

## DETERMINACIÓN DEL ESTADO SUCESIONAL DE HUMEDALES EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA, DEPARTAMENTOS DEL CAUCA Y VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

### WETLANDS SUCCESSIONAL STATE DETERMINATION IN THE HIGH BASIN OF THE RIVER CAUCA, CAUCA AND VALLE DEL CAUCA DEPARTMENTS, COLOMBIA

ZAMBRANO POLANCO, LEONIDAS,<sup>1</sup> M.Sc, ZAMORA GONZÁLEZ, HILLDIER,<sup>2</sup> M.Sc, VÁSQUEZ ZAPATA, GUILLERMO LEÓN,<sup>3</sup> M.Sc, LÓPEZ ANAYA, ALEJANDRO,<sup>4</sup> Biólogo.

Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Popayán, Colombia.

<sup>1</sup>Grupo de Estudios Ambientales (GEA),

<sup>2</sup>Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales,

<sup>3</sup>Programa de Maestría en Recursos Hidrobiológicos Continentales, Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales,

<sup>4</sup>Departamento de Biología,

#### Palabras Clave:

Humedales,  
Macrófitas acuáticas,  
Macroinvertebrados acuáticos,  
Variables físico-químicas y  
biológicas,  
Estado trófico.

#### Resumen

Los humedales son ecosistemas acuáticos de mucha importancia por su diversidad biológica, niveles de productividad y por aportar diversos servicios ecosistémicos. Sin embargo, han sido históricamente las áreas más degradadas por las actividades de origen antrópico. El objetivo general del presente trabajo fue determinar el estado sucesional de cuatro humedales, con base en la caracterización de las variables físico-químicas y biológicas fundamentales para el análisis integrado de este tipo de ecosistemas. Tanto en períodos de alto como de bajo régimen pluviométrico, se analizaron parámetros físico-químicos; se colectaron macroinvertebrados y macrófitas acuáticas durante los años 2012 a 2014. Los muestreos de macrófitas se realizaron en transectos de 10 m (unidad de muestreo: 1m<sup>2</sup>), registrándose la cobertura vegetal y las formas biológicas. Se elaboraron perfiles idealizados de la vegetación. Los macroinvertebrados se colectaron en las macrófitas, con redes DNET y coladores para muestreos de zona profunda con una draga EKMAN. Las variables físico-químicas evaluadas fueron: turbiedad, T<sup>o</sup> hídrica, [O<sub>2</sub> disuelto], % sat.O<sub>2</sub>D, [CO<sub>2</sub> disuelto], pH, alcalinidad total, dureza total y carbonácea, [iones indicadores degradación materia orgánica: N<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>]; conductividad, [SDT], [Fe], [Calcio], [Cloruros]. Se seleccionó el Índice de Contaminación Trófica (ICOTRO), en f(x) algunas de las variables seleccionadas para estimar el Índice de Calidad de Aguas Naturales (ICA), Índice de Materia Orgánica e Índice de Estado Trófico (IET). Los resultados diferencian composición, diversidad, distribución y estructura de las comunidades de macrófitas y macroinvertebrados acuáticos, de acuerdo con la calidad físico-química hídrica y el estado sucesional en cada caso. Los índices analizados permiten catalogar a los cuatro humedales como ecosistemas con tendencia a eutrofización, en función de los niveles de productividad, lo que se corrobora con los valores para DBO<sub>5</sub>, el contenido de macronutrientes (N<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>) y por los iones indicadores de contenido y procesos de degradación de materia orgánica.

#### Key words:

Wetlands,  
Aquatic macrophytes,  
Aquatic macroinvertebrates,

#### Abstract

The wetlands are very important aquatic ecosystems for their biological diversity, productivity levels and its diverse ecosystem services. However, they have been historically the areas more degraded by the activities of anthropic origin. The general objective of the present work was to determine the successional state of four wetlands areas, based in the characterization of the fundamental physical-chemical and biological variables for the integrated analysis of this type of ecosystems. So much in periods of high as of low pluviometric regime, physical-chemical parameters were analyzed; both aquatic macroinvertebrates and aquatic macrophytes were collected during the years 2012 - 2014. The macrophytes samplings were carried out in transects of 10 m (sampling unit: 1m<sup>2</sup>), registering the covering and the biological forms. Idealized profiles of the vegetation were elaborated. The macroinvertebrates

#### INFORMACIÓN

Recibido: 19-03-2015;

Aceptado: 25-05-2015.

