

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Comunidad macroinvertebrada acuática de la zona
litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos,
Cangallo – Ayacucho 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y
RECURSOS NATURALES

PRESENTADO POR:

Bach. QUISPE TOFENIO, Wilton Candelario

AYACUCHO – PERÚ

2018

Con mucho amor y cariño a mis padres
y hermanos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus aulas y materializar mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, por brindarme las facilidades para el logro y materialización de mis estudios en la carrera profesional de Biología.

A los docentes que han contribuido en mi formación, por ser portadores de sabiduría y sobre todo por su capacidad de transmitirla, que no solo aportaron en mi vida conocimientos científicos, sino que también me enseñaron acerca del mundo y de la vida real.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica por brindarme las facilidades materiales para realizar el trabajo de investigación.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación académica y contribución, que han permitido la elaboración y finalización del presente trabajo de tesis.

A todas aquellas personas que con su invaluable apoyo contribuyeron en la materialización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	8
2.3. Bases teóricas	8
2.3.1. Ecosistema acuático (lagos y lagunas)	8
2.3.2. Hábitats lenticos	9
2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos	9
2.3.4. Densidad, composición y diversidad de especies	13
2.3.5. Índices de diversidad	14
2.4. Marco legal	15
2.4.1. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	15
2.4.2. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)	16
2.4.3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 015-2015-MINAM)	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación de la zona de estudio	19
3.1.1. Ubicación Política	19
3.1.2. Ubicación geográfica	19
3.1.3. Descripción de la laguna	19
3.2. Población y muestra	20
3.2.1. Población	20
3.2.2. Muestra	20
3.2.3. Unidad de observación	20
3.3. Metodología y recolección de datos	20
3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo	20

3.3.2. Obtención de muestras de Macroinvertebrados	20
3.3.3. Selección de las muestras	21
3.3.4. Preservación de muestras	21
3.3.5. Identificación de organismos	21
3.3.6. Determinación de la abundancia	21
3.3.7. Estimación de la diversidad	21
3.4. Análisis estadístico	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	33
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	43
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorcchocha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017	25
Figura 2. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por mes de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017	26
Figura 3. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017	27
Figura 4. Índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Weaner promedio y desviación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por meses de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017	28
Figura 5. Índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Weaner promedio y desviación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	29
Figura 6. Dendograma de similitud según el índice de Jaccard de los meses de muestreo basado en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	30
Figura 7. Dendograma de similitud según el índice de Jaccard de las zonas de muestreo basado en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo– Ayacucho 2017.	31

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo en la laguna de Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo, Ayacucho 2017	50
Anexo 2. Ubicación de las zonas de muestreo en el litoral de la laguna de Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo, Ayacucho 2017	51
Anexo 3. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos colectados	52
Anexo 4. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias de los géneros de macroinvertebrados acuáticos litorales hallados en los cinco meses de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	53
Anexo 5. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias de los géneros de macroinvertebrados acuáticos litorales hallados en cuatro zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	54
Anexo 6. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Weaner según cinco meses de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	55
Anexo 7. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Weaner según cuatro zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	56
Anexo 8. Panel fotográfico del proceso de muestreo en la laguna Condorccochoa, distrito Los Morochucos, provincia de Cangallo, Ayacucho 2017.	57
Anexo 9. Fotografías de individuos de las Familias Dytiscidae, Hydrophilidae, Corixidae y Notonectidae identificados en la zona litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	60
Anexo 10. Fotografías de individuos de las Familias Chironomidae, Libellulidae, Aeshnidae y Coenagrionidae identificados en la zona litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	61

Anexo 11. Fotografías de individuos de las Familias Hyalellidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae y Planorbidae identificados en la zona litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.	62
Anexo 12. Mapa de ubicación de la laguna de Condorccochoa	63
Anexo 13. Matriz de consistencia	64

RESUMEN

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de lagunas altoandinas, cumplen un papel muy importante en el funcionamiento de ecosistemas, sin embargo es poco conocido en los aspectos de diversidad (composición) y más en el aspecto de abundancia. Es por ello que este trabajo de investigación fue diseñado a fin de cumplir con el objetivo de determinar las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccochoa la que se halla ubicada en el distrito de Los Morochucos, provincia de Cangallo, región de Ayacucho, a una altitud de 3600 msnm, durante los meses de junio a octubre del año 2017, para lo cual se realizaron muestreos mensuales (fines de mes) en cuatro zonas de la laguna donde cual se colectaron muestras de la parte litoral utilizando una red tipo D Net con una luz de malla de 0,5 mm el cual fue modificada, para que a partir de la orilla del cuerpo de agua, se realicen arrastres desde el interior de la laguna hasta el suelo emergente. Se realizaron cinco arrastres para constituir una muestra, el que posteriormente fue depositada en una bolsa de polietileno previa extracción de partículas extrañas de dimensiones grandes (restos de vegetales) y finalmente etiquetadas para luego ser transportadas al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para la selección de los macroinvertebrados y posterior identificación. De los resultados, se reporta 14 géneros, pertenecientes a 12 familias, siete órdenes y cuatro clases (Insecta, Amphipoda, Bivalvia y Gastropoda); donde la clase con el mayor número de géneros, fue Insecta (diez géneros). Los géneros persistentes durante los cinco meses de muestreo fueron Hyalella (Aphypoda), Limnaea (Gastropoda), Notonecta, Aeshna, Pseudochironomus, Erythemis y Telebasis (Insecta); mientras que con respecto a la abundancia Hyalella, fue la que presentó los mayores valores, llegando a constituir el 41,6% del total, siendo igual o mayormente abundante durante los cinco meses y cuatro zonas de muestreo, seguido de Notonecta y Lymnaea. El índice de Shannon-Weaner, mostró valores promedios de 1,2 a 1,5 bits/individ, los que describen una comunidad poca diversa y donde existe mucha inequidad, es por ello que el índice de Simpson muestra valores promedios que van desde 0,6 hasta 0,7. Con respecto al índice de Jaccard, al comparar la comunidad estudiada en los cinco meses y las cuatro zonas, se detectaron valores altos de similitud, que en ningún caso bajó del 60%, lo que nos indica que las especies halladas son persistentes en el tiempo.

Palabras clave: Macroinvertebrados acuáticos, laguna altoandina, diversidad.

I. INTRODUCCIÓN

Las comunidades acuáticas de los sistemas lénticos cumplen un papel importante en los ecosistemas como aquellas que se hallan en la zona andina de nuestro país, sin embargo se dispone de muy poca información, encontrándose mayor cantidad de reportes científicos para la avifauna y plancton, mientras que de comunidades como el de los macroinvertebrados, la información es muy limitada. Además de ello, los estudios se han centrado en aspectos descriptivos como de presencia y ausencia de los componentes de las comunidades, haciendo falta estudios sobre sus abundancias.

Los macroinvertebrados acuáticos de las lagunas desempeñan un papel importante dentro del flujo de energía, ya que muchos de ellos, tróficamente pertenecen a los detritívoros (se alimentan de materia orgánica en descomposición) tal es el caso del género *Hyaella*, muy común en cuerpos de agua altoandinos. Dichos organismos dinamizan el flujo de energía en dichos ecosistemas, sustentando organismos de nivel superior (carnívoros) como insectos (Hemiptera, Odonata, Coleóptera, etc.), peces (del género *Orestia* dentro de los nativos y *Onchorynchus* dentro de los exóticos), además de las aves. Es por ello la importancia de caracterizar dicha comunidad para determinar el estado de estos ecosistemas acuáticos, con la posibilidad de ser empleados como bioindicadores.

Cada cuerpo de agua (laguna) en función de sus características morfológicas y principalmente de las características fisicoquímicas de sus agua, presentan comunidades de macroinvertebrados, cuya variedad, abundancia y distribución le son propias, principalmente en las especies que presentan rangos estrechos de tolerancia a las características ambientales de su hábitat. Por otro lado también que se debe considerar que las lagunas presenta variaciones estacionales en cuanto a sus características fisicoquímicas de sus aguas, influenciadas principalmente por la presencia de precipitaciones pluviales,

variando también sus características biológicas. Otro aspecto que en la actualidad está introduciendo cambios radicales en los cuerpos de agua, es la influencia antrópica, principalmente en el aspecto de la contaminación.

Por lo mencionado el presente trabajo de investigación tiene como propósito fundamental caracterizar la comunidad macroinvertebrada acuática en sus aspectos de composición, abundancia y diversidad en la laguna Condorccochoa, ubicada en el distrito de Los Morochucos de la provincia de Cangallo, el cual servirá como punto de partida de otros, para determinar la influencia de actividades como la agricultura por lo que también se caracterizó los parámetros fisicoquímicas las aguas de dicho cuerpo de agua, por lo que se tuvo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccochoa ubicada en el distrito de Los Morochucos, provincia de Cangallo, región de Ayacucho, durante los meses de marzo a julio del año 2017

Objetivos específicos

1. Determinar la composición hasta género y/o especie de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de la laguna Condorccochoa.
2. Determinar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática.
3. Determinar la diversidad alfa de la comunidad macroinvertebrada acuática mediante los índices de Shannon-Weaner y Simpson.
4. Determinar la diversidad alfa de la comunidad macroinvertebrada acuática mediante índice de Jaccard.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la laguna de Sonso en Cauca, Colombia entre 2007 y 2008, se tomaron muestras en diferentes estaciones con una pala draga de 500 ml de capacidad y con redes de 4 y 5 mm de luz de malla respectivamente. Se realizó un análisis cualitativo de la variación temporal de los macroinvertebrados acuáticos de la laguna de Sonso y descripción de algunos aspectos sobre la ecología de estos organismos usando la literatura científica e institucional disponible. Entre 1998 y 2006 se reportaron aproximadamente 45 Familias pertenecientes a diferentes gremios tróficos y características de calidades de agua que van desde muy contaminadas (Tubificidae y Chironomidae) hasta muy limpias y propias de cuerpos de agua lóticos (Blephariceridae y Psephenidae). En los muestreos realizados entre 2007 y 2008 se reportan principalmente organismos característicos de aguas con cierto nivel de materia orgánica (Hydrophilidae, Curculionidae, Chironomidae, Oligochaeta e Hirudinea). También se recolectaron moluscos gasterópodos y bivalvos. La familia Dytiscidae se colectó principalmente asociada al buchón de agua *Eichornia crassipes*. Los resultados presentados son un aporte para el conocimiento de la biodiversidad de los ecosistemas lénticos y constituye información básica para el establecimiento de políticas de normatividad e implementación de planes de manejo en la laguna¹.

En un estudio se determinó la distribución de insectos acuáticos presentes en el área circundante de la laguna de Coyuca, Guerrero México, durante el periodo abril 2011 a abril 2012, para el cual se realizaron muestreos mensuales, en la que se colectó 3907 organismos, de éstos 1343 fueron larvas de insectos. Los taxones señalados se identificaron a nivel de orden y familia, con base a estos, se determinaron tres índices para conocer la calidad del agua, que de manera general tipificaron un color verde que significa contaminación moderada por materia orgánica. Con base a los puntajes de cinco índices utilizados en países

de Latinoamérica (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Perú y Cuba) que tomaron de referencia al BMWP Inglés (2007) y las modificaciones del periodo 2006 al 2011 del mismo, se construyó el índice Biological Monitoring Working Party-Coyuca (BMWP-Coyuca), cuyo resultado fue de 166 puntos y corresponde a la clase II de organismos con regular requerimiento de oxígeno. El Índice Biológico de Familia (FBI), fue de 5,03 que corresponde a aguas de razonable calidad; y para el Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) fue de cinco².

Consideran que la Laguna de Tecocomulco (Hidalgo) México es un relicto de los antiguos Lagos del Anáhuac con suma importancia para la conservación de aves acuáticas. No obstante, se desconoce su composición de macroinvertebrados, es por ello que se realizó un estudio para determinar las variaciones espaciales y temporales de los macroinvertebrados acuáticos de la laguna. Dentro de este contexto se realizaron cuatro campañas de monitoreo (lluvias y estiaje). Se estudiaron seis sitios (litorales y en interior de la laguna), se registraron factores ambientales, se determinaron parámetros de calidad del agua y se recolectaron macroinvertebrados acuáticos. Se obtuvo la riqueza de familias y se calculó su Índice de Valor de Importancia. Se realizaron análisis multivariados de ordenación por componentes principales (ACP) con base en sus características físicas y químicas y de similitud entre sitios y familias con los índices de Jaccard y Bray-Curtis. También se hizo un análisis de correspondencias canónicas (ACC) de factores ambientales y macroinvertebrados acuáticos y macrófitas. El ACP mostró la variación estacional, con el período cálido (mayo y agosto) y el periodo frío (noviembre y enero) mostrando altos valores de conductividad, alcalinidad, dureza, sulfatos y macronutrientes (N y P). Se encontraron 26 familias de macroinvertebrados, con la máxima riqueza en agosto. El análisis de similitud de Jaccard diferenció los sitios litorales por su mayor riqueza de familias de la zona limnética, mismos que presentan diferencias en la composición de macrófitas. El estudio revela que la Laguna de Tecocomulco tiene variaciones espaciales y temporales relacionadas tanto con factores ambientales como bióticos con la presencia de grupos dominantes. En ese sentido, y considerando su diversidad de macroinvertebrados, la Laguna de Tecocomulco debe ser sujeta a un plan de conservación y manejo³.

