

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UN ENSAMBLE DE PLANTAS
ACUÁTICAS VASCULARES DE UNA REPRESA ALTO ANDINA (SANTANDER-
COLOMBIA)**

**Composition and structure of an aquatic vascular plant assemblage of a high
land dam (Santander- Colombia)**

LICET ROCIO DURÁN SUÁREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE BIOLOGÍA
BUCARAMANGA
2009**

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UN ENSAMBLE DE PLANTAS
ACUÁTICAS VASCULARES DE UNA REPRESA ALTO ANDINA (SANTANDER-
COLOMBIA)**

**Composition and structure of an aquatic vascular plant assemblage of a high
land dam (Santander- Colombia)**

LICET ROCIO DURÁN SUÁREZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Bióloga

Director

HECTOR ESTEBAN TERNEUS JÁCOME

Ph.D en ciencias biológicas

Codirector

JOSÉ ANDRÉS POSADA GARCÍA

M.Sc. en limnología

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2009

CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	4
2.2 FASE DE CAMPO	6
2.3 FASE DE LABORATORIO	8
2.4 ANÁLISIS DE DATOS	8
3. RESULTADOS	9
4. DISCUSIÓN	20
5. CONCLUSIONES	24
6. AGRADECIMIENTOS	24
7. BIBLIOGRAFÍA	25

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Municipio de Tona. Corregimiento de Berlín. Ubicación del Río Jordán. Departamento de Santander-Colombia. Modificado de Mendoza & Orozco, 2005 y Osorio & Salazar, 2006.	5
Figura 2. Esquema de la ubicación de los transectos dentro del área de la Represa.	6
Figura 3 Formas de vida de las plantas acuáticas encontradas en la Represa de Berlín. EE: Enraizadas emergentes; F: Flotantes; H: hidrófitas y S: sumergidas.	9
Figura 4. Cambio en la estructura del ensamble durante las temporadas de transición, sequía y lluvias. T1 : Transecto zona lacustre; T2 : Transecto zona de transición; T3 : Transecto zona riberina; T4 : Transecto litoral poco profundo; T5 : Transecto litoral profundo. T : Temporada de transición; TI : Temporada de lluvias; Ts : Temporada seca.	11
Figura 5. Valores puntuales de Conductividad, pH, T° del agua y precipitación en las temporadas de transición, lluvias y sequía en las diferentes zonas de la represa.	16
Figura 6. Variaciones de los parámetros tomados con el Horiba U-10 durante la temporada de transición en la zona lacustre y en la zona riberina.	17

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1: Lista de especies y porcentaje de cobertura registradas para la Represa de Berlín, indicando formas de vida (EE = Enraizada Emergente, F = Flotante, H = hierba, S = Sumergida)	10
Tabla 2. Análisis de similitud de Jaccard entre los transectos y temporadas de la Represa de Berlín. T: periodo de transición; TI: Temporada de lluvias y Ts: Temporada seca. T1: zona lacustre; T2: Zona de transición; T3: zona ribarina; T4: Litoral profundo y T5: Litoral poco profundo.	13
Tabla 3. Valores de los índices ecológicos, para cada uno de los transectos realizados en cada una de las Temporadas del ciclo hidrológico.	14
Tabla 4. Valores de los parámetros físicos tomados en campo.	18
Tabla 5. Parámetros químicos tomados en la zona de transición.	20

RESUMEN

Título: COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UN ENSAMBLE DE PLANTAS ACUÁTICAS VASCULARES DE UNA REPRESA ALTO ANDINA (SANTANDER-COLOMBIA)*

Autor: Licet R. Durán-Suárez**

Palabras clave: Macrófitas, Represa, Alto andina, distribución, Riqueza.

Considerando que es necesario tener mayor conocimiento sobre este tipo de flora por el papel importante que tienen dentro de los ecosistemas acuáticos, se realizó un trabajo de investigación en la Represa de Berlín, ubicada en un páramo seco a una altitud de 3214 msnm. Los resultados muestran una riqueza de 28 especies de plantas acuáticas, distribuidas en 17 familias; la mayoría de ellas de forma de vida flotante-libre y todas con hábito herbáceo. La familia con mayor número de especies fue Poaceae con cinco especies; sin embargo, la especie con mayor abundancia relativa (cobertura) fue *Myriophyllum aquaticum* de la familia Haloragaceae. No existieron cambios significativos en la riqueza de especies entre temporadas de muestreo. Al analizar la composición espacial en los respectivos transectos se estableció la dinámica del ensamble de plantas acuáticas vasculares evidenciado en el recambio siete especies en las tres temporadas de muestreo. Los cambios espaciales fueron más evidentes, pues se encontró que los transectos de las zonas litorales mostraron, no solo cambios en la composición sino también en la riqueza, mientras que la zona limnética mantuvo su composición. La conductividad fue el factor que mostró mayor influencia sobre la riqueza ya que a mayor riqueza menor conductividad y viceversa.

* Proyecto de grado

** Facultad de ciencias. Escuela de biología. Director: Héctor Esteban Terneus Jácome Ph.D.
Codirector: José Andrés Posada García M. Sc.

ABSTRACT

Título: COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE UN ENSAMBLE DE PLANTAS ACUÁTICAS VASCULARES DE UNA REPRESA ALTO ANDINA (SANTANDER-COLOMBIA)*

Autor: Licet R. Durán-Suárez**

Key words: Macrophytes, Dam, High land, distribution, Richness.

Taking into account that it is necessary increase the knowledge about this type of flora for the important rol that have in the aquatic ecosystem, a study was carried out in the Berlin Dam located in an area of dry páramo at an altitude of 3214 meters above sea level. A total of 28 species of aquatic plants was recorded, distributed in 17 families, most of them belonging to free-floating life form and all of this are herbs. The family with the greatest number of species was Poaceae with five species; however, the species with the highest relative abundance (coverage) was *Myriophyllum aquaticum*, of the family Haloragaceae. There were no significant changes in species richness among the sampling seasons. Analyzing the space composition in the respective transects the dynamics of the assemblage of aquatic vascular plants was established and it evidenced a replacement of species in the three seasons of sampling. Spatial changes were more evident, since it was found that the coastal transects showed not only changes in the composition but also in wealth, while the area remained limnetic composition. The conductivity was the factor that showed the greatest influence on the wealth and greater wealth than to lower conductivity and vice versa.

* Proyecto de grado

** Facultad de ciencias. Escuela de biología. Director: Héctor Esteban Terneus Jácome Ph.D. Codirector: José Andrés Posada García M. Sc

INTRODUCCIÓN

La mayoría de estudios realizados en Limnología históricamente han dejado de lado las macrófitas como parte del sistema acuático “(Quieróz et al., 2003)”. Luego se analizó el rol de las macrófitas desde el punto de vista del reciclaje de nutrientes “(Matos et al., 2004)” y recientemente se ha centrado su atención en estudios sobre el impacto en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y la diversidad “(Thomaz et al., 2008)”.

Indirectamente las plantas acuáticas también indican el nivel de eutrofización de los cuerpos de agua y además, éstas reaccionan al cambio climático de manera rápida “(Rojas & Novelo, 1995; García et al., 2006)”. Por estas características se puede decir que el ensamble de plantas acuáticas es extremadamente dinámico “(Otáhelová & Valachovik, 2002)”; “García et al. (2006)” sugieren que la flora constituye un recurso natural para obtener información del estado de salud ambiental y ecología en algunas zonas.

Algunas características limnológicas influyen la abundancia de las macrófitas acuáticas en los cuerpos de agua; tales como la temperatura, las propiedades químicas del agua, la disponibilidad de luz para las plantas, el grado de herbivoría dentro del agua y el efecto antrópico en cuencas hidrográficas y orillas de los lagos “(Barko et al., 1982); facilitando el cambio en la estructura y composición florística de la vegetación acuática “(Hamashima, 1979)”. Variables como los nutrientes, la radiación subacuática (Thomaz, com. Per.) y el pH, pueden influenciar la riqueza de especies de macrófitas “(Hutchinson, 1975)”, especialmente de las sumergidas “(Vestergaard and Sand-Jensen, 2000)”; mientras que la riqueza de especies de plantas emergentes presenta una relación con el área colonizada en los cuerpos de agua “(Møller and Rørdam, 1985)”.

Las macrófitas acuáticas constituyen aproximadamente el 1% de la flora vascular del mundo “(Ramírez et al., 1982; Chambers et al., 2008)” siendo ahora el centro de muchas investigaciones. En la actualidad ha aumentado el interés por los beneficios que estas plantas pueden ofrecer como fertilizantes, en manufactura de cartón, en la producción de biogás y sobre todo como material absorbente de metales pesados, colorantes “(Celis et al., 2005; Robinson et al., 2006)” y pesticidas “(Miglioranza et al., 2004)”; algunas especies se usan en el tratamiento de aguas, tanto residuales como de sistemas acuáticos naturales “(Celis et al., 2005; Goulet et al., 2005)” con el fin de disminuir las cargas de contaminantes o nutrientes presentes en la columna de agua y mejorar su transparencia “(Terneus, 2002; Miglioranza et al., 2004)”.

