

**Artículo Científico****Análisis comparativo del estado ecológico de la vegetación acuática en dos humedales altoandinos del volcán Antisana****Comparative analysis of the ecological state of the aquatic vegetation on two high Andean wetlands in Antisana volcano.**Maria Gracia Portilla<sup>1</sup> y Esteban Terneus<sup>1</sup><sup>1</sup>Universidad Internacional del Ecuador. Escuela de Gestión Ambiental.

\*maria-graciap@hotmail.com

<https://doi.org/10.26807/remcb.v41i1.839>

Recibido 29-11-2019 – Aceptado 18-05-2020

**RESUMEN.-** Los humedales altoandinos son reconocidos a nivel mundial como los ambientes más frágiles por sus características, amenazas y alto significado social y económico, debido a los servicios ecosistémicos que brindan. Estos humedales encierran una riqueza biológica poco explorada, de la que algunos grupos como plantas acuáticas y algas pueden ser utilizados como bioindicadores de calidad ambiental. En el presente estudio se analizó la composición de plantas acuáticas y algas filamentosas en dos humedales al pie del volcán Antisana (Pugllohuma y Patugllana), en el Área de Conservación Hídrica Antisana ACHA. Con el propósito de conocer su estado y salud ecológica, se analizaron factores fisicoquímicos de agua, nutrientes, hierro y sulfatos. Se realizó el muestreo en época lluviosa y seca entre 2018-2019. En total se registraron 17 especies de plantas acuáticas y 8 géneros de algas filamentosas en los dos humedales. La riqueza y diversidad de plantas acuáticas fue mayor en Patugllana, evento relacionado con la concentración de nutrientes, sulfatos y alta conductividad del humedal, las especies más abundantes fueron *Callitriche* sp., *Lemna gibba*, y *Lilaea scilloides*. En Pugllohuma con concentraciones algo mayores, las especies más abundantes fueron *Gunnera magellanica*, *Callitriche* sp. *Ranunculus flageliformis*; la cobertura de algas filamentosas fue más alta, con niveles máximos de 100% de cobertura, mayor a la de otras plantas acuáticas y el género más abundante fue *Oedogonium*. Los humedales en época seca perdieron casi toda el agua, cambiando drásticamente su estructura y composición habitual.

**PALABRAS CLAVES:** Algas filamentosas, hierro, nutrientes, plantas acuáticas, sulfatos.

**ABSTRACT.-** The high Andean wetlands are worldwide as very fragile ecosystems because of their characteristics, threats and high social and economic value due to the benefits they provide. These wetlands contain a poor explored biological richness where groups like algae and aquatic plants could be used as bio indicators of environmental quality. In this study, the composition of aquatic plants and filamentous algae was analyzed in two wetlands in Antisana volcano, Patugllana and Pugllohuma in the “Área de Conservación Hídrica Antisana” (ACHA), in order to know about their condition and ecological health, physiochemical factors of the water, nutrients, iron and sulfates were analyzed during the wet and dry seasons. 17 species of aquatic plants and 8 genders of filamentous algae where found in the two wetlands. The highest species richness was found in Patugllana wich was related to higher concentration of nutrients, sulfates and high conductivity in this wetland. The most abundant species found in this wetland were *Callitriche* sp., *Lemna gibba*, and *Lilaea scilloides*. In Pugllohuma the iron concentration was higher, the aquatic vegetation cover was lower. *Gunnera magellanica*, *Callitriche* sp. *Ranunculus flageliformis* where the most abundant species. Filamentous algae coverage were higher than that recorded in other aquatics plants, *Oedogonium* were the most abundant genus. During the Dry season, both Wetlands lost most of their water, changing dramatically their original structure and composition.

**KEY WORDS:** Aquatic plants, filamentous algae, iron, nutrients, sulfates.

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son intervenidos y maltratados por el ser humano a lo largo del tiempo, lo que genera degradación y pérdida del ecosistema como tal (Ahumada et al. 2011). Son ecosistemas acuáticos transitorios o permanentes de suma importancia para la investigación científica, favorecen el desarrollo de flora, fauna nativa y de especies migratorias. Además, son reservorios de agua y considerados como amortiguadores que reducen la probabilidad de un evento de inundación (Jara et al. 2017). Los humedales altoandinos son reconocidos a nivel mundial como ambientes frágiles por sus características, amenazas y alto significado social y económico, debido a los servicios ecosistémicos que brindan, paso para especies migratorias, reservorios naturales, hábitat para muchas especies endémicas, entre otros (WWF 2005).

En el Ecuador existen varios tipos de humedales los cuales fueron categorizados por la Convención RAMSAR (2006) en tres grandes grupos; Humedales marino costeros, humedales continentales y humedales artificiales. Poseen un rol ecológico vital en base a preservación de la calidad ambiental, ya que ayudan a regular el clima, son reservorios de agua y en caso de algún desastre funcionan como amortiguadores (MAE 2015). Algunos humedales han desaparecido debido al mal manejo, sobreexplotación y falta de conocimiento de su importancia ecológica.

Se tiene poca información histórica sobre humedales en el Ecuador. Esto genera un vacío de información al momento de emprender actividades de recuperación y conservación. Resulta necesario profundizar e incrementar los estudios de estos ecosistemas, sobre todo por su alto valor ecológico (Viveros 2016). Algunos estudios realizados por EcoCiencia (Fundación de Estudios Ecológicos) en Ecuador, han revalorizado estos ecosistemas para conservarlos y han capacitado a las comunidades que viven de los humedales y cerca de ellos para conseguirlo (Flachier 2005).

Los humedales encierran una riqueza biológica poco explorada, en la que algunos grupos como plantas acuáticas y algas son utilizados como bioindicadores de calidad ambiental (Soria 2016). Entendiéndose como bioindicadores a los distintos componentes bióticos los cuales deben presentar características de sensibilidad, ante diferentes condiciones de alteración del ambiente donde viven (Zurlini y Girardin 2008). Para ello las poblaciones de especies que se utilizan como bioindicadores

deben ser abundantes, y tener un rango estrecho en su límite de tolerancia, esto las vuelve más útiles como indicador ecológico (Tenjo y Cárdenas 2015). Las plantas acuáticas son productores primarios en los ecosistemas lacustres, y forman parte de la dinámica trófica. Su presencia genera mayor disponibilidad de microhábitats, además contribuyen en los ciclos de nutrientes, ya que intervienen en el proceso de transformación y liberación de materia orgánica, promoviendo la actividad microbiana (Ramos et al. 2013). Las plantas acuáticas, además de su importancia como organismos y recurso hidrobiológico, señalan el estado de conservación de los humedales (UICN 2016). Sin embargo, la abundancia excesiva de macrófitas puede provocar ausencia de oxígeno dentro de un ecosistema acuático, conjuntamente con el proceso de descomposición de materia orgánica dentro del sistema. Al generar ambientes de sombra, las plantas sumergidas y algunas algas no liberan oxígeno al medio, lo cual impide su crecimiento y por ende origina un desequilibrio en la funcionalidad ecológica del ecosistema (Jaramillo y Flores 2012).

Otro grupo importante lo constituyen las algas filamentosas, conocidas como algas verdes, también productoras primarias, se desarrollan bajo una variada gama de condiciones ambientales; por lo tanto, algunas especies han sido utilizadas como indicadores de contaminación. Este grupo es uno de los más diversos en agua dulce (Aquino 2011).

Tanto las plantas acuáticas y algas necesitan de elementos principales para su crecimiento, desarrollo y reproducción, la presencia de nutrientes es de suma importancia para estos organismos y necesitan de ellos para realizar diferentes procesos bioquímicos, principalmente la formación de aminoácidos (Ballesteros 2011, Terneus et al. 2020). Las variables físicas-químicas del agua pueden estar reflejando las intervenciones antropogénicas, estos factores o variables ambientales influyen de igual manera en la presencia y abundancia de la vegetación acuática, como el pH, temperatura, oxígeno, conductividad, entre otras (Terneus 2002). La estacionalidad es otro factor importante que modifica estos ecosistemas acuáticos. La dinámica de la vegetación acuática se entiende de mejor manera si se consideran las características ecológicas en fase húmeda y seca (Rial 2004, Rial et al. 2016).