Se realizó un estudio en cuatro lagunas de riego de Zamorano en Honduras, (L Z2I: Laguna Zona 2 Infiltración, L MR: Laguna Monte Redondo, L PC: Laguna Pivote Central, L Z2B: Laguna de Zona 2 Bomba), en la que se realizaron siete

muestreos al borde de cada laguna, se midieron los parámetros físico-químicos y se recolectaron los macroinvertebrados acuáticos de cada una. Se clasificaron y se contabilizaron los individuos. Ephemeroptera fue el orden más común con 23% de la muestra (295 individuos). Diptera y Hemiptera, ambos con 19% de abundancia, fueron los órdenes siguientes más comunes. Se encontraron diferencias en la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en las lagunas. En la L PC se determinaron los valores mayores de la diversidad ($H' = 2,91$; $S = 10,27$), riqueza ($D_{mg} = 6,03$; $D_{mn} = 1,98$), dominancia ($D = 0,08$; $d = 0,19$) y equidad ($J' = 0,81$) en comparación con los demás sistemas. En el estudio se encontró que el género Baetodes (Ephemeroptera: Baetidae) fue el más abundante con 273 individuos. Los cuatro sistemas estudiados se encuentran medianamente contaminados ($H' = 2,23$ a $2,91$). Aunque es de notar que estas aguas son utilizadas únicamente para riego⁴.

Se evaluó la diversidad en cuatro sustratos: macrófita (*Myriophyllum aquaticum*), roca, sedimentos y materia orgánica, y se analizó la variación temporal de la biomasa y la abundancia de macroinvertebrados acuáticos con base en tres períodos hidrológicos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz en Colombia. Se colectaron un total de 2957 individuos (17 géneros, 11 órdenes). Helobdella fue el taxón dominante aportando 90 % a la biomasa total de la comunidad, seguido de Hyalella, Tanytarsus y Centrocorisa. La conductividad, los sulfatos y la temperatura hídrica fueron determinantes para la biomasa. En la macrófita se encontró menor diversidad de H' ($0,03 \text{ nats.ind-1}$) y mayor dominancia ($0,99$); en el resto de sustratos la diversidad fue mayor ($X = 1,5$) y la dominancia menor ($X = 0,24$). Se encontraron diferencias significativas en los registros de biomasa entre sustratos más no entre campañas. En conclusión se menciona que el sustrato macrófita es el hábitat más utilizado por los macroinvertebrados pues alberga mayor cantidad de individuos; sin embargo, no presenta la mayor diversidad a diferencia de los otros tres sustratos que evidencian mayor diversidad de taxones⁵.

Al considerarse que los macroinvertebrados son un componente vital de los ecosistemas de agua dulce ya que contribuyen al proceso de la materia orgánica y sirven como alimento para otros organismos como peces y anfibios, sin embargo se conoce muy poco de ellos en los sistemas altoandinos (entre 3200 y 5200 msnm y precipitaciones inferiores a 300 mm por año), especialmente en las turberas argentinas; se planteó un estudio con el objetivo de describir la

composición de macroinvertebrados acuáticos en siete turberas en la Puna argentina, y analizar sus patrones espaciales. Se recolectó un total de 3131 especímenes de macroinvertebrados acuáticos, que representan 25 taxones pertenecientes a 22 familias y 24 géneros. De los principales resultados reportan que la altitud no tenía correlación con la abundancia de macroinvertebrados o con la riqueza de plantas, así mismo la conductividad, los sólidos totales disueltos y la concentración de sal tuvieron su valor más alto en una de las turberas, donde también se encontraron *Bivalvia* (filtro-colector) y *Hyaella* (colector)⁶.

Se realizó la caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y la estimación de la calidad de agua de tres lagunas del Parque Nacional Natural Chingaza en Colombia (laguna del Arnical, Laguna del Medio y Laguna de Chingaza). Para esto, se llevaron a cabo 3 muestreos en los meses de Septiembre de 2014, Marzo y Abril de 2015, los cuales corresponden a temporada húmeda, seca y de transición respectivamente. Colectaron un total de 1007 individuos representados en 4 phylum: Arthropoda, Annelida, Mollusca y Platyhelminthes; 7 clases: Malacostraca, Insecta, Hirudinea, Oligochaeta, Bivalvia, Turbellaria y Gastropoda; 12 órdenes: Amphipoda, Hemiptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Diptera, Odonata, Arthynchobdellida, Rhynchobdellida, Haplotaxida, Veneroida, Tricladida y Basommatophora y 16 familias: Hyalellidae, Corixidae, Notonectidae, Baetidae, Gyridae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Lestidae, Aeshnidae, Erpobdellidae, Glossiphoniidae, Lumbricidae, Sphaeriidae, Planariidae y Physidae; de las cuales Glossiphoniidae, Notonectidae, Corixidae y Hyalellidae presentaron dos morfo especies diferentes. La familia Hyalellidae fue la más representativa durante todo el muestreo⁷.

En un trabajo de investigación cuyo objetivo fue caracterizar la riqueza de macroinvertebrados bentónicos y de la zona litoral de dos lagos ubicados en el Estado de Morelos, México. Se realizaron cuatro muestreos en ambos lagos durante los periodos de estiaje y lluvias entre los años 2013 y 2015. Para la recolecta se utilizaron redes con poro de 500 μm de forma rectangular y en "D". El material se preservó en alcohol al 70 % para su posterior análisis en el laboratorio. Para la identificación de los macroinvertebrados utilizaron claves de identificación y literatura especializada. Los resultados fueron: para el lago Zempoala se reconocieron seis clases, 15 órdenes, 27 familias y 34 géneros; se registra por primera vez al isópodo *Asellus sp.* para estos lagos. Las familias

más abundantes fueron Chironomidae, Hyallelidae, Coenagrionidae y Cambaridae. Para el lago Tonatiahua se reconocieron 16 órdenes, 41 familias y 43 géneros. Las familias más abundantes fueron Hyallelidae, Chironomidae, Cambaridae, Corixidae y el orden Sarcoptiformes⁸.

Para la caracterización de la comunidad macroinvertebrada acuática en un bofedal altoandino del departamento de Ayacucho, se realizaron colectas mediante el empleo de una red D-Net que fue arrastrado por un tiempo fijo de 2 minutos en los ambientes acuáticos estudiados donde se realizaron los muestreos, así mismo se realizaron determinaciones fisicoquímicas del agua. Manifiesta haber registrado 34 géneros agrupados en 27 familias, 13 órdenes y 8 clases, donde los géneros más abundantes, en los ambientes lénticos y lóticos del bofedal, así como en los meses de muestreo (enero a mayo) fueron Hyalella, Ectemnostega y Chironominae. Para el caso de Hyalella, se halló que hay diferencia significativa en la abundancia para meses (disminuye en el mes de marzo) de acuerdo a las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis y Mann Whitney; Ectemnostega, muestra diferencias en su abundancia solo en los ambientes (es más abundante en los ambientes lénticos) y *Chironomidae* es igualmente abundante entre meses y tipos de ambiente. En cuanto a las características fisicoquímicas del agua del bofedal se observa una ligera variación al pasar de la zona media a la zona baja, esto se puede deber a que los cuerpos de agua lóticos a su paso van disolviendo las sales y minerales, los cuales afectan las características fisicoquímicas del agua⁹.

En un trabajo de investigación titulado "Calidad ambiental de las aguas del río Apacheta y sus principales tributarios. Ayacucho Julio - Noviembre 2013", se realizaron evaluaciones con la finalidad de determinar su calidad ambiental basado en la comunidad macroinvertebrada acuática en el Río Apacheta y sus tres principales tributarios ubicándose diez zonas de muestreo, en la cual se tomaron muestras desde el mes de Junio hasta Octubre del 2013. Los muestreos realizados fueron sistemáticos evaluándose dos veces por cada mes, empleándose una red tipo Surber, la que fue complementada con determinaciones fisicoquímicas del agua. En el cual se tuvo como resultado de las características fisicoquímicas determinados en las 10 zonas de muestreo que son muy variables, tal es el caso para la alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, cloruros, pH, conductividad y solidos disueltos totales. Por otro, lado también se registró organismos pertenecientes a seis clases, once

órdenes y veinticinco familias, dentro de los cuales los más abundantes fueron los representantes de la familia Baetidae (Ephemeroptera), Chironomidae (Diptera) y Elmidae (Coleoptera), existiendo familias que son muy poco abundantes tal es el caso de Hyalellidae (Amphipoda), que fue reportado en solo algunas zonas de muestreo¹⁰.

2.2. Marco conceptual

a. Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados son los invertebrados de un tamaño relativamente grande (visibles al ojo humano), mayores a 0,5 mm y comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos).

b. Composición

La composición es el conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biotopo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.

c. Diversidad

La diversidad es la diferencia, la variedad, la abundancia de los organismos llamados macroinvertebrados.

d. Calidad fisicoquímica del agua

Está dada por los parámetros físicos (olor, sabor, color, temperatura, etc.) y químicos (alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica, cloruros, alcalinidad, etc.) del agua.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Ecosistema acuático (lagos y lagunas)

La geografía del Perú se refleja en sus innumerables lagos y lagunas que, de acuerdo al ambiente en el que descansan sus aguas, poseen características particulares. Los lagos interandinos suelen ser de origen tectónico o glaciar. Las aguas peruanas también tienen fines medicinales. La sierra es una de las zonas que presenta gran abundancia de recursos hídricos, aunque muchos de ellos son estacionales. Se calcula que existen más de 12000 lagos y lagunas, en la vertiente del Pacífico, sin embargo pese a esa abundancia muchos no son aprovechados, puesto que casi nada se conoce el valor potencial de los mismos, esto debido a que no han sido caracterizados física, química y biológicamente. El tiempo de vida de las lagunas, varía desde unas pocas semanas, meses, hasta varios años. En los lagos se pueden localizar distintas zonas; entre ellas tenemos: **Zona litoral:** Formada por vegetales y animales

grandes presentes en las orillas. **Zona Limnética:** Formada por agua superficiales en donde predominan el fito y zooplancton.

Zona Profunda: Donde sólo se encuentran animales, no hay vegetales, puesto que a ella no llegan los rayos solares¹¹.

2.3.2. Hábitats lenticos

Hábitat lenticos en los ecosistemas de las aguas inmóviles, llamadas (lagunas, pantanos y lagos de agua dulce), se pueden distinguir varias hábitats: una zona de aguas abiertas superficiales que reciben la luz suficiente para que pueda producirse la fotosíntesis (zona limnética o pelágica) y una zona, que se sitúa debajo de la anterior, en la que la luz no llega con la intensidad suficiente para que pueda desarrollarse la fotosíntesis (zona profunda).

La zona de aguas poco profundas o zona litoral está dominada por la vegetación sumergida, flotante y emergente, entre la cual abundan las comunidades acuáticas. Por ejemplo desmidiaceas, protozoos, crustáceos, hidras y caracoles. En la zona de agua profunda, la vida se ve afectada por la temperatura y la cantidad de oxígeno disuelto. En los lagos fríos donde el oxígeno es suficiente, las truchas y el plancton pueden habitar en las profundidades. Sin embargo en la zona profunda el barro y el agua adyacente carecen a menudo de oxígeno debido a la descomposición de la materia orgánica las comunidades que habitan en el fondo pueden incluir efímeras cavadoras, larvas de quironomido y protozoos¹².

2.3.3. Macroinvertebrados acuáticos

Se consideran como macroinvertebrados acuáticos a todos los animales invertebrados (no tienen espina dorsal) y que son visibles sin usar un microscopio que tienen un tamaño superior a 500 μ de longitud. Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas. Habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes familias de moluscos y larvas de insectos, aunque dependiendo del tipo de río también pueden ser comunes los crustáceos, oligoquetos, anélidos, nematodos e hirudíneos¹³.

Los macroinvertebrados son razonablemente sedentarios, su vida es larga en comparación con la de otros organismos, de modo que sirven para estudiar cambios durante largas periodos. El grupo es tan heterogéneo que una sola técnica de muestreo recoge muchas especies distintas, así que es posible que algunos de ellos respondan a un determinado cambio de las condiciones ambientales. Además los macroinvertebrados son, por lo general abundantes.

En la mayoría de los ecosistemas acuáticos, la energía para los organismos se almacena en las plantas y se coloca a disposición de la vida animal en forma de hojas y algas que comen los macroinvertebrados, a su vez, los macroinvertebrados son una fuente de energía (alimento) para los animales más grandes como peces, que son una fuente de energía (alimento) para los otros animales acuáticos de diversas órdenes¹².

a. Importancia ecológica de la comunidad macroinvertebrada acuática

Los macroinvertebrados tienen una elevada importancia ecológica ya que forman parte de la base de las cadenas tróficas en los ecosistemas acuáticos. Así, la importancia de ciertos taxones como los Efemerópteros, Dípteros y Tricópteros en la alimentación de diferentes especies de peces, especialmente en la trucha común, es evidente¹⁴. Por otro lado, dado que la duración de la fase acuática de los macroinvertebrados es relativamente duradera¹⁵, y que la composición faunística de la comunidad del macrobentos cambia en respuesta a los cambios ambientales, ya sean naturales (temperatura, altitud, etc.) o antrópicos (contaminación, estrés hídrico, etc.), debido a los requerimientos específicos de cada una de las especies, estos se utilizan con frecuencia como indicadores de la calidad ecológica de los medios acuáticos¹⁴. Por todo ello, no es extraño que los macroinvertebrados sean considerados como una herramienta fundamental para la tipificación y el análisis del estado ecológico de los cursos de agua.

b. Los macroinvertebrados como bioindicadores

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias entre las que destacamos¹⁶:

- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.

- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

c. Grupos más representativos de la comunidad macroinvertebrada acuática

Los órdenes más representados son:

- **Ephemeroptera:** Es un grupo relativamente pequeño de insectos, conocido vulgarmente como “moscas de mayo” por el mes en el que se producen los vuelos nupciales en el hemisferio norte o “efímeras” debido a la brevedad de su vida adulta. Todos los estadios ninfales son acuáticos, mientras que los adultos sólo viven de unas pocas horas hasta unos pocos días. Como una característica única entre los insectos, mudan después de haber llegado a un primer estadio alado (subimago), para llegar al adulto final o imago, que es el encargado de la reproducción¹⁷.
- **Odonata:** Son un grupo de insectos con adultos de coloración llamativa y ninfas opacas de cuerpo curioso. Los adultos tienen grandes ojos compuestos, el tórax soporta cuatro fuertes alas membranosas de densa venación, el abdomen es alargado y delgado. Las ninfas (náyades) habitan una diversidad de hábitats acuáticos. Se caracterizan por tener un aparato bucal altamente modificado. El labio se ha transformado en un apéndice móvil que se usa en la captura de las presas¹⁸.
- **Plecoptera:** Es un grupo poco comunes y se encuentran cerca de lagos o vertientes. Poseen una hemimetamorfosis donde los estados ninfales son acuáticos y los adultos voladores. Las ninfas son aplanadas, con aparato bucal masticador y tienen largos cercos y antenas. Los adultos son relativamente grandes, con cuatro alas membranosas que en reposo se pliegan sobre el abdomen. Los adultos también poseen cercos y antenas largas. Este orden a veces se usan como indicadores de contaminación de aguas¹⁷.
- **Hemiptera (Heteroptera):** Principalmente pertenecientes a los grupos Gerromorpha y Nepomorpha. Los heterópteros de agua, conocidos vulgarmente como chinches de agua, pertenecen al orden hemiptera. Los hay de dos tipos: los semiacuáticos (Gerromorphia), que viven sobre la

superficie del agua, y los verdaderos heterópteros acuáticos (Nepomorpha), que viven por debajo de la superficie del agua. unos pocos viven fuera del agua. los heterópteros son comunes en los cuerpos de aguas. Desempeñan un papel principal en los ecosistemas acuáticos y son bioindicadores potenciales de la calidad biológica de hábitats acuático. son particularmente beneficiosos para el hombre ya que muchas especies se alimentan de larvas de mosquitos y son a la vez, el alimento de peces¹⁷.

- **Megaloptera:** Es uno de los órdenes e insectos considerados netamente acuáticos, es decir todas las especies del grupo pasan al menos un estado de ciclo de vida en el agua, el estado larval. Dado el modesto conocimiento ecológico sobre las especies, es escaso lo que se ha explorado sobre el potencial del grupo para servir como bioindicador, aunque se tienen avances. Los megalópteros han sido referidos generalmente como especies euritopicas, es decir que ocupan un amplio espectro de condiciones ambientales en su hábitat¹⁷.
- **Trichoptera:** Es uno de los órdenes de insectos de agua dulce más diversificado. las larvas son acuáticas y viven en refugios fijos o transportables elaborados con seda; los adultos son aéreos y tienen aspecto de polillas de antenas largas. De pequeño a mediano tamaño y poco llamativos, son muy abundantes, las larvas en los cuerpos de agua y los adultos en la proximidad de ellos. Han invadido distintos tipos de ambientes loticos y lenticos, aunque con preferencia viven en los primeros¹⁷.
- **Díptera:** Son insectos holometábolos que se reconocen por sus colores en general poco vistosos y por la presencia de un solo par de alas membranosos, el par posterior esta reducido a balancines o halterios en forma clava, aunque algunos son secundariamente ápteros. Como grupo tiene una gran importancia benéfica (polinizadores, controladores de plagas, indicadores de ambientes idiotrofos, etc.) o perjudicial (vectores de enfermedades, productores de daño directo al hombre y animales, plagas de la agricultura, etc.)¹⁷.
- **Coleoptera:** Es el grupo más numeroso de organismos que se conoce. se encuentran en todo tipo de aguas continentales, con excepción de ciertos ambientes muy particulares, como partes muy profundas de lagos o aguas muy contaminadas. la importancia de otras especies radica en su utilidad como bioindicadores de calidad de aguas; si bien grupos como los

efemerópteros, tricopteros y plecópteros suelen ser más utilizados, los coleópteros están ganando reconocimiento para evaluar ambientes acuáticos¹⁷.

2.3.4. Densidad, composición y diversidad de especies

La densidad es el número de individuos por una área muestreada¹⁹, en un determinado lugar. Toda especie animal o vegetal puede desarrollarse en un determinado espacio en forma óptima sólo con una población en equilibrio con su ambiente. Este equilibrio es determinado principalmente por la cantidad de alimentos disponibles, espacio, competencia parasitismo y contribuyendo otros factores, en la densidad poblacional también pueden influir factores químicos, como la acumulación de sustancias de desecho. La estructura y la organización funcional de la comunidad de macroinvertebrados son distintivas a escala de hábitat en ríos de bajo orden en Patagonia y, en su mayoría, dependerían de la calidad y disponibilidad de los recursos orgánicos alóctonos²⁰.

La composición es el conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biotopo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia. La composición específica y la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas lénticos dependen de la cantidad de materia orgánica presente²¹.

Uno de los factores que influye en la riqueza y la composición de las especies de los macroinvertebrados acuáticos es la temperatura, al ser influenciada por factores como la radiación solar y la precipitación fluvial, estas variaciones que existen corresponde a cambios normales. En general, las características físico-químicas de la laguna, pueden estar influenciadas por los cambios climáticos que comprometen la sobrevivencia de la comunidad de los macroinvertebrados²².

La diversidad es un concepto intelectualmente muy atractivo que sigue suscitando un considerable debate²³. La diversidad, hace referencia a la diferencia, la variedad, la abundancia de cosas distintas o la de semejanza. El concepto ecológico de diversidad posee 2 componentes: Riqueza que es igual a decir el número de especies y Equitatividad es la distribución de las abundancias relativas entre las especies. Es la variedad de organismos considerados a todos los niveles: Variedades genéticas pertenecientes a la misma especie Conjuntos de especies, géneros, familias y niveles taxonómicos superiores Y variedad de ecosistemas (comprende tanto a las comunidades de

organismos que viven dentro de cada hábitat particular, como a las condiciones físicas de cada hábitat)²⁴.

2.3.5. Índices de diversidad

Los índices de diversidad son expresiones matemáticas que usan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza, equitatividad y abundancia para describir la respuesta de una comunidad a la calidad de su ambiente. La suposición del uso de los índices diversidad para el diagnóstico de ecosistemas es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución uniforme de individuos entre las especies y una moderada o alta cantidad de individuos. En ambientes contaminados con desechos orgánicos degradables, la comunidad generalmente responde con un descenso de la diversidad con pérdida de organismos sensibles, aumento en la abundancia de los organismos tolerantes las cuales tienen una fuente enriquecida de alimentos y por su puesto un descenso de la equitatividad. En contraste la respuesta a tóxicos no degradables o polución acida, se traduce en un descenso tanto de la diversidad como de la abundancia así como en la eliminación de organismos sensibles a demás que no hay fuentes adicionales de alimento para las formas tolerantes²⁵.

2.3.5.1. Índices alfa

Índice de riqueza de especies (S)

Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya toma en cuenta solamente el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de la misma. Para su cálculo es necesario tener el inventario de la comunidad.

- **Índice de Simpson (λ):** Es considerado como una medida de dominancia, ya que se pondera según la abundancia de las especies más comunes, a partir de una medida de riqueza de especies²⁶.

Expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie²⁷.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Siendo $P_i = n_i / N$,

Donde:

n_i es el número de individuos de la especie "i"

N es la abundancia total de las especies.

Este índice está fuertemente influido por la importancia de la especie más abundante y es menos sensible a la riqueza de especies.

Tiene la característica de que a medida que se incrementa, la diversidad decrece, sin embargo como su valor es inverso a la equidad la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$

- **Índices de Shannon-Weaner (H):** Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección, procede de la teoría de la información y se expresa como

$$H' = - \sum p_i \ln_2 p_i$$

Siendo p_i la proporción de individuos de la especie i , es decir $p = n_i / N$.

Para el cálculo de este índice, se considera que los individuos deben ser muestreados al azar a partir de una población infinitamente grande, así como que todas las especies estén representadas en la muestra. Adquiere valor de cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Los valores que presentan suelen hallarse entre 1,5 y 3,5 y raramente sobrepasa 4,5²⁸.

2.3.5.2. Índices beta

- **Índice de similitud de Jaccard**

$$I_j = c/a+b-c$$

Donde:

a = número de especies en el sitio A

b = número de especies en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas. El rango de este índice va desde cero (0) cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1) cuando los dos sitios comparten las mismas especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies²⁷.

2.4. Marco legal

En el Perú se ha legislado la protección del recurso agua en normas ambientales, en normas sectoriales de relevancia ambiental y en el código penal

2.4.1. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

En el Artículo 98° menciona que la conservación de los ecosistemas se orienta a conservar los ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles.

En el Artículo 114°, menciona que el acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población. Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares. En caso de escasez, el Estado asegura el uso preferente del agua para fines de abastecimiento de las necesidades poblacionales, frente a otros usos.

El artículo 120°, menciona que el Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. Asimismo, el Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su rehúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

En el Artículo 121°, menciona que el Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

2.4.2. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)

Regula el uso y gestión integrada de los recursos hídricos, que comprende agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta. Según el ordenamiento legal peruano el agua es un recurso natural renovable que constituye patrimonio de la Nación y es un bien de uso público, cuya administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación. En consecuencia no hay propiedad privada sobre el agua, correspondiendo al Estado la asignación de derechos patrimoniales a particulares, condicionado a su disponibilidad.

2.4.3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo 015-2015-MINAM)

Establece el grado o el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, estos ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su

estado natural y son obligatorios en los diseños de normas legales y las políticas públicas, siendo también obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Las categorías de los ECA para agua son las siguientes:

Categoría 1. Poblacional y recreacional

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.- Incluye las aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; las que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; y las que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Aguas superficiales destinadas para recreación.- Incluye las de contacto primario y las de contacto secundario.

Categoría 2. Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales

Extracción y cultivo de moluscos bivalvos

Extracción y cultivo de otras especies microbiológicas

Otras actividades

Categoría 3. Riego de Vegetales y Bebida de Animales

Vegetales de tallo alto y tallo bajo.- Incluye iguales parámetros fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y plaguicidas.

Vegetales de tallo bajo.- Incluye parámetros biológicos más exigentes

Vegetales de tallo alto.- Incluye parámetros biológicos menos exigentes que el de tallo bajo

Para bebida de animales

Categoría 4. Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación Política

El trabajo de investigación se llevó a cabo en laguna de Condorccochoa la que se halla ubicada políticamente de la siguiente manera:

Región : Ayacucho
Provincia : Cangallo
Distrito : Los Morochucos
Lugar : Condorccochoa

Las muestras colectadas se trasladaron al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente la ubicación del lugar donde se desarrolló el trabajo de investigación es la siguiente (sistema de coordenadas proyectada Universal Transversal de Mercator, UTM):

Longitud : 587833
Latitud : 8512401
Altitud (m.s.n.m) : 3592

3.1.3. Descripción de la laguna

La laguna se halla ubicada en la zona de vida bosque húmedo-MONTANO SUBTROPICAL, a una altitud de 3592 msnm, presenta un espejo de agua de aproximadamente de 5,58 ha y un perímetro de 1 km. Es una zona donde abunda aves acuáticas destacando por su abundancia *Fulica ardesiaca* "Gallareta andina", *Gallinula chloropus* "Polla de agua", *Anas cyanoptera* "Pato Colorado", *Anas flavirostris* "Pato barcino", *Plegadis ridgwayi* "Yanavico". Así mismo, al ser una laguna en proceso de eutrofización, se halla una gran cantidad de vegetación emergente en la zona litoral dominado principalmente por

Potamogeton sp. y *Hydrocotyle ranunculoides*, *Scirpus sp.* Por otro lado, en el entorno de la laguna, la vegetación terrestre se halla principalmente representado por *Stipa ichu*. La presencia de agua en la laguna es una constante a lo largo del año, reduciendo su extensión en la época de estiaje, siendo mayor esta característica en los meses de junio a agosto, incrementando en los meses de lluvia (enero a febrero).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Comunidad macroinvertebrada acuáticas y agua de la zona litoral de la laguna Condorccochoa

3.2.2. Muestra

20 muestras cuantitativas de la comunidad macroinvertebrada acuática de la laguna Condorccochoa, las que se obtuvieron de cuatro zonas de muestreo. Cada muestra es resultado del arrastre por cinco veces de la red D Net modificada por la zona litoral de la laguna.

3.2.3. Unidad de observación

Muestras colectadas de macroinvertebrados acuáticos de la zona litoral de la laguna Condorccochoa, el cual estará compuesto a su vez por 5 submuestras.

3.3. Metodología y recolección de datos

3.3.1. Ubicación de las zonas de muestreo

La ubicación de las cuatro zonas de muestreo se hizo de manera determinística con la finalidad de abarcar representativamente la zona litoral de la laguna a partir del cual se realizaron muestreos aleatorios.

