Tahuando

$H_a: S_B \neq S_C$ $S_B =$ Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo

Cuadro 4.18 Prueba de T. Comparación de los valores de BMWP del sitio B con el sitio C

Meses	SITIO B	SITIO C	di	di ²
Julio	35	9	26	676
Agosto	38	28	10	100
Septiembre	30	30	0	0
Octubre	8	22	-14	196
Noviembre	19	26	-7	49
Diciembre	56	18	38	1444
Σ			53	2465
χ			8,83	410,83

$\Sigma di = 53$
 $\Sigma di^2 = 2465$
 $(\Sigma di)^2 = 2809$
 $n = 6$

$T_p = 1.08271546 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5$

}

5% = 2.571

1% = 4.032

Por ser el valor calculado de $T_p = 1.0871546$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio B es igual al sitio C, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio B (canal del río Tahuando) es de mejor calidad que el agua del sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo).

4.4.2.3 Valores de Sensibilidad

- **Comparación Sitio B con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_B = S_A$ $S_B =$ Sitio B Canal del río Tahuando

$H_a: S_B \neq S_A$ $S_A =$ Sitio A Orillas de la laguna

Cuadro 4.19 Prueba de T. Comparación de los valores de Sensibilidad del sitio B con el sitio A

Meses	SITIO B	SITIO A	Di	di ²
Julio	29	21	8	64
Agosto	64	17	47	2209
Septiembre	50	21	29	841
Octubre	22	23	-1	1
Noviembre	23	14	9	81
Diciembre	56	30	26	676
Σ			118	3872
χ			19,67	645,33

Σdi= 118
 Σdi²= 3872
 (Σdi)²= 13924
 n= 6

$$T_p = 2.73488344 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 2.73488344$, aceptamos la supuesta alternativa de que el sitio B es diferente al sitio A, entonces se determina que existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que son estadísticamente diferentes y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio B (canal del río Tahuando) es de mejor calidad que el agua del sitio A (orillas de la laguna).

- **Comparación Sitio C con Sitio A**

Los supuestos establecidos son:

$H_0: S_C = S_A$ S_C = Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo

$H_a: S_C \neq S_A$ S_A = Sitio A orillas de la laguna

Cuadro 4.20 Prueba de T. Comparación de los valores de Sensibilidad del sitio C con el sitio A

Meses	SITIO C	SITIO A	Di	di ²
Julio	7	21	-14	196
Agosto	44	17	27	729
Septiembre	38	21	17	289
Octubre	36	23	13	169

Σdi= 77
 Σdi²= 2089
 (Σdi)²= 5929
 n= 6

Noviembre	39	14	25	625
Diciembre	39	30	9	81
Σ			77	2089
χ			12,83	348,17

$$T_p = 2.11855292 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 2.11855292$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio C es igual al sitio A, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo) es de mejor calidad que el agua del sitio A (orillas de la laguna).

- **Comparación Sitio B con Sitio C**

Los supuestos establecidos son:

$$H_0: S_B = S_C \quad S_C = \text{Sitio B Canal del río Tahuando}$$

$$H_a: S_B \neq S_C \quad S_B = \text{Sitio C Quebrada Manzanohuayco - Santo Domingo}$$

Cuadro 4.21 Prueba de T. Comparación de los valores de Sensibilidad del sitio B con el sitio C

Meses	SITIO B	SITIO C	di	di ²
Julio	29	7	22	484
Agosto	64	44	20	400
Septiembre	50	38	12	144
Octubre	22	36	-14	196
Noviembre	23	39	-16	256
Diciembre	56	39	17	289
Σ			41	1769
χ			6,83	294,83

$$\begin{aligned} \Sigma di &= 41 \\ \Sigma di^2 &= 1769 \\ (\Sigma di)^2 &= 1681 \\ n &= 6 \end{aligned}$$

$$T_p = 0.96999656 \Rightarrow GL (n-1) \Rightarrow GL 5 \begin{cases} \nearrow 5\% = 2.571 \\ \searrow 1\% = 4.032 \end{cases}$$

