

Macrófitas poco frecuentes o desconocidas de la laguna Alalay, Cochabamba, Bolivia

Rare or little known macrophytes from Alalay Pond, Cochabamba, Bolivia

Eduardo A. Morales & Sinziana F. Rivera

Herbario Criptogámico Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Carrera de Ingeniería Ambiental. Casilla de Correos 5381, Cochabamba, Bolivia

e-mail:edu.morales2006@gmail.com

Resumen: Se discuten los resultados de dos muestreos de macrófitas de la laguna Alalay efectuados en el año 2013 y se presentan datos para 4 plantas: *Enteromorpha* sp., *Hydrocotyle ranunculoides* L.f., *Rhizoclonium* sp. y *Wolffia columbiana* H. Karst., las cuales se conocen poco o nunca han sido reportadas de este ecosistema acuático urbano altamente eutrofizado. La discusión se centra solamente en la literatura científica sobre Alalay, es decir, aquella que ha pasado por revisión por pares, descartándose informes institucionales que contienen récords dudosos. Para cada planta se hace una descripción general y se incluye información sobre su origen, distribución y ecología, añadiendo notas taxonómicas que podrían ser de ayuda en su identificación futura. La revisión bibliográfica indica que se conoce poco acerca de estos organismos en Alalay, a pesar de que constituyen uno de los grupos principales a ser manejados en prácticas de recuperación de la laguna. Se construyó una lista taxonómica en la que se anotan algunas falencias que deberían ser subsanadas mediante estudios fenológico-ecológicos detallados que permitan el manejo de sus poblaciones y comunidades. Se pone en evidencia también que cualquier estudio que se realice debe generar una colección de especímenes de referencia que sirva para determinar cambios espacio-temporales en las poblaciones.

Palabras clave: Algas, lago eutrofizado, plantas acuáticas, Sudamérica

Abstract: The results of two sampling campaigns for macrophytes performed in 2013 are discussed and data for 4 plants: *Enteromorpha* sp., *Hydrocotyle ranunculoides* L.f., *Rhizoclonium* sp. y *Wolffia columbiana* H. Karst. are presented. These plants are ill-known or have never been reported from this highly eutrophic urban aquatic system. The discussion focuses only on scientific literature for Alalay, that is, peer-reviewed publications. Institutional reports are discarded since they contain doubtful records. For each plant, a general description, origin, distribution and ecology data are included, together with taxonomic notes that could be helpful in future identifications. The literature

review indicates that little is known about these organisms in Alalay, despite the fact that they are one of the main groups to be managed during restoration practices in the pond. A taxonomic list was put together for which some weaknesses are annotated, weaknesses that should be solved by means of detailed phenological and ecological studies. These data would allow the management of populations and communities. It is evidenced that any future study should generate a specimen reference collection, which could be used to determine spatial and temporal changes in populations.

Key words: Algae, aquatic plants, eutrophic pond, South America

1 Introducción

La laguna Alalay, un ecosistema urbano poco profundo y altamente eutrofizado [2][14], contiene varias macrófitas cuyo desarrollo más o menos extendido en su superficie es simultáneo o sucesivo durante el año. La diversidad en las formas de vida de estas macrófitas hace de la laguna un sitio interesante desde el punto de vista científico [6] pero, al mismo tiempo, un reto para biólogos e ingenieros ambientales abocados a la recuperación y manejo de la laguna.

Alalay es probablemente uno de los ecosistemas urbanos más estudiados en Bolivia (ver bibliografía en *Ayala et al.* [2]). Sin embargo, el número de publicaciones científicas es muy reducido y la mayor parte de la información se halla en reportes institucionales que no constituyen documentos confiables al no haber pasado por el proceso de revisión por pares. Los estudios de las macrófitas son someros al punto de que existen falencias taxonómicas en las listas de especies e información deficiente en lo referente a los ciclos vitales de cada especie. Esto dificulta la labor de las instancias gubernamentales, cuyos esfuerzos para revertir el recurrente florecimiento de muchas de las especies han sido vanos hasta la fecha.

Es oportuno aclarar la acepción del término macrófita que se emplea en este manuscrito. Aplicamos el término a organismos fotosintetizadores que viven asociados al agua. Esto quiere decir que el término no solo aplica a plantas (mono y dicotiledóneas, musgos, helechos, hepáticas y algas verdes de las divisiones Chlorophyta y Charophyta), sino también a otros tipos de organismos fotosintetizadores como cianobacterias (Cyanophyta), algas rojas (Rhodophyta), amarillas (Xanthophyta) y pardo-doradas (Chrysophyta), las cuales no pertenecen al Reino Plantae [7]. Cabe mencionar que muchas de las algas citadas arriba son microscópicas, pero para ser consideradas como macrófitas sus crecimientos masivos deben producir estructuras perceptibles a simple vista y que se puedan recolectar con la mano.

En el presente manuscrito informamos sobre cuatro macrófitas que se han observado recientemente en la laguna Alalay y que parecen haber sido incorrectamente identificadas en el pasado o constituyen nuevas citas para este

ecosistema. Estas macrófitas fueron halladas y recolectadas entre los meses de abril y junio, 2013 como parte de visitas exploratorias a la laguna. Los estudios sobre sus ciclos vitales y aspectos estructurales de sus poblaciones quedan pendientes y serán publicados luego de estudios detallados.

2 Metodología

Se efectuaron dos visitas a la laguna en los meses indicados arriba, durante las cuales se fotografiaron y recolectaron crecimientos de *Enteromorpha* sp., *Hydrocotyle ranunculoides* L.f., *Rhizoclonium* sp. y *Wolffia columbiana* H. Karst. Las fotografías se tomaron con una cámara Sony Cyber-shot HD AVCHD Progressive con un lente Sony Lens G de 20X de aproximación. Pedazos de las macrófitas, recogidos con la mano o con la ayuda de una podadora, se guardaron en bolsas zip-lock y se trasladaron al laboratorio de la Universidad Católica “San Pablo”, Cochabamba para su identificación mediante claves especializadas y fotografías halladas en internet.