Estudios realizados por “Henry-Silva y Camargo (2006)” han comprobado que por sus componentes se utilizan en la fabricación de alimentos balanceados para animales. Estas plantas constituyen sitios adecuados para el desove de algunas especies de peces e insectos, además de contribuir a una mayor diversidad de zooplancton, y proveer refugio para disminuir la presión de los depredadores por peces planctívoros “(Jeppesen et al., 1997)”.

Algunas especies son consideradas malezas “(Nagasaka et al., 2002)”;

esto se evidencia en condiciones de eutrofia e hipereutrofia “(Meerhoff et al., 2006)”, procesos que facilitan la colonización por macrófitas lo que trae como consecuencia bloqueo de canales, bombas de irrigación y obstaculización de la navegación en los lugares en donde se encuentran “(Diniz et al., 2005)” además, pueden aumentar algunas enfermedades asociadas a condiciones de aguas quietas “(Schmidt-Mumm, 1987)”.

El estudio de la composición de plantas acuáticas se ha extendido en diferentes países a través de los cinco continentes siendo Europa “(Khedr and El-Demerdash, 1997; Aguinaco et al., 1989, entre otros)” y América “(Chimney et al.,

2006; Bini et al., 2005; entre otros)”, los que cuentan con la mayoría de los estudios. En Latinoamérica se han realizado estudios de diversidad, distribución, estado de conservación y beneficios que se obtienen de las macrófitas acuáticas; sin embargo, en Colombia son pocos los trabajos sobre el ensamble de plantas acuáticas, presentándose principalmente estudios sobre su evaluación y mejoramiento de la calidad de agua “(Rodríguez, 2004; Vanegas, 2004)”.

Los ecosistemas paramunos presentan por sus características un alto grado de endemismo (Miranda et al., 2003). Los estudios de flora acuática son poco frecuentes; los trabajos más conocidos son los realizados por “Rangel y Aguirre (1983)”, en la Laguna de Tota; algunos estudios de flora de páramos, los cuales documentan algunas especies hidrófitas como los realizados por “Cleef (1981)” quien caracterizó azonal y altitudinalmente, la vegetación de los páramos de la Cordillera Oriental Colombiana; y “Sánchez et al., 1989” en depósitos turbosos ubicados en los alrededores de Bogotá, entre otros.

El Corregimiento de Berlín (Tona- Santander), no cuenta con un sistema que permita el tratamiento de las aguas negras generadas por los habitantes del sector, y éstas cargas desembocan en el cauce del Río Jordán, principal afluente de la Represa; la cual permite la retención de todos estos nutrientes; éstos, junto con los restos de fertilizantes que se utilizan en la agricultura de la zona, han favorecido la colmatación vegetal de este cuerpo de agua, lo cual según los habitantes del sector, produce una reducción en la biomasa (peces), la recreación y el turismo en la zona.

En los estudios con plantas acuáticas, hay que tener en cuenta los cambios en la dinámica poblacional que sufren estas comunidades y la susceptibilidad a la extinción local, por lo que se hace relevante llevar registros de estas novedades y ayudar de esta manera con información que posteriormente permita la

conservación tanto de las plantas como de los cuerpos de agua donde éstas plantas se presentan “(Rojas y Novelo, 1995)”.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la flora vascular acuática de la represa ubicada en el páramo de Berlín- Santander sobre el curso del río Jordán, así como determinar si existen cambios espaciales y temporales en el ensamble, además de relacionar las especies presentes con algunos parámetros físicos del espejo de agua tomadas in situ en cada muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La antigua Represa del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), fue construida para alimentar la truchifactoría perteneciente al INPA, es una Represa de reborde; se sitúa en el Corregimiento de Berlín, Municipio de Tona, se ubica al nor-orienté del departamento de Santander (Figura 1), hace parte de la región biogeográfica de Santurbán. Se encuentra a $7^{\circ}11' N$ y $72^{\circ}52' E$, a una altitud de 3214 msnm, tiene aproximadamente 100 m. de ancho y una profundidad promedio de 3.30 m. El Páramo de Berlín tiene una precipitación media 685,8 mm., muestra un comportamiento bimodal con dos temporadas de lluvia en los meses de abril- mayo y septiembre- octubre y periodo de sequía entre diciembre y marzo, siendo más seco diciembre “(Rangel, 2002)”.

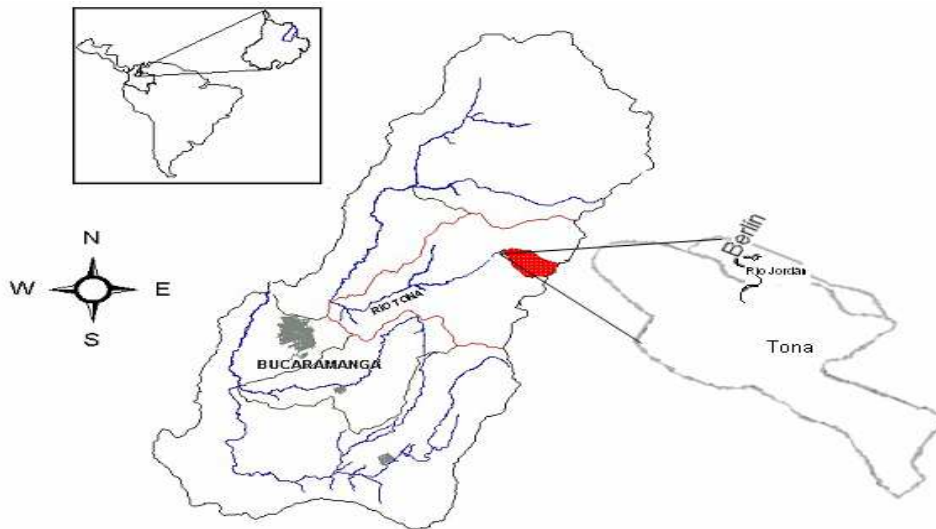


Figura 1. Municipio de Tona. Corregimiento de Berlín. Ubicación del Río Jordán. Departamento de Santander-Colombia. Modificado de Mendoza & Orozco, 2005 y Osorio & Salazar, 2006.

El principal afluente de ésta Represa, el río Jordán, nace en estribaciones de la vereda Parra-Juan Rodríguez a 3700 msnm; durante su recorrido tiene una extensión de 20 Km. aproximadamente y muere al unir sus aguas con el río Chitagá en el departamento de Norte de Santander. La cuenca hidrográfica del río Jordán esta constituida por nacimientos y cauces de varias quebradas, riachuelos, hilos de agua, algunos humedales y pequeñas lagunas, las cuales nacen en las colinas altas y medias, infiltrándose en el suelo para posteriormente brotar en las zonas bajas.

El paisaje comprende un ecosistema de páramo seco, clima frío con vegetación de pajonales y valles estrechos rodeados de colinas. Dada su geografía presenta pendientes suaves a moderadas con meteorización arenosa debido a la presencia de rocas ígneas y metamórficas duras y quebradizas "(Ceballos et al., 2002)", por lo que se presenta un perfil de meteorización y un sistema estructural que permite el transporte de agua por medio de mallas interconectadas por fracturas intensas

hasta Bucaramanga, favoreciendo la existencia de acuíferos superficiales asociados a eventos glaciares “(Ceballos et al., 2002)”.

Fase de Campo

Para la colecta del material florístico se realizaron tres muestreos; uno en temporada de lluvia (octubre 12 de 2007), otro en temporada seca (diciembre 18 de 2007) y otro en periodo de transición (abril 18 de 2007). Se utilizaron 5 transectos de 9m. de largo por 4m de ancho, ubicados desde la orilla hacia el centro de la laguna “(Kiersh et al., 2004)”;

la ubicación de cada uno de los transectos se realizó teniendo en cuenta las zonas propuestas por “Kiersh et al. (2004)”: lacustre (cerca de la presa), riberina (la cola de la presa), de transición (parte media de la presa), litoral poco profundo y litoral profundo (Figura 2).