Correspondencia autor:

<sup>1</sup>lpolanco@unicauca.edu.co,

<sup>2</sup>hilldier@unicauca.edu.co,

<sup>3</sup>gasquez45@gmail.com

Physical-chemical and biological variables, Trophic state.

were collected in the macrophytes, with nets Dnet and strainers for samplings of deep area with dredge EKMAN. The evaluated physical-chemical variables were: turbidity, hydric temperature,  $[O_2 \text{ dissolved}]$ , % sat.  $O_2D$ ,  $[CO_2 \text{ dissolved}]$ , pH, total alkalinity, total hardness and carbonate, [ions indicative degradation of organic matter:  $N_2$  and  $P_2$ ]; conductivity, [SDT], [Fe], [Calcium], [Chlorides], the selected trophic contamination Index was (ICOTRO), in f(x) some of the variables selected to estimate the Index of Quality of Natural Waters (ICA), Organic Matter Index and State Trophic Index (IET). The results differentiate composition, diversity, distribution and its structures of the macrophytes communities and aquatic macroinvertebrates, in accordance with physical-chemical hydric quality and the successional state in each case. The analyzed indexes allow to classify to the four wetlands like ecosystems with tendency to eutrophication, in function of the levels of productivity, what is corroborated with the values for  $DBO_5$ , the macronutrients content ( $N_2$  and  $P_2$ ) and for the indicative ions of content and processes of organic degradation matter.

## Introducción

El propósito fundamental fue determinar el estado actual de sucesión ecológica que presenta cada uno de los humedales estudiados, mediante el análisis del Índice de Contaminación Trófica (ICOTRO) y su relación con el índice de Calidad de Aguas, con base en la caracterización de algunas variables físico-químicas hídricas y la composición y estructura de la vegetación acuática y de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales-MAE. (JARAMILLO, 2004; MARTÍNEZ, 2009; VENEGAS, 2005; VIVEROS y GUILLLOT, 2006; ZAMBRANO et al. 2014.).

Bajo el punto de vista de las variables físico-químicas y del ICOTRO, éstos permiten inferir estados con tendencia a eutrofización e incluso, a hiper-eutrofización (ROLDAN, 2008), situación muy notoria en humedales que depende directamente de la oferta hídrica que proporcione en un momento dado el río y/o el nivel freático o por los acuíferos que con el tiempo se han desarrollado (VASQUEZ et al, 2009). Por otro lado, es necesario considerar que aunque existen sistemas de comunicación directa con el río, éstos no son continuos ni permanentes; en otras palabras, contribuye con la oferta hídrica de las madrevejas los regímenes pluviométricos que se presenten en un momento dado (VASQUEZ et al, 2009).

El análisis integrado de la caracterización físico-química hídrica y de la biológica anotada en el objetivo central, permite entonces dimensionar la evolución espacio-temporal del estado sucesional de cada sistema hídrico, cuyo alcance será el diseño y puesta en marcha de estrategias y programas conducentes a la recuperación y conservación de estos escenarios; así como también, aquellas inherentes a los servicios ecosistémicos que puedan brindar, como por ejemplo: actividades acuícolas en sus diferentes niveles de producción, de educación ambiental y lúdicas, para beneficio nutricional, socio-económico y recreativo de la región y de los moradores asentados en las zonas de influencia directa de cada uno de ellos.

En el presente trabajo se determinó la composición, diversidad, distribución y estructura de las comunidades de macrófitas y macroinvertebrados acuáticos de cada sistema hídrico, de acuerdo con la calidad de las aguas naturales en función de: la caracterización de algunas variables físico-químicas hídricas, los índices de calidad de aguas naturales y el estado sucesional de cada uno de ellos, basándose en algunas indicaciones de muestreo para el índice de contaminación trófica.

## Materiales y métodos

**Área de estudio:** El presente trabajo se realizó en cuatro "madrevejas" asociadas hidrológicamente al valle geográfico del río Cauca, localizadas así: tres de ellas en el departamento del Valle del Cauca: "La Guinea" ( $03^{\circ}7'34.1''$  N,  $76^{\circ}35'32.1''$  O), "El Avispal" ( $03^{\circ}07'1.1''$  N,  $76^{\circ}32'59.4''$  O) y "Cucho e Yegua" ( $3^{\circ}7'7.5''$  N,  $76^{\circ}32'54.9''$  O); la cuarta, "El Chuchal" ( $03^{\circ}12'16.2''$  N,  $76^{\circ}29'42.5''$  O) (Fig. 1), localizada en el municipio de Villarrica, departamento del Cauca, en la vía Panamericana (límite geográfico-político entre los departamentos del Valle del Cauca y Cauca).