Se hizo una revisión de la literatura científica (solo aquella sometida a revisión por pares, excluyendo informes institucionales) sobre la laguna Alalay a fin de establecer una lista de las macrófitas que se han reportado hasta la fecha y proceder así a una actualización de los taxones hallados en este cuerpo de agua. En el caso de *Enteromorpha* sp., *Rhizoclonium* sp. y *W. columbiana* se hicieron preparaciones acuosas sobre portaobjetos utilizando Lugol para crear contraste en estructuras a nivel de tejidos y células. Estas muestras se analizaron bajo un microscopio óptico Zeiss Universal equipado con una cámara digital Jenoptik ProgRes CF y a aumentos entre 125X y 1250X. Las láminas con fotografías se montaron utilizando Adobe Photoshop CS3 Extended v. 10.0 para Windows 7 Enterprise.

3 Resultados y discusión

La revisión de la literatura científica para la laguna generó la lista de macrófitas que se presenta en la Tabla 1. Como allí se puede notar, en repetidas ocasiones se han reportado macrófitas identificadas solo a nivel de género. Es posible que estos reportes se correspondan con los taxones dentro del mismo género que aparecen en la tabla identificados a nivel de especie, pero esto no es fácilmente comprobable ya que se necesita hacer una revisión exhaustiva de colecciones históricas. En vista de que existe la posibilidad de que muchas de las plantas en la Tabla 1 se hayan extinguido localmente por alteraciones antropogénicas severas en la cuenca, es recomendable que en el futuro cualquier nueva cita conlleve un esfuerzo máximo en la identificación, la cual se puede realizar con ayuda de expertos de universidades locales, en caso de no tener acceso a la literatura especializada. Además, se necesita

tener ya una colección de referencia en la que se guarden especímenes completos (talo con flor, fruto y semilla) de manera que se puedan luego registrar cambios temporales y espaciales en el cuerpo de agua.

Tabla 1: Macrófitas de la laguna Alalay reportadas hasta la fecha en la literatura científica arbitrada. Ver texto para la explicación acerca de las plantas que aparecen identificadas solo a nivel de género.

Taxón	Tipo de organismo	Referencias
<i>Azolla</i> cf. <i>caroliniana</i> Willd	Planta, helecho	de la Barra [6]
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	Planta, helecho	Cadima [5], Morales & Rivera [14]
<i>Azolla</i> cf. <i>filiculoides</i> Lam.	Planta, helecho	de la Barra [6]
<i>Azolla</i> sp.	Planta, helecho	Meneses [13], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Chara hispida</i> L.	Planta, Charophyta	Cadima [5]
<i>Chara</i> sp.	Planta, Charophyta	Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Cyperus papyrus</i> L.	Planta, monocotiledónea	de la Barra [6]
<i>Eichhornia</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Elodea</i> aff. <i>granatensis</i> Bonpl.	Planta, monocotiledónea	de la Barra [6]
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5]
<i>Elodea</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Enteromorpha</i> sp.	Planta, Chlorophyta	Cadima [5], Este estudio
<i>Hydrocotyle rannunculoides</i> L.	Planta, dicotiledónea	Este estudio
<i>Hydrocotyle</i> sp.	Planta, dicotiledónea	Cadima [5], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Lemna gibba</i> L.	Planta, monocotiledónea	de la Barra [6]
<i>Lemna minor</i> L.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5]
<i>Lemna minuta</i> Kunth	Planta, monocotiledónea	de la Barra [6]
<i>Lemna</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Meneses [13], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Lemna valdiviana</i> Phil.	Planta, monocotiledónea	de la Barra [6]
<i>Ludwigia peruviana</i> L.	Planta, dicotiledónea	de la Barra [6]
<i>Ludwigia</i> sp.	Planta, dicotiledónea	Cadima [5], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Marsilea</i> cf. <i>ancylopoda</i> A. Braun	Planta, helecho	de la Barra [6]
<i>Marsilea</i> cf. <i>crotophora</i> D.M. Johnson	Planta, helecho	de la Barra [6]
<i>Myriophyllum quitense</i> Kunth	Planta, dicotiledónea	de la Barra [6]
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	Planta, dicotiledónea	Cadima [5], Morales & Rivera [14]

<i>Myriophyllum</i> sp.	Planta, dicotiledónea	Morales & Trainor [15]; Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Pistia stratiotes</i> L.	Planta, monocotiledónea	Acosta <i>et al.</i> [1], Ayala <i>et al.</i> [2], Morales & Rivera [14]
<i>Pistia</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Polygonum laphatifolium</i> L.	Planta, dicotiledónea	de la Barra [6]
<i>Polygonum punctatum</i> Elliott	Planta, dicotiledónea	de la Barra [6]
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Planta, monocotiledónea	Ayala <i>et al.</i> [2], Cadima [5], de la Barra [6]
<i>Potamogeton</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Morales & Trainor [15], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Rhizoclonium</i> sp.	Planta, Chlorophyta	Este estudio
<i>Ruppia</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5], Morales & Trainor [15], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Schoenoplectus californicus</i> subsp. <i>tatora</i> (Kunth) T. Koyama	Planta, monocotiledónea	Morales & Rivera [14], de la Barra [6]
<i>Schoenoplectus</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Morales & Trainor [15], Cadima [5], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Typha dominguensis</i> Pers.	Planta, monocotiledónea	Morales & Rivera [14], de la Barra [6]
<i>Typha</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5], Van Damme <i>et al.</i> [18]
<i>Wolffia columbiana</i> H. Karst.	Planta, monocotiledónea	Este estudio
<i>Zannichellia andina</i> Holm-Niels. & R.R. Haynes	Planta, monocotiledónea	de la Barra [6]
<i>Zannichellia palustris</i> L.	Planta, monocotiledónea	Cadima [5]
<i>Zannichellia</i> sp.	Planta, monocotiledónea	Morales & Trainor [15], Van Damme <i>et al.</i> [18]

Cabe aclarar que la lista de la Tabla 1 no es completa, ya que mucha de la vegetación riparia (costera) contiene también elementos que se podrían considerar como vegetación acuática. La última investigación que se tiene de la vegetación de la laguna data del año 2003 [6]. En los diez años que han pasado desde ese estudio, las condiciones de la cuenca han cambiado de sobremanera y es muy posible que también lo haya hecho la vegetación. Solo a través de una investigación diligente se podrá establecer una lista definitiva y confiable que sirva luego de base para estudios ecológicos, los que a su vez serán uno de los pilares para prácticas de recuperación y manejo de la laguna. El subsecuente conocimiento de los aspectos fenológicos de las macrófitas, por ejemplo, sería de gran ayuda en la determinación de procesos de extracción y de las consecuencias en la dinámica de sucesión de las especies. Un manejo “a ciegas” puede desencadenar efectos no deseados, tal como sucedió con la extracción de *Pistia stratiotes* L. en los últimos años (con mayor vigor

en el período 2011-2012) que favoreció una floración sin precedentes de *Rhizoclonium* sp. asociada a *Potamogeton pectinatus* L., plantas que son mucho más difíciles de extraer por sus características de crecimiento.