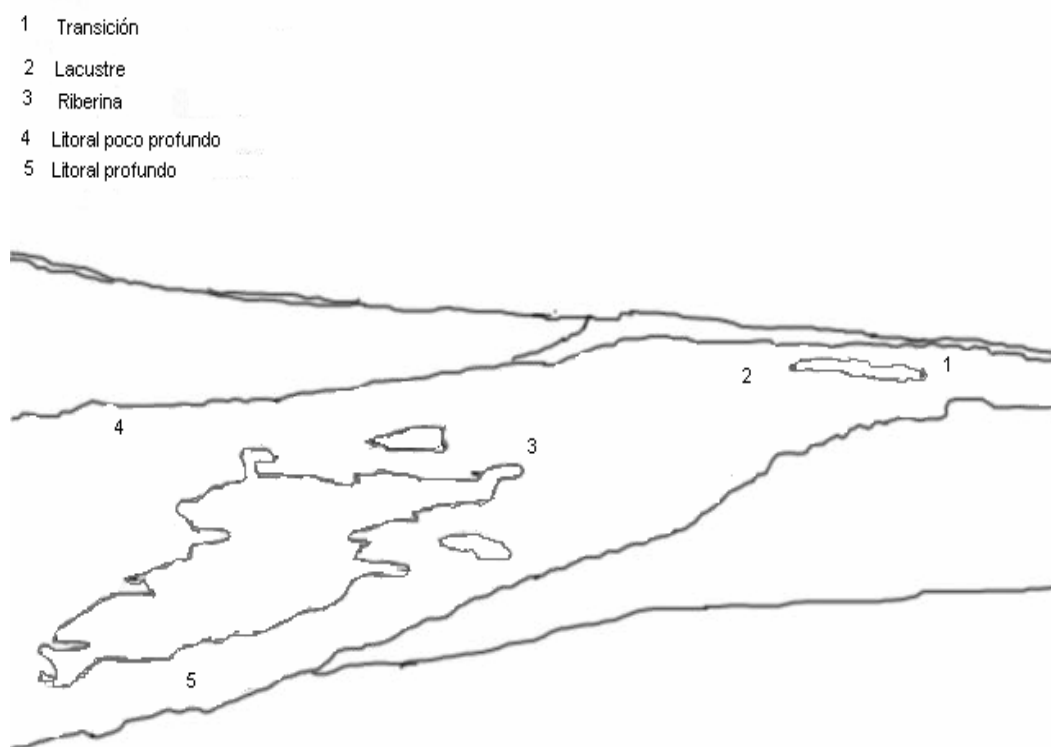


Figura 2. Esquema de la ubicación de los transectos en la Represa de Berlín

Los porcentajes de cobertura de cada especie, se estimaron teniendo en cuenta imágenes fotográficas y observaciones directas tomando como referencia una cuerda de 9 m.; con marcaciones metro a metro, dado que sólo se tuvo acceso directo a los transectos en el primer muestreo por motivos de seguridad; los parámetros físicos se tomaron en la zona litoral de cada transecto. Así mismo se tomaron muestras al azar, cerca de los transectos para documentar cambios en la composición general de la Represa.

Siguiendo la metodología de "Petean et al. (2003)"; cuatro muestras de cada especie fueron colectadas y depositadas como isotipos en diferentes Herbarios. Los datos de forma de vida (Esteves, 1998), presencia y coloración tanto de partes vegetativas como reproductivas fueron anotadas en cada colecta. Para la realización de este trabajo se tuvieron en cuenta las especies hidrófitas encontradas en la zona del litoral poco profundo.

En el primer muestreo los parámetros limnológicos como turbidez, profundidad, conductividad, pH y temperatura se tomaron "in situ" con una sonda multiparámetros (Horiba U10), en dos puntos; uno ubicado cerca de la presa, y otro en el punto medio y no en los transectos; mientras que en salidas posteriores se midió "in situ" la temperatura del agua; el pH; la conductividad, la transparencia (Disco Secchi), y la profundidad de la lámina de agua en dos puntos de la Represa.

Las muestras de agua que se emplearon para los análisis de parámetros químicos (DBO, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fosfatos totales, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos suspendidos volátiles) se tomaron después del último muestreo, en frascos plásticos de 2 L. Las muestras se preservaron con 1 ml de ácido sulfúrico por litro de agua, finalmente se transportaron en una cava con hielo al laboratorio de aguas y suelos de la Corporación autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga

(CDMB), donde fueron analizados. El lugar de muestreo se marcó con Geoposicionador y los datos climatológicos se obtuvieron de la estación meteorológica de Berlín (IDEAM).

Fase de laboratorio

Las muestras botánicas colectadas se herborizaron siguiendo la misma metodología para plantas terrestres "(Mori et al., 1985)", este proceso se llevó a cabo en el herbario de la Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB). El material botánico fue determinado taxonómicamente por especialistas en el área y por medio de comparaciones con excicados revisados en el Herbario de la Universidad de Antioquia, y fue corroborado con bibliografía especializada "(Velásquez, 1994, Judd et al, 1999)". Las copias del material se depositaron en el herbario de la Universidad Industrial de Santander (UIS), en el Herbario de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) y en el Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA).

Análisis de datos

Teniendo en cuenta la abundancia relativa se estimaron algunos índices de diversidad, riqueza (Margalef), dominancia (Simpson) y equidad (Shannon); la similitud entre transectos se determinó por medio de Chi cuadrado y el índice de Jaccard. Con los datos obtenidos para flora y parámetros, se realizó la tabla de cobertura de cada especie en cada una de las temporadas. Los parámetros físicos se correlacionaron entre sí por medio del coeficiente de correlación de Pearson, el cual es una medida de correlación lineal.

RESULTADOS

La represa mostró un proceso continuo de colmatación acelerada por invasión de plantas acuáticas. Durante el periodo de estudio, se encontraron 28 especies de plantas acuáticas correspondientes a 17 familias. Todas las muestras colectadas presentan un hábito de crecimiento herbáceo, de las cuales 12 (42.86 %) son Liliopsida y 16 (57.14 %) Magnoliopsida. La forma de vida predominante es la enraizada emergente con 18 especies (62.06%), seguida de flotantes con 8 (27.58%), hidrófitas con 2 (6.89%) y sumergidas con 1 (3.44%) como se muestra en la Figura 3.

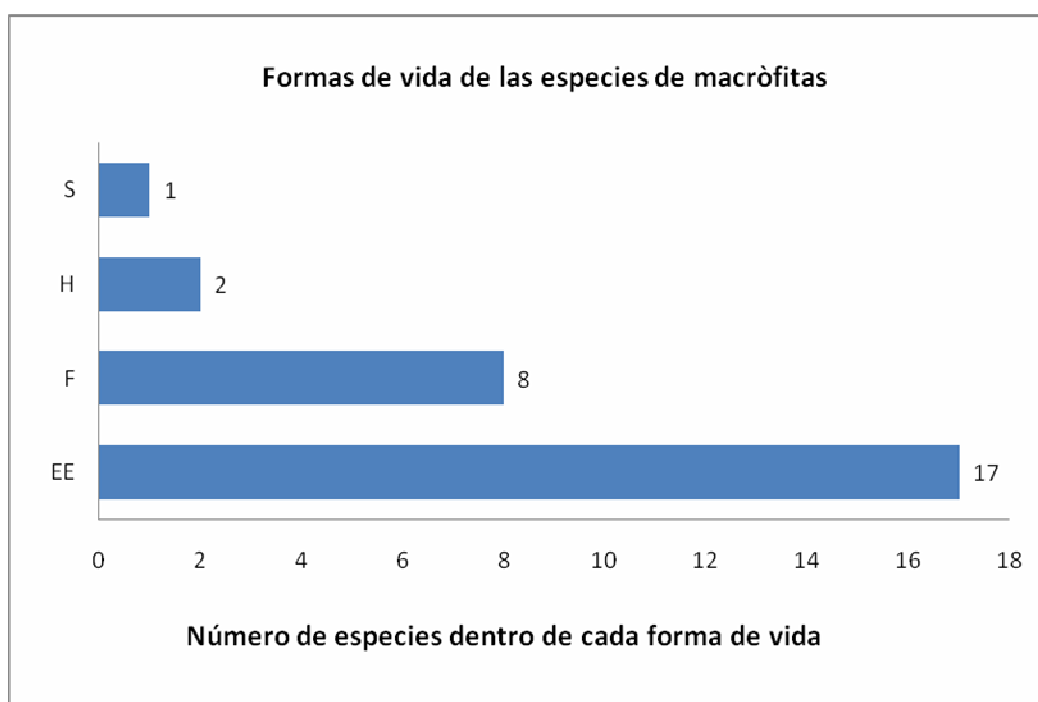


Figura 3. Formas de vida de las plantas acuáticas encontradas en la Represa de Berlín. EE: Enraizadas emergentes; F: Flotantes; H: hidrófitas y S: sumergidas.