3.3.2. Obtención de muestras de Macroinvertebrados

Para la recolección de muestras de macroinvertebrados acuáticos se utilizó una red tipo D-net modificada con una boca de 30 cm de longitud de posición transversal al mango, de 70 cm de bolsa de red, con una luz de malla de 0.5 mm y con un mango de 2 m de longitud, con el cual se procedió a la toma de muestras de la siguiente manera:

Para la toma de las muestras cuantitativas se arrastró la red D-net modificada en la zona litoral desde la zona más profunda (donde el mango de la red lo permita) hasta la orilla. Este procedimiento se realizó por cinco veces la que constituyo una muestra en cada una de las cuatro zonas.

Para la toma de muestras cualitativas, la red tipo D-net modificada fue arrastrada por las orilla de la laguna tratando de abarcar la mayor extensión de la laguna,

esta muestra se consideró como producto de la búsqueda intensiva de macroinvertebrados.

Finalmente cada muestra colectada fue colocada en una bolsa plástica con alcohol al 99%, para luego ser transportado al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para su selección y posterior identificación.

3.3.3. Selección de las muestras

Una vez llevado las muestras al laboratorio, se procedió a la selección, proceso en el cual se eliminó restos vegetales y otros materiales indeseables. Los macroinvertebrados acuáticos capturados fueron seleccionados y colocados en botellas viales considerando la semejanza morfológica.

3.3.4. Preservación de muestras

Luego de realizar la selección los organismos de la comunidad macroinvertebrada acuática, fueron preservados en alcohol etílico al 99% al cual se añadió una gota de glicerina para mantener blandas y flexibles las estructuras de los organismos

3.3.5. Identificación de organismos

Para la identificación de los organismos colectados se utilizó las claves taxonómicas propuestas por Roldan y Fernández y Domínguez²⁹.

3.3.6. Determinación de la abundancia

Para el análisis cuantitativo, se procedió al conteo de los organismos por categoría taxonómica (género y/o especie) por muestra, esta información nos sirvió para expresar la abundancia de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en porcentaje, tomando como valor referencial al total de los organismos capturados en una muestra.

3.3.7. Estimación de la diversidad

Para la estimación de los índices de diversidad se emplearon los datos de las abundancias de los diferentes componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática tal como lo señala Moreno(27) y Magurrán(30), procediéndose al uso de del software PAST versión 2.17 para su cálculo.

a. Índices de diversidad alfa

Índice de Simpson

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

Donde:

n_i = número organismos

N = número total de organismos de todas las especies

$D \sim 1$ ausencia de diversidad (solo existe una especie)

$D = 0$ equitatividad

El Índice inverso de Simpson ($1/D$) valor menor posible es 1 (comunidad con solo 1 especie); a mayor diversidad mayor es el índice; el valor máximo es el número de especies de la comunidad (riqueza de especies).

Índice de Shannon-Wiener

$$H = \sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:

H = Diversidad (bist/individuo)

S = Número de especies

p_i = Proporción del número de individuos de la especie i y con respecto al total (n_i/N_i).

b. Índices de diversidad beta

Índice de similitud de Jaccard

$$I_j = \frac{c}{a} + b - c$$

Donde:

a = número de especies en el sitio A

b = número de especies en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas.

3.4. Análisis estadístico

Los resultados se presentaron en figuras y tablas en la que se mostró una estadística de tendencia central y de dispersión. Así mismo con la finalidad de comparar la composición y abundancias de la comunidad en los meses muestreados, se aplicó técnicas de estadística inferencial, ANVA en caso de que tuvieran una distribución normal y en caso contrario Kruskal-Wallis, en todos los casos se trabajó con una confianza del 95% ($\alpha=0,05$).

IV. RESULTADOS

Tabla 1. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorcchocha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

Clase	Orden	Familia	Género	Mes de muestreo					
				Jun	Jul	Ago	Set	Oct	
Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Lancetes	+	+	+	+	+	
		Hidrophylidae	Tropisternus	-	+	+	+	+	
	Hemiptera	Corixidae	Ectemnostega	+	-	-	-	-	
		Notonectidae	Notonecta	+	+	+	+	+	
	Diptera	Chironomidae	Cricotopus	+	-	+	-	+	
			Pseudochironomus	+	+	+	+	+	
	Odonata	Libellulidae	Erythemis	+	+	+	+	+	
			Aeshnidae	Aeshna	+	+	+	+	+
			Coenagrionidae	Telebasis	+	+	+	+	+
			Acanthagrion	-	-	-	+	-	
Amphipoda	Malacostraca	Hyallellidae	Hyallella	+	+	+	+	+	
Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	Pisidium	-	-	-	-	+	
Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	Lymnaea	+	+	+	+	+	
		Planorbidae	Biomphalaria	-	-	-	-	+	
Total				10	9	10	10	12	

+: Presente

-: Ausente

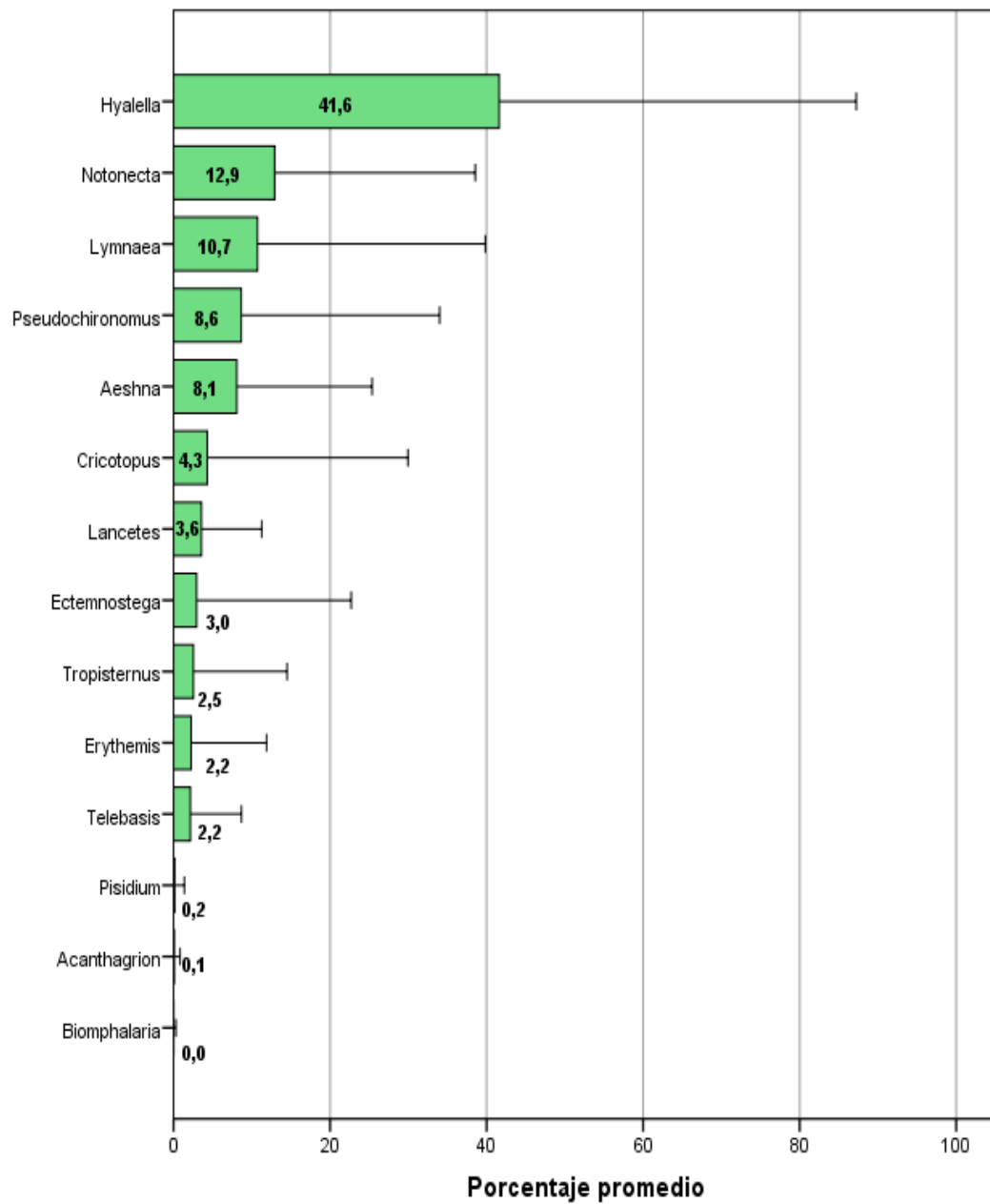


Figura 1. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorcocha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

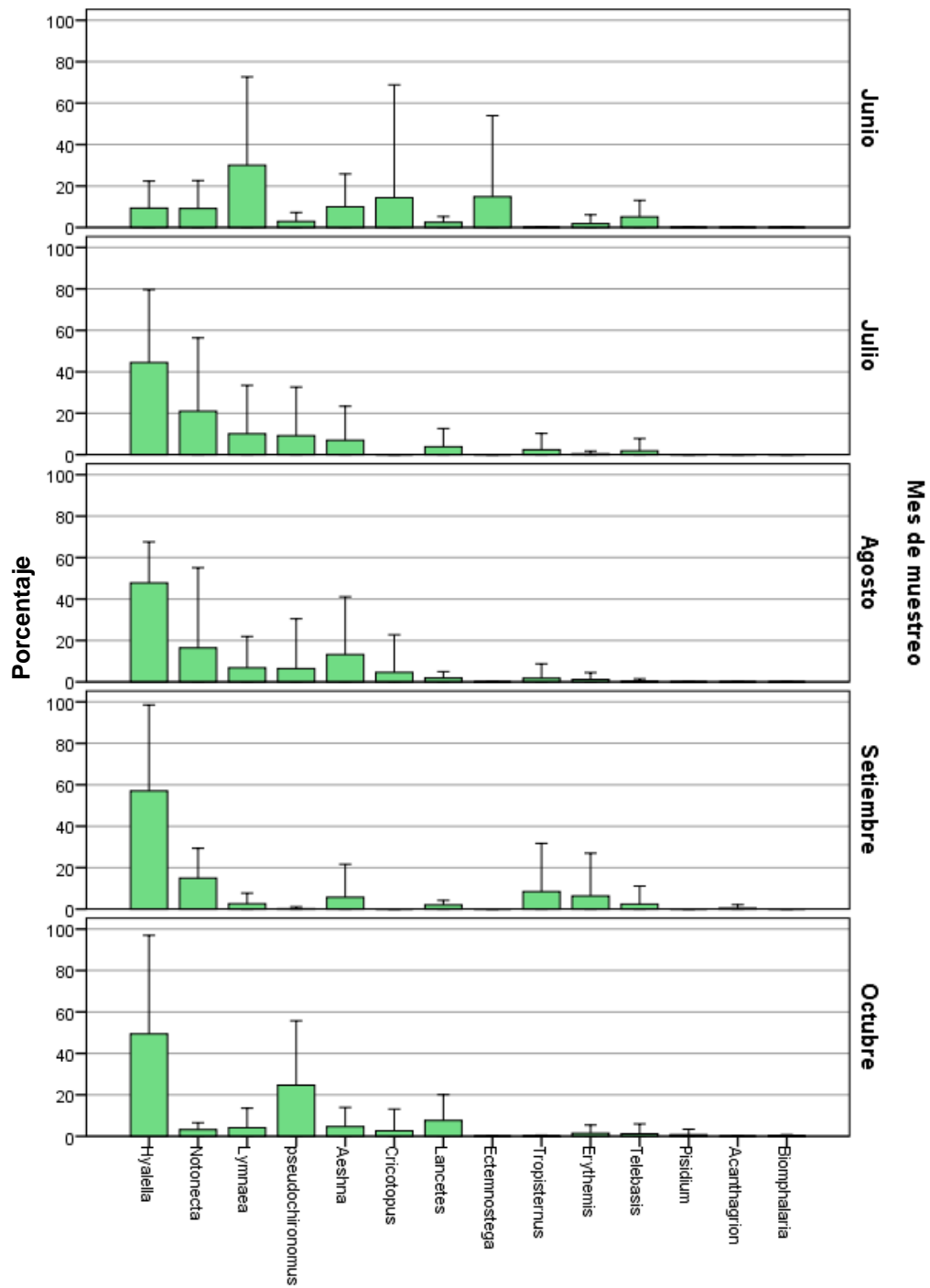


Figura 2. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por mes de muestreo de la laguna Condorccocho, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