Como se dijo anteriormente, las cuatro macrófitas que se reportan aquí son *Enteromorpha* sp., *Hydrocotyle ranunculoides*, *Rhizoclonium* sp. y *Wolffia columbiana*. *Rhizoclonium* sp. y *W. columbiana* se citan por primera vez para la laguna. Se podría sospechar que *H. ranunculoides* y *W. columbiana* hayan sido reportadas anteriormente por Cadima [5] bajo los nombres *Hydrocotyle* sp. y *Lemna minor* L., respectivamente, pero en ausencia de especímenes en herbarios locales, nacionales o internacionales relacionados con ese trabajo, o de material diagramático o pictórico publicado, resulta imposible resolver tal sospecha. *Enteromorpha* sp. parece no haber sido reportada con anterioridad, aunque la Tabla 1 contiene un reporte anterior dentro del mismo género. Sin embargo, es muy probable que se trate de dos especies diferentes por las características de crecimiento (ver explicación bajo *Enteromorpha* sp. en el siguiente acápite). Ya que no se tienen especímenes de herbario de este primer reporte de *Enteromorpha* sp., tampoco es posible constatar la diferencia con los ejemplares hallados en nuestra investigación.

Enteromorpha sp.

Esta alga verde pertenece a la División Chlorophyta, Familia Ulvaceae y produce láminas conformadas por una sola capa de células, láminas que se enroscan sobre sí mismas formando tubos huecos y arrugados, asemejando pequeños pedazos de intestinos de una coloración verde intensa [11][19] (Figs 1A-B). Cada célula es poliédrica y contiene un solo cloroplasto con numerosos gránulos de almidón (Figs 1C-D). De entre las numerosas células que componen la lámina, algunas se diferencian dividiéndose en un plano perpendicular a la lámina madre, formando filamentos unicelulares y luego multicelulares. Estos filamentos luego se extienden lateralmente formando nuevas láminas. Los filamentos de tres filas de células o más empiezan también a formar nuevos filamentos hacia los costados. La secuencia en la formación de los filamentos se puede observar en las Figuras 1A-I. Cuando la formación de filamentos es profusa, éstos se pueden observar como mechones de color verde oscuro asociados a las láminas enroscadas.

Este alga se halló solamente en la zona oeste de Alalay en junio, 2013 como crecimientos poco profusos en la superficie del agua y entrelazada con *Oedogonium* sp. y *Rhizoclonium* sp. La literatura establece que *Enteromorpha* crece en sitios donde existe abundancia de nitrógeno, especialmente donde existe una alta deposición de heces fecales de aves [11]. La ecología de este organismo en Alalay es algo incierta ya que el crecimiento estaba limitado a unos cuantos tubos filamentosos, aunque conspicuos y reproduciéndose rápidamente en el momento del muestreo a juzgar por el número de filamentos laterales en formación. Además, el punto oeste de la

laguna es uno de los menos afectados por deposiciones de aves por estar desprovista de vegetación emergente. Sin embargo, esta zona recibe descargas de heces fecales humanas mediante alcantarillado clandestino, lo cual explicaría la ocurrencia de *Enteromorpha*.

El alga no se había observado en el muestreo de abril, 2013. Es posible que su crecimiento haya estado comenzando al momento del muestreo y que el progreso de la población se pueda observar más tarde en el año.