Por ser el valor calculado de $T_p = 0.96999656$, aceptamos la supuesta nula de que el sitio B es igual al sitio C, entonces se determina que no existe diferencia significativa al 5% por lo que se puede deducir que estadísticamente son iguales y en base a los resultados establecidos de las medias expresadas el agua del sitio B (canal del río Tahuando) es de mejor calidad que el agua del sitio C (quebrada Manzanohuayco – Santo Domingo).

4.4.3 Comparación de la evaluación de la calidad de agua del análisis físico químico entre los sitios de muestreo utilizando la prueba de Kruskal Wallis

Los supuestos establecidos son:

$$H_0: S_A = S_B = S_C \quad \text{Todos los sitios de muestreo son idénticos}$$

$$H_a: S_A \neq S_B \neq S_C \quad \text{No todos los sitios de muestreo son idénticos}$$

4.4.3.1 Valores de Nitrógeno Total Kjendahl (NTK)

Cuadro 4.22 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Nitrógeno entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
5,62	17	0,85	6	2,25	11
5,74	18	0,75	3	2,18	10
4,32	15,5	0,82	5	2,12	9
3,95	14	0,74	2	2,01	8
4,32	15,5	0,78	4	1,98	7
3,1	13	0,7	1	2,32	12
Suma de Rangos	93		21		57

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 15.16$ es mayor que 5.99147 , rechazamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que

existe diferencia significativa en cuanto al Nitrógeno Total entre los sitios de muestreo.

4.4.2.2 Valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Cuadro 4.23 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de DQO entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	
14	1	25	5,5	75	13
20	3	30	8	80	15,5
25	5,5	35	10	80	15,5
60	12	30	8	80	15,5
20	3	30	8	80	15,5
20	3	40	11	90	18
Suma de rangos	27,5		50,5		93

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 12.92$ es mayor que 5.99147 , rechazamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que existe diferencia significativa en cuanto al DQO entre los sitios de muestreo.

4.4.2.3 Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Cuadro 4.24 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de DBO5 entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
10	1,5	20	6,5	45	14
15	3,5	25	9,5	60	17,5
20	6,5	30	11	60	17,5
40	12,5	20	6,5	50	15,5
15	3,5	25	9,5	50	15,5
10	1,5	20	6,5	40	12,5
	29		49,5		92,5

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 12.28$ es mayor que 5.99147 , rechazamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que existe diferencia significativa en cuanto al DBO5 entre los sitios de muestreo.

4.4.2.4 Valores de Oxígeno Disuelto

Cuadro 4.25 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Oxígeno Disuelto entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
5,8	1,5	6,7	12	6,3	8
5,9	3	6,74	14	6,18	5
6,1	4	6,4	9,5	6,8	15
6,4	9,5	6,7	12	6,9	16
6,2	6,5	7,1	17	7,4	18
5,8	1,5	6,2	6,5	6,7	12
Suma de rangos	26		71		74

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 8.46$ es mayor que 5.99147 , rechazamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que existe diferencia significativa en cuanto al Oxígeno Disuelto entre los sitios de muestreo.

4.4.2.5 Valores de pH

Cuadro 4.26 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de pH entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
7,88	10	8,12	15,5	7,75	8
8,32	18	8,24	17	8,12	15,5
7,56	5	8,01	11	7,79	9
7,69	6	8,09	13	7,71	7
7,55	3,5	8,06	12	7,55	3,5
7,44	2	8,1	14	7,42	1
Suma de rangos	44,5		82,5		44

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 5.70$ es menor que 5.99147 , aceptamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que no existe diferencia significativa en cuanto a pH entre los sitios de muestreo. En los tres sitios de muestreo existen similares valores de pH.