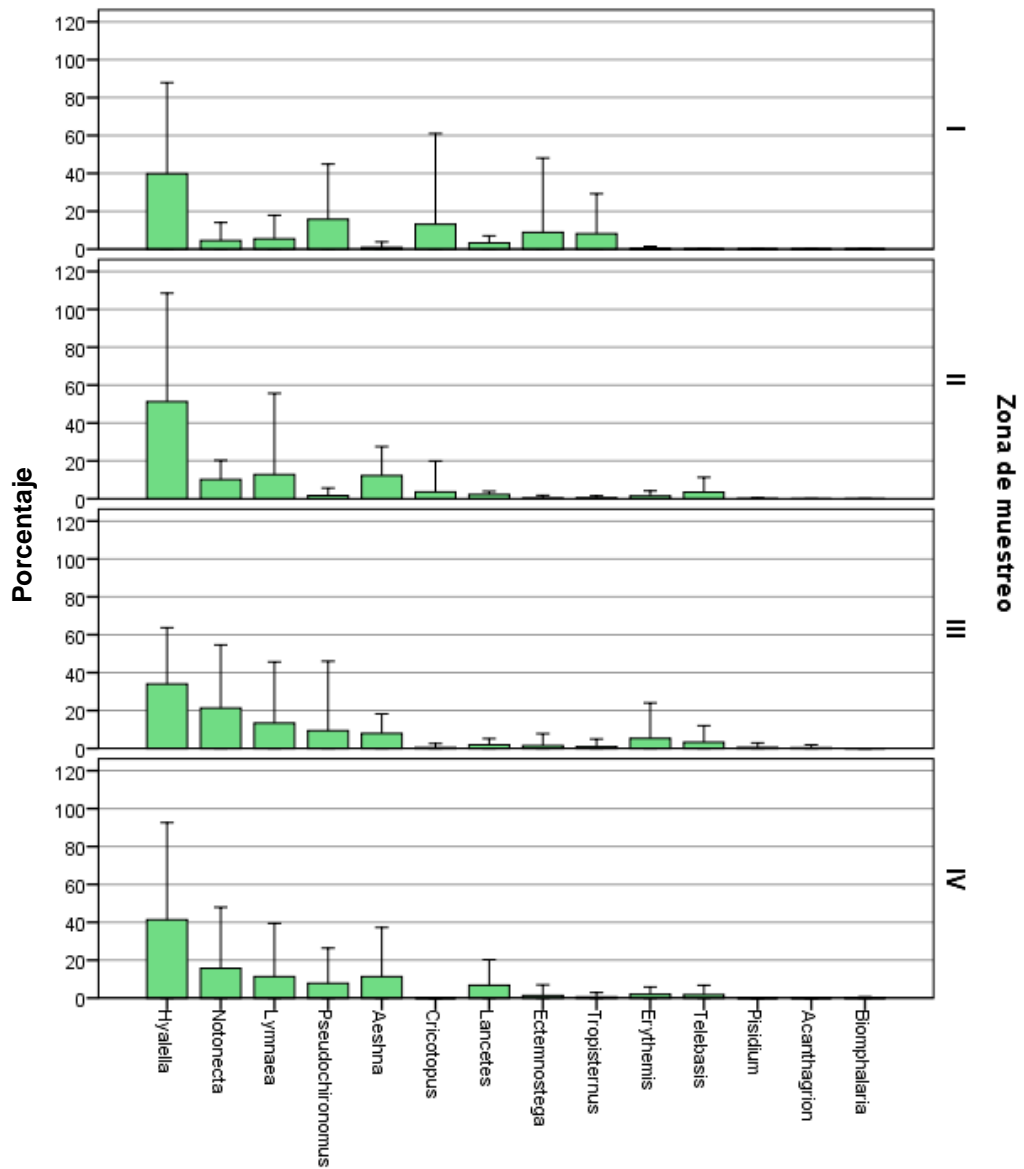


Figura 3. Abundancia relativa promedio y desviación típica de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por zonas de muestreo de la laguna Condorccocho, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

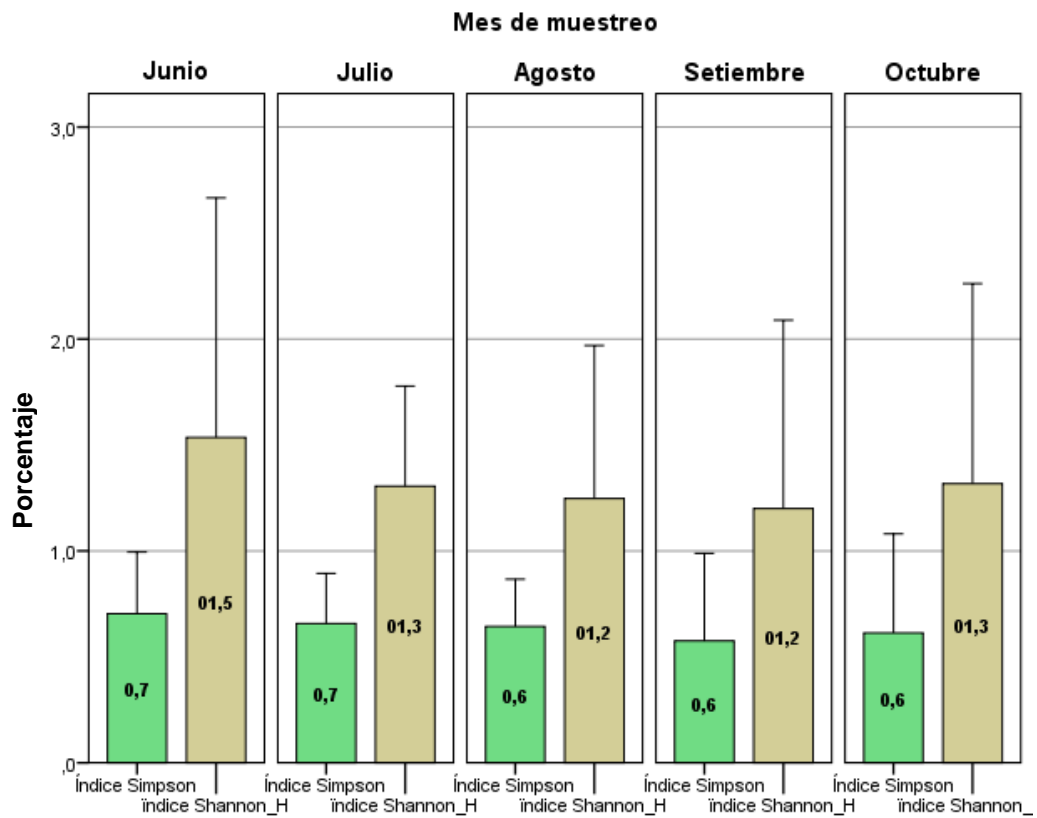


Figura 4. Índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Weaner (bits/individ.) promedio y desviación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por meses de muestreo de la laguna Condorcocha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017

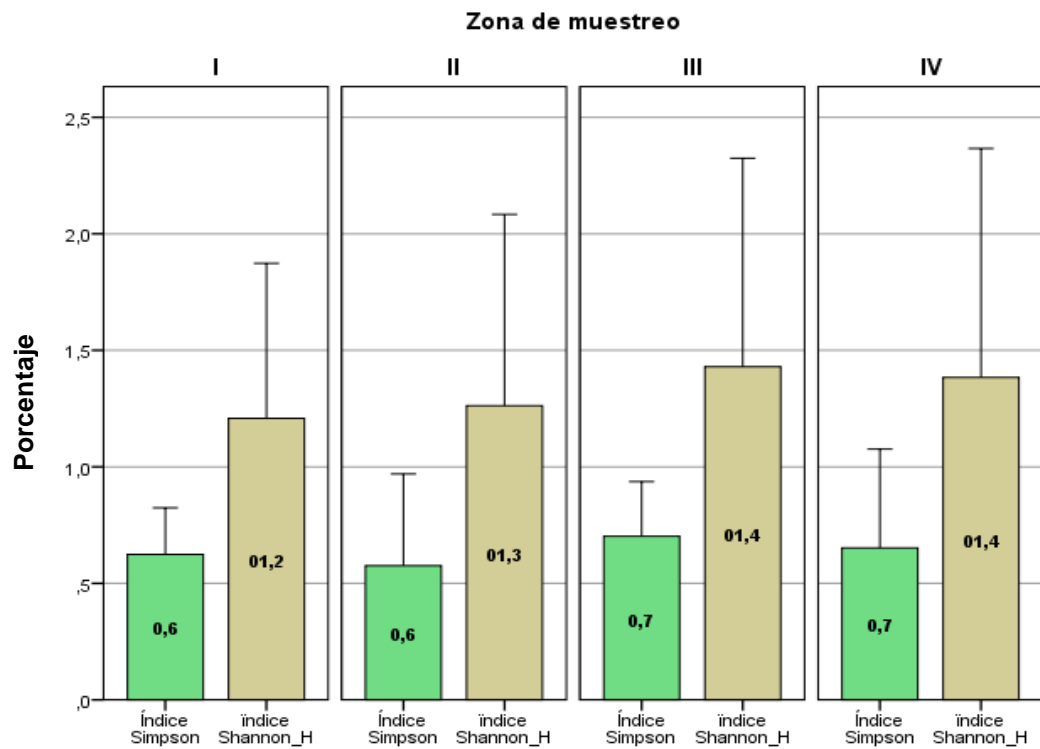
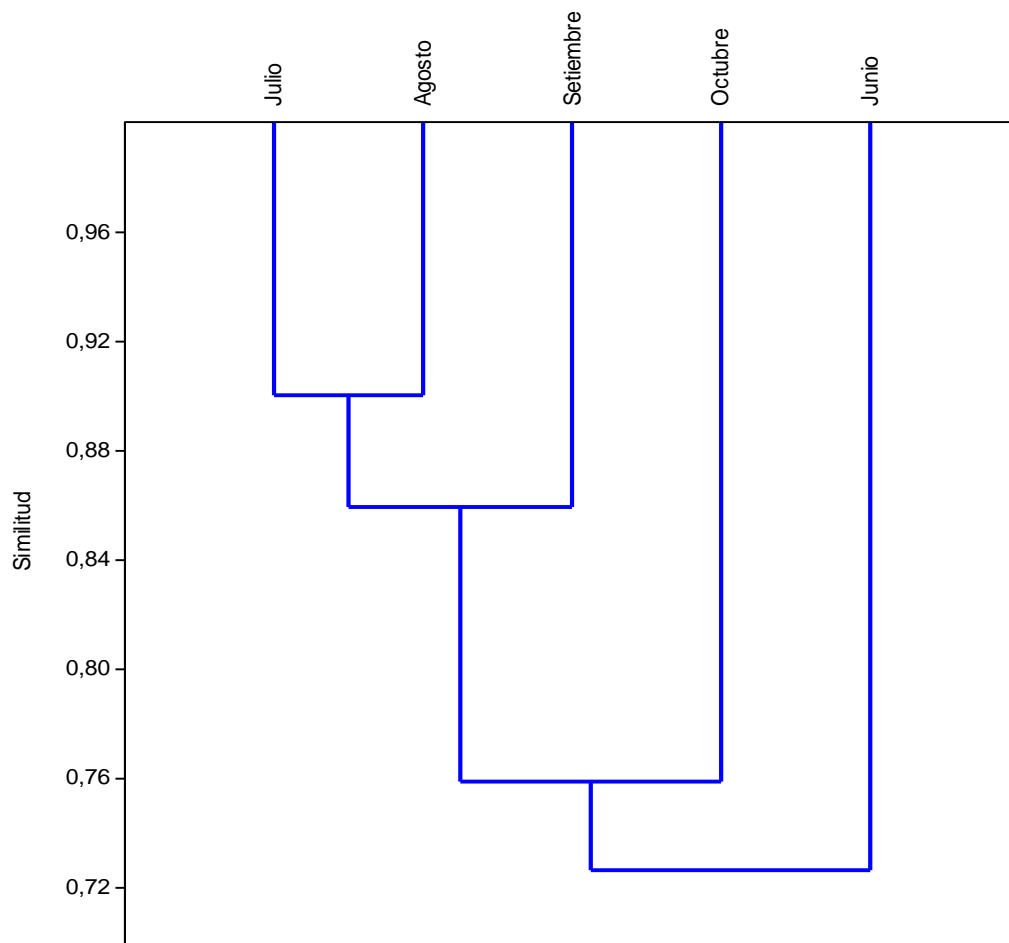
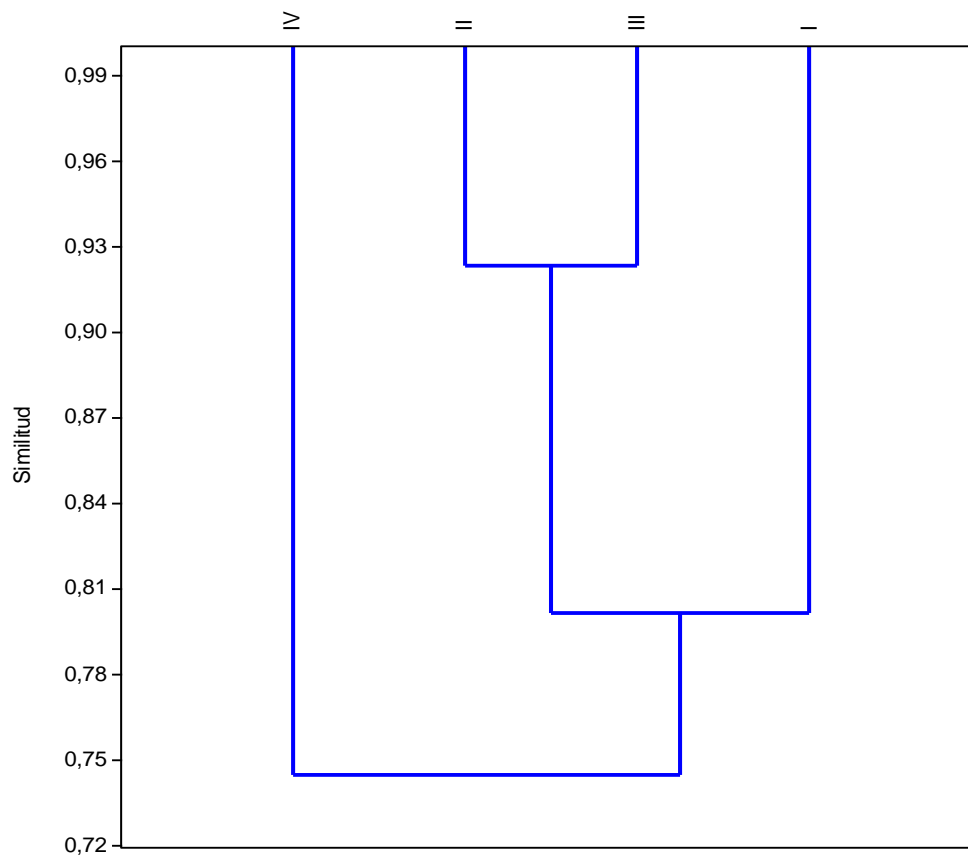


Figura 5. Índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Weaner (bits/individ.) promedio y desviación de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales por zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.