<i>Lemna minor</i>	F	20	0	10	0	0	20	0	***	0	0	25	0	***	0	0
Plantaginaceae																
<i>Plantago</i> sp.	H	0	0	0	0,1	0	0	0	***	0	0	0	0	***	0	0
Poaceae																
<i>Holcus lanatus</i>	F	8	7	0	0	0	5	10	***	0	0	0	0	***	0	0
<i>Muhlenbergia</i> cf. <i>tenella</i>	EE	0	0	0	1	0	0	0	***	2	0	0	0	***	1	0
<i>Muhlenbergia nigra</i>	EE	0	0	0	8	0	0	0	***	5	0	0	0	***	5	0
<i>Poa</i> sp.	EE	0	0	0	1	0	0	0	***	0	0	0	0	***	0	0
sp.	EE	0	0	0	0	0	0	0	***	0	0	0	0	***	5	0
Polygonaceae																
<i>Polygonium aviculare</i>	EE	0	0	0	4	0	0	0	***	8	0	0	0	***	9	0
<i>Rumex acetocella</i>	F	0	0	0	0	40	0	0	***	0	25	0	0	***	0	22
<i>Rumex crispus</i>	F	8	3	0	3	0	10	10	***	3	10	17	10	***	14	0
Potamogetonaceae																
<i>Potamogeton paramoanus</i>	S	0	0	20	0	0	0	0	***	0	0	0	0	***	0	0
Ranunculaceae																
<i>Ranunculus flagelliformis</i>	EE	0	0	0	5	0	0	0	***	5	0	0	0	***	5	0
<i>Ranunculus</i> sp.	EE	0	0	0	5	0	0	0	***	7	0	0	0	***	8	0
Rosaceae																
<i>Lachaemilla orbiculata</i>	EE	0	0	0	0,5	0	0	0	***	1	0	0	0	***	1	0
Rubiaceae																
<i>Gallium hypocarpium</i>	EE	0	0	0	10	0	0	0	***	8	0	0	0	***	5	0
Scrophulariaceae																
<i>Mimulus glabratus</i>	EE	0	0	0	1	0	0	0	***	1	0	0	0	***	1	0

En los diferentes transectos se encontraron 4 especies compartidas, *M. aquaticum*, *Hydrocotyle* cf. *bonplandii*, *Holcus lanatus* L. y *Rumex crispus* L., ésta última se encontró en todos los transectos y junto con *H. lanatus*, las cuales como dato adicional son utilizadas por los habitantes del sector para alimentación de ganado. En el litoral poco profundo se registraron 16 especies diferentes a las encontradas en los otros puntos de muestreo, con una baja cobertura. En la zona riberina se evidenció la presencia de *Potamogeton paramoanus* L. con una área de cobertura del 20%, siendo la única planta sumergida encontrada en la represa, asociada a *Hydrocotyle* cf. *bonplandii*.

En el muestreo realizado durante la época de lluvia se evidenció un leve aumento en la cobertura de algunas especies (Figura 4), un 85% de las especies se encontró en periodo de floración. A partir de este muestreo, no se tiene acceso al transecto ubicado en la zona riberina, por avance de la cobertura de *M. aquaticum*.

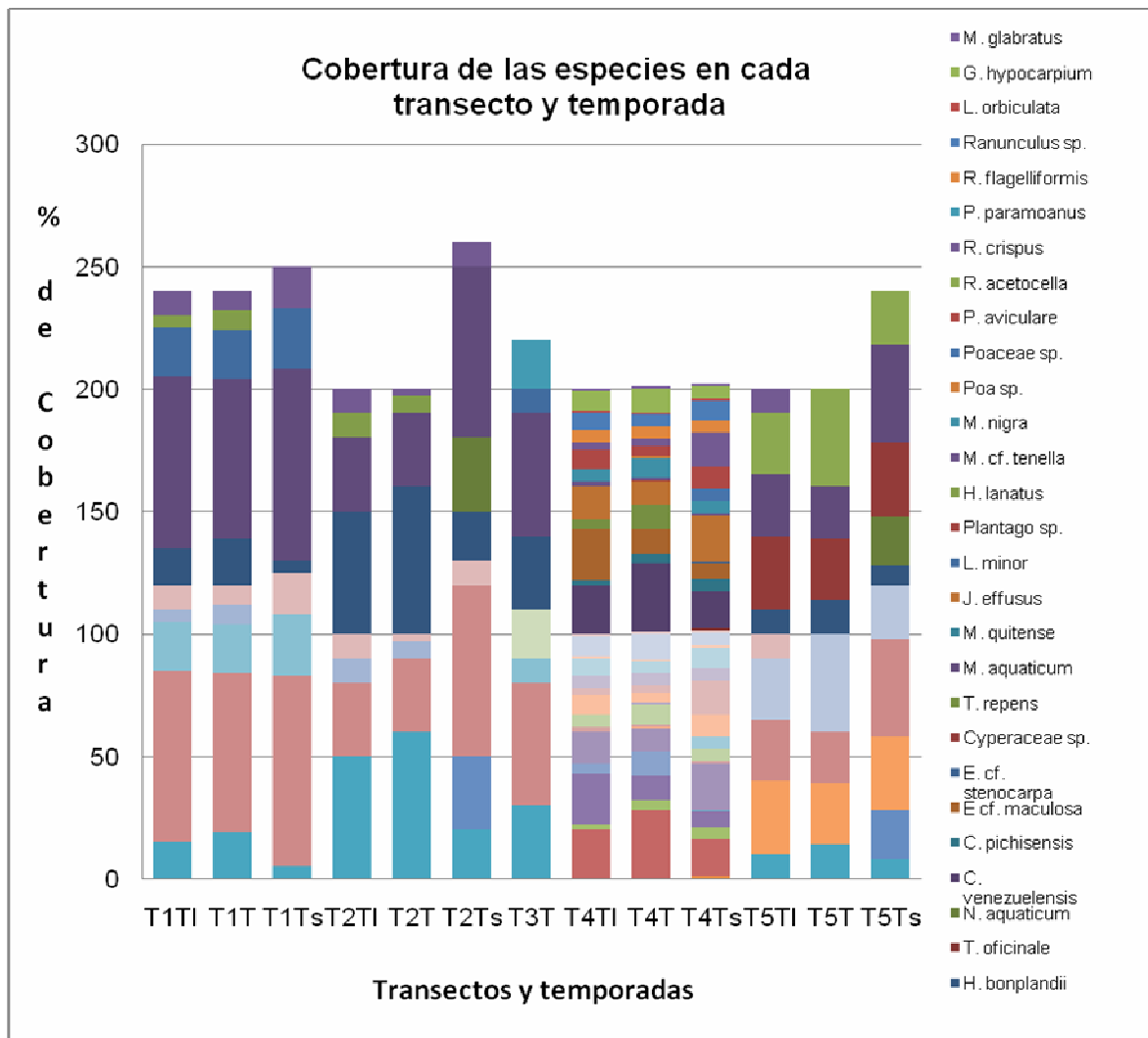


Figura 4. Cambio en la estructura del ensamble durante las temporadas de transición, sequía y lluvias. **T1**: Transecto zona lacustre; **T2**: Transecto zona de transición; **T3**: Transecto zona riberina; **T4**: Transecto litoral poco profundo; **T5**: Transecto litoral profundo. **T**: Temporada de transición; **TI**: Temporada de lluvias; **Ts**: Temporada seca.

La cobertura de las especies no mostró cambios significativos a través de los periodos hidrológicos ($p=0.13$); reflejándose en un índice de Jaccard con altos valores (0.72%) como se muestra en la tabla 2, sin embargo, *Lemna minor* L. aumentó su cobertura en un 100% y se encontró en el litoral de la zona lacustre;

Myriophyllum aquaticum también mostró una ampliación del 35% en cobertura en temporada de lluvia, dejando un espejo de agua reducido y reemplazando a *Hydrocotyle cf. bonplandii* y *Holcus lanatus*; esta última fue totalmente sustituida por *M. aquaticum* para el último muestreo, la cual presenta un comportamiento de invasora.

Tabla 2. Análisis de similitud de Jaccard entre los transectos y temporadas de la Represa de Berlín. T: periodo de transición; TI: Temporada de lluvias y Ts: Temporada seca. T1: zona lacustre; T2: Zona de transición; T3: zona ribarina; T4: Litoral profundo y T5: Litoral poco profundo.

	T1T	T2T	T3T	T4T	T5T	T1TI	T2TI	T4TI	T5TI	T1Ts	T2Ts	T4Ts	T5Ts
T1T	1	0,8	0,5	0,05	0,2857	1,0	0,8	0,0556	0,429	0,8	0,5	0,05	0,25
T2T	0,8	1	0,3333	0,053	0,3333	0,8	1,0	0,0588	0,5	0,6	0,6	0,053	0,2857
T3T	0,5	0,333	1	0,0	0,3333	0,5	0,333	0,0	0,286	0,6	0,3333	0,0	0,2857
T4T	0,05	0,053	0,0	1	0,0	0,05	0,053	0,875	0,05	0,053	0,0526	0,684	0,0
T5T	0,2857	0,333	0,3333	0,0	1	0,2857	0,333	0,0	0,8	0,333	0,3333	0,0	0,8
T1TI	1,0	0,8	0,5	0,05	0,2857	1	0,8	0,0556	0,429	0,8	0,5	0,05	0,25
T2TI	0,8	1,0	0,3333	0,053	0,3333	0,8	1	0,0588	0,5	0,6	0,6	0,053	0,2857
T4TI	0,0556	0,059	0,0	0,875	0,0	0,0556	0,059	1	0,056	0,059	0,0588	0,765	0,0
T5TI	0,4286	0,5	0,2857	0,05	0,8	0,4286	0,5	0,0556	1	0,5	0,5	0,05	0,6667
T1Ts	0,8	0,6	0,6	0,053	0,3333	0,8	0,6	0,0588	0,5	1	0,6	0,053	0,2857
T2Ts	0,5	0,6	0,3333	0,053	0,3333	0,5	0,6	0,0588	0,5	0,6	1	0,053	0,5
T4Ts	0,05	0,053	0,0	0,684	0,0	0,05	0,053	0,7647	0,05	0,053	0,0526	1	0,0
T5Ts	0,25	0,286	0,2857	0,0	0,8	0,25	0,286	0,0	0,667	0,286	0,5	0,0	1

Durante la temporada de transición, la mayor riqueza de macrófitas se encuentra en la zona lacustre, mientras que para los otros dos periodos del ciclo, se encuentra cerca al dique, puesto que *M. aquaticum* cubre la mayor parte del espejo de agua y aísla otras especies, las cuales se ubican en dicha zona.