Los humedales altoandinos del Antisana han sido intervenidos y drenados con el fin de promover

actividades ganaderas. Los desechos orgánicos generados por estos animales alteran la composición química del agua, aportando una alta cantidad de nutrientes, que al momento de acumularse provocan eutrofización (Molina et al. 2018), como un proceso de acumulación o enriquecimiento de nutrientes en el agua, que provoca un crecimiento exponencial de productores primarios (Bojorge y Cantoral 2016), estos procesos alteran la salud ecológica del ecosistema en su conjunto.

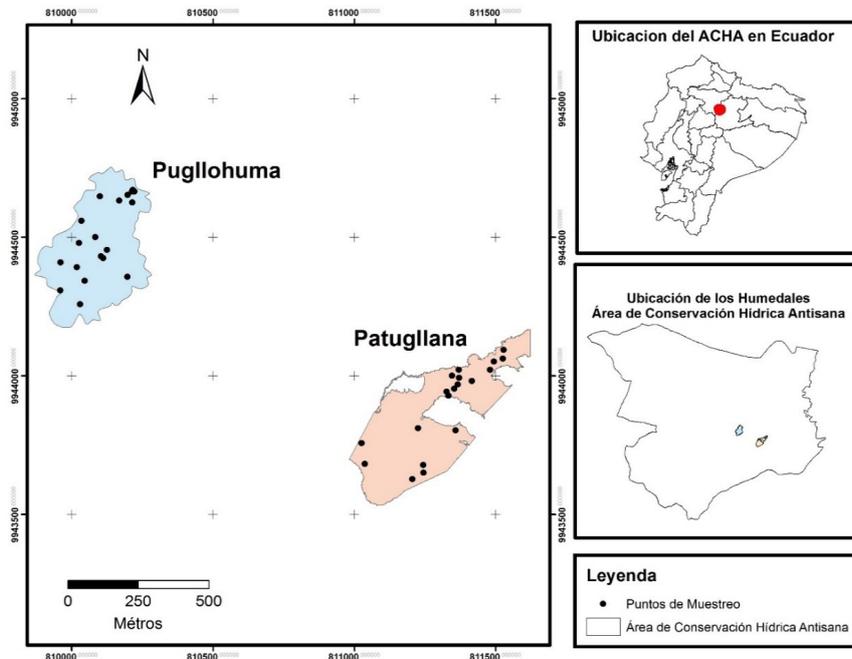
La preservación y conservación de los humedales es de principal preocupación ya que a nivel mundial estos ecosistemas aportan agua, recurso vital indispensable, el cual debe ser conservado y suministrado de manera segura y bajo una gestión responsable (MAE 2015a). El objetivo del presente estudio fue establecer la calidad ecológica de dos humedales del Área de Conservación Hídrica Antisana mediante el análisis de la estructura y composición florística de las plantas acuáticas y algas filamentosas y generar insumos técnicos que faciliten la toma de decisiones de manejo para su conservación. Para conseguirlo es importante generar información sobre los patrones de distribución espacial de plantas acuáticas y algas filamentosas en función de las preferencias de nutrientes y características físico químicas del agua.

## MATERIALES Y METODOS

### Área de Estudio

Los humedales de estudio se encuentran ubicados dentro del Área de Conservación Hídrica Antisana ACHA (Figura 1), la cual es manejada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), junto al Fondo para la protección del Agua FONAG. ACHA está localizada en la parroquia de Archidona, provincia de Napo (FONAG 2017), se ubica sobre los 4 000 msnm. Dentro del área se tiene ecosistemas de páramo y bosques andinos que albergan una gran biodiversidad. Debido al deshielo del volcán Antisana, en el sector nacen ríos importantes, los que enriquecen el entorno paisajístico y ecológico de la zona (MAE 2015b).

Los humedales estudiados fueron Pugllohuma y Patugllana, estos han sido alterados a lo largo del tiempo, debido a la presencia de ganado, desde la época colonial, y en la actualidad se los ha reubicado (FONAG 2017). Los dos humedales se encuentran un poco más arriba de los 4100 msnm y presentan características geográficas parecidas. Es importante mencionar que el humedal Pugllohuma se encuentra en un nivel de alteración mayor, debido a la creación de canales artificiales de evacuación de agua.



**Figura 1.** Ubicación de los puntos de muestreo en los humedales Pugllohuma y Patugllana en el Área de Conservación Hídrica Antisana (ACHA).

Se realizaron dos muestreos con el fin de contar con información entre la época lluviosa (diciembre 2018) y la seca (febrero 2019). El humedal Pugllohuma actualmente se encuentra restaurado mediante la implementación de diques, los cuales impiden la pérdida de agua del humedal, debido a la presencia de drenes o canales que fueron creados años atrás, con el fin de evacuar el agua del humedal y mantener el ganado en la zona. Este trabajo es una restauración física realizada por el FONAG.

### **Selección de los Puntos de Muestreo**

Los puntos de muestreo dentro de los humedales fueron seleccionados mediante un proceso aleatorio utilizando el programa ArcGis 10. 2, el muestreo al azar o aleatorio, es uno de los más aplicados en estudios ecológicos (Bolfor 2000). En cada humedal se establecieron 19 puntos de muestreo, cada uno equivale a un cuadrante de vegetación el cual estuvo delimitado por un marco plástico (1m x 1m) provisto por una lámina transparente. Este número se obtuvo mediante la aplicación de la fórmula del Número del tamaño de muestra ( $N = (Sx)^2 / 0,010 (x)^2$ ), el resultado de N se refiere al número de réplicas o cuadrantes requeridos para tener un dato estadísticamente representativo (Yánez 2005), esto se aplicó con el fin de reducir el error estadístico. Para la formula ( $N = (Sx)^2 / 0,010 (x)^2$ ) se utilizaron datos de riqueza de plantas acuáticas, los cuales fueron tomados en una salida previa de reconocimiento de los humedales. Se sacaron promedios de los datos de riqueza de especies y su varianza asociada para aplicar la fórmula en conjunto de puntos (10) tomados como un premuestreo.

### **Levantamiento de información en campo**

Se utilizó un cuadrante provisto de una lámina plástica transparente de 1 m<sup>2</sup> para medir y determinar el porcentaje de cobertura (Terneus 2002) tanto de plantas acuáticas como de algas filamentosas, en cada punto de muestreo se anotaron los datos de cobertura vegetal de cada especie, en relación al porcentaje del área total del cuadrante de muestreo que equivale al 100%.

Se tomaron muestras de plantas acuáticas y algas filamentosas para su identificación taxonómica en laboratorio, las plantas acuáticas fueron colectadas en fundas plásticas y las algas filamentosas fueron preservadas en frascos ámbar con lugol (0,5 ml x 100 ml) para evitar que estas se desintegren y facilitar su identificación (Samanez et al. 2014). Posteriormente fueron etiquetadas con su respectiva ubicación, nombre y número de muestra,

para luego transportarlas en un cooler con el fin de mantenerlas en ambientes frescos (con temperatura menor a 10° C) y oscuros (Aquino 2011). Para la identificación de plantas acuáticas se utilizaron claves taxonómicas y las muestras fueron prensadas y secadas en el Herbario de la Universidad Católica del Ecuador. Las algas fueron observadas e identificadas en el Laboratorio de Biología de la Universidad Internacional del Ecuador.

### **Análisis de laboratorio**

#### **Físico – química de agua**

Los parámetros físico-químicos (conductividad, pH, oxígeno, temperatura, sólidos totales) fueron tomados in situ con un multiparámetros HANNA 9829, los nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos), hierro y sulfatos se midieron con un espectrofotómetro 9300 YSI Eco Sense; esto se realizó en cada punto de muestreo donde se registró de manera simultánea la cobertura vegetal, con el fin de establecer patrones de relación con las variables abióticas y preferencias de hábitat (Terneus 2002). En las lagunillas donde no hubo cobertura vegetal, se tomó únicamente muestras de agua para los análisis fisicoquímicos.