Correlación cofenética = 0,7749

Figura 6. Dendrograma de similitud según el índice de Jaccard de los meses de muestreo basado en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorcchocha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.



Correlación cofenética = 0.9326

Figura 7. Dendrograma de similitud según el índice de Jaccard de las zonas de muestreo basado en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna Condorcocha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

V. DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se muestra la composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos hallados en la zona litoral de la laguna Condorccocho, ubicado en el distrito de Los Morochucos, provincia de Cagallo. Durante el tiempo en el cual se llevó a cabo el muestreo, se halló un total de 14 los géneros, perteneciente a 12 familias, siete órdenes y cuatro clases (Insecta, Amphipoda, Bivalvia y Gastropoda); donde la clase Insecta fue la más diversa presentando 10 géneros, y dentro de dicha clase la orden Odonata fue la que presentó el mayor número de géneros, con cuatro, siendo estas Erythemis, Aeshna, Telebanis y Acantragrion pertenecientes a las familias Libellulidae, Aeshnidae y Coenagrionidae; la orden Diptera presentó dos géneros, siendo estas Critocopus y Pseudochironomus; Coleoptera con dos géneros, Lancetes y Tropisternus; Hemiptera con Ectemnostega y Notonecta y finalmente Basomatophora con los géneros Lymnea y Biomphalaria; mientras que las ordenes Malacostraca y Veneroida presentaron una sola familia cada uno con un solo género, siendo estas Hyalella y Pisidium. Por otro lado, también es importante describir la persistencia de los taxones hallados, en este sentido, dentro de los más persistentes es decir aquellos que han sido registrados en cada uno de los mese en el cual se llevaron a cabo los muestreos fueron Lanectes (Dystiscidae), Notonecta (Notonectidae), Pseudochironomus (Chironomidae), Erythemis (Libellulidae), Aeshna (Aeshnidae), Telebasis (Coenagrionidae), Hyalella (Hyalellidae) y Lymnaea (Limnaeidae); por otro lado, también se debe señalara que existieron géneros que han sido registrado en un solo mes, tal es el caso de Ectemnostega (Hemiptera), Acanthagrion (Odonata), Pisidium (Veneroida, Bivalvia) y Biomphalaria (Basomatophora, Gastropoda). En cuanto al número de taxas hallados por mes, podemos señalar que octubre fue el que mostró un mayor número (12 géneros), mientras que en setiembre, agosto

y junio fueron registrados 10 taxas. Comparativamente, el número de taxas hallados (géneros) es relativamente pobre en comparación con los reportados por trabajos de investigación realizados en zonas altoandinas, tal es el caso de Gómez Fernández⁹, que menciona que en los ambientes lénticos y lóticos de un bofedal se halló 34 géneros, agrupados en 27 familias, 13 órdenes y 8 clases. Por otro lado, los ambientes fluviales al parecer son más diversas que los ambientes lénticos, ya que Palomino¹⁰, al realizar un trabajo de investigación en el río Apacheta ubicado en el departamento de Ayacucho (Perú) halló taxones pertenecientes a 25 familias, en el trabajo de investigación se reporta 12, aproximadamente un 50%. Los resultados hallados posiblemente se debe a que los ambientes lénticos son ambientes mucho más homogéneos comparativamente con los ambiente lóticos, en cuanto se refiere a las características fisicoquímicas de la aguas^{25, 31, 32}, ya que en caso de ambientes fluviales, estos presentan ambientes con diferentes velocidades de agua, diferentes tipos de lecho, e incluso, las características fisicoquímicas del agua puede varias grandemente de un lugar a otro³³. La laguna Condorccochoa, es un ambiente léntico relativamente pequeño, originado principalmente por la deposición de precipitaciones pluviales y las escorrentías de áreas aledañas, presentando aproximadamente un área de espejo de agua de 5,7 hectáreas y un perímetro de un kilómetro, donde gran parte de sus área litoral se halla cubierta por plantas acuáticas, siendo la más importante *Potamogeton sp*, lo que denota la poca profundidad de dicha zona y muy probablemente en toda la laguna, dichas características hacen que sus aguas se hallan constantemente homogenizándose como consecuencia de la acción de los vientos, tal como suceden en lagunas altoandinas³², lo que genera ambientes similares en toda la laguna, lo que permite que los organismos acuáticos existentes en ella, encuentren hábitats adecuados en toda la extensión de dicha laguna. Otro aspecto a resaltar es la presencia del género *Notonecta* (Hemiptera), ya que en ningunos de las investigaciones citadas como antecedentes, hacen referencia de ella, por lo que posiblemente sea el primer reporte de éste género para zonas altoandinas.

En la Figura 1, se muestra el promedio y la desviación típica de las abundancias relativas de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la zona litoral de la laguna de Condorccochoa. Se observa que las abundancias son muy heterogéneas ya que existen géneros muy abundantes y

géneros muy poco abundantes; es el caso de los géneros *Hyaella*, *Notonecta*, *Lymnaea*, *Pseudochironomus* y *Aeshna* que son los que abundan en mayor medida con porcentajes promedios de 41,5, 12,5, 10,7, 8,6 y 8,1 %, representando en conjunto más del 80% de la comunidad estudiada. Con respecto a los géneros menos abundantes que son la gran mayoría, en este caso representado por 9, presentan abundancias menores a 5% tal es el caso de *Cricotopus*, *Lancetes*, *Ectemnostega*, *Tropisternus*, *Erytemis*, *Telebasis*, *Pisidium*, *Acanthagrion* y *Biophalaria*. Es necesario resaltar que el género *Hyaella*, perteneciente al grupo de los Amphypoda es el más abundante, por el número de individuos que representa en cada muestreo y la persistencia de su presencia; así mismo otro aspecto que también resalta es que las desviaciones típicas (representado por líneas de color negro en la figura señalada) son también de elevada magnitud representando valores incluso iguales y/o mayores a la media, lo que nos da a entender que las abundancias de los géneros hallados varían de mes a mes. Como se aprecia, solo son tres géneros que acumulan más del 60% de la abundancia, mientras que el resto representan abundancias mucho menores, concordando con lo afirmado por Smith y Smith³⁴, Margalef²⁵ y Molles³⁵, que sostienen que en una comunidad existe uno o unos pocos taxos que son los más abundantes y muchos otros que no lo son, lo que son catalogados como raros. Con respecto al género reportado como más abundante, *Hyaella* (Amphipoda), es un taxón que frecuentemente es reportado en investigaciones realizadas en zonas por encima de los 3800 msnm, principalmente en ambientes lénticos, tal es el caso de Gómez⁹, que lo reporta en ambiente lénticos y lóticos de un bofedal altoandino, siendo el más importante por su abundancia, de igual manera se reporta en ecosistemas como los páramos en Colombia, donde también son los más abundantes⁵, haciendo hincapié que son organismos que cumplen una función importante en ecosistemas donde existe gran cantidad de materia orgánica en descomposición, cumpliendo el papel de detritívoros de modo que contribuyen de gran manera a que la materia sea ciclada rápidamente y por lo tanto sirven como eslabón entre la materia vegetal en descomposición y organismos productores secundarios³⁶, como peces, anfibios y aves. Incluso son reportados en ambiente lóticos, hallándose principalmente en pequeños riachuelos con abundante vegetación ribereña, pero su abundancia disminuye drásticamente, tal como lo reporta Palomino¹⁰, que lo reporta en el curso del río Apacheta y algunos de sus

tributarios. De acuerdo a Balian *et al.*³⁷, menciona que son anfípodos de distribución amplia en América Del Sur, reportándose muchas especies endémicas, principalmente en el lago Titicaca. Por otro lado Nieto *et al.*⁶, también lo reporta en la puna de Argentina (turberas) el que considera que cumple un papel funcional muy importante por ser colector. Por otro lado, dentro de los más abundantes también se reporta la presencia de Notonecta (Hemiptera), que como se sabe es un insecto que es un cazador activo, probablemente determinante en la presencia de otros organismos en la laguna, ya que podría actuar como un controlador³⁸.

Complementando la Figura 1, se presenta la Figura 2, en la que se representan las abundancias como promedio de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática litoral de la laguna Condorcocha en los meses de junio a octubre, tiempo en el cual se llevó a cabo el trabajo de investigación. Lo que sobresale en la referida figura es, que las abundancias de la mayoría de los componentes de la comunidad no son semejantes en los cinco meses, tal es el caso del género Notonecta (Hemiptera), que es más abundante en los meses de julio, agosto y setiembre, mientras que en octubre y junio se hace mínima; para el caso de Limnaea (Gastropoda, Basomatophora) se observa un pico máximo de densidad ocurre en el mes de junio para luego hacerse mínima para los meses posteriores, sin embargo al realizar la prueba de Kruskal–Wallis (Anexo 2) no se halló significancia estadística ($p > 0,5$) lo que significa que estadísticamente las abundancias son las mismas en los cinco meses, muy probablemente debido a lo elevado de los valores de la desviación típica; en el caso de Ectemnostega (Hemiptera, Corixidae), presenta la máxima densidad en el mes de junio para posteriormente hacerse mínima incluso desaparecer en los meses posteriores, en este caso al realiza la prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 2), si se halló significancia estadística ($p > 0,05$), por lo que efectivamente dicho género presenta mayores o menores abundancias en los meses muestreados. Excepción a lo descrito, es el caso del género Hyalella (Amphipoda, Hyalelidae), donde sus abundancias son aproximadamente semejantes en los cinco meses, con porcentajes mayores a 40%, con excepción en el mes de junio cuya abundancia es menos del 20%, dichas abundancias son las mayores registradas en comparación con los otros componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Es de resaltar también de la existencia de valores de desviación típica elevadas, lo que nos da entender que sus abundancias

varían según las zonas de muestreo ubicadas en la laguna. En cada uno de los meses muestreado, destaca en la comunidad estudiada, que son uno a dos los taxas más abundantes (dominantes), mientras que el resto presentan la característica opuesta (raros), Roldan y Ramírez³³, Ramirez y Gutierrez-Fonseca⁴⁰ y Begón⁴¹. Otro aspecto que resalta es que el género *Hyaella* (Amphypoda) es la más abundante en todos los meses muestreados, con excepción del mes de junio donde la más abundante es *Lymnaea*, probablemente debido a que las condiciones ambientales se adecúa a sus requerimientos y no solo a las características fisicoquímicas de las aguas de la laguna, si no a la presencia de abundante vegetación acuática, representado principalmente por *Potamogetón sp.*, cumpliéndose lo que se afirma que cada especie está adecuada a las condiciones ambientales en el cual han evolucionado⁴¹. Por otro lado, otro aspecto interesante que puede mostrar la figura en referencia es que *Ectemnostega* (Corixidae, Hemiptera) prácticamente fue hallada en el mes de junio para posteriormente casi desaparecer lo que podría ser a los cambios en las características del agua que tiene como hábitat, sin embargo como ya se mencionó anteriormente, los ambientes lénticos son relativamente homogéneos temporalmente, por lo que se sospecharía de la existencia de otros factores, como podría ser los biológicos y dentro de esto no se podría descartar el efecto que podría estar causando *Notonecta*, ya que es considerado como un depredador muy efectivo de especies con movilidad activa⁴².

En la Figura 3, se muestra las abundancias de los componentes de la comunidad de según las cuatro zonas de muestreo ubicadas en la laguna, así como la desviación típica. Se observa que en las cuatro zonas el que domina, según su abundancia, es *Hyaella* con porcentajes que van desde un poco más de 40% y no menor a 30%; con menores valores de abundancia se presentan los géneros como *Notonecta*, *Lymnaea*, *Pseudochironomus* y *Aeshna*; mientras que el resto de componentes muestran abundancias mucho menores llegando incluso a ser tan pequeños como menores a 1%. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (anexo 3) se observa que todos los taxones no muestran significancia estadística ($p > 0,05$), por lo que se podría afirmar que dichos taxones son igualmente abundantes en las cuatro zonas de muestreo considerados en la zona litoral de la laguna. Por otro lado, al igual que en la Figura 1 y 2, se observa que los valores de la desviación típica con elevadas, lo que nos indica de la existencia

de las grandes variaciones de las abundancias que presentan los componentes de dicha comunidad en cada mes.