En la zona de litoral poco profunda, también se notó un cambio de especies durante el estudio; ya que *Plantago* sp. y *Poa* sp., sólo se encontraron en el primer muestreo, *Trifolium repens* L., desapareció para el último muestreo; mientras que

Taraxacum officinale G. H. Weber ex Wigg. y *Eleocharis* cf. *stenocarpa* Svenson, se reportan sólo en temporada seca. En el sustrato de este transecto se evidenció la presencia de musgos y hepáticas. Esta zona presentó mayor riqueza durante la realización de este estudio, con un índice de Shannon entre 2.28 y 2.41; así como una menor equitatividad con un índice de Simpson de 0.89 (tabla 3).

Tabla 3. Valores de los índices ecológicos, para cada uno de los transectos realizados en cada una de las Temporadas del ciclo hidrológico.

Transecto	Índices ecológicos					
	Riqueza	% Indvs.	Diversidad de Shannon	Dominancia de Simpson	Margalef	Equidad
T1T	5	120	1,28	0,64	0,84	0,80
T2T	4	100	1,00	0,50	0,70	0,70
T3T	4	110	1,24	0,68	0,64	0,90
T4T	16	99	2,33	0,87	3,26	0,84
T5T	4	99	1,32	0,71	0,65	0,95
T1TI	5	120	1,21	0,61	0,84	0,75
T2TI	4	100	1,17	0,64	0,65	0,84
T4TI	14	99	2,28	0,87	2,83	0,86
T5TI	5	100	1,52	0,77	0,87	0,94
T1Ts	4	125	1,02	0,55	0,62	0,73
T2Ts	4	130	1,16	0,63	0,62	0,83
T4Ts	16	101	2,41	0,89	3,25	0,87
T5Ts	5	120	1,50	0,76	0,84	0,93

En muestras tomadas al azar fuera de los transectos se encontró, aguas arriba y aguas abajo de la represa dos poblaciones de plantas sumergidas, *Myriophyllum quitense* Kunth y *Potamogeton paramoanus* a través de todo el estudio; y dentro de la represa en el último muestreo se encontró *Nasturtium aquaticum* (L.) Schinz & Thell., en periodo de floración, con una cobertura aproximada del 5% de la represa, flotando en litoral de la zona de transición, y cerca de la zona de litoral profundo. *Lemna minor* se encontró cerca del dique y bordeando el litoral de la zona lacustre, junto con *Miriophyllum aquaticum*.

En el transecto del litoral profundo, domina *Rumex acetosella* L. y *M. aquaticum*; en menor proporción se encuentran *Muhlenbergia nigra* Hitchc, *Muhlenbergia* cf. *tenella* (H.B.K.) e *Hydrocotyle* cf. *bonplandii*.

En la temporada seca aumenta considerablemente la cobertura de *M. aquaticum* de tal manera que dificultó la entrada a los dos primeros transectos, el espejo de agua se redujo, se encontraron las plantas en periodo de floración. Se nota la disminución de *H. lanatus*, y la riqueza de plantas presente en la represa entre temporadas osciló entre 21 y 24 especies entre temporadas. No se tuvo acceso al transecto ubicado en la zona ribericina de la presa. En el litoral poco profundo aumenta la conductividad a 82.8 $\mu\text{s}/\text{cm}$; siendo éste el máximo valor para este parámetro durante todo el estudio; y se encontraron algunas especies diferentes a las encontradas otras temporadas como una *Eleocharis* cf. *stenocarpa* y *Taraxacum officinale*.

En periodo de sequía, se mantiene una composición similar al periodo de lluvias, aunque disminuye la cantidad de plantas en floración; se nota la presencia de *Nasturtium aquaticum* cerca de los transecto del centro y litoral profundo; a pesar de no estar dentro de los transectos se aprecia una cobertura de aproximadamente 10% de la Represa. Para esta época; el avance de *M. aquaticum* deja un espejo de agua de aproximadamente 1 m².

Los valores de pH y T° del agua, no variaron considerablemente durante el estudio (S= 0.41 y S=1.05 respectivamente), en contraste con la conductividad; la cual mostró un cambio gradual durante el estudio y en los puntos de muestreo; mostró una variación en el litoral poco profundo (S=25.92); y en el litoral profundo (S=15.88).

La temperatura, el pH y la conductividad, se tomaron in situ y a nivel superficial (Figura 5); excepto para el primer muestreo, en el cual se tomaron datos con

horiba U-10. En la zona lacustre se muestra una clara estratificación aproximadamente a 1 m de profundidad para todos los parámetros, mientras que en la zona ribericina se encuentra una profundidad de 0.65 m.; el pH, la conductividad, la temperatura y la turbidez se mantienen estables, mostrándose algunos cambios cerca el sustrato (Figura 6).

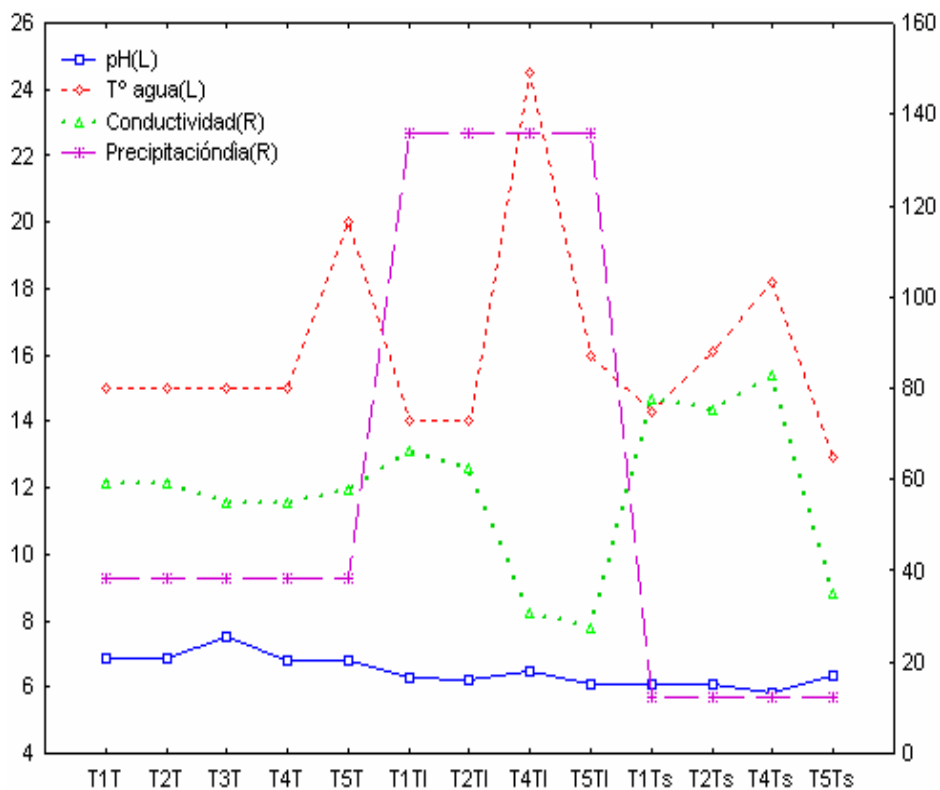


Figura 5. Valores puntuales de Conductividad, pH, T° del agua y precipitación en las temporadas de transición, lluvias y sequía en las diferentes zonas de la represa.