#### **Análisis de Datos (Análisis Canónico de Correspondencia CCA)**

Con el fin de determinar el estado ecológico de los dos humedales, se realizó un análisis canónico de correspondencia (CCA) en el que interactúan los factores bióticos y abióticos de los humedales. Todas las variables tomadas fueron tabuladas en Excel y analizadas con el programa Paleontological Statistics PAST 3.0. Este análisis es utilizado para determinar la magnitud de relación existente entre distintas variables tanto bióticas como abióticas y observar si son dependientes o independientes unas de otras, y establecer las preferencias de estas interacciones entre los sitios de muestreo (Gómez et al. 2017).

## **RESULTADOS**

### **Vegetación Acuática**

En las dos épocas de muestreo (lluviosa y seca) se identificaron 17 especies vegetales en los dos humedales estudiados. La mayor abundancia de plantas acuáticas vasculares se registró en el humedal Patugllana, con un total de 16 especies, mientras que en Pugllohuma se registraron 10 especies, de estas especies nueve están compartidas entre los dos humedales (Tabla 1).

En época lluviosa la presencia de plantas acuáticas fue mayor en los dos humedales, en Patugllana

se registraron 13 especies y en Pugllohuma 10 especies. Por el contrario, en época seca en Patugllana se observaron 12 especies, mientras que en Pugllohuma solo 6.

En Pugllohuma, las especies con mayor porcentaje de cobertura fueron: *Gunnera magellanica* con un rango de variación entre 60-65% y *Callitriche* sp. con 30-80 % en época lluviosa; mientras que la más abundante en época seca fue *Callitriche* sp. con un

25-60% (Tabla 1). El porcentaje de cobertura de algas filamentosas varió entre 5 a 100%. El género *Sphagnum* sp1. estuvo presente únicamente en este humedal y en época lluviosa.

Los porcentajes de cobertura vegetal acuática son mayores en Patugllana. Los géneros con mayor cobertura fueron; *Lemna* entre el 0-80%, *Callitriche* con 5-75 % y *Lilaea* con 2-50% en época lluviosa. Los porcentajes promedio de cobertura fueron

**Tabla 1.** Rangos de variación (niveles mínimos - máximos) de los porcentajes de cobertura en plantas acuáticas y algas filamentosas en los humedales de estudio en época lluviosa y seca

Nº	Plantas acuáticas	Familia	% Cobertura Pugllohuma		% Cobertura Patugllana	
			lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	<i>Sphagnum</i> sp.	Sphagnaceae	10-25	0	5-60	0
2	<i>Sphagnum</i> sp1.	Sphagnaceae	0-10	0	0	0
3	<i>Sphagnum</i> sp2.	Sphagnaceae	0	0	25-30	0
4	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	Gunneraceae	60-65	10-60	5-5	5-10
5	<i>Callitriche</i> sp.	Callitrichaceae	30-80	25-60	5-75	10-75
6	<i>Juncus stipulatus</i> Nees & Meyen.	Juncaceae	2-55	0	3-25	0
7	<i>Isolepis inundata</i> R. Br.	Cyperaceae	2-10	10-50	0	0-20
8	<i>Caltha sagittata</i> Cav.	Ranunculaceae	0	0	3-50	0-10
9	<i>Ranunculus flagelliformis</i> Sm.	Ranunculaceae	13-35	5-25	3-30	0
10	<i>Lilaea scilloides</i> (Poir.) Hauman.	Juncaginaceae	0-2	5-11	2-50	5-60
11	<i>Montia fontana</i> L.	Portulacaceae	7-15	25-45	0-80	0-5
12	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Apiaceae	0	0	45-689	16-469
13	<i>Cotula mexicana</i> (De) Cabrera.	Asteraceae	0-5	0	0-7	0-8
14	<i>Marchantia</i> sp1.	Marchantiaceae	0	0	0-20	0-30
15	<i>Lachemilla</i> sp1.	Rosaceae	0	0	2-10	0
16	<i>Lemna gibba</i> L.	Lemnaceae	0	0	0-80	0-80
17	<i>Nasturtium</i> sp1.	Brassicaceae	0	0	0	0-25
18	Algas filamentosas (grupo general)		5-100	10-25	1-20	3-15
Nº	Algas filamentosas	Familia	% Cobertura Pugllohuma		% Cobertura Patugllana	
			lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	<i>Spirogyra</i>	Zygnemataceae	3-80	0-15	0-80	0-10
2	<i>Ulothrix</i>	Ulotrichaceae	0	0-40	0	0-5
3	<i>Oedogonium</i>	Oedogoniaceae	55-90	0	5	0
4	<i>Closterium</i>	Closteriaceae	4-10	0	2-10	0-5
5	<i>Meugotia</i>	Zygnemataceae	3-20	0	0	10-40
6	<i>Zygnema</i>	Zygnemataceae	5-33	15-100	3-15	30-90
7	<i>Vaucheria</i>	Vaucheriaceae	0	0-30	0	0-15
8	<i>Microcystis</i>	Microcystaceae	0	0	0-10	0

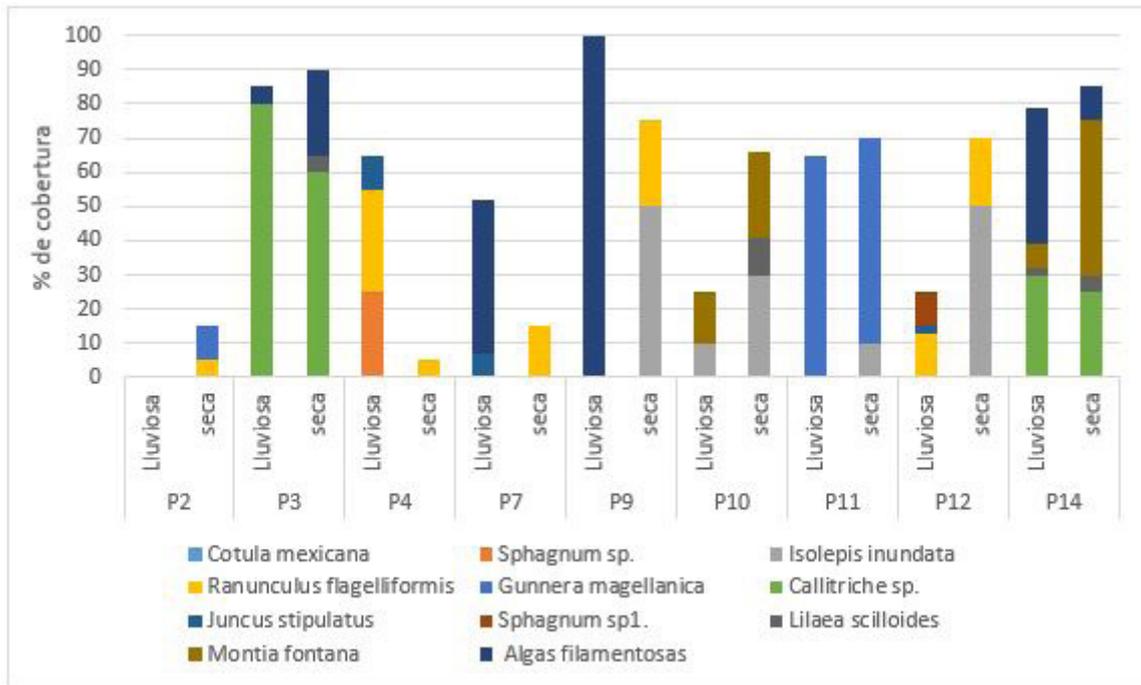


Figura 2. Cambios en la vegetación acuática en Pugllahoma entre época lluviosa y seca, comparación de los porcentajes de cobertura vegetal de plantas acuáticas en el humedal por cada punto de muestreo