**Métodos:** Para el análisis de la calidad de las aguas naturales, se realizaron muestreos físicoquímicos hídricos, empleando métodos estándar, colorimétricos y potenciométricos en la columna de agua, según la metodología propuesta por BOYD (2002) y ROLDAN (2008). Para la Temperatura hídrica ( $^{\circ}C$ ),  $[O_2D]$ , % de saturación de  $O_2D$ , pH y conductividad, se emplearon sondas multi-paramétricas "HACH"- 30 y YSI Professional Plus. Para la turbiedad, acidez total, alcalinidad total, dureza total y carbonácea, Calcio, Cloruros, hierro, amonio, fósforo reactivo soluble y nitratos, se emplearon métodos "Aquamerck", "Spectroquant" y "Aquaquant" de Merck, y un espectrofotómetro SQ-118 de alta precisión. La determinación del  $CO_2$  disuelto, mediante titulación con NaOH [0.023N] y fenolftaleína (al 1%) como indicador (BOYD, 2002). Para  $DBO_5$ , N.Total y P.Total, se tomaron muestras integradas y se analizaron en el laboratorio ECOQUIMICA Ltda., de la ciudad de Cali, el cual está certificado por el IDEAM y avalado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC.



**Figura 1.** Imágenes de la zona de trabajo. 1: Madrevieja La Guinea, 2: Madrevieja El Avispal, 3: Madrevieja El Chuchal, 4: Madrevieja Cucho e Yegua.

Para la determinación del estado trófico como uno de los criterios para la evaluación del estado sucesional de cada sistema hídrico, se seleccionó uno de los Índices de Contaminación (ICO), correspondiente al Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO), el cual se fundamenta en la concentración de Fósforo total presente en el ecosistema acuático (tanto en la columna de agua como en las zonas bentónicas), otorgando al sistema una calificación cualitativa así: Oligotrófico:  $< 0.01$  (mgP/L); Mesotrófico:  $0.01 - 0.02$  (mgP/L); Eutrófico  $0.02 - 1.00$  (mgP/L) e Hiper-eutrófico:  $> 1.00$  (mgP/L) (Decreto 1594 de 1984).

Lo anterior se relacionó cualitativamente con algunas variables que integran el Índice de Calidad de Aguas Naturales (ICA), cuyo propósito fundamental es simplificar las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua natural; así como también, reconocer problemas de alteración y/o contaminación de una forma ágil, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables físico-químicas determinadas, las cuales se basan en condiciones generales de la calidad del agua y no en contaminantes específicos (Decreto 1594 de 1984).

Se tuvieron en cuenta los parámetros de mayor base de datos y registros a lo largo del tiempo de trabajo, lo cual garantiza mayor confiabilidad estadística del consolidado de ellos; para este caso fueron: %

saturación  $O_2D$ : (% mayores o igual a 100% = uno (1) y para %  $< 100\%$  =  $<$  uno);  $DBO_5$ :  $> 30$  mg $O_2$ /L = uno (1); y  $< 2$  mg $O_2$ /L = cero (0); conductividad: ( $> 270$  uMhos/cm o uS/cm, = 1); Dureza total ( $> 110$  mgCaCO<sub>3</sub>/L = uno (1) y  $< 30$  mgCaCO<sub>3</sub>/L = cero (0); Alcalinidad total:  $> 250$  mgCaCO<sub>3</sub>/L = uno (1) y  $< 50$  mgCaCO<sub>3</sub>/L = cero (0) (Decreto 1594 de 1984).

Para la caracterización de las macrófitas se procedió a coleccionar las especies en transectos de 10 m<sup>2</sup>, divididos en unidades básicas de 1 m<sup>2</sup>, utilizando un cuadrante de PVC; georreferenciación de transectos, muestras y registro de la altura sobre el nivel del mar, utilizando un GPS (Garmin Colorado 300 ®); identificación de sus formas de vida y valoración de la importancia de las especies presentes en términos del % de cobertura aérea mediante apreciación visual; procesamiento, identificación e inclusión de muestras fértiles en el Herbario-CAUP de la Universidad del Cauca; cálculo de la riqueza y diversidad específica (H') (SHANNON-WEAVER, 1949) y elaboración de los perfiles idealizados de la vegetación dominante de los humedales estudiados. La información primaria se complementó con la consulta de fuentes especializadas (RANGEL y VELÁSQUEZ, 1997; NOVELO-RETAMA, 2006; PECK, 2009; VARGAS, 2009; RANGEL, 2010; POSADA y LÓPEZ, 2011; RANGEL, 2012; ZAMBRANO et al., 2014).