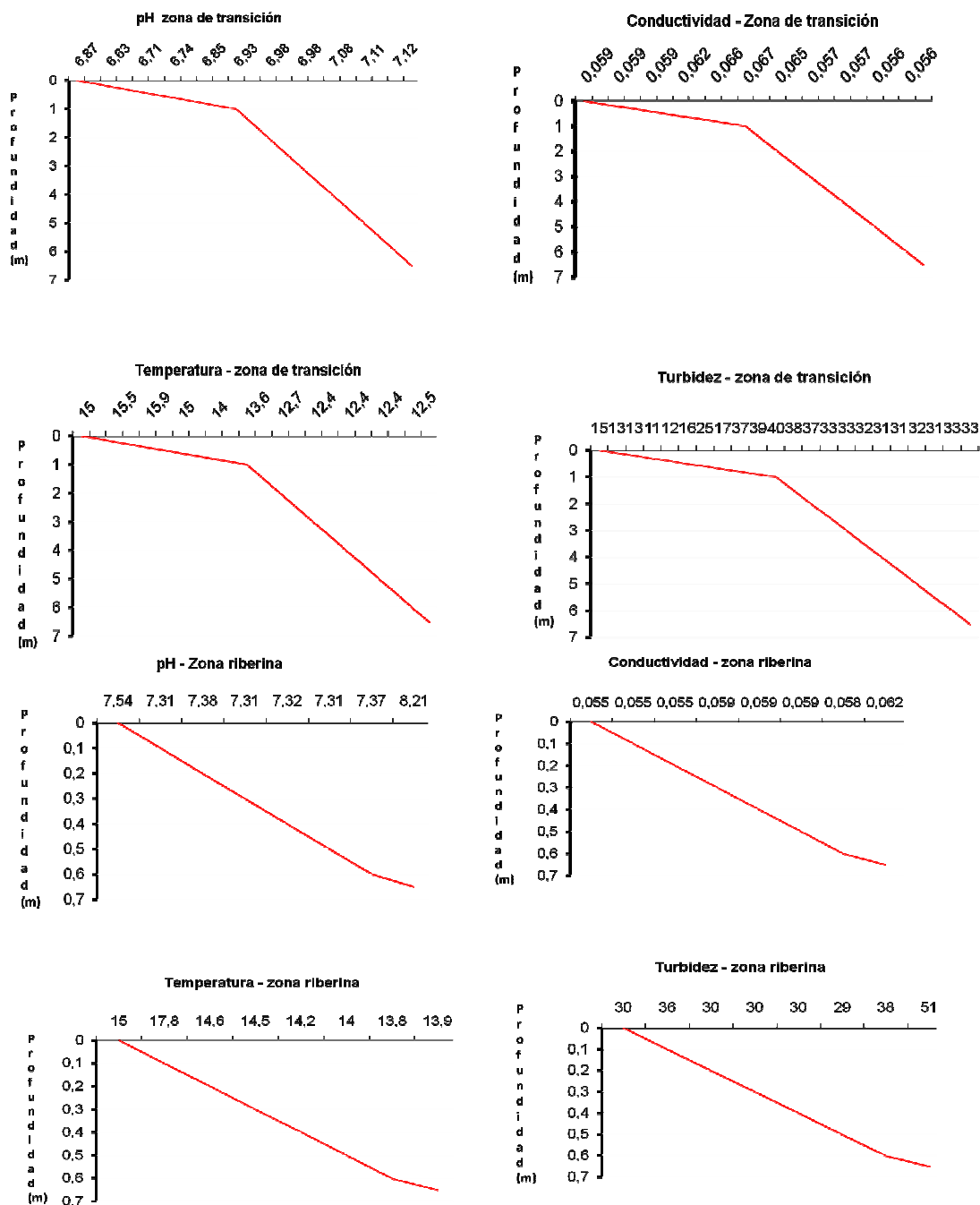


Figura 6. Variaciones de los parámetros tomados con el Horiba U-10 durante la temporada de transición en la zona lacustre y en la zona ribarina.

Durante la temporada de lluvias y sequía las mediciones de los parámetros se realizó superficialmente excepto para el transecto ubicado en el centro, el cual no se pudo muestrear por avance de la vegetación y la dificultad para maniobrar. En

temporada de lluvia la conductividad disminuye notablemente hacia los litorales; el pH osciló entre 6.08 y 6.5, y la temperatura se mantuvo estable excepto en el litoral poco profundo donde aumentó.

Los cambios en la temperatura se presentaron entre transectos con una fluctuación de 0.5 – 1° C aproximadamente entre transectos, excepto en los litorales profundo y poco profundo donde hubo una desviación estándar de 4.83 y 3.56 respectivamente.

En la temporada seca la conductividad se mantiene baja en el litoral profundo; sin embargo, ésta aumenta notablemente en el litoral poco profundo. Mientras que el pH, se mantiene oscilando entre 6.35 y 6.07, y muestra una disminución en el litoral poco profundo, donde llega a un valor de 5.84. La temperatura se mantuvo estable excepto en el litoral poco profundo guardando similitud con lo encontrado en transición (tabla 4).

Tabla 4. Valores de los parámetros físicos tomados en campo.

Fecha	Transecto	pH	Conductividad (µs/cm)	T° del agua (°C)	T° ambte. (°C)	Hora
18 de abril de 2007	T1T	6,87	59,0	15	15,2	9:24
	T2T	6,87	59,0	15	23,4	12:05
	T3T	7,54	55,0	15	20,3	13:30
	T4T	**	55,0	15	24,0	14:00
	T5T	**	58,0	20	18,0	14:30
12 de octubre de 2007	T1TI	6,28	66,1	14	13,7	10:30
	T2TI	6,22	62,4	14	18,7	11:00
	T3TI	**	**	**	**	**
	T4TI	6,5	31,0	24,5	19,0	13:20
	T5TI	6,08	27,5	16	21	15:00
18 de diciembre de 2007	T1Ts	6,07	77,8	14,3	21,9	11:00
	T2Ts	6,08	75,2	16,1	26,6	11:10
	T3Ts	**	**	**	**	**
	T4Ts	5,84	82,8	18,2	22,4	11:18
	T5Ts	6,35	35,1	12,9	17,8	11:40

** No se tienen datos.

En las zona lacustre y de transición que presentan mayores valores de conductividad se presenta una menor riqueza de especies, mientras que en la zona de los litorales se presenta una mayor riqueza de especies y menores valores de conductividad y mayores valores para temperatura; especialmente en el litoral poco profundo donde se presenta la mayor riqueza.

Para la toma de variables químicas se realizó una salida posterior. Se resalta que en ésta última salida realizada el 6 de marzo de 2008; se notó el aumento en la cobertura de *M. aquaticum*, especie que cubrió el espejo de agua junto a la presa y redujo en un 50% la zona ribarina.

Durante todo el estudio se observó contaminación al cuerpo de agua por vertimientos de agua servida, basura y agroquímicos que llegan por escorrentía debido a los sembríos de cebolla y papa que se mantienen a su alrededor.

En el transecto ubicado en la zona lacustre; el pH presenta una correlación negativa con la conductividad y una correlación positiva con la temperatura. En la zona de transición se mantiene una correlación negativa entre el pH y la conductividad; y ésta última presenta una correlación positiva con la temperatura, y a su vez la temperatura muestra una correlación negativa con la precipitación.

En la zona litoral poco profunda se mantiene una correlación negativa entre pH y conductividad; y entre ésta última y la precipitación, mientras que se presenta una correlación positiva entre la precipitación y la temperatura. En la zona de litoral profundo se presenta una correlación positiva entre el pH y la conductividad, y ésta última con la temperatura.

Los datos de los parámetros químicos se tomaron en un punto ubicado en la zona de transición se llevó a cabo en una salida realizada el 6 de marzo de 2008, y sus datos se relacionan en la tabla 5.

Tabla 5. Parámetros químicos tomados el 6 de marzo de 2008.

Parámetros químicos	Valores	Unidades	Método usado
pH	7,59	Unidad de pH	Potenciométrico
Conductividad	93	µs/cm	Conductimétrico
Turbiedad	5,6	NTU	Nefelométrico
OD	1,6	mg O ₂ /L	Winkler-Modificación azida
DQO	32	mg O ₂ /L	Reflujo cerrado-Titulométrico
DBO ₅	3,6	mg DBO ₅ /L	DBO cinco días
Nitrógeno total Kjeldahl	1,1	mg N/L	Digestión-ión selectivo
Nitrógeno amoniacal	0,21	mg N/L	Ion selectivo
Nitritos	0,044	mgN/l	Colorimétrico
Nitratos	1,49	mgN/l	Digestión-colorimétrico
Fósforo total	0,27	mgP/l	Digestión-Colorimétrico. Ác. Ascórbico
Sólidos totales	122	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos	21	mg/L	Secados a 103-105°C
Sólidos suspendidos volátiles	13	mg/L	Calcinados a 550°C

DISCUSIÓN

El curso del río Jordán a cambiado de lóxico a léxico, esto ha permitido la colmatación vegetal, semejante a lo ocurrido en la estación hidroeléctrica Gabčíkovo ubicada sobre el curso del Río Danubio (Eslovaquia) “(Otáheová & Valachovic, 2002)”; ya que las macrófitas acuáticas muestran preferencia por lugares ricos en nutrientes “(Terneus, 2002)”.

Según “Fontúrbel (2003)”, la presencia de plantas acuáticas flotantes se puede tomar como indicadora del estado trófico en algunos cuerpos de agua. En este sentido si se tiene en cuenta que la flora de la zona limnética encontrada en la represa es predominantemente flotante (27.6%); puede inferirse que este cuerpo de agua presenta un proceso de eutrofización avanzado. Aunque; la presencia de especies como *Lemna minor* y *Nasturtium aquaticum* pueden facilitar la depuración del agua de la represa “(Celis et al., 2005)”.

“Petean et al. (2003)” sugiere la importancia de documentar las especies hidrófitas pues al tener mayor absorción de nutrientes del sustrato “(Esteves, 1998)”, se adaptan al medio a través de las diferentes temporadas; lo que permite, ampliar los registros de diversidad al realizar los inventarios. Sin embargo, hay que tener en cuenta que especies como *Taraxacum* y *Eleocharis* cf. *stenocarpa*; son plantas anfibas por lo cual desaparecen en temporadas invernales donde el espejo de agua aumenta.

Algunas de las especies de hidrófitas y plantas enraizadas emergentes que se encontraron en la Represa de Berlín; han sido referenciadas en lagos oligotróficos de páramos “(Veloza et al., 2000)” mostrando un distribución independiente al estado trófico de los cuerpos de agua en los que se encuentran.