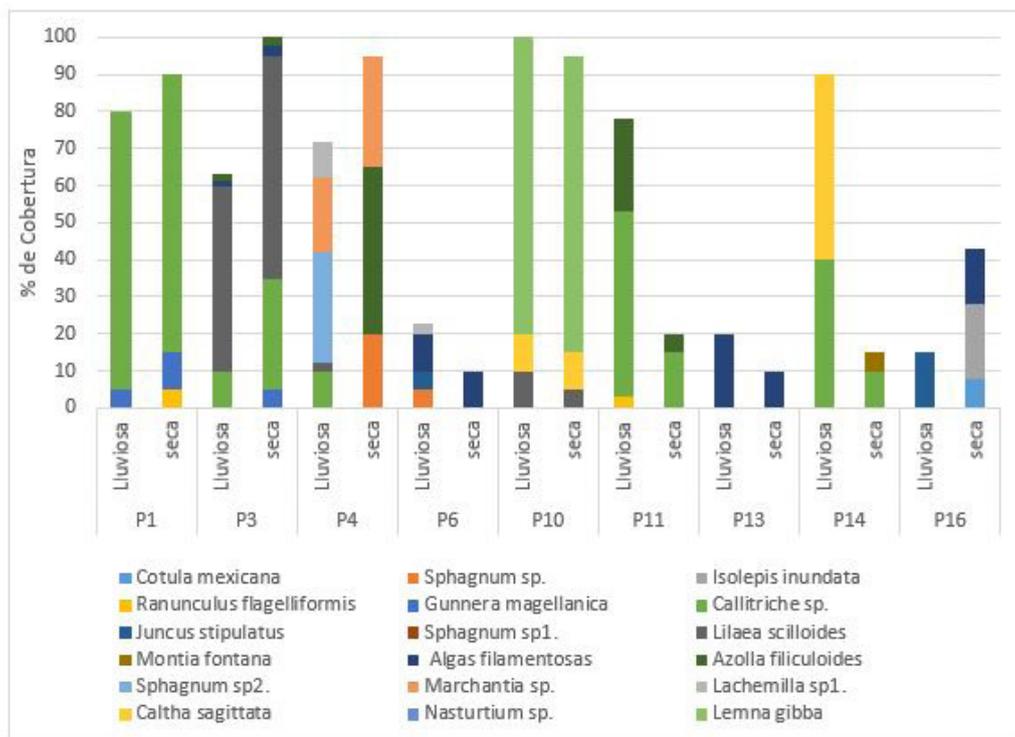


Figura 3. Cambios de la vegetación acuática en Patugllana entre época lluviosa y seca, comparación de los porcentajes de cobertura vegetal de plantas acuáticas en el humedal por cada punto de muestreo.

similares en época seca. *Nasturtium*, fue registrado solo en época seca y *Lachemilla* desapareció en esta época (Tabla 1).

En época seca se observaron cambios en la composición de la vegetación acuática de los humedales (Figura 2). En Pugllohuma la especie más repetitiva dentro de los puntos de muestreo fue *Isolepis inundata* con porcentajes de cobertura de hasta 50%. Otra especie abundante fue *Ranunculus flagelliformis*, la cual se observó en la mayoría de puntos. En época lluviosa los organismos más abundantes fueron las algas filamentosas con porcentajes de hasta el 100% (Figura 2), las cuales desaparecieron en época seca en la mayoría de puntos.

En Patugllana en los puntos: p6, p13 y p14, se observa cambios drásticos en cuanto a la presencia y abundancia de especies en época seca, en estos puntos aparece *Isolepis inundata* y los porcentajes de cobertura bajan de 80% a 40% (Figura 3).

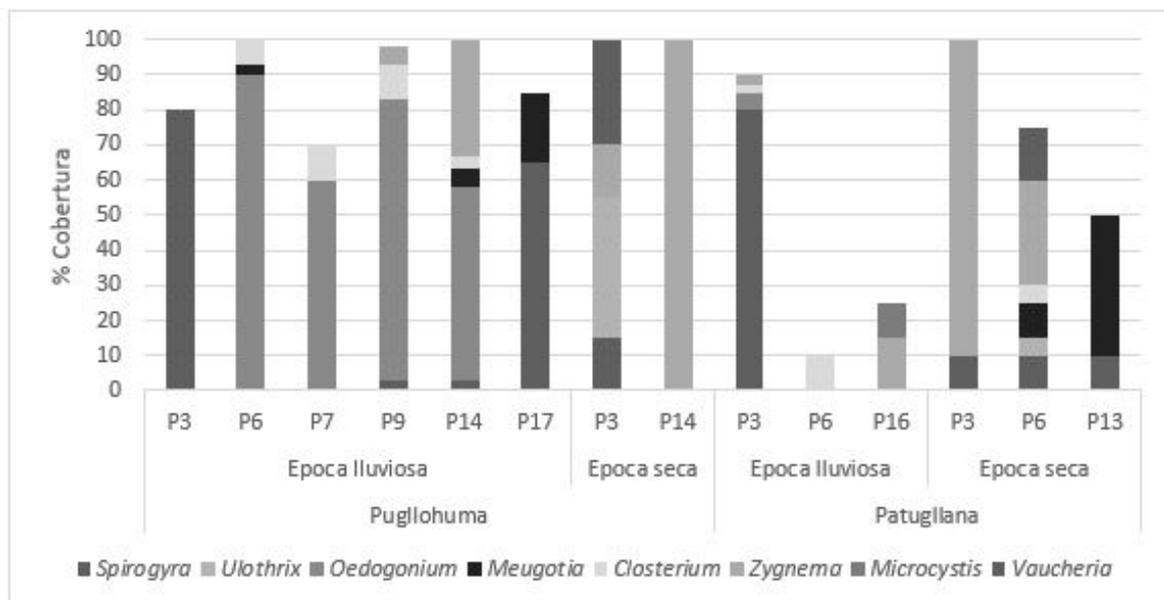
Se observó un total de 8 géneros de algas filamentosas en los dos humedales. En Pugllohuma 6 y en Patugllana 8, de los cuales 6 son compartidos.

El género *Spirogyra* estuvo presente en los dos humedales y en las dos épocas estudiadas (lluviosa y seca). El porcentaje de cobertura de algas fue mayor en Pugllohuma (Tabla 1).

El género *Oedogonium* fue el de mayor cobertura en el humedal Pugllohuma en época lluviosa con un porcentaje de entre 55-90 %, otro género abundante fue *Spirogyra*, (Figura 4). En época seca se ve un cambio drástico en los puntos p3 y p14, en donde desaparecen algunos géneros, pero aparecen otros como *Ulothrix*, *Vaucheria* y *Zygnema*. El género más abundante fue *Zygnema* con un rango de variación entre 5 y 33 % de cobertura (Tabla 1).

En Patugllana el género de mayor cobertura fue *Spirogyra* con hasta el 80 %. (Tabla 1). En época seca se observaron cambios en p3 y p6 en donde aparecen géneros nuevos como *Zygnema*, *Vaucheria* y *Meugotia* (Figura 4).

En época seca se observó un gran cambio ya que debido a la falta de agua estas algas disminuyeron (Figura 4). Los géneros *Ulothrix* y *Vaucheria*, se observaron únicamente en época seca y en baja abundancia (Tabla 1). La mayoría de géneros poseen mayor cobertura en época lluviosa, con



**Figura 4.** Cambios de la presencia de algas filamentosas en los humedales Pugllohuma y Patugllana entre época lluviosa y seca. Comparación de los porcentajes de cobertura de algas filamentosas por puntos de muestreo.

excepción de *Ulothrix*, *Vaucheria* y *Zygnema* las cuales poseen un alto porcentaje y abundancia en época seca.