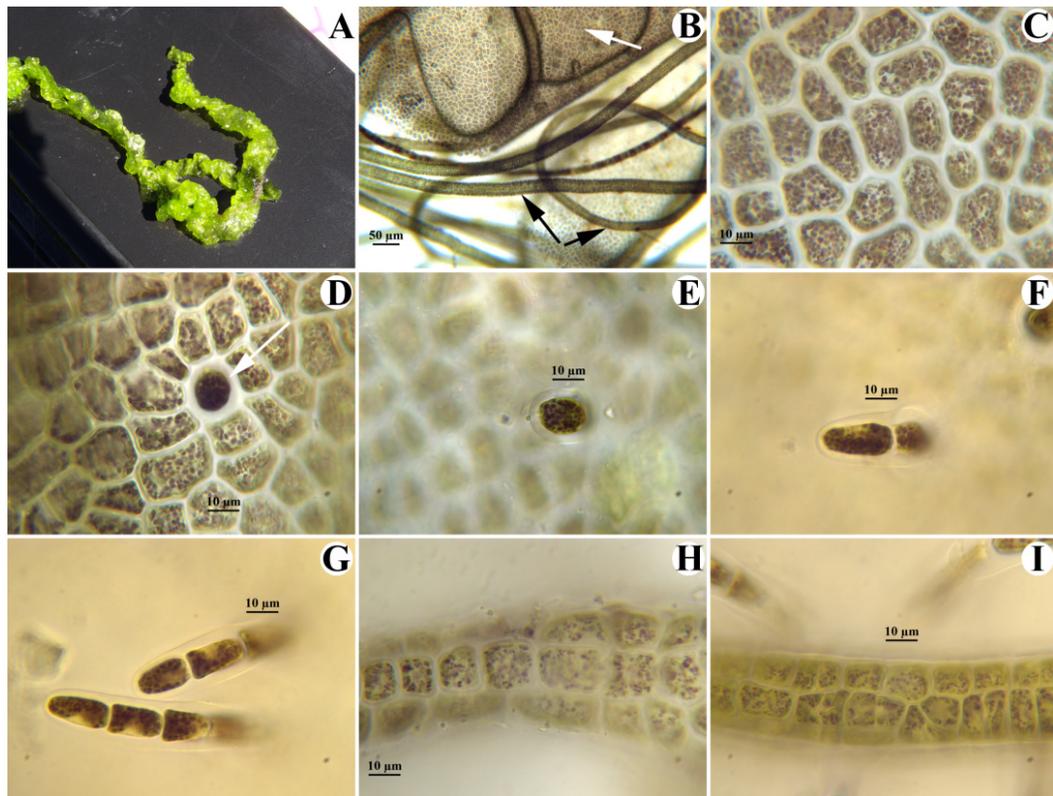


Figura 1: Fotografías de *Enteromorpha* sp. de la Laguna Alalay. **A.** Tubos huecos recientemente recolectados de la zona oeste de la laguna. Cada tubo mide aproximadamente 10–12 cm de largo. **B.** Masa uniforme de células poliédricas (flecha blanca) y filamentos multiseriados (flechas negras). **C.** Aproximación de la lámina mostrando las células poliédricas. Los plastidios aparentemente ocupan gran parte del lumen celular y contienen numerosos gránulos de almidón (cuerpos elipsoides oscurecidos por el Lugol). **D.** Comienzo de la diferenciación de una célula laminar debido a un cambio en el plano de la división mitótica. **E.** Producción de la segunda célula del filamento. **F.** Producción de la tercera célula del filamento. **G.** Dos filamentos, aún uniseriados

y en proceso de elongación. **H, I.** Fotografías del mismo filamento en la base de contacto con la lámina madre (H) y hacia la parte media del filamento (I). Nótese que el filamento posee ya tres series de células.

La colocación de los especímenes de Alalay en el género *Enteromorpha* es tentativa. Jhon [11] asevera que solo *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) Ag. puede ser considerada como dulceacuícola, sin embargo, la literatura sobre esta especie es ambigua ya que algunas veces aparece como marina, otras como de aguas salobres o inclusive se la reporta desarrollándose en aguas dulces (p.e., Beach *et al.* [3] y John [10]). Adicionalmente, las especies actualmente incluidas en este género poseen rizoides para adherirse al sustrato, estructuras que no hemos observado en los individuos de Alalay. Por tanto, hasta que no se constate la verdadera ecología de *E. flexuosa* y no se hayan hecho observaciones más profundas en la población de Alalay, preferimos dejarla como “sp.”

La Tabla 1 contiene un reporte de *Enteromorpha* sp. [5]. Los análisis microscópicos sobre estos especímenes nunca se publicaron y es muy posible que no correspondan a la misma entidad que aquí reportamos. El primer autor del presente manuscrito participó en los muestreos del material donde se hallaron estos individuos identificados como *Enteromorpha* sp. a principios de los años 1990. Cada talo tubular afloraba hacia la superficie desde el fondo de la laguna y no se hallaban asociados a otras macrófitas. Los tubos eran mucho más grandes que los hallados por nosotros ahora en el 2013. Desafortunadamente, no existen especímenes herborizados de los organismos recolectados en los 90 y, por tanto, será imposible constatar su verdadera afiliación taxonómica.

Hydrocotyle ranunculoides

Esta planta pertenece a la familia dicotiledónea Apiaceae (llamada también Umbelliferae). Las hojas son peltadas de bordes semi-lobados de color verde oscuro intenso en el haz y verde claro en el envés (Figs 2A-E; el envés no aparece fotografiado). Un centro rojizo en el haz se observa frecuentemente en campo y en muestras frescas (Figs 2D y E). La venación es palmeada y las nervaduras se observan mejor en el envés y son característicamente de ramificación di o tricotómica. Los estolones son típicos en el crecimiento de esta planta (Figs 2D-F), de los cuales salen hojas por encima de la superficie del agua y raíces muy profundas pero en mechones que se adentran en la columna de agua o se fijan a un sustrato en caso de encontrar alguno. No se han observado flores por lo que se sospecha que la propagación principal en Alalay es por vía vegetativa y por medio de la elongación de los estolones, en los cuales se han encontrado yemas reproductivas generando nuevas hojas en posición terminal (Fig. 2F).