La colecta de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAEs), se realizó en las macrófitas, (CHERUVELIL et al. 2000; DE MARCO et al 2001; DVOŘAK y BEST, 1982.), con redes DNET y coladores; para muestreos de la zona profunda la draga EKMAN, adelantando los muestreos en las mismas zonas en donde se procedió para la caracterización de las macrófitas y de físico-química hídrica. La identificación se basó en claves y guías taxonómicas convencionales (FERNÁNDEZ y DOMÍNGUEZ, 2001; ROLDÁN, 1988), y se determinó el Índice de Similitud de SORESENSEN ( $S = C / A+B.$ ) (SHANNON-WEAVER, 1949).

## Resultados y discusión

**Caracterización físico-químicas hídrica.** En la Tabla 1, se presenta el consolidado de los valores de la caracterización físico-química hídrica, encontrados en los 4 humedales estudiados, a lo largo del tiempo de muestreo. El análisis global de los cuatro sistemas hídricos permite determinar los siguientes aspectos:

**Tabla 1.** Consolidado de los valores de la caracterización físico-química hídrica, en los cuatro humedales (ZAMBRANO et al., 2014).

Parámetro	Unidades	La Guinea	El Avispal	Cucho e´ Yegua	El Chuchal
T°C. hídrica	°C	20,7	21,7	23,2	25,5
Turbiedad	NTU	25,0	24,0	21,0	73,0
O <sub>2</sub> D.	mgO <sub>2</sub> /L	5,0	4,38	0,9	2,12
% Sat. O <sub>2</sub> D.	%	60,0	55,0	2,5	28,0
CO <sub>2</sub>	mgCO <sub>2</sub> /L	1,8	8,0	25,0	10,0
pH	unidades	7,5	6,6	6,25	6,0
Acidez total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	1,5	5,0	22,0	9,0
Alcalinidad T.	mgCaCO <sub>3</sub> /L	150,0	30,0	14,0	10,0
Dureza total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	53,4	45,6	90,1	120,0
Dureza Carb.	mgCaCO <sub>3</sub> /L	53,4	35,6	67,6	87,0
Amonio	mgNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L	0,5	0,1	1,5	0,15
Nitritos	mgNO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L	0,05	0,04	0,003	0,07
Nitratos	mgNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	25,0	40,0	55,0	10,0
Fosfatos	mgPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L	0,02	0,02	0,05	0,6
DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	31,7	5,9	557,0	204
N. Total	mgN <sub>2</sub> /L	3,91	<1,51	6,92	18,7
P. Total	mgP <sub>2</sub> /L	0,235	0,048	3,88	0,02
Calcio	mgCa <sup>2+</sup> /L	8,0	10,0	24,0	8,0
Cloruros	mgCl <sup>-</sup> /L	6,0	6,0	12,0	6,0
Hierro	mgFe/L	<0,1	<0,1	7,5	2,5
Conductividad	µMhos/cm	204,8	104,0	132,0	249,0
SDT	mgSDT/L	90,4	55,0	66,0	125,0

La temperatura hídrica osciló entre 21,0°C y 26,0°C, lo cual está en correspondencia con la que normalmente se presenta en los ecosistemas acuáticos leníticos tropicales, localizados en la transición entre los pisos Basal y Premontano de la región Tropical (HOLDRIDGE, 1978), dado que las altitudes están entre 950 y 985 msnm.

Esta condición permite que las tasas de degradación de la materia orgánica propia y la alóctona, sean más rápidas propiciando el reintegro de macronutrientes al sistema, pero demandando altas concentraciones de O<sub>2</sub>D; y como

no se presenta recambio permanente de agua entre el sistema lótico mayor de abastecimiento (río Cauca) y las “madreviejas”, los % de saturación de este gas disminuyen hasta niveles inferiores al mínimo óptimo (80,0% de saturación), en donde la oferta ambiental de este gas, bien sea por fotosíntesis y/o por intercambio atmosférico, es muy inferior a las demandas causadas por la respiración y degradación-oxidación de toda la carga orgánica presente en la columna de agua y zonas bentónicas debido a la actividad bacteriana (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*); caso preocupante de las madreviejas “Cucho e´ Yegua” y “El Chuchal”, en donde el déficit de O<sub>2</sub>D es tan notorio, que la condición es prácticamente anaeróbica (Tabla 1: % saturación de O<sub>2</sub>D, [O<sub>2</sub>D] y DBO<sub>5</sub>).