4.4.2.6 Valores de Fósforo Total (PT)

Cuadro 4.27 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Fósforo Total entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
1,5	11	1,2	3,5	2,2	17
1,7	12	1,4	8	2,3	18
1,4	8	1,3	5	2,1	15
1,4	8	0,9	1,5	2,1	15
1,4	8	0,9	1,5	1,8	13
1,2	3,5	1,4	8	2,1	15
Suma de Rangos	50,5		27,5		93

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 12.92$ es mayor que 5.99147 , rechazamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que existe diferencia significativa en cuanto al Fósforo Total entre los sitios de muestreo.

4.4.2.7 Valores de Coliformes Totales

Cuadro 4.28 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Coliformes Totales entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
130	8	120	4,5	80	3
65	1	120	4,5	150	10,5
150	10,5	78	2	230	18
200	14	122	6	210	15
188	12	133	9	220	16
224	17	126	7	190	13
Suma de rangos	62,5		33		75,5

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 5.55$ es menor que 5.99147 , aceptamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que no existe diferencia significativa en cuanto a Coliformes Totales entre los sitios de muestreo.

4.4.1.8 Valores de Echericha Coli

Cuadro 4.29 Prueba de Kruskal Wallis. Comparación de los valores de Echericha coli entre los sitios de muestreo

Sitio A	Rango	Sitio B	Rango	Sitio C	Rango
10	6,5	12	9	5	3
8	4	9	5	4	1,5
16	13	4	1,5	12	9
32	17	10	6,5	14	11,5
26	16	12	9	18	14
36	18	14	11,5	22	15
Suma de rangos	74,5		42,5		54

$K - 1 = 2$ grados de libertad y $\alpha = .05$ el valor de ji cuadrada es igual $\chi^2 = 5.99147$

Como el estadístico de $W = 3.07$ es menor que 5.99147 , aceptamos la supuesta nula de que todos los sitios de muestreo son idénticos. Entonces concluimos que no existe diferencia significativa en cuanto a los valores de Echericha Coli entre los sitios de muestreo.

4.5 PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA LAGUNA

Una vez establecidos y caracterizados los sitios de muestreo (diagnóstico) se determinó las causas de afectación a la calidad del agua (fuentes de contaminación). Al analizar los resultados de calidad de agua y determinar sus causas de contaminación mediante la caracterización de los sitios de muestreo, se propuso establecer un plan de monitoreo como una de las soluciones que ayudará controlar las afectaciones originadas por el hombre sobre la laguna.

Posteriormente se definieron los objetivos del plan de monitoreo y los programas que lo integran, llegando así al planteamiento de objetivos, actividades, cronogramas y posibles responsable la implementación del plan.

4.5.1 Justificación

Toda actividad antrópica causa modificaciones en el ambiente y deben encontrarse dentro de los límites permisibles que estipula el TULAS, libro VI en su Anexo 1 (Cuadro 2.1). Por lo que es necesario establecer un sistema de monitoreo comunitario con el fin de controlar la calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha y a la par poder identificar que actividades origina esos cambios en el ambiente.

4.5.2 Objetivo

Establecer un Plan de monitoreo de la calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha

4.5.3 Impactos

Con el presente plan de monitoreo se pretende controlar los siguientes impactos: modificación o afectación de la calidad del agua, alteración de las propiedades

químicas y físicas del agua y afectación de la dinámica del agua. Para controlar estos impactos es necesario adoptar algunos programas.

4.5.4 Programas

4.5.4.1 Programa de capacitación

Este programa se dirige a capacitar a los pobladores del área, para que sean actores consientes de las responsabilidades ambientales de su comunidad y así puedan ejecutar actividades de control y vigilancia comunal.

Objetivo

Diseñar procesos de educación ambiental comunitaria.