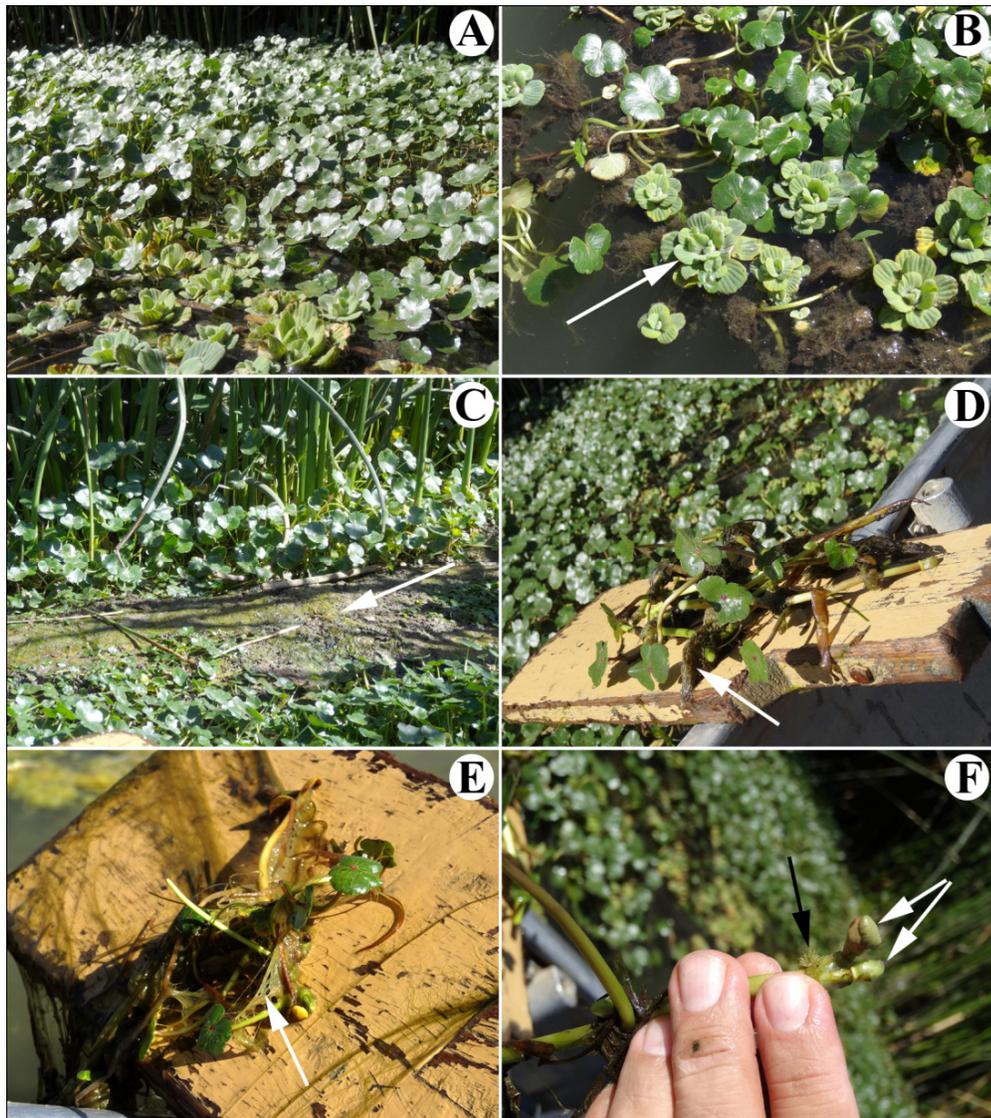


Figura 2: Fotografías de un crecimiento de *Hydrocotyle ranunculoides* en la parte sudeste de la laguna Alalay. **A, B.** Proliferación densa asociada a *Pistia stratiotes* (flecha blanca en B). **C.** Crecimientos contiguos a depósitos de guano (flecha blanca). **D.** Un par de estolones con hojas y raíces bien desarrolladas (flecha blanca denota mechón de raíces). Nótese el centro rojizo del haz de las hojas. **E.** Crecimiento de *Rhizoclonium* sp. asociado a este ejemplar de *H. ranunculoides*. **F.** Estolón con yemas terminales en transición a nuevas hojas (flechas blancas). Nótese también el desarrollo de nuevas raíces (flecha negra).

Se ha establecido que el origen de esta planta es Norteamérica [9]. Es considerada como una planta invasora fuera de estas zonas, desplazando la flora nativa y causando problemas ecológicos con impactos económicos y de salubridad [8].

Parece estar bien adaptada a condiciones eutróficas tanto en cuerpos de agua lóticos como lénticos [8][16]. Se la encuentra, por ejemplo, en afluentes del lago Titicaca cerca de Copacabana (obs. pers. 2012) y en la zona sudeste de la laguna Alalay. Dentro de ésta última, se la ha visto en crecimientos mayores en zonas afectadas por guano y en zonas rodeadas por *Schoenoplectus californicus* subsp. *tatora* (Kunth) T. Koyama y *Typha dominguensis* Pers. (Figs 2A-C), donde la visita de aves acuáticas es más frecuente. Parece ser también bastante tolerante a la contaminación orgánica ya que se la ha observado en la costa sudeste de la laguna donde la entrada de aguas servidas y depósitos de basura son comunes. No se han observado crecimientos de esta planta en ningún otro lugar de la laguna.

En Alalay se ha encontrado esta planta asociada a *Pistia stratiotes* L., *Ludwigia palustris* (L.) Elliott, *Typha dominguensis* y *Rhizoclonium* sp. La razón por la cual no se ha extendido masivamente por las zonas susceptibles (entre totoras, en zonas poco profundas y costeras en toda la laguna) probablemente se deba a un proceso de competencia por macrófitas como aquellas a las que se halla asociada o aquellas que se hallan en zonas más profundas (*P. pectinatus* y *Rhizoclonium* sp.) pero que son muy efectivas en la remoción de nutrientes. El agua de la laguna es escasa en nitrógeno en todas sus formas [14] impidiendo el crecimiento de la planta y es tal vez por ello que se la halló solamente en sitios con guano y mayor contaminación orgánica, ambas fuentes efectivas de nitrógeno.

Rhizoclonium sp.

Esta es un alga verde, Chlorophyta de la Familia Cladophoraceae que produce filamentos no ramificados en los cuales se hallan dispuestas células de aproximadamente 150 µm de largo por 60 µm de ancho (Figs 3C-D). Cada célula posee un único cloroplasto que llena casi todo el lumen celular y que contiene varios pirenooides [11][19] (Fig. 3D). Las condiciones eutróficas de la laguna permiten la reproducción masiva de los filamentos por medios vegetativos o sexuales (aún no se ha constatado cuál de los dos rige en la población de Alalay) que acaban por producir millones de filamentos entrelazados. A nivel macroscópico se producen masas que al recogerse asemejan telas de color verde oscuro (Figs 3A-B), las cuales al envejecer se tornan amarillentas o verde más claro.

En Alalay, otras especies filamentosas tales como la Chlorophyta *Oedogonium* sp., diatomeas y algas epífitas de varias divisiones frecuentemente colonizan las masas de *Rhizoclonium* sp., produciendo así una comunidad bastante diversa (Figs 3E-F).