### Composición físico química del agua

Se observaron algunas diferencias en la composición físico química del agua entre los dos humedales, los componentes más sobresalientes y distintivos fueron los niveles de hierro y sulfatos presentes. En Pugllohuma los niveles de hierro fueron altos con un rango de variación entre 0,06 a 1 < mg/l época lluviosa. Los niveles de sulfatos, con un rango entre 0 a 8 mg/l, 0 a 1,01 mg/l de nitratos y 0,04 a 0,88 mg/l de fosfatos (Tabla 2).

En Patugllana los valores de hierro fueron bajos, con un rango entre 0,04 a 0,87 mg/l en época lluviosa. Se obtuvieron niveles de sulfatos, con rangos entre 0 a 57 mg/l. En base a los nutrientes se observaron mayores concentraciones de fosfatos y nitratos en Patugllana en época lluviosa con rangos de variación entre 0,11 a 0,92 mg/l de nitratos y los nitritos de 0,2 a 10 mg/l.

La conductividad y los sólidos totales fueron mayores en Patugllana en época lluviosa con rangos entre 81 a 228  $\mu$ S de conductividad y 40 a 114 ppm de STD (Tabla 2).

En la Tabla 2 se observa que el pH en los dos humedales fue ligeramente ácido acercándose a neutro, con un rango de variación entre 5 a 7 en Pugllohuma y de 6 a 7, 9 en Patugllana en época lluviosa y seca. Es importante señalar que cada humedal es un conjunto de lagunillas, y cada lagunilla posee su composición fisicoquímica particular.

En época seca en Pugllohuma, los niveles de hierro fueron bajos con valores de 0,04 a 0,06 mg/l. los sulfatos aumentaron, en el punto 3, en época lluviosa se tiene un valor de 0 y en seca subió hasta 8 mg/l. Los fosfatos aumentan de igual manera en el P3 y P14, con valores de 1,05 y 2,3 mg/l. La conductividad y los sólidos totales aumentaron en los dos puntos de muestreo en época seca. Los valores más altos fueron de 171  $\mu$ S de conductividad y 85 ppm en el punto 14. En Patugllana los niveles de hierro fueron mayores que en época lluviosa, con valores superiores a 1 mg/l.

Los niveles de sulfatos aumentaron notablemente en época seca, en donde se tiene valores que triplican los niveles obtenidos en época lluviosa, como en el caso del P1 en donde en época lluviosa se registró 5 mg/l de sulfatos y en época seca 80 mg/l. Los

**Tabla 2.** Rangos de variación (valor mínimo - máximo) de las variables físico químicas analizadas en los humedales, en época lluviosa y seca.

Parámetros	Pugllohuma				Patugllana			
	E. lluviosa		E. seca		E. lluviosa		E. seca	
	min	max	min	max	min	max	min	max
ph	5,42	7,54	6,22	6,28	6	7,9	5,95	6,95
% DO (oxígeno disuelto)	21,3	109,8	40,1	61	48,4	127,5	27,1	72,2
mg/L OD (oxígeno disuelto)	0,11	7,39	2,77	4,22	2,83	7,21	1,54	4,93
US conductividad ( $\mu$ S)	1,42	283	165	171	81	228	2,33	710
STD (ppm) Sólidos totales disueltos	31	133	82	85	40	114	12,8	260
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	8,77	14,4	8,93	9,38	8,49	18,18	8,75	15,45
Nitritos (mg/l)	0	0,07	0,002	0,004	0	0,06	0	0,037
Nitratos (mg/l)	0	1,01	0,209	0,345	0,118	0,925	0,142	0,695
Fosfatos (mg/l)	0,04	0,88	1,05	2,3	0,2	10	0	2,5
Sulfatos (mg/l)	0	8	8	14	0	57	0	80
Hierro (mg/l)	0,06	mayor a 1	0,04	0,06	0,04	0,87	0,06	0,6

niveles de nitratos y fosfatos son más bajos en época seca, el valor más alto se observa en el punto 3, con 0,695 mg/l de nitratos y de fosfato el valor máximo fue de 2,5 mg/l.

### Análisis Canónico de Correspondencia CCA

En la figura 5 se puede observar cómo se correlacionan algunas especies de plantas acuáticas y algas filamentosas con algunas variables fisicoquímicas en el humedal Pugllohuma. Se observan algunas especies como *Callitriche* sp. y *Lilaea scilloides* que se relacionan con los fosfatos y sulfatos. *Ranunculus flagelliformis* y *Gunnera magellanica* con hierro y oxígeno. En el humedal Patugllana, se puede observar (Figura 5) que *Lemna gibba* tiene afinidad por crecer en medios ricos en fosfatos, *Lachemila* sp. *Marchantia* sp., *Lilaea scilloides*, *Cotula mexicana*, entre otras se ven relacionadas con la presencia de oxígeno y temperatura (Figura 6). *Callitriche* sp. *Azolla filiculoides* y las algas filamentosas prefieren crecer en medios ricos en sulfatos.

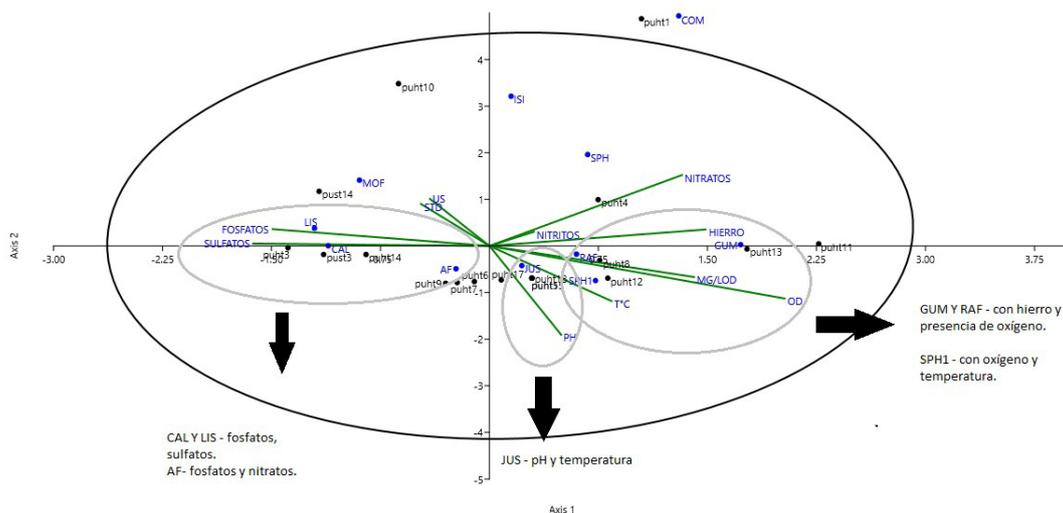
Según la figura 4 se puede observar a *Oedogonium* mostrando afinidad de crecimiento en medios ricos en hierro, *Closterium* es afín con el oxígeno y pH; y *Microcystis* es afín con la temperatura y ambientes

ricos en nitratos. *Spirogyra* y *Meugotia* se ven correlacionadas con valores más altos de nitritos, nitratos y sulfatos. *Zygnema*, *Vaucheria* y *Ulothrix* presentes en zonas con alta conductividad, sólidos totales y fosfatos (Figura 7).