Como consecuencia de lo anterior, se presentan altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, y para el caso del humedal “Cucho e´ Yegua”, llega hasta valores de 25,0 mgCO<sub>2</sub>/L, los cuales exceden el máximo normal para aguas naturales (20.0 mgCO<sub>2</sub>/L) (ROLDÁN, 2008; VÁSQUEZ et al., 2013). Lo anterior está en concordancia con los registros encontrados para pH, acidez total y alcalinidad total, cuya tendencia es de aguas ácidas, a excepción del humedal “La Guinea”, cuyas aguas son de naturaleza alcalina, presentando este sistema hídrico profundidad de columna de agua hasta 3,0 m. en promedio; y la relación entre las zonas trofógenicas son mayores respecto a las zonas trofolíticas. Por el contrario, en “El Chuchal”, la profundidad de columna de agua no sobre pasa 0.30m y en “Cucho e´ Yegua” es casi nula por no decir 0,0m. A la vez, es importante indicar que las concentraciones de Hierro encontradas en “La Guinea” y “El Avispal”, están en correspondencia con los valores de pH registrados, denotando mínima incidencia de acidez de tipo mineral; diferente a la condición que presentan los humedales “El Chuchal” y “Cucho e´ Yegua”, con significativa incidencia de acidez mineral por alta concentración de este elemento.

Referente a las Durezas, las aguas se pueden catalogar de tendencia “semiduras” para propósitos sanitarios (VÁSQUEZ et al., 2013), pero duras para propósitos acuícolas (VÁSQUEZ, 2009), denotando relativa capacidad amortiguadora de los sistemas, a excepción de la madrevieja “Cucho e´ Yegua”, otro aspecto que corrobora lo planteado por la acidez significativa de dicho ecosistema. Por las concentraciones encontradas para Calcio, los niveles de productividad indican mediana condición, con tendencia mesotrófica, a excepción del humedal “Cucho e´ Yegua”, con niveles de tendencia eutrófica (25.0 mgCa/L o más, según la escala de Ohle (ROLDÁN, 2008).

En cuanto a los indicadores químicos de procesos de degradación de materia orgánica (iones resultantes del ciclo de N, P y Cl<sup>-</sup>, N. total, P. Total) (Decreto 1594 de 1984; VÁSQUEZ, 2009) (Tabla 1) y la valoración del ICOTRO (Tabla 2), permiten catalogar a los humedales de la siguiente manera: “La Guinea”: eutrófica, acotando

**Tabla 2.** Resultado consolidado del ICOTRO en los cuatro sistemas hídricos estudiados.

Humedal	Fosfatos	Fósforo Total	ICOTRO
"La Guinea"	0,02 mgPO <sub>4</sub> /L	0,235 mgP/L	Eutrófico.
"El Avispal"	0,02 mgPO <sub>4</sub> /L	0,0483 mgP/L	Eutrófico.
"Cucho e' Yegua"	0,05 mgPO <sub>4</sub> /L	3,88 mgP/L	Hiper-eutrófico.
"El Chuchal"	0,60 mgPO <sub>4</sub> /L	0,025 mgP/L	Eutrófico.

que este sistema recibe directa y/o indirectamente y de manera periódica, descargas orgánicas de aguas servidas y residuales domésticas provenientes del corregimiento de Robles, lo cual hace dimensionar a futuro, tendencia a condiciones de alta eutrofización, si no se ejecutan los planes de manejo ambiental que controlen y eviten al máximo estas descargas; "El Avispal" de condiciones eutróficas; "Cucho e' Yegua" de condiciones totalmente hiper-eutróficas, en donde

el recambio de agua es mínimo, por no decir nulo; y "El Chuchal" con tendencia a eutrofización, con profundidades de columna de agua que oscilan entre 0,30m y 0,50m.