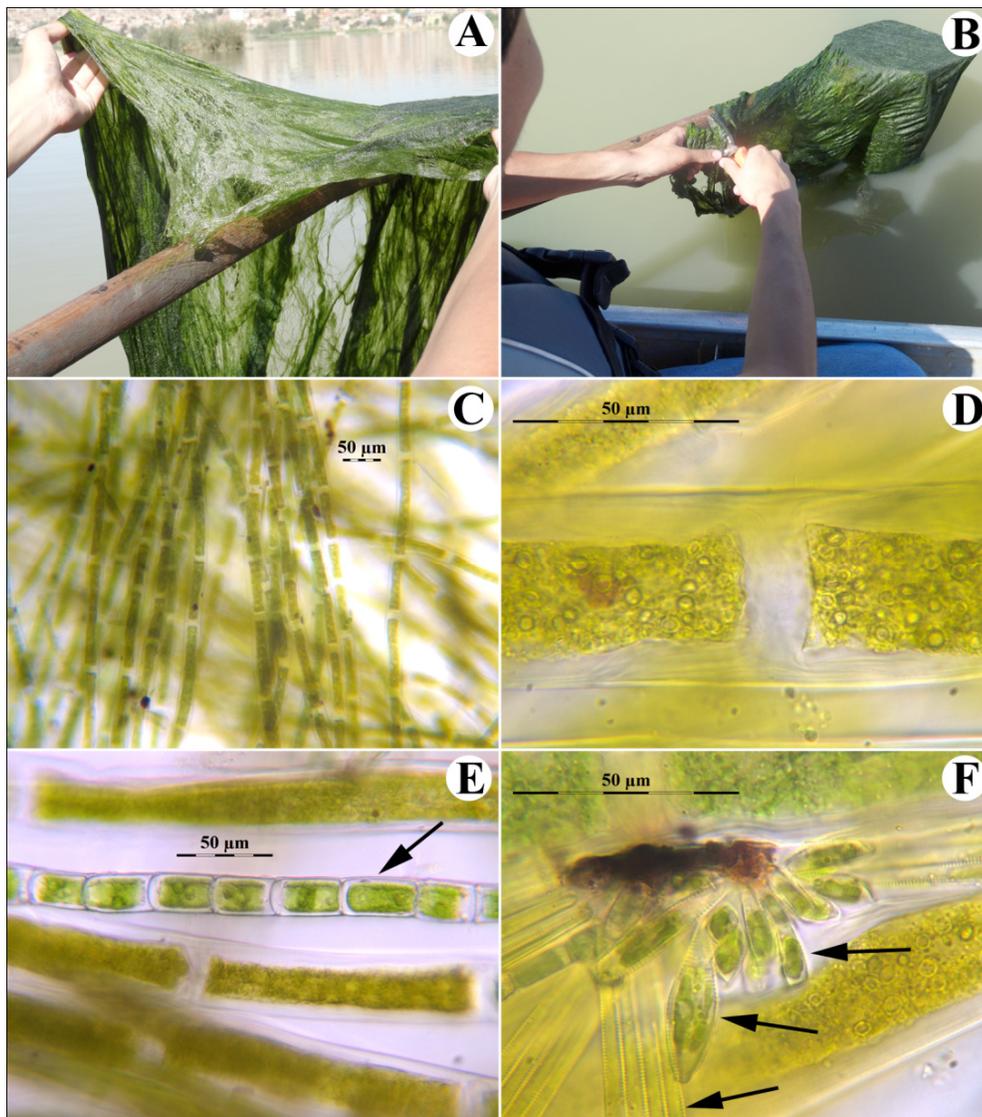


Figura 3: Fotografías de *Rhizoclonium* sp. hallado en la laguna Alalay. **A, B.** Desarrollo masivo de filamentos densamente entrelazados (A), los cuales son duros y deben ser muestreados con podadora (B). **C.** Filamentos no ramificados vistos al microscopio. **D.** Detalle de la unión entre dos células de un filamento. Los pequeños corpúsculos elipsoides, a veces anillados, dentro de los cloroplastos corresponden a gránulos de almidón. Nótese la pared celular muy gruesa. **E.** Filamento de *Oedogonium* sp. que frecuentemente se halla junto a los crecimientos de *Rhizoclonium* en Alalay (flecha negra). **F.** Colonias de diatomeas adheridas a las paredes de *Rhizoclonium* (flechas negras). Estas colonias son

muy densas formando comunidades complejas al interior del crecimiento del alga verde.

Generalmente, *Rhizoclonium* produce pequeños rizoides con los que se adhiere al fondo de los cuerpos de agua donde se desarrolla, sin embargo, en Alalay se fija directamente (sin rizoides) sobre plantas acuáticas, al punto que en ninguna zona de la laguna se halló una macrófita sumergida o flotante que no posea *Rhizoclonium* sp. como epífita.

La distribución de esta alga es mundial produciendo los crecimientos, parecidos a los hallados en Alalay, en sistemas eutróficos, tanto en ecosistemas lóticos como lénticos [4]. Los problemas producidos en tales ecosistemas, cuando sus crecimientos son profusos [4], son los mismos que aquellos producidos por *Hydrocotyle* o *Wolffia*.

En abril, 2013 esta planta estaba restringida a la zona sudeste de la laguna, donde se halló un crecimiento masivo pero en un área de aproximadamente 5 m² (Figs 3A y B). Ya en junio, 2013 se observó que estaba extendida por toda la laguna y que estaba mayormente asociada a *P. pectinatus*, la cual tampoco se hallaba en grandes cantidades en abril, 2013.

Debido al tamaño, la ausencia de rizoides y a la característica de los cloroplastos, el *Rhizoclonium* hallado en Alalay no se ha podido identificar a nivel de especie. Los taxa más cercanos son *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey, pero esta corresponde a una especie que se halla en la zona intermareal de los océanos, es de dimensiones mucho más pequeñas y frecuentemente posee rizoides. Una de las especies que se reporta con mayor frecuencia en Europa y Estados Unidos es *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz. Pero las células de éste son también considerablemente más pequeñas, la estructura del cloroplasto es reticulada y posee también rizoides que no se observaron en Alalay [17]. Zarina *et al.* [21], reportaron *R. hieroglyphicum* en Pakistán y sus poblaciones se parecen mucho a la población hallada en Alalay. Las dimensiones celulares, las características de los cloroplastos y el grosor de la pared celular son parecidos en ambas poblaciones. Sin embargo, la descripción pakistaní no concuerda enteramente con los organismos identificados con el mismo nombre presentados por Parodi & Cáceres [17]. Existe, entonces, una confusión en la literatura y al parecer el epíteto *hieroglyphicum* ha sido aplicado indiscriminadamente. Por tanto, es posible que el *Rhizoclonium* hallado en la laguna sea nuevo para la ciencia y conspecífico con la población asiática estudiada por Zarina *et al.* [21], pero comprobar esto requiere de estudios mucho más detallados que los que se presentan aquí.