En la Figura 4, se muestra los valores promedios y la desviación típica de los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Weaner por meses de muestreo en la laguna de Condorccochoa. Los valores del índice de Shannon-Weaner hallados por meses son semejantes, es así que para el mes de junio se halló un valor máximo de 1,5 bits/indiv, para julio de 1,3 bits/indiv, y para agosto, setiembre y octubre valores de 1,2, 1,2 y 1,3 bits/indiv respectivamente. Al realizar el análisis de Kruskal Wallis (Anexo 4) se observa de que no existe significancia estadística ($p > 0,05$), lo que se interpreta como que los valores de dicho índice son estadísticamente semejante ($p > 0,05$) en los cinco meses de muestreo. Con respecto al índice de Simpson, se observa que los valores hallados en los meses de muestreo también son relativamente semejantes, ya que en el mes de junio y julio se hallaron promedios de 0,7, mientras que para los tres meses posteriores valores de 0,6; la prueba de Kruskal Wallis (Anexo 4) se determinó de la no existencia de significancia estadística ($p > 0,05$), por lo tanto existe evidencia de que dichos valores son semejante entre los meses muestreados, corroborando lo afirmado líneas arriba. También es de notar que tanto para el índice de Shannon-Weaner y Simpson existen valores elevados de desviación típica, lo que nos indica que dichos valores son muy variables, esto como consecuencia de también los valores heterogéneos de las abundancias de los componentes de la comunidad estudiada.

En la Figura 5, se observa los valores promedios de los índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Weaner de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la laguna de Condorccochoa según las cuatro zonas muestreadas. Para el caso del índice de Shannon-Weaner se observa valores promedios de 1,2, 1,3, 1,4 bits/indiv para la zonas de muestreo I, II, III y IV respectivamente, valores que son relativamente semejantes; al realizar la prueba de Kruskal Wallis, no se halló significancia estadística ($p > 0,05$) el que se puede observar en el Anexo 5 por lo que se puede afirmar de la existencia de evidencia que los valores de dicho índice son semejantes entre las zonas. Con respecto al índice de Simpson, las zonas de muestreo también presenta valores muy próximos, tal es el caso de que las zonas I y II que tiene promedios de 0,6 y las zonas III y IV 0,7, razón por el cual al realizar la prueba de Kruskal Wallis (Anexo 5), no se halló significancia estadística ($p > 0,05$). Al igual que en casos anteriores los

valores de la desviación típica son elevadas, de manera que podríamos afirmar que los valores de los índices descritos son heterogéneos entre los meses.

Como se ha podido observar en la Figuras 4 y 5, los valores del índice Shannon-Weaner en forma general son muy bajos, reflejando de que la comunidad estudiada no es muy diversa y equitativa puesto que existe uno o dos poblaciones que son más abundantes, mientras que el resto presenta abundancias muy bajas; Moreno⁴³ y Magurran³⁰, afirma que dicho índice teóricamente puede tener valores que van desde cero (comunidades muy pobres y muy heterogéneas en cuanto a sus abundancias) hasta un poco más de cinco (comunidades muy diversas y con abundancias homogéneas). La poca diversidad de la comunidad hallada en la laguna, en comparación, por ejemplo, con lo hallado en estudios realizados en sistemas fluviales se debe probablemente a que existe homogeneidad en cuanto al hábitat en la laguna, lo no existe en un río, donde podemos encontrar más heterogeneidad como por ejemplo como consecuencia de las diferencia en la velocidad de la corriente de agua, en cuanto al tipo de sustrato, la presencia de vegetación, etc, lo que determina de la existencia de una mayor cantidad de nichos. Otro aspecto a resaltar es, los valores de los índices hallados son estadísticamente similares, tanto entre meses como entre zonas, no son más que el reflejo de las características de los componentes de la comunidad, en este caso de la composición (número de taxones semejantes) y de las abundancias que son estadísticamente similares entre meses y zonas de muestreo, tal como se explicó anteriormente. Por otro lado, los valores del índice de Simpson son relativamente elevadas (considerando que el máximo valor que puede asumir es de uno), ya que se hallan entre 0,6 y 0,7, esto debido a que existe solo uno o dos poblaciones que son abundantes, mientras que el resto puede catalogarse como raros, considerando que es un índice que es sensible a la dominancia.

En la Figura 6, se observa el dendograma de similitud elaborado con el índice de Jaccard de los meses de muestreo en base a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la zona litoral de la laguna Condorccochoa. En el dendograma en mención sobresale los siguientes aspectos, en primer lugar que los valores de similitud (medido en porcentaje) no son menores al 70%, lo que podría interpretarse como que la composición y abundancia de la comunidad hallada en los cinco meses guardan mucha similitud, según D'Ancona⁴⁴, se afirma que para considerar que dos elementos guardan similitud

tendrían que tener valores igual o mayores al 60%; dentro de este contexto, los meses más similares son julio y agosto con un valor de 90%, para luego los meses de setiembre y octubre presentar similitudes de un poco más del 85% y de 75% con los grupos formados anteriormente; mientras que junio es el que guarda menor similitud con los demás, con un valor aproximado de 72,5%. En la Figura 7 se puede observar el dendograma de similitud de las zonas de muestreo en la laguna de Condorccochoa, elaborada en base al índice de Jaccard de la comunidad macroinvertebrada acuática litoral. Al igual que el dendograma anterior de similitud de los meses, los porcentajes entes caso no son menores al 70%, lo que nos da información que las características de la comunidad en estudio son similares. Las zonas II y III guardan la mayor similitud con un porcentaje mayor al 90%, seguido de la I que es similar a los anteriores con un 80%, siendo la zona IV la menos similar con un poco menos de un 75%. El índice de Jaccard pertenece a las mediciones que se hace a la diversidad β (comparación de comunidades) dentro del contexto cualitativo es decir en base a presencias y ausencias, es calculado en base al número de especies comunes en ambas comunidades y especies que son exclusivas en cada comunidad⁴³, en base a dichas consideraciones, se puede explicar que los valores altos de similitud hallados se debe a que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos hallados en los cinco meses y en las cuatro zonas de muestreo comparten muchos de los géneros, tal como se puede apreciar en las Figuras 2 y 3.

VI. CONCLUSIONES

1. En la zona litoral de la laguna Condorccochoa se halló un total de 14 géneros, perteneciente a 12 familias, siete órdenes y cuatro clases (Insecta, Amphipoda, Bivalvia y Gastropoda); donde la clase Insecta fue la más diversa presentando 10 géneros; así mismo destaca la persistencia los géneros Lancetes, Notonecta, Pseudochironomus, Erytemis, Aeshna, Telebasis pertenecientes a la Clase Insecta y Hyalella dentro de la Anphypoda durante los cinco meses de muestreo, mientras que los registrados en un solo mes fueron Ectemnostega, Acanthagrion, Pisidium y Biomphalaria.
2. La abundancia de los componentes de la comunidad de macroinvertebrados es muy heterogénea, por un lado existen pocos géneros que son muy abundantes como es el caso de Hyalella, Notonecta, Lymnaea y muchos géneros que son poco abundantes. Dichas características se repiten en las abundancias expresadas en los cinco meses y en las cuatro zonas muestreadas.
3. Los valores de los índices de diversidad de Shannon-Weaner muestran valores relativamente bajos, valores que describen comunidades poco diversa. En cuanto al índice de Simpson, muestra valores relativamente elevados que describe una comunidad donde unos pocos componentes (géneros) son muy abundantes y muchos géneros son poco abundantes.
4. El índice de Jaccard muestra valores elevados (por encima de 60%) describiendo que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos litorales de la laguna de Condorccochoa son muy similares a lo largo de los cinco meses y en las cuatro zonas muestreadas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre macroinvertebrados litorales en lagunas con la finalidad de determinar las posibles sucesiones de poblaciones como influencia de los factores ambientales y biológicos.
2. Realizar investigaciones que permita caracterizar los macroinvertebrados bentónicos mediante el uso de dragas que permita coleccionar muestras de material del fondo de lagunas.
3. Realizar estudios de ecología funcional a través del cual se pueda determinar el papel que cumplen los componentes de la comunidad macroinvertebrada bentónica y mediante ella la importancia para el funcionamiento de dicho ecosistema.
4. Determinar la influencia que podría estar ejerciendo el género *Notonecta* sobre el resto de componentes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, ya que se sospecha que son controladores de otras poblaciones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mosquera Restrepo D, Palacios Peñaranda ML, Muñoz E, Soto A, Peña S. E.J. Diversidad de los Macroinvertebrados Acuáticos de la Laguna de Sonso, Valle del Cauca, Colombia. Rev Cienc. 11 de noviembre de 2011;12(0):45-56.
2. Rosas Acevedo JL, Ávila Pérez H, Sánchez Infante A, Rosas Acevedo AY, García Ibañez S. Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. Rev Iberoam Cienc. 2014;1(2):82-8.
3. Rico-Sánchez AE, Rodríguez Romero AJ, López López E, Sedeño-Díaz JE. Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). Rev Biol Trop. abril de 2014;62:81-96.
4. Estrada L. A, López L, Mora J. Diagnóstico de la biodiversidad de los macroinvertebrados en cuatro sistemas lénticos de Zamorano. 2013 [citado 23 de noviembre de 2017]; Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1701>
5. Gómez S, Salazar C, Longo M. Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz. Reponame Repos Inst Doc Científica Humboldt [Internet]. junio de 2016 [citado 23 de noviembre de 2017]; Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9379>
6. Nieto C, Malizia A, Carilla J, Izquierdo A, Rodríguez J, Cuello S, et al. Patrones espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina. Rev Biol Trop [Internet]. 2016 [citado 23 de noviembre de 2017];64(2). Disponible en: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=44945722023>
7. Paternina P, Camilo J, Alvarado Q, Enrique G. Caracterización de la comunidad de microinvertebrados y la estimación de la calidad del agua en las lagunas de Chingaza, del medio y el Arnical en el Parque Nacional Natural Chingaza. InstnameUniversidad St Tomás [Internet]. 17 de febrero de 2016 [citado 23 de noviembre de 2017]; Disponible en: <http://repository.usta.edu.co/handle/11634/626>
8. Granados-Ramírez JG, Barragán-Zaragoza P, Trejo-Albarrán R, Martínez-Alaníz M. Macroinvertebrados bentónicos de dos lagos de alta montaña en el estado de Morelos, México. INTROPICA [Internet]. 7 de abril de 2017 [citado 23 de noviembre de 2017]; Disponible en: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2206>
9. Gómez F. N. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica del agua en un bofedal, distrito de Quinua. Ayacucho 2015. [Tesis de grado]. [Ayacucho, Perú]: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2015.
10. Palomino L. Calidad ambiental de las aguas del río Apacheta y sus principales tributarios. Ayacucho Julio - Noviembre 2013 [Tesis de grado]. [Ayacucho, Perú]: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2015.
11. Paúl Martín Ordoñez Porras O de ABCU, Jean Pierre Retamozo Córdova O de PWU. Biblioteca Central Pedro Zulen - UNMSM.
12. Calderon Rueda JC. Evaluacion de la comunidad de macroinvertebrados bentonicos y la calidad fisicoquimica del agua en la parte alta de la quebrada el carraca del municipio de los santos departamento santander. 2004;78.

13. Marcos S. Métodos de colecta , identificación y análisis de comunidades biológicas : plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. 2014. 37 p.
14. Sánchez-Hernández J. Características biológicas y ecológicas de los macroinvertebrados en un sector del hiporitrón en el río Tormes (España Central). Zool Baetica. 2011;22:51-67.
15. González M a., Cobo F. Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia. 2006. p. 176.
16. Prat N, Ríos B, Acosta R, Rieradevall M. Los Macroinvertebrados Como Indicadores De Calidad De Las Aguas. Macroinvertebrados Bentónicos Sudam. 2006;645.
17. Domínguez E. Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos . Sistemática y Biología sudamericanos Sistemática y biología. 2015.
18. Ramírez A. Odonata. Rev Biol Trop. 2010;58(4):97-136.
19. Táchira UL a. Departamento de Ciencias. 2002;1-11.
20. Velásquez SM, Miserendino ML. Análisis de la materia orgánica alóctona y organización funcional de macroinvertebrados en relación con el tipo de hábitat en ríos de montaña de Patagonia. Ecol Austral. 2003;13(1):67-82.
21. Muñoz E, Mendoza G, Valdovinos C. Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lenticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos. Gayana Concepc. 2001;65(2):173-80.
22. Yamileth A, Lara E, Panamericana E. macroinvertebrados en cuatro sistemas lenticos de Zamorano Diagnóstico de la biodiversidad de los macroinvertebrados en cuatro sistemas lenticos de Zamorano. 2013;
23. Piera F. Apuntes sobre Biodiversidad y Conservación de Insectos - Fermin Martin Piera Página 1 de 31. 1997. p. 1-31.
24. Introducción al estudio de comunidades : La diversidad biológica Conceptos Biodiversidad y diversidad Medidas e índices de diversidad Diversidades alfa , beta y gamma Curva de especies-área Teoría biogeográfica de islas Conceptos Conceptos Biodi. :1-8.
25. Margalef R. Limnología. 1º ed. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A; 1983. 1010 p.
26. Bouza C, Covarrubias d. estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. Rev Investig Oper. 2005;26(2):187-97.
27. Moreno C. Métodos para medir la biodiversidad. MT - Man Tesis SEA. 2001;1:84.
28. Pla L. Biodiversidad : Interciencia. 2006;31(8):583-90.
29. Fernández H, Domínguez E. Guía para determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. 3a Edc. Vol. 16. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán; 2001. 219 p.
30. Magurran A. Measuring Biological Diversity. John Wiley & Sons; 2013. 287 p.
31. Wetzel R. Limnología. Barcelona – España: Ediciones Omega, S.A; 1981.
32. Roldán G, Ramírez J. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia; 2008. 464 p.
33. Elozeigi A, Sabater S. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Primera Edición. Edición en español,. Fundación BBVA. 1º. 2009;
34. Smith T, Smith RL, Román ES. Ecología. Addison-Wesley; 2007. 655 p.
35. Molles M. Ecología: conceptos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 2006. 704 p.
36. Marshall A, Williams W. Zoología. Invertebrados. Reverte; 1985. 1012 p.
37. Balian E, Lévêque C, Segers H, Martens K. Freshwater Animal Diversity Assessment. Springer Science & Business Media; 2008. 622 p.