Actividades

- Diseñar metodologías y aplicación de diagnósticos participativos comunitarios que permitan ejecutar actividades de protección y monitoreo comunal ambiental.
- Realizar eventos de educación y capacitación ambiental en temas referentes a prevención, protección, conservación ambiental y recursos hídricos, importancia de los humedales, contaminación de recursos hídricos y monitoreo de calidad de agua, recursos naturales, fuentes de contaminación, macroinvertebrados.
- Constituir un comité de control y vigilancia comunal.

Cronograma de ejecución

Se realizarán cuatro capacitaciones por mes durante seis meses, posteriormente se formará el comité el cual tendrá reuniones trimestrales para poder planificar y evaluar el monitoreo comunal.

Costo por capacitación

Este programa tiene un costo total de \$ 4.839,00 dólares americanos.

Responsables

Ing. Recursos Naturales

Apoyo, extensionistas de la Universidad Técnica del Norte

Comunidad

Comité de control y vigilancia comunal.

4.5.4.2 Programa de monitoreo de macroinvertebrados

Objetivos

1. Establecer el monitoreo de comunidades bentónicas (macroinvertebrados) en el canal Manzanohuayco, canal río Tahuando y las orillas de la lagua.

Actividades

- En cada uno de los sitios de muestreo establecido de deben tomar muestras cualitativas con recolección manual y con una red Surber removiendo la vegetación de las orillas, el fondo y levantando piedras, rocas y material vegetal sumergido.
- Las muestras recolectadas deben ser depositadas en tarros y fijadas en alcohol al 70%, para posteriormente ser identificado en el laboratorio.

- Calcular los índices de calidad BMWP y SENSIBILIDAD

Los resultados obtenidos podrán ser comparados con el estudio actual.

Se debe determinar la riqueza, abundancia de los individuos por especie y los índices de diversidad y comparar las poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes sitios de muestreo.

Cronograma de ejecución

El monitoreo de macroinvertebrados presentes en el agua se realizará cada seis meses en cada sitio de muestreo.

Costo por monitoreo

Este programa tiene un costo de \$ 600,00 dólares americanos.

Responsable

Ingeniero Recursos Naturales

4.5.4.3 Programa de monitoreo físico-químico y microbiológico

Objetivo

1. Verificar las condiciones físico-químicas y microbiológicas de las aguas superficiales existentes en los afluentes de la laguna, con el fin de identificar las afectaciones que se generan en ella por actividades producidas por el hombre.

2. Verificar el cumplimiento de la normativa ambiental, sobre los límites permisibles que se estipula en la Tabla 12 del TULAS, en su libro VI Anexo 1, que dice textualmente, toda descarga a un cuerpo de **agua dulce**, deberá cumplir con los valores establecidos (Cuadro 2.1).

Actividades

- En cada uno de los sitios de muestreo establecido se deben tomar muestras de agua en frascos de vidrio en horas de la mañana.
- Las muestras recolectadas deben ser protegidas de los rayos solares y ser trasladadas de inmediato al laboratorio para su respectivo análisis.
- Se realizará mediciones de Nitrógeno Total Kjendahl (NTK), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Oxígeno Disuelto (OD), pH, Fósforo Total (PT), Coliformes Totales, *Echericha Coli* y temperatura.

Cronograma de ejecución

Para monitorear la parte físico-química y bacteriológica del agua se estableció realizarla en forma anual.

Costo por monitoreo

Este programa tiene un costo total anual de \$ 639,00 dólares americanos.

Responsable

Ing. Recursos Naturales

Extensionistas

Comité

Laboratorio EMAPA

Sitios de Muestreo o lugar de aplicación

Los sitios de muestreo para los programas de monitoreo se realizará en los mismos puntos donde se tomo las muestras para determinar la calidad de agua de la laguna:

Sitio A.- Las orillas de la laguna

Sitio B.- Canal del Río Tahuando

Sitio C.- Canal Manzanohuayco Santo Domingo

4.5.5 Resumen del plan de Monitoreo de la calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha

PC = Programa de capacitación.