Wolffia columbiana

Pertenece a la familia monocotiledónea Lemnaceae y el género contiene a las plantas más pequeñas que existen en el mundo. El talo de la planta está reducido a una simple hoja de 3-4 mm de longitud, de color verde claro, semitransparente y que carece de raíces [20] (Figs 4A-B). Cada hojita está flotando en la película superficial del agua y posee típicamente una protuberancia de más o menos 1/2 mm que corresponde a una nueva plántula en desarrollo, la cual luego se desprende para constituirse en un nuevo individuo (Fig. 4C). Vista al microscopio y con la ayuda del micrómetro se pueden advertir tres capas, una superficial compuesta por células pequeñas que poseen estomas (alrededor de 10 por cada hojita), una intermedia que corresponde al mesófilo y que tiene células medianas cada una con varios plastidios elipsoides parietales (Figs 4D y E). Finalmente, la capa basal está conformada por células muy grandes y que típicamente poseen paredes engrosadas donde se unen las aristas de tres o más células (Fig. 4F). Esta planta produce flores diminutas embebidas en los tejidos anteriormente mencionados, pero estas estructuras reproductivas no se han observado en Alalay, por lo cual es posible que el principal modo de reproducción en este cuerpo de agua sea vegetativo.

América del Norte parece ser el centro de origen de esta planta y se la considera como una oportunista e invasora a nivel mundial [12][20]. Los crecimientos profusos causan disrupciones ecosistémicas desplazando a organismos nativos y causando problemas económicos y de salubridad.

En Alalay, se ha hallado a esta planta asociada a *P. stratiotes*, *S. californicus* subsp. *tatora*. y *T. domingensis*. La única zona donde se la ha visto en el mes de abril, 2013 fue la zona oeste de la laguna. En el mes de junio del mismo año ya no se la encontró probablemente debido al desplazamiento por parte del crecimiento masivo de *Rhizoclonium* sp. y la floración masiva de la asociación *Microcystis aeruginosa* Kütz.-*Nitzschia* sp.; estas últimas, algas microscópicas, cianobacteria y diatomea, respectivamente (obs. pers.).

4 Conclusiones

A pesar de que existen reportes de las macrófitas de la laguna Alalay que datan de la década de los 1990, se conoce muy poco sobre la taxonomía y ecología de estos organismos en desmedro del desarrollo de un conocimiento más profundo de su dinámica, conocimiento que permita realizar el manejo adecuado de sus poblaciones. La ausencia de datos biológicos (estructura, fisiología, reproducción, etc.), ecológicos (rangos de distribución, óptimos y límites de tolerancia a condiciones ambientales), así como fenológicos en relación a las condiciones imperantes, es un serio impedimento para la implementación de sistemas de

remediación que coadyuven en la resolución de la problemática ambiental que atraviesa la laguna.

Se reportan aquí datos que aportan al conocimiento de 4 taxones que raramente han sido raramente mencionados en la literatura o que se citan por primera vez para la laguna Alalay, incluyéndolos en una lista taxonómica que es simplemente un inicio en el estudio multidisciplinario de las comunidades macrofíticas de este ecosistema. La importancia de realizar estos estudios radica en que la laguna Alalay es uno de los últimos remanentes de su tipo en el Valle Seco Interandino y último refugio de una fauna y una flora típicas de la región desde hace miles de años atrás.

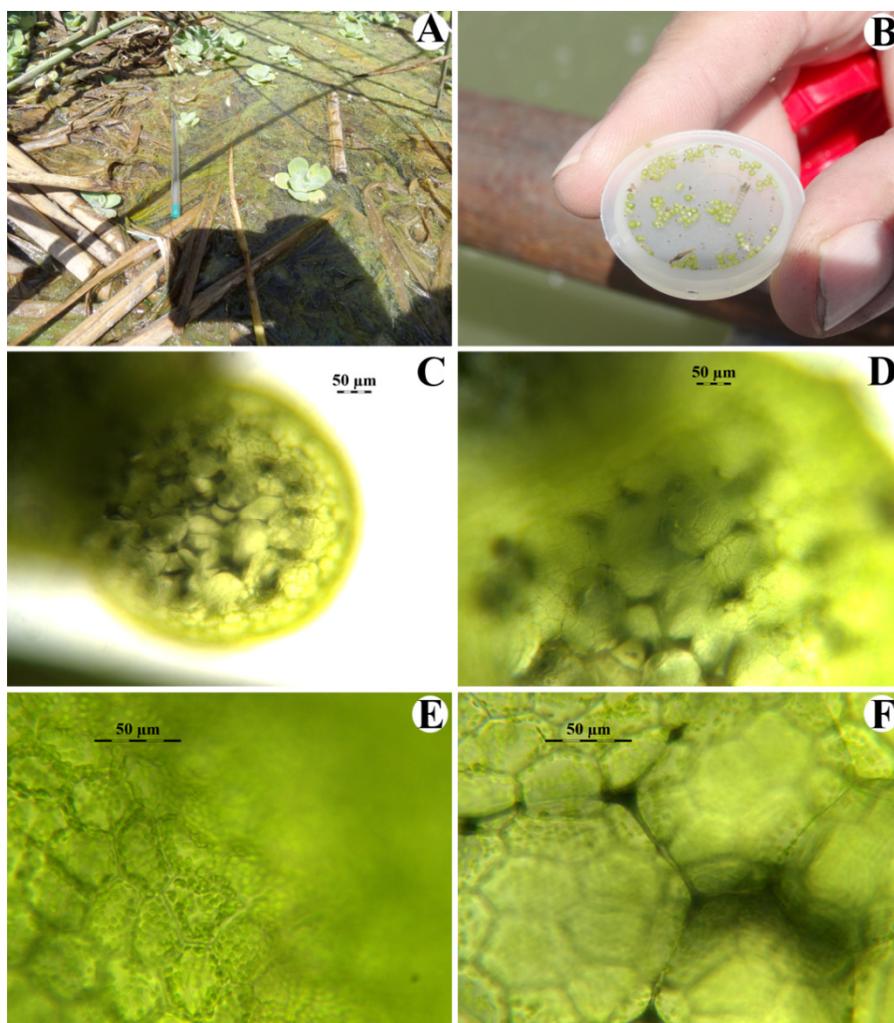


Figura 4: Fotografías de *Wolffia columbiana* hallada en la laguna Alalay. **A.** Crecimiento asociado a *Pistia stratiotes* entre tallos cortados y en