38. Triplehorn CA, Johnson NF, Borror DJ. Borror and DeLong's introduction to the study of insects. Belmont, CA: Thompson Brooks/Cole; 2005.
39. Ramírez A, Gutiérrez-Fonseca PE. Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras. *Rev Biol Trop.* 2014;62:9–20.
40. Begon M, Harper JL, Townsend CR. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades.* Omega; 1999. 886 p.
41. Buffaloe N. *Fundamento de Biología.* Madrid, España: Aguilar; 1974. 414 p.
42. Gillot C. *Entomology. Second.* Plenum Press; 1995. 816 p.
43. Moreno C. *Métodos para medir la biodiversidad.* Sociedad Entomológica Aragonesa; 2001. 83 p.
44. D'Ancona M. *Análisis multivariable: teoría y práctica en la investigación social.* Síntesis; 2002. 638 p.

ANEXOS

Anexo 1.

Ubicación geográfica de las zonas de muestreo en la laguna de Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo, Ayacucho 2017.

Zona de muestreo	Ubicación (UTM)	
	Este (m)	Sur (m)
I	587913	8512328
II	587986	8512429
III	587856	8512537
IV	587745	8512409

Anexo 2.

Ubicación de las zonas de muestreo en el litoral de la laguna de Condorccocho, Los Morochucos, Cangallo, Ayacucho 2017.



Anexo 3.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de los datos colectados.

Géneros	Parámetros normales ^{a,b}		Máximas diferencias extremas			Estadístico de prueba	Sig. asintótica (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Absoluta	Positivo	Negativo		
Lancetes	4,40	6,08	0,24	0,24	-0,23	0,24	0,004 ^c
Tropisternus	2,35	4,33	0,32	0,32	-0,29	0,32	0,000 ^c
Ectemnostega	19,20	83,99	0,53	0,53	-0,41	0,53	0,000 ^c
Notonecta	11,60	11,73	0,29	0,29	-0,16	0,29	0,000 ^c
Cricotopus	25,05	105,29	0,48	0,48	-0,41	0,48	0,000 ^c
Pseudochironomus	8,45	12,60	0,32	0,32	-0,25	0,32	0,000 ^c
Hyalella	51,20	57,29	0,30	0,30	-0,19	0,30	0,000 ^c
Pisidium	0,15	0,49	0,52	0,52	-0,38	0,52	0,000 ^c
Lymnaea	8,60	13,65	0,26	0,25	-0,26	0,26	0,001 ^c
Erythemis	3,30	8,54	0,36	0,36	-0,35	0,36	0,000 ^c
Aeshna	7,65	10,03	0,22	0,15	-0,22	0,22	0,010 ^c
Telebasis	2,45	5,23	0,33	0,33	-0,32	0,33	0,000 ^c
Acanthagrion	0,15	0,67	0,54	0,54	-0,41	0,54	0,000 ^c
Biomphalaria	0,05	0,22	0,54	0,54	-0,41	0,54	0,000 ^c
Índice Simpson	0,36	0,16	0,18	0,18	-0,13	0,18	0,097 ^c
índice Shannon_H	1,32	0,40	0,11	0,11	-0,11	0,11	0,200 ^{c,d}

Anexo 4.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias de los géneros de macroinvertebrados acuáticos litorales hallados en los cinco meses de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Lancetes	8,363	4	0,079
Tropisternus	11,068	4	0,026
Ectemnostega	18,737	4	0,001
Notonecta	8,091	4	0,088
Cricotopus	4,100	4	0,393
Pseudochironomus	9,718	4	0,045
Hyaella	13,142	4	0,011
Pisidium	8,421	4	0,077
Lymnaea	2,887	4	0,577
Erythemis	2,256	4	0,689
Aeshna	0,971	4	0,914
Telebasis	3,334	4	0,503
Acanthagrion	4,000	4	0,406
Biomphalaria	4,000	4	0,406

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

Anexo 5.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar las abundancias de los géneros de macroinvertebrados acuáticos litorales hallados en cuatro zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

Estadísticos de prueba^{a,b}

	Chi-cuadrado	gl	Sig. asintótica
Lancetes	5,162	3	0,160
Tropisternus	2,655	3	0,448
Ectemnostega	0,053	3	0,997
Notonecta	5,337	3	0,149
Cricotopus	2,613	3	0,455
Pseudochironomus	1,704	3	0,636
Hyaella	2,713	3	0,438
Pisidium	2,116	3	0,549
Lymnaea	0,322	3	0,956
Erythemis	3,560	3	0,313
Aeshna	7,562	3	0,056
Telebasis	5,889	3	0,117
Acanthagrion	3,000	3	0,392
Biomphalaria	3,000	3	0,392

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

Anexo 6.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Weaner según cinco meses de muestreo de la laguna Condorcococha, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Índice Simpson	Índice Shannon_H
Chi-cuadrado	1,459	2,019
gl	4	4
Sig. asintótica	,834	0,732

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Mes de muestreo

Anexo 7.

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Weaner según cuatro zonas de muestreo de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.

Estadísticos de prueba^{a,b}		
	Índice Simpson	índice Shannon_H
Chi-cuadrado	2,861	1,187
gl	3	3
Sig. asintótica	0,413	0,756

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Zona de muestreo

Anexo 8.

Panel fotográfico del proceso de muestreo en la laguna Condorccochoa, distrito Los Morochucos, provincia de Cangallo, Ayacucho 2017.



Proceso de armado de la red tipo D Net modificado antes de su uso



Proceso de colección de muestras de macroinvertebrados de la zona litoral de la laguna



Limpieza de la muestra colectada



Disposición de la muestra en bolsas de polietileno antes de su traslado al laboratorio



Vista panorámica de la laguna de Condorccocho

Anexo 9.

Fotografías de individuos de las Familias Dytiscidae, Hydrophilidae, Corixidae y Notonectidae identificados en la zona litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.



Familia : Dytiscidae
Genero: Lancetes (larva)



Familia: Dytiscidae
Genero: Lancetes (adulto)



Familia : Hydrophilidae
Genero: Tropisternus (larva)



Familia: Hydrophilidae
Genero: Tropisternus (adulto)



Familia : Corixidae
Genero: Ectemnostega



Familia: Notonectidae
Genero: Notonecta

Anexo 10.

Fotografías de individuos de las Familias Chironomidae, Libellulidae, Aeshnidae y Coenagrionidae identificados en la zona litoral de la laguna Condorccocho, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.



Familia : Chironomidae
Genero: Cricotopus



Familia: Chironomidae
Genero: Pseudochironomus



Familia : Libellulidae
Genero: Erythemis



Familia: Aeshnidae
Genero: Aeshna



Familia : Coenagrionidae
Genero: Telebasis



Familia: Coenagrionidae
Genero: Acanthagrion

Anexo 11.

Fotografías de individuos de las Familias Hyalellidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae y Planorbidae identificados en la zona litoral de la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017.



Familia : Hyalellidae
Genero: Hyalella



Familia: Sphaeriidae
Genero: Pisidium



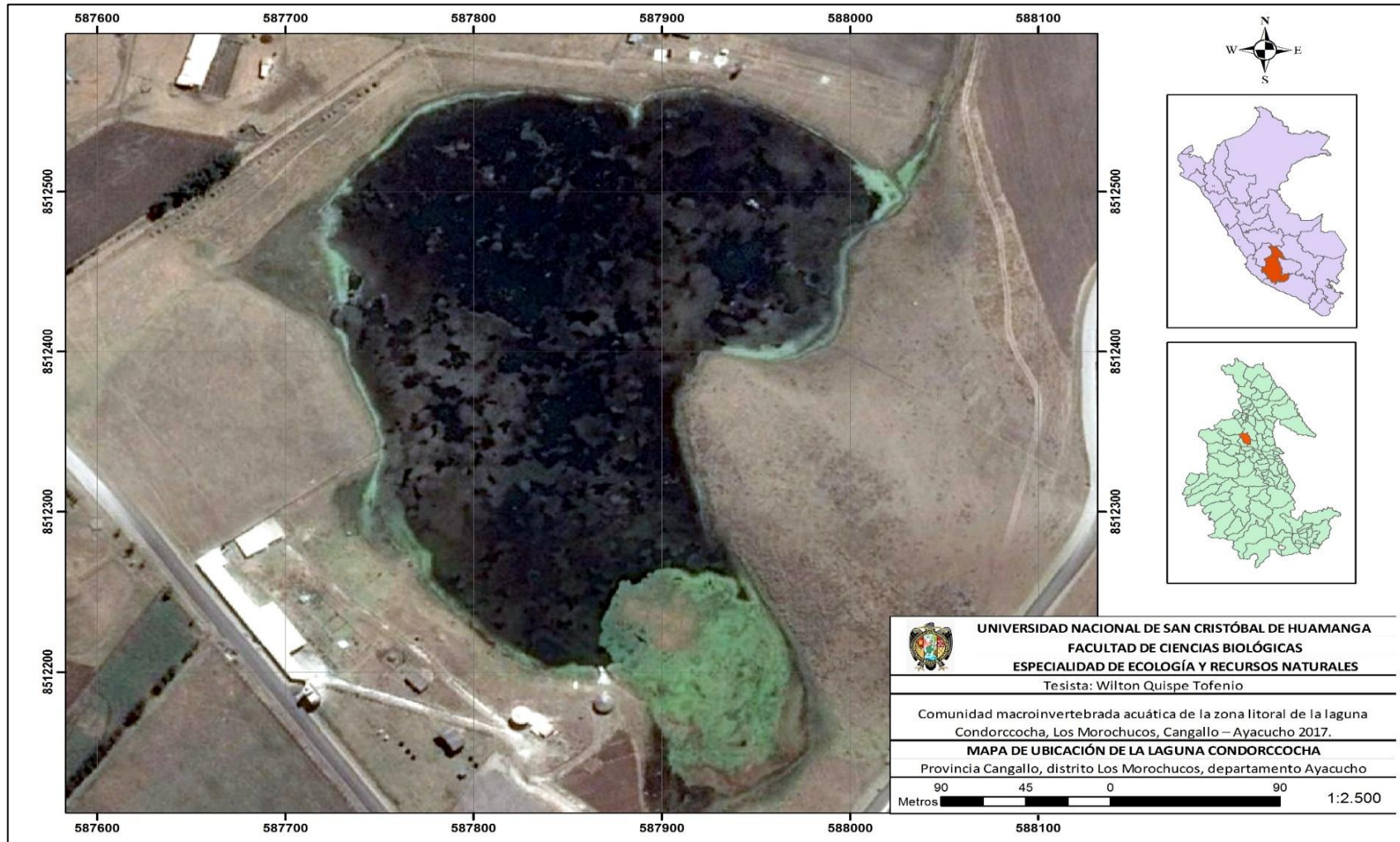
Familia : Lymnaeidae
Genero: Lymnaea



Familia: Planorbidae
Genero: Biomphalaria

Anexo 12.

Mapa de ubicación de la laguna de Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo, Ayacucho 2017.



Anexo 13.

Matriz de consistencia

TÍTULO: Comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral en la laguna Condorccochoa, Los Morochucos, Cangallo 2017						
AUTOR: QUISPE TOFENIO, Wilton Candelario			ASESOR: CARRASCO BADAJOZ, Carlos Emilio			
PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Cuáles son las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona del litoral de la laguna Condorccochoa, ubicada en el distrito de Los Morochucos en la provincia de Cangallo, durante los meses de marzo a julio del año 2017?</p>	<p>GENERAL</p> <p>Evaluar las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccochoa, durante los meses de marzo a julio del año 2017</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>a. Determinar la composición hasta género y/o especie de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática de la laguna Condorccochoa.</p> <p>b. Determinar la abundancia de los componentes de la comunidad macroinvertebrada acuática como número de organismos/m².</p> <p>c. Determinar la diversidad alfa de la comunidad macroinvertebrada acuática mediante los índices de Shannon-Weaner y Simpson.</p> <p>d. Determinar la diversidad alfa de la comunidad macroinvertebrada acuática mediante índice de Jaccard.</p>	<p>Ecosistemas acuáticos (lagos y lagunas)</p> <p>Hábitats lénticos</p> <p>Macroinvertebrados acuáticos</p> <p>Grupos representativos</p> <p>Características fisicoquímica del agua</p>	<p>Las características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccochoa, distrito Los Morochucos, provincia de Cangallo son diferentes, presentando dicha característica durante los meses de marzo a julio del año 2017</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Características de la comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición (género/especie) • Abundancia (n° de organismos/m²) • Diversidad alfa (índice de Shannon-Weiner, Simpson) • Diversidad beta (índices de Jaccard y Sorensen) <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Características físico-química del agua</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH • Dureza total(mg/l) • Dureza cálcica(mg/l) • Dureza magnésica(mg/l) • Cloruros (mg/l) • Dióxido de carbono(mg/l) • Alcalinidad total(mg/l) 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Básica</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Descriptiva-correlacional</p> <p>MÉTODO:</p> <p>Descriptivo</p> <p>DISEÑO:</p> <p>Descriptivo</p> <p>MUESTREO</p> <p>Muestra</p> <p>TÉCNICAS</p> <p>Observación</p> <p>INSTRUMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microscopio • Equipos y otros • Guía taxonómica y pictóricas. 	