PMM = Programa de monitoreo de macroinvertebrados

PMF-QB = Programa de monitoreo físico-químico y bacteriológico

Cuadro 4.30 Resumen del plan de Monitoreo de la calidad de agua de la laguna de Yahuarcocha

Medidas	Impacto a controlar	Objetivo	Actividades	Cronograma	Costo por Capacitación	Costo Total anual	Responsable	Lugar de capacitación
PC		Diseñar procesos de educación ambiental comunitaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar metodologías y aplicación de diagnósticos participativos comunitarios. • Realizar eventos de educación y capacitación ambiental en temas referentes a prevención, protección, conservación ambiental y recursos hídricos, importancia de los humedales, contaminación de recursos hídricos y monitoreo de calidad de agua, recursos naturales, fuentes de contaminación, macroinvertebrados. • Constituir un comité de control y vigilancia comunal. • Capacitar a los pobladores para que sean actores consientes de las responsabilidades ambientales de su comunidad y puedan ejecutar actividades de control y vigilancia comunal. 	Se realizará cuatro capacitaciones por mes durante seis meses. El comité se reunirá trimestralmente para poder planificar y evaluar el monitoreo comunal.	\$ 806,5 considerando el pago de un técnico, refrigerios, materiales y 50 personas capacitadas por día.	\$ 4.839,00	Ing, Recursos Naturales Extensionistas de la Universidad Técnica del Norte Comunidad y el comité de control y vigilancia comunal.	Casa comunal, escuelas, etc

Medidas	Impacto a controlar	Objetivo	Actividades	Cronograma	Costo por Monitoreo	Costo Total anual	Responsable	Sitios de Muestreo
PMM	a) Modificación o afectación de la calidad del agua b) Afectación de la dinámica del agua	1. Establecer el monitoreo de macroinvertebrado en los canales Manzanohuayco, río Tahuando y las orillas de la laguna.	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar muestras cualitativas con recolección manual y con una red Surber. • Fijarlas muestras en alcohol al 70% • Identificarlas en laboratorio. • Calcular el índice BMWP y Sensibilidad • Comparar los resultados obtenidos con el estudio actual. • Determinar la riqueza, abundancia, índices de diversidad. • Comparar las poblaciones de macroinvertebrados en los diferentes sitios de muestreo. 	El monitoreo de macroinvertebrados presentes en el agua se realizará anualmente, en cada sitio de muestreo se hará tres repeticiones.	El costo por monitoreo es de 600,00		Ing. Recursos Naturales	Sitio A Las orillas de la laguna Sitio B Canal del Río Tahuando Sitio C Canal Manzanohuayco
PMF-QB	a) Modificación o afectación de la calidad del agua b) Alteración de las propiedades químicas y físicas del agua c) Afectación de la dinámica del agua	1. Verificar las condiciones físico-químicas y bacteriológicas de las aguas superficiales existentes en los afluentes de la laguna, con el fin de identificar las afectaciones que se generan en ella por actividades producidas por el hombre. 2. Verificar el cumplimiento de límites permisibles para descarga a un cuerpo de agua dulce.	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar muestras de agua en frascos de vidrio, por la mañana. • Proteger las muestras recolectadas de los rayos solares y ser trasladadas de inmediato para su respectivo análisis de laboratorio. • Se realizará mediciones de Nitrógeno Total Kjendahl (NTK), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Oxígeno Disuelto (OD), pH, Fósforo Total (PT), Coliformes Totales, Echericha Coli y temperatura. 	Para monitorear la parte físico-química y bacteriológica del agua se estableció realizarla en forma anual.	El costo por cada sitio de muestreo es de 213 dólares.	El costo total anual es de 639 dólares.	Ing. Recursos Naturales Extensionistas Comité Laboratorio EMAPA	Sitio A Las orillas de la laguna Sitio B Canal del Río Tahuando Sitio C Canal Manzanohuayco