descomposición de *Schoenoplectus californicus* subsp. *tatora*. **B.** Acercamiento de varios individuos, cada elipsoide verde claro corresponde a un individuo. **C.** Vista general al microscopio óptico de una plántula en crecimiento aún adherida a la planta madre. **D.** Enfoque sobre la capa epidérmica (pequeños poliedros plomizos). **E.** Detalle del mesófilo con varios cloroplastos elipsoides por célula. **F.** Enfoque en la hipodermis. Nótese células mucho más grandes y de paredes engrosadas, aún más en la zona de confluencia de tres células.

Agradecimientos

Se agradece al personal del Herbario Criptogámico de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” por su ayuda en la recolección de parte del material utilizado para la producción de este manuscrito. Personal de la Policía Ecológica dependiente de la Alcaldía Municipal de Cochabamba colaboró también facilitando parte del equipo (botes, remos, equipo de seguridad) utilizado en el ingreso a campo. Agradecemos las correcciones y sugerencias de P. Almeida (Instituto de Botánica, Sao Paulo) y N. Salaues (Laboratorio Ambiental Municipal, Cochabamba) que contribuyeron a la mejora del texto. El presente trabajo está dedicado a los 5 años de actividades del Herbario Criptogámico de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo”, Cochabamba.

Referencias

- [1] Acosta, F.; Ayala, R.; Romero A.M.; Muñoz H. & Rejas, D. 2007. *Dinámica de las variables ecológicas ambientales y biológicas de la laguna Alalay (Cochabamba-Bolivia)*. En: Feyen, J.; Aguirre, L.F. & Moraes R.M. (Eds). Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales: Sostenibilidad a Múltiples-Niveles y Escalas Cochabamba-Bolivia II. pp. 1044-1052.
- [2] Ayala, R.; Acosta F.; Mooij, W.M.; Rejas, D. & Van Damme, P.A. 2007. *Management of Laguna Alalay: a case study of lake restoration in Andean valleys in Bolivia*. *Aquatic Ecology* 41:621-630.
- [3] Beach, K.S.; Smith, C.M.; Michael, T. & Shin, H-W. 1995. *Photosynthesis in reproductive unicells of Ulva fasciata and Enteromorpha flexuosa: implications for ecological success*. *Marine Ecology Progress Series* 125: 229-237.
- [4] Biggs, B. 1996. *Pattern in Benthic Algae of Streams*. In: Stevenson, R.J.; Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. (Eds). *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems*. Academic Press. pp. 31-56.

- [5] Cadima, M. 1997. *Algas y macrófitas de la laguna Alalay*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 3:35-46.
- [6] de la Barra, N. 2003. *Clasificación ecológica de la vegetación acuática en ambientes lacustres de Bolivia*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 13: 65-93.
- [7] Giménez, P.T. 2009. *Macrófitos de la cuenca del Ebro: guía visual de campo*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Comisaría de Aguas. 99 pp.
- [8] Hussner, A. & Lösch, R. 2007. *Growth and photosynthesis of Hydrocotyle ranunculoides L. fil. in Central Europe*. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 202: 653-660.
- [9] Hussner, A. & Meyer, C. 2009. *The influence of water level on the growth and photosynthesis of Hydrocotyle ranunculoides L. fil.* Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants 204: 755-761.
- [10] John, D.M. 2002. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press. 702 pp.
- [11] John, D.M. 2003. *Filamentous and plantlike green algae*. In: Wehr, J.D & Sheath, R.G. (Eds). *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press. pp. 311-352.
- [12] Landolt, E. 1986. *The family of Lemnaceae-a monographic study*. Vol. 1. Veroff Geobot. Inst. ETH, Vol. 71. Stiftung Rubel, Zurich. 566 pp.
- [13] Meneses, L. 1997. *La estructura de la comunidad de Cladóceros en la laguna Alalay*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 3:47-58.
- [14] Morales, E.A. & Rivera, S.F. 2012. *Choice of macrophyte substrate in the use of diatoms as indicators of water quality assessment: preliminary data on the case of Alalay Pond (Cochabamba, Bolivia)*. Lakes, Reservoirs and Ponds 6(1-2): 20-42.
- [15] Morales, E.A. & Trainor, F. 1996. *Phytoplankton community of Alalay Pond, Cochabamba, Bolivia*. Algae (The Korean Journal of Phycology) 11(2): 207-215.
- [16] Newman, J.R. & Dawson, F.H. 1999. *Ecology, distribution and chemical control of Hydrocotyle ranunculoides in the U.K.* Hydrobiologia 415: 295-298.
- [17] Parodi, E.R. & Cáceres, E.J. 1993. *Life history of freshwater populations of Rhizoclonium hieroglyphicum (Cladophorales, Chlorophyta)*. European Journal of Phycology 28: 69-74.
- [18] Van Damme, P.A.; Romero, A.M.; Goitia, E.; Rojas, J. & Cadima, M. 1997. *Evaluación de estrategias actuales y alternativas para la recuperación y la conservación de la laguna Alalay (Cochabamba)*. Centro de Medio Ambiente y Recursos

Renovables CEMARR. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. 91 pp.

- [19] van den Hoek, C.; Mann, D.G. & Jahns, H.M. 1995. *Algae. An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, USA. 623 pp.
- [20] White, S.L. & Wise, R.R. 1998. *Anatomy and ultrastructure of Wolffia columbiana and Wolffia borealis, two nonvascular aquatic angiosperms*. International Journal of Plant Science 159(2): 297-304.
- [21] Zarina, A.; Hasan, M-U. & Shameel, M. 2006. *Taxonomic study of the class Siphonocladophyceae Shameel from north-eastern areas of Pakistan*. Pakistani Journal of Botany 38(1): 151-159.