La ampliación en la cobertura de *M. aquaticum* puede deberse al aumento en la contaminación por prácticas agrícolas y actividad antrópica en las zonas aledañas a la represa, lo cual es consistente con lo encontrado en Egipto por “El-Gharably et al (1982)” quienes atribuyen el aumento de la cobertura de algunas especies de macrófitas acuáticas a factores externos al cuerpo de agua.

M. aquaticum es tolerante a cambios en la salinidad “(Ramírez et al., 1989)” y su reproducción puede darse tanto sexual como asexual, lo que le permite saturar espacios favorables y evitar la competencia interespecífica “(Terneus, 2002)”, esto podría explicar el aumento en la cobertura que presentó ésta especie durante la temporada seca.

Tomando como base los estudios realizados por “Mazer et al. (2001)” se puede sugerir que el factor que afecta la presencia de algunas poaceas (*Holcus lanatus* y *Poa*) en el último muestreo, es la velocidad de flujo; pues al aumentar la cobertura

de *M. aquaticum* ésta disminuye en la superficie; ya que ésta especie forma una barrera que llega aproximadamente a un metro de profundidad.

La presencia de *Potamogeton* en la zona de la cabecera puede deberse a que algunas especies de este género son tipo K "(Celis et al., 2005)", las cuales pueden mantenerse cerca de la densidad máxima dadas las condiciones del medio que habitan, lo que les permite colonizar algunos espacios; las plantas sumergidas tienden a tener una distribución cerradamente relacionada con el nivel de penetración de luz "(Hutchinson, 1975)" para realizar fotosíntesis "(Terneus, 2002)" por esta razón, esta planta se encontró en el punto de menor profundidad de la Represa (65 cm).

Aunque los índices de calidad de agua se tornan específicos para cada área, podemos inferir el estado trófico del agua de la represa tomando como referencia los estudios realizados en España por "Moreno et al. (2006)", donde se estima la calidad de agua teniendo en cuenta la presencia y el valor individual de cada especie "(Kiersh et al., 2004)"; basados en lo anterior; el agua de la Represa se podría clasificar entre buena y moderada debido a la presencia de especies de los géneros: *Myriophyllum*, *Lemna*, *Potamogeton* y *Ranunculus*.

El aumento en la cobertura de *L. minor* podría tomarse también como indicadora del estado trófico del agua de la represa pues esta especie es ampliamente distribuida, posee una alta tasa de crecimiento y tiende a ser usada para remover metales pesados de la columna de agua "(Nasu and Kuginoto, 1981; Wahaab et al., 1995)".

En estudios realizados por "Robinson et al., (2006)" se menciona la capacidad de *L. minor* y *Nasturtium aquaticum* para absorber metales pesados, teniendo en cuenta lo anterior podemos deducir que estas plantas flotantes ayudan a mantener la calidad de agua de la Represa; pues el Río Jordán; luego de la presa posee una

transparencia total y una profundidad de aproximadamente 0.5 m., características que facilitan el establecimiento de plantas sumergidas “(Hutchinson, 1975; Terneus, 2002)”.

El pH se mantuvo entre neutro y alcalino “(Schierup et al., 2002)”, y no mostró grandes variaciones lo cual es similar a lo ocurrido en Baía Candeia (Brasil) “(Das Neves et al., 2006)”. La temperatura del agua tampoco muestra variaciones drásticas a través del tiempo de estudio, por tanto no explica los cambios en la composición florística de la Represa; a pesar de ser considerada como factor relevante en procesos metabólicos y reproductivos en las plantas “(Kirk, 1983)”. Sin embargo, entre transectos se muestra un cambio en este parámetro, debido a los cambios ambientales propios de ambientes paramunos tropicales en cortos periodos de tiempo (Terneus, 2002).

La variación que presenta la conductividad puede estar explicando el cambio en la estructura del ensamble de plantas acuáticas como lo encontrado en las Lagunas Verdes (Ecuador) por “Terneus (2002), ya que en los puntos donde aumenta la conductividad (zona lacustre y de transición) se encuentran una riqueza menor, y por el contrario en las zonas litorales hay mayor número de especies.

El establecimiento humano en el Corregimiento, así como el aumento en el uso de fertilizantes, han permitido el proceso de eutrofización en la Represa, lo que se evidencia en el valor de fósforo total (0.27 mgP/l), se supone sucede por el aumento de nutrientes que recibe la Represa, lo que se presume por una alta precipitación de fósforo y materia orgánica puesto que éstos nutrientes no circulan por debajo del nivel de la presa y el material alóctono se acumula en ésta zona “(Roldán y Ramirez, 2008)”. Derivado de este problema en el futuro puede darse la pérdida de la profundidad en la zona riberrina, y de la extensión del área inundable “(Rojas y Novelo, 1995)”.

CONCLUSIÓN

La composición del ensamble de plantas acuáticas vasculares no mostró cambios significativos a través del tiempo de estudio, sin embargo, se encontró el reemplazo de 6 especies con muy baja densidad. Los cambios espaciales fueron más evidentes, pues se evidenció que los transectos de las zonas litorales mostraron, no solo cambios en la composición sino también en la riqueza, mientras que la zona limnética mantuvo su composición; estas observaciones se mantuvieron en todas las temporadas.

Dentro de las variables estudiadas, la conductividad mostró significancia en el ensamble estudiado, puesto que se encontró que la mayor conductividad de algunos transectos está relacionada con una menor riqueza y la menor conductividad de otros, con una mayor riqueza.

Las cargas de nutrientes que recibe la represa por parte de la población del Corregimiento pueden estar favoreciendo la colmatación vegetal y la disminución del área de inundación, lo que favorecería la pérdida de hábitats y comunidades acuáticas. En la actualidad este cuerpo de agua presenta un proceso de eutrofización avanzado. El futuro de éste cuerpo de agua depende del cuidado de los habitantes del sector; así como de la disminución de nutrientes por aguas servidas y fertilizantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Laboratorio de Limnología de la Universidad Industrial de Santander y a su directora; la Doctora Rosa Aura Gavilán Díaz, por la colaboración logística y financiera para la realización del estudio. A la Doctora Mariana Meerhoff, de la Universidad de La República,

Uruguay/Universidad Aarhus, Dinamarca y al Doctor Sidenei Thomaz de la Universidad de Maringá; por sus comentarios y sugerencias al escrito. Al Doctor Kaj Sand-Jensen de la Universidad de Copenhagen y al M.Sc. Martin Søndergaard de Danmarks Miljøundersøgelser; por la consecución de literatura.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUINACO M., BELLOT J. & SERRANO M.** 1989. Pautas de distribución espacial de macrófitos en los canales de drenaje del Polígono de riego de la Violada (Huesca). *Option Mediterranéennes*. 3: 77 – 81.
- BARKO J., HARDIN G. AND MATTHEWS M.** 1982. Growth and morphology of submersed freshwater macrophytes in relation to light and temperature. *Canadian Journal of Botany* 60: 877–886.
- BINI, L., OLIVEIRA, L., SOUZA, D., CARVALHO, P. Y PINTO, M..** 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira dourada Reservoir (GO-MG). *Brazilian journal of biology*. 64 (4): 767- 770
- CEBALLOS L., MARTÍNEZ N. AND RINCÓN M.** 2002. *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición HotSpot and global climatic tensor*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. IDEAM. P. 387.
- CELIS H., JUNNOD M. AND SANDOVAL E.** 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoría* 14(1): 17–25.
- CHAMBERS P., LACOUL P., MURPHY K. AND THOMAZ S.** 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 9-26
- CHIMNEY M., WENKERT L. AND PIETRO K.** 2006. Patterns of vertical stratification in a subtropical constructed wetland in south Florida (USA). *Ecological engineering* 27: 322 – 330.
- CLEEF A.** 1981. *The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental*. Dissertationes Botanicae G.1, Cramer Vaduz. 316 p.

- DAS NEVES E., B. LEITE K., FRANÇA F. AND DE MELO E.** 2006. Plantas aquáticas em uma lagoa de planície costeira no município de Candeias, Bahia, Brasil. *Sitientibus série ciências Biológicas* 6 (1): 24 - 29
- DINIZ C., O. DE CEBALLOS B., DE L. BARBOSA J. AND KONIG A.** 2005. Uso de macrófitas aquáticas como solução ecológica para melhoria da qualidade de água. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 9 (Suplemento): 226-230.
- EL-GHARABLY Z, KHATTAB A. AND DUBBERS F.** 1982. Experience with grass carps for the control of aquatic weeds in irrigation canals in Egypt. In: Proc. *2nd International Symposium on Herbivorous Fish, EWRS, Wageningen, the Netherlands*: 17–26.
- ESTEVES F.** 1998. *Fundamentos de Limnología*. Interciencia, Rio de Janeiro. 2ª ed. p. 578
- FONTÚRBEL, F.** 2003. Algunos critérios biológicos sobre el proceso de eutrofización a orillas de seis localidades del lago Titikaka. *Ecología Aplicada*. 2(1): 75-79.
- GARCÍA P., FERNÁNDEZ R., CIRUJANO S. & SOUSA A.** 2006. Aquatic macrophytes in Doñana protected area (sw Spain): An overview. *Limnética* 25 (1-2): 71- 80.
- GOULET R., LALONDE J., MUNGER C., DUPUIS S, DUMONT-FRENETTE G., PREMONT S. AND CAMPBELL P.** 2005. Phytoremediation of effluents from aluminum smelters: A Study of Al retention in mesocosms containing aquatic plants. *Water research* 39: 2291 – 2300.
- HENRY-SILVA G., CAMARGO A.** 2006. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aqüicultura. *Planta daíña, Viçosa-MG* 24 (1):21 - 28
- HUTCHINSON, G.** 1975. *A treatise on limnology*, v. 3. Limnological Botany. John Wiley & Sons, New York. 660 p.
- IDEAM.** 2008. Datos diarios de precipitación. Estación: 3701502. Berlín.