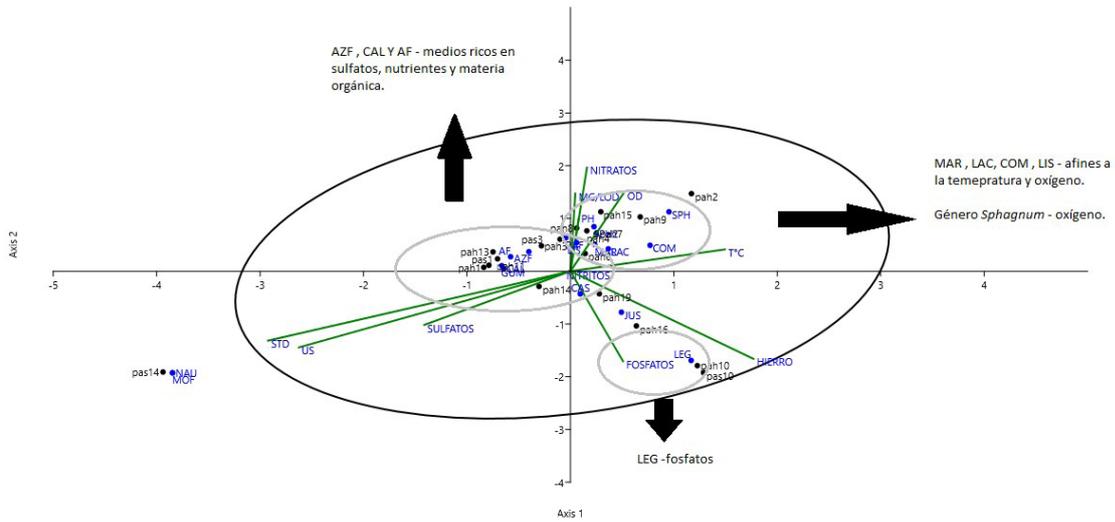
### DISCUSIÓN

Existen algunas diferencias entre los dos humedales analizados, tanto en su composición físico química como en sus comunidades bióticas. La diversidad y abundancia de plantas acuáticas y algas filamentosas fue mayor en época lluviosa. En época seca los humedales perdieron el agua y por ende algunas especies desaparecieron y otras se mantuvieron en latencia hasta el retorno de las lluvias. Por esta razón la variación del nivel del agua influye en mayor medida sobre la riqueza y abundancia de las comunidades vegetales acuáticas (Pérez et al. 2015).

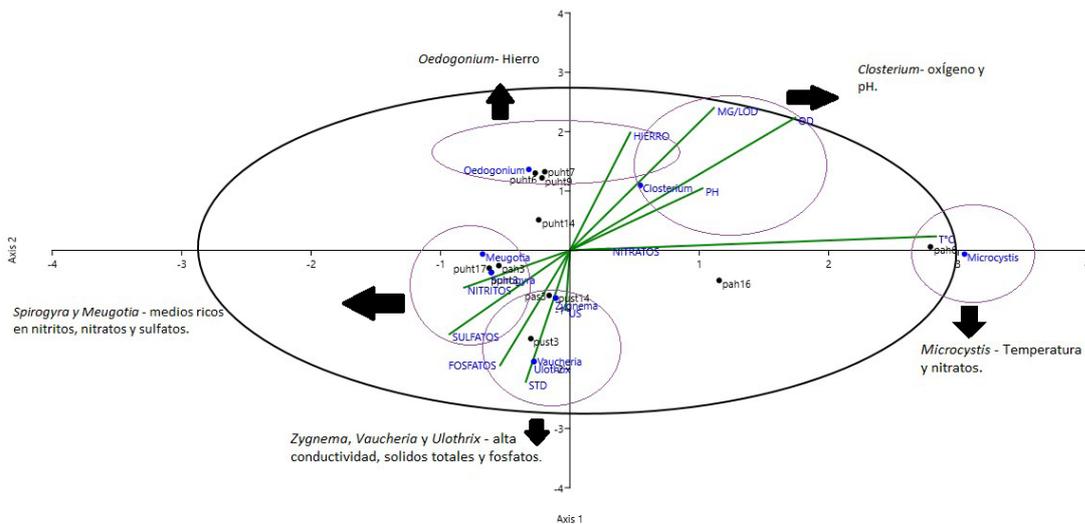
Los cambios en el nivel del agua intervienen en la estabilidad del hábitat y en su composición física química, lo cual repercute en el establecimiento y desarrollo de la vegetación acuática. La composición biótica puede cambiar a lo largo del año debido a la dinámica hidrológica y del clima (Pérez et al. 2015). En época lluviosa las lagunillas



**Figura 5.** Análisis de correspondencia Canónica CCA sobre la correlación entre plantas acuáticas y variables físico químicas del agua, en época lluviosa (puh) y seca (pus), en el humedal Pugllohuma. Variables: Puntos de muestreo, variables bióticas y abióticas. (ISI) *Isolepis inundata*, (LIS) *Lilaea scilloides*, (CAL) *Callitriche* sp., (GUM) *Gunnera magellanica*, (SHP1) *Sphagnum* sp., (JUS) *Juncus stipulatus*, (RAF) *Ranunculus flagelliformis*, (COM) *Cotula Mexicana*, (MOF) *Montia Fontana*, (SHP) *Sphagnum* sp., (AF) algas filamentosas.



**Figura 6.** Análisis de correspondencia Canónica CCA sobre la correlación entre plantas acuáticas y variables físico químicas del agua, en época lluviosa (pah) y seca (pas), en el humedal Patugllana. Variables: Puntos de muestreo , variables bióticas y abióticas. (ISI)Isolepis inundata, (LIS) Lilaea scilloides, (CAL) Callitriche sp. , (GUM) Gunnera magellanica, (JUS) Juncus stipulatus, (RAF) Ranunculus flageliformis, (COM) Cotula Mexicana, (MOF)Montia Fontana , (SHP) Sphagnum sp., (CAS) Caltha sagittata, (AZF) Azolla filiculoides, (LEG) Lemna gibba, (MAR) Marchantia sp., (LAC) Lachemilla sp1., (CAS) Caltha sagittata ( (AF) algas filamentosas.



**Figura 7.** Análisis de Correspondencia Canónica en base a la correlación entre algas filamentosas y variables físico químicas del agua en los humedales. Pugllahoma época lluviosa (puh), Pugllahoma época seca (pus), Patugllana época lluviosa (pah) y Patugllana época seca (pas).

que conforman los humedales, se encuentran llenas de agua y con una alta cobertura vegetal acuática, tanto de plantas acuáticas como algas filamentosas. En época seca el humedal Pugllohuma pierde casi completamente el agua debido a la presencia de canales artificiales que lo drenan. Patugllana no la pierde completamente, pero si se observan cambios en base a la estacionalidad, debido a las altas temperaturas y bajas precipitaciones.

### Comunidades de plantas acuáticas

En humedales temporales o transitorios, algunas especies de plantas acuáticas pueden permanecer sin agua durante largos periodos de tiempo, hasta la próxima inundación. Estos organismos presentan adaptaciones morfológicas y estructurales que les permite mantenerse en ambientes que se encuentran en cambio constante (Pérez et al. 2015).

Por esta razón, las comunidades vegetales anfibias son capaces de adaptarse y sobrevivir a cambios drásticos de sequía e inundación, una de estas especies es *Ranunculus* sp., la cual es capaz de sobrevivir debido a adaptaciones morfológicas vegetativas (Flores et al. 2005). Otra especie abundante en época seca fue *Gunnera magellanica*, una especie anfibia, por ende, sobrevive sin problema a los cambios generados por la estacionalidad (Figuras 2 y 3).

La abundancia de especies indica suelos ricos en materia orgánica (Schmidt y Vargas 2012) especies como *Juncus stipulatus*, e *Isolepis inundata*, usualmente se desarrollan sobre suelos en condiciones de intensa variabilidad (Terneus et al. 2019, Schmidt y Vargas 2012), por efectos de la estacionalidad, lo que los hace suelos muy ricos en nutrientes. Se confirma entonces que la disponibilidad de nutrientes en el sustrato y en el agua influyen en la distribución y riqueza de macrófitas (Terneus et al. 2020, Kiersch et al. 2003). Una de las especies más abundantes en los dos humedales fue *Callitriche* sp., la cual posee una forma de vida enraizada flotante y necesitan de sustratos suaves y ricos en materia orgánica para desarrollarse (Terneus 2002), lo cual se ve reflejado en las características abióticas que presentan los humedales (Tabla 2).