- JEPPESEN E, SONDERGAARD M, JENSEN J, KARSTROP E AND PETERSEN B.** 1997. Macrophytes And turbidity in brackish lakes with special emphasis on the role of top down control. In: Jeppesen E, Sonsergaard M, Sondergaard M and Christoffersen K (eds.) *Ecological Studies*. 131: 421p.
- JUDD W., CAMPBELL S., KELLOGG C. AND STEVENS E.** Plant systematics: a phylogenetic approach. Sinauer Axxoc, Estados Unidos.
- KHEDR A. AND EL-DEMERDASH M.** 1997. Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. *Aquatic Botany*. 56: 75–86.
- KIERSH B., MÜHLECK R. AND GUNKEL G.** 2004. Las macrófitas de algunos lagos alto-Andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización. *Revista de Biología Tropical*. 52(4): 829–837.
- KIRK J.** 1983. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge University Press. Cambridge.
- MATOS DE C. A.; DA SILVA P. L.; CEZAR M. C.;HIROSHI A. F; CAETANO A.; PAINS DA S. H.** 2004. *Presença de macrófitas aquáticas medicinais nas Baías Negra e Salobra, rio Paraguai, Cáceres, Pantanal Norte, Mato Grosso, Brasil*. Informe derivado del IV Simposio sobre recursos naturais e sócio-económicos do Pantanal 2004. Sustentabilidade regional. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (ed.).
- MAZER G., BOOTH D. AND EWING K.** 2001. Limitation to vegetation establishment and growth in biofiltration swales. *Ecology Engineering*. 17(4): 429–443.
- MEERHOFF M., FOSALBA C., BRUZZONE C., MAZZEO N., NOORDOVEN W. AND JEPPESEN E.** 2006. An experimental study of habitat choice by Daphnia: plants signal danger more than refuge in subtropical lakes. *Freshwater Biology* 51: 1320–1330.
- MENDOZA L. & OROZCO F.** 2005. Inventario del recurso hídrico superficial y muestreo hidroquímico en la cuenca experimental del río Sucio, Tona. Santander. Trabajo de grado escuela de Ingeniería civil. Universidad Industrial de Santander.

- MIGLIORANZA K., DE MORENO J., MORENO V.** 2004. Organochlorine pesticides sequestered in the aquatic macrophyte *Schoenoplectus californicus* (C.A. Meyer) Soják from a shallow lake in Argentina. *Water research* 38: 1765–1772.
- MIRANDA D., RANGEL J. Y ROA L.** 2003. Endemismo en páramos colombianos con base en la distribución de espermatófitos y el análisis de parsimonia de endemismo (PAE). En: Ange-J., C. (ed.). *Memorias del Congreso Mundial de Páramos*. Tomo I. 253-266.
- MØLLER T. AND RØRDAM C.** 1985. Species numbers of vascular plants in relation to area, isolation and age of ponds in Denmark. *Oikos* 45: 8–16.
- MORENO J., NAVARRO C. AND DE LAS HERAS J.** 2006. Mercury contents in aquatic macrophytes from two reservoirs in the Paraíba do sul: Guandú river system, SE Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 66 (1^a): 101 - 107
- MORI S., MATTOS L., LISBOA G. AND CORANDIN L.** 1985. *Manual de manejo de Herbário Fanerogâmico*. Ilhéus: Centro de pesquisa do Cacau.
- NAGASAKA M., YOSHIZAWA K., ARIIZUMI K. AND HIRABAYASHI A.** 2002. Temporal changes and vertical distribution of macrophytes in Lake Kawaguchi. *Limnology* 3: 107–114.
- NASU, Y. AND KUGIMOTO, M.** 1981. Lemna (duckweed) as an indicator of water pollution. I. The sensitivity of Lemna paucicostata to heavy metals. *Archives Environmental Contamination and Toxicology* 10:159–169.
- OSORIO L. & SALAZAR O.** 2006. Cartografía geológica y caracterización estructural de la subcuenca del río Tona, macizo de Santander, con fines hidrológicos. Trabajo de grado Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander.
- OTÁHÉLOVÁ H. AND VALACHOVIČ M.** 2002. Effects of the gabčíkovo hydroelectric-station on the aquatic vegetation of the Danube river (SLOVAKIA). *Preslia, Praha*, 74: 323–331.

- PETEAN C.; BRAGANÇA A.; BARBOSA C. AND BARROS R.** 2003. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas acuáticos temporários da planície costeira do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botânica Brasileira* 17(1): 119-135.
- QUIERÒZ L., RÔMULO AMADO E. & NUNES E.** 2003. Macrófitas acuáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta Botânica Brasileira* 17 (4): 623 – 631.
- RAMÍREZ C., FIGUEROA H., HAUENSTEIN E. Y CONTRERAS D.** 1989. Distribution of benthic flora in the lower course of the Valdivia River, Chile. *Estuaries* 12 (2): 111 – 118.
- RAMÍREZ C., GODOY R., CONTRERAS D. AND STEGMAIER E.** 1982. *Guía de plantas acuáticas y palustres valdivianas*. Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 64 pp.
- RANGEL J.** 2000. Colombia: *Diversidad biótica III*, La región de vida paramuna. 902p.
- RANGEL O AND AGUIRRE J.** 1983. Comunidades acuáticas altoandinas I. Vegetación sumergida y de ribera en el lago de Tota, Boyacá, Colombia. *Caldasia*. 13: 725–742.
- ROBINSON B., KIM N., MARCHETTI M., MONI C., SCHROETER L., VAN DEN DIJSSE C., MILNE G. AND CLOTHIER B.** 2006. Arsenic hyperaccumulation by aquatic macrophytes in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Environmental and Experimental Botany*. 58: 206–215.
- RODRÍGUEZ D.** 2004. Utilización de macrófitas acuáticas para la remoción de nutrientes y metales en aguas destinadas al consumo humano - Caso planta de tratamiento de Tibitóc. Tesis de maestría. Universidad de los Andes. 134pp.
- ROJAS J. AND NOVELO A.** 1995. Flora y vegetación del Lago Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta botánica Mexicana*. 31:1–17.
- ROLDÁN G. Y RAMÍREZ J.** 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2ª edición. Editorial Universidad de Antioquia. P.440.

- SÁNCHEZ R., RANGEL O. Y AGUIRRE J.** 1990. Estudios ecológicos en la Cordillera Oriental. V. Análisis fitosociológico de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá. *Caldasia* 16(6):41-57.
- SCHIERUP H., MJELDE M. & BAGGER J.** 2002. Aquatic Macrophytes in Six Faroese Lakes. *Annals Society Scientist Færoensis Suppl.* 36: 47 – 58.
- SCHMIDT-MUMM U.** 1987. Lista comentada de macrófitos acuáticos y Palustres de la región de Barrancabermeja (Santander). *Perez-Arbelaezia* 1 (4-5): 43- 53.
- TERNEUS E.** 2002. Comunidades de plantas acuáticas de los páramos de norte y sur del Ecuador. *Caldasia* 24(2): 379-391.
- THOMAZ S., DIBBLE E., EVANGELISTA L., HIGUTI J. AND BINI L.** 2008. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Fresh water biology* 53: 358-367.
- VANEGAS D.** 2004. Modelación matemática y evaluación del efecto del uso de macrófitas sobre la calidad de agua en la dársena del Tibitóc. Tesis de maestría. Universidad de los Andes. 91pp.
- VELÁSQUEZ J.** 1994. *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela.* Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- VELOZA C., GARCÍA I., ORTEGA C. AND DÁVILA R.** 2000. Contribución al estudio taxonómico de los hidrófitos de la Laguna Negra de la región de Taquecitos, Páramo de Sumapaz (Colombia). *Actualidades Biológicas.* 22 (73): 177–194.
- VESTERGAARD O. AND SAND-JENSEN K.** 2000. Aquatic macrophyte richness in Danish lakes in relation to alkalinity, transparency, and lake area. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science* 57: 2022 – 2031.
- WAHAAB R. A., LUBBERDING J. AND ALAERTS G.** 1995. Copper and chromium (III) uptake by duckweed. *Water Science and Technology* 32(11): 105–110.