*Azolla filiculoides* y *Lemna gibba* son especies que están presentes en aguas eutrofizadas con elevadas concentraciones de fósforo. El carácter invasor de estas especies suele manifestarse cuando las concentraciones de fósforo superan los 0,9 mg/l (Cirujano et al. 2014). La abundancia de

estas poblaciones impide el crecimiento de otras especies fotosintetizadoras debido al recubrimiento del espejo de agua, impidiendo el paso de la luz. En el caso de Patugllana, existen puntos donde se observaron concentraciones mayores a 1 mg/l, esto explica la abundancia de estas especies manifiestas en porcentajes de cobertura alta (Tabla 1). Además, los patrones ecológicos de la vegetación acuática en este humedal muestran dependencia por la presencia de nitritos y nitratos, como nutrientes, y altas conductividades como determinantes para la presencia de ciertas especies (Figura 6).

En las lagunillas donde la cobertura de plantas acuáticas fue alta, la cantidad de oxígeno disminuyó a comparación con lagunillas con poca vegetación acuática. Este es un patrón que también se expresa en lagunas más grandes y que a pesar de tener una dinámica hidrológica distinta se mantiene, como lo demuestran los estudios realizados por Terneus et al. 2019 en las lagunas de El Voladero, al pie del Volcán Chiles.

En definitiva, los patrones ecológicos de la cobertura vegetal en el humedal Pugllohuma muestran una estrecha dependencia por la presencia de fosfatos, sulfatos y hierro como elementos determinantes de su composición florística (Figura 5), tanto en época seca como en lluviosa, donde la cercanía al volcán Antisana podría estar incidiendo en las condiciones ambientales de este humedal.

### Comunidades de algas filamentosas

En referencia a la composición de algas filamentosas, en el humedal Pugllohuma la cobertura en época lluviosa fue alta, mayor que la cobertura de plantas acuáticas (Figura 4). El género con más dominancia fue *Oedogonium*, el cual se presenta en aguas blandas y ricas en compuestos húmicos y hierro. En algunos casos aparecen como epifitas en macrófitas (Cambra y Aboal 1992), las cuales brindan pequeñas cantidades de fósforo al ecosistema y esto es absorbido por estas algas. Las cantidades de hierro dentro de este humedal fueron altas, lo cual contribuye a la abundancia de este género (Tabla 2). Se ha observado también similares asociaciones entre plantas acuáticas y algas en las lagunas volcánicas de El Voladero, al norte del Ecuador, donde la concentración de nutrientes (nitratos y fosfatos) son determinantes en esta simbiosis (Terneus et al. 2019).

*Zygnema*, estuvo presente en época lluviosa y seca en Pugllohuma (Tabla 1), este género es común en pozas de agua poco profundas, en donde pueden

desarrollarse y formar masas exuberantes (Bellinger y Singee 2010). En época seca este género aumentó su cobertura y abundancia debido a la pérdida de agua mostrando aglomeraciones de crecimiento observables a simple vista.

En Patugllana se observó un alto porcentaje de cobertura de algas, pero menor a Pugllohuma, *Spirogyra* fue el género dominante, se lo observó en los dos humedales y estuvo presente en época lluviosa y seca (Tabla 1). Este género es uno de los más comunes en agua dulce y está presente en ríos, arroyos y aguas estancadas (Quiquiri 2017). Posee un rango ecológico amplio, es capaz de triplicar su biomasa en tan solo tres días (Cambra y Aboal 1992), es común en pequeñas pozas y forma “blooms” algales en la superficie de los cuerpos de agua, y más aún si los niveles de nutrientes son altos (Bellinger y Sigee 2010), lo que guarda relación con la presencia de nutrientes en los humedales estudiados (Tabla 2).

El género *Meugeotia* es parte de uno de los grupos de algas verdes más evolucionados, sus filamentos son capaces de formar densas ovas en aguas estancadas (Gómez y Sánchez 2017). Crece en aguas acidas, y es considerado como indicador de un cambio ambiental temprano (Bellinger y Sigee 2010). Este género se observó en bajos porcentajes en el humedal Pugllohuma y únicamente en época lluviosa, mientras que en Patugllana se la observó en época seca (Tabla 1).

Tanto las algas como las plantas acuáticas se encuentran asociadas a la zona litoral en humedales y lagunas, esto debido a que es la vía principal por donde llegan los nutrientes, es la conexión principal entre la zona terrestre y acuática (Wehr et al. 2015).

Las algas al igual que las plantas acuáticas poseen estrategias que les permiten permanecer latentes durante los cambios drásticos que se dan en los humedales por estacionalidad, una de estos géneros es *Closterium*, el cual es capaz de sobrevivir en sequía y oscuridad por largos periodos (Wehr et al. 2015). Una razón atribuible a su presencia en los humedales estudiados.

En definitiva, los patrones ecológicos de la presencia de algas filamentosas en los humedales estudiados muestran una estrecha dependencia por altas conductividades, nitratos y temperatura como elementos determinantes de su composición florística (Figura 7), tanto en época seca como lluviosa.

### Físico – química de agua

En Pugllohuma las concentraciones de hierro fueron superiores a 1mg/l, en las lagunillas con más concentración de hierro se observó menor diversidad de plantas acuáticas y en algunos casos nula, posiblemente debido a que las concentraciones altas de hierro pueden inhibir su crecimiento, este compuesto es indispensable para todos los organismos, pero en bajas cantidades (González et al. 2000).

Según los promedios de sulfatos se puede observar una gran diferencia entre los humedales ya que en Pugllohuma las concentraciones fueron bajas y en Patugllana el valor promedio en época lluviosa fue de 10,49 mg/l (Tabla 2).

La mayoría de cuerpos de agua de alta montaña en el Ecuador son de origen glaciar y han sido calificados como oligotróficos, de pH generalmente ácido, baja conductividad y alta transparencia (Ramos et al. 2013). Sin embargo, en este caso, la conductividad fue alta en los dos humedales, al igual que los sólidos totales, estos dos parámetros se correlacionan ya que la cantidad de sólidos totales aportan iones minerales al sistema y la conductividad refleja la concentración de iones en el agua, por consiguiente, la capacidad de conducir la electricidad en el medio acuático. Estos niveles altos de conductividad, la mayoría de veces, están asociados a niveles altos de intervención antrópica o a actividad volcánica natural, debido a la presencia de sales minerales (Terneus et al. 2019), como podría ser el caso, debido a la proximidad de estos humedales al volcán Antisana.

Los resultados obtenidos demuestran que estos ecosistemas acuáticos son bastante particulares y poseen características que determinan dinámicas ecológicas propias, no necesariamente comparables con otras lagunas o ríos, cuyas dinámicas ecológicas son distintas, por lo tanto, estos ecosistemas deberían tener un tratamiento específico y un cuerpo legal que los ampare, tomando en cuenta algunos aportes obtenidos durante esta investigación.

### CONCLUSIONES

Se pudo observar que cada humedal estudiado posee características que los vuelven muy particulares, tanto en su composición físico química como biótica. Es importante resaltar que el humedal Pugllohuma posee un grado alto de alteración, mayor al humedal Patugllana, lo cual se ve reflejado en su composición biótica. Estos ecosistemas están en constante cambio debido a la estacionalidad que

es drástica en la zona donde se encuentran, lo cual permite a estos ecosistemas reflejar su alta dinámica ecológica.

El humedal Pugllohuma perdió totalmente el agua, esto se puede deber a la presencia de drenes que fueron construidos anteriormente, con el objetivo de evacuar el agua y mantener el ganado.

Este humedal posee altos niveles de hierro lo cual es propio del ecosistema, debido al tipo de suelo de la zona y su composición geológica natural. Por su parte Patugllana no se encuentra intervenido, lo cual contribuye a su mejor estado de salud ecológica y por consiguiente asegura su permanencia en el tiempo.

### RECOMENDACIONES

Los humedales estudiados presentan características particulares, las cuales los hacen ecosistemas de alta importancia que deben ser protegidos y manejados correctamente. La presencia de plantas acuáticas y algas filamentosas confirman la capacidad de los humedales, su productividad y estado ecológico, por lo que se recomienda tener un seguimiento de las especies que aparecen en ellos y en conjunto analizar nutrientes y distintos factores físico-químicos del agua, que intervienen en el desarrollo y crecimiento de estos organismos.

Tanto Pugllohuma como Patugllana son humedales transitorios que dependen de la estacionalidad climática. Por lo tanto, este es un factor de suma importancia a tomar en cuenta en temas de manejo y monitoreo de estos cuerpos de agua, lo que demanda la implementación de estaciones de monitoreo hidrobiológico.

Para entender de mejor manera la físico-química de estos cuerpos de agua y su composición biótica, es recomendable analizar a detalle y de manera paralela los suelos de estos humedales, con el fin de conocer más o fondo su composición y diferencias.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Internacional del Ecuador por el apoyo. A FONAG (Fondo para la protección de agua) y EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento), quienes permitieron realizar el estudio en el Área de Conservación Hídrica Antisana, y colaboraron con la logística. A Katya Romoleroux y al Herbario de La Universidad Católica del Ecuador por su apertura. A Manuel Cobo por su ayuda y trabajo en el campo. También a Luis Cárdenas por su

colaboración en la creación del mapa, a Patricio Yáñez en la metodología y estadística, y a Mateo Gómez de la Torre en análisis de datos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahumada M, Aguirre F, Contreras M, Figueroa A. 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales Andinos. Gobierno de Chile.

Aquino E. 2011. Colecta de microalgas. Monografía. Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias. Universidad Nacional Federico Villareal. Perú.

Ballesteros J. 2011. La Nutrición de las Plantas. Agricultura biológica. Huerta Familiar. Consultado 10 de mayo del 2019. Obtenido desde: <https://agroecologia2011.wordpress.com/2011/02/20/la-nutricin-de-las-plantas/#comments>.

Bellinger E, Sigee D. 2010. Algas de Agua dulce. Identificación y usos como bioindicadores. Wiley-Blackwell.

Bojorge M, Cantoral E. 2016. La importancia ecológica de las algas en los ríos. *Hidrobiológica* 26 (1). México.

Cambra J, Aboal M. 1992. Algas verdes filamentosas de España. Distribución y ecología. *Linnetica* 8, 213-220.

Cirujano S, Meco A, García P. 2014. Flora acuática española. Hidrofitos vasculares. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.

Convención Ramsar. 2006. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) 4a. edición. Secretaria de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

Flachier A. 2005. Complejos de turberas Ñucanchi Turupamba. En: Izurieta. X. Turberas altoandinas. Espacios frágiles de vida y cultura. Proyecto Peatlands in the Tropical Andes. Quito.

Flores M, Alegría J, Granda A. 2005. Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascoca, Junín. *Rev. Perú biol.* 12 (1).

FONAG. 2017. Contratar la intervención biofísica en los márgenes del Arenal dos, de la unidad hidrográfica Jatunhuaycu en el Antisana. Programa de Recuperación de la Cobertura Vegetal. Quito.

- Gómez A, Valderrama L, Rivera C. 2017. Comunidades de macrófitas en ríos andinos: composición y relación con factores ambientales. *Acta biol. Colombia* 22(1) 45-58.
- Gómez M, Sánchez P. 2017. Diversidad y potencialidad bioindicadora de las algas de la provincia de Albacete. *SABUCO* (12), 43-77.
- Jara E, Gómez J, Montona H, Sánchez T, Tapia L, Cano N, Dexter A. 2017. Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigina* y *Myriophyllum quitense* evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú. *Arnaldoa* 24 (2): 583-589. Trujillo.
- Jaramillo M, Flores E. 2012. Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Lemna minor* y *Eichornia crassipes* en agua residuales producto de la actividad minera. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- Kiersch B, Muhleck R, Gunkel G. 2003. Las macrófitas de algunos lagos alto andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización. Universidad Técnica de Berlín, Departamento de Manejo de la Calidad de Agua, Strasse des 17. Juni 135, Sekr. KF 4, 10623 Berlín, Alemania.
- Ministerio del Ambiente. 2015a. Humedales del Ecuador. Ecuador. Consultado 11 de enero del 2019. Obtenido desde: <http://suia.ambiente.gov.ec/web/humedales>.
- Ministerio del Ambiente. 2015b. Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Reserva Ecológica Antisana. Consultado el 12 de diciembre del 2018 Obtenido desde: <http://areasprotegidas.ambiente.gov.ec/es/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-antisana>
- Molina M, Terneus E, Yáñez P, Cueva M. 2018. Resiliencia de la comunidad fitoplanctónica en la laguna andina de Papallacta y sus afluentes, ocho años después de un derrame petrolero. *Revista de ciencias de la vida La Granja* 28 (2) 66 - 82.
- Mostacedo B, Frederichsen. T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. Bolivia.
- Pérez N, Arias J, Quiroz J. 2015. Variación espacio temporal de plantas acuáticas en el complejo cenagoso del bajo Sinu, Córdoba, Colombia. *Acta biol. Colombia*, 20 (3) 155-165.
- Ramos C, Cárdenas N, Herrera Y. 2013. Caracterización de la comunidad de macrófitas acuáticas en lagunas del Páramo de La Rusia (Boyacá, Colombia). *Revista Ciencia en Desarrollo*. 4(2): 73-82.
- Rial A. 2004. Ensayo acerca de la dinámica temporal de la vegetación en un humedal de los llanos de Venezuela. *Fundación de la Salle*. 127-139.
- Rial A, León B, Terneus E, Tongnelli M. 2016. Estado de conservación y biodiversidad de agua dulce en los Andes tropicales. Capítulo: Estado de conservación y distribución de las plantas acuáticas. UICN Lista Roja de los Andes Tropicales. *Research Gate*. pp. 87-104.
- Samanez I, Rimarachin V, Palma C, Arana J, Ortega H, Correa V, Hidalgo M. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas en aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente Perú.
- Schmidt U, Varga O. 2012. Comunidades vegetales de las transiciones terrestre-acuáticas del páramo de Chingaza. Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 60. (1).
- Soria I. 2016. Evaluación de la calidad ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la captación de agua EPMAPS utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua. Trabajo de titulación. Escuela Politécnica Nacional. Quito.
- Tenjo A, Cárdenas E. 2015. Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos. *Biodiversidad Colombia*. Bogotá.
- Terneus E. 2002. Comunidad de plantas acuáticas en lagunas de los páramos del norte y sur del Ecuador. *Caldasia* 24(2) 379-391.
- Terneus E, Cueva M, Molina M, Rancies M. 2011. Informe Final del Monitoreo Limnológico y macroinvertebrados en las zonas remediada de la laguna de Papallacta. Trabajo de Titulación. UIDE.
- Terneus, E, Vallejo, B, Gómez, M. 2019. Impacto del cambio climático sobre la flora acuática de las Lagunas Verdes, volcán Chiles, Ecuador. *Biota Colombiana*, 20(2), 20-31.
- Terneus E, Vallejo B, Gómez M. 2020. Trophic status index of lentic systems from the diversity of aquatic plants from continental Ecuador (IMAE). *Caldasia* 42(1):115-128.

Viveros M. 2016. Evaluación de la calidad de agua a través del método BMWP en el humedal Santa María del lago de la ciudad de Bogotá. Trabajo de Titulación. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingenierías. Bogotá.

Wehr J, Sheath R, Kociolek P. 2015. Algas de Agua dulce de Norte América, ecología y clasificación. Elsevier. Book.

World Wildlife Fund. 2005. Humedales Altoandinos estrategia regional. Taller de comunicaciones Word Wildlife Colombia, 19p.

Yáñez P. 2005. Biometría y Bioestadística fundamentales. Analizando la estructura numérica de la información en proyectos ecológicos. Quito. 130pp.

Zurlini G, Girardin P. 2008. Introducción al principal problema “Indicadores ecológicos a múltiples escalas”. Indicadores ecológicos. 8: 781-782.