Con relación a la carga orgánica presente en los humedales en estudio, es fundamental tenerla en cuenta para el diseño y ejecución de programas acuícolas controlados en función de los niveles de productividad, lo que se corrobora con el contenido de macronutrientes; y por los valores registrados para DBO<sub>5</sub>. Esto último está en concordancia con los registros hallados para la conductividad y sólidos disueltos totales (SDT), valores que indican la tendencia eutrófica de los cuatro ecosistemas acuáticos estudiados (Tabla 1).

**Composición florística.** Los resultados del componente florístico para el sistema de humedales se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Composición de la vegetación acuática en humedales del río Cauca: "Cucho é Yegua", "El Avispal", "La Guinea" y "El Chuchal" (ZAMBRANO et al., 2014).

Familia	Nombre científico	Cucho e' Yegua	El Avispal	La Guinea	El Chuchal
Acanthaceae	<i>Hygrophila costata</i> Nees	X		X	
Alismataceae	<i>Echinodorus grandiflorus</i> (Cham. & Schltld.) Micheli	X			
	<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buchenau	X			
Apiaceae	<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A. Rich.	X		X	
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i> L.	X			X
	<i>Lemna</i> sp	X			
Asteraceae	<i>Acmella brachyglossa</i> Cass.	X	X		
	<i>Emilia coccinea</i> (Sims) G. Don	X	X		X
	<i>Eleutheranthera ruderalis</i> (Sw.) Sch. Bip.	X	X		
	<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	X	X		
Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp	X	X		X
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	X	X		
	<i>Tripogandra</i> sp	X			
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp	X	X	X	X
	<i>Cuscuta</i> sp	X	X		
	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f.	X	X	X	X
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.	X	X	X	X
	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. Ex Retz.	X	X	X	X
	<i>Cyperus papyrus</i> L.	X	X		
	<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult.	X	X		
	<i>Eleocharis elegans</i> (Kunth) Roem. & Schult.	X	X		
	<i>Eleocharis retroflexa</i> (Poir.) Urb.	X	X		
	<i>Killingia pumila</i> Michx.	X			
	<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	X	X		X
Euphorbiaceae	<i>Caperonia palustris</i> (L.) A. St.-Hil.	X			
Fabaceae	<i>Aeschynomene sensitiva</i> Sw.	X	X		
	<i>Crotalaria retusa</i> L.		X	X	X
	<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		X		X
	<i>Mimosa pigra</i> L.	X	X	X	X
	<i>Mimosa pudica</i> L.	X			
	<i>Phaseolus</i> sp	X	X	X	X
	<i>Vigna</i> sp	X	X		X
	<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	X		X	
Lentibulariaceae	<i>Utricularia foliosa</i> L.			X	
Limnocharitaceae	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau.	X	X	X	
Lythraceae	<i>Cuphea</i> sp	X			
Malvaceae	<i>Pavonia</i> sp	X	X	X	X
Marantaceae	<i>Thalia geniculata</i> L.	X			
Melastomataceae	<i>Rhynchanthera mexicana</i> DC.	X			
Menyanthaceae	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze		X	X	X
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea</i> sp1		X	X	X
	<i>Nymphaea</i> sp2		X		

Onagraceae	<i>Ludwigia decurrens</i> Walter	X	X	X	
	<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth)	X	X	X	
	P.H. Raven	X			
	<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H. Hara	X		X	
	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara.	X			
	<i>Ludwigia</i> sp		X	X	
Orchidaceae	<i>Habenaria</i> sp			X	
Poaceae	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	X	X	X	X
	<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	X	X	X	X
	<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) Beauv.		X	X	
	<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst		X	X	X
	<i>Panicum maximum</i> Jack.		X	X	X
	<i>Panicum polygonatum</i> Schrad.			X	X
	<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	X	X	X	X
	<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd. ex Flügge		X	X	X
	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	X			X
		<i>Panicum</i> sp	X	X	X
Polygonaceae	<i>Persicaria punctata</i> (Elliott) Small	X	X	X	X
	<i>Persicaria densiflorum</i> Meisn.	X	X	X	X
Pontederiaceae	<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz & Pav.	X		X	
	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	X	X	X	X
Rubiaceae	<i>Spermacoce ovalifolia</i> (M. Martens) Hemsl.		X	X	X
	<i>Spermacoce</i> sp	X	X		
Salviniaceae	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.		X	X	
	<i>Salvinia sprucei</i> Kuhn		X	X	
Sphenocleaceae	<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.		X		X
Solanaceae	<i>Solanum jamaicense</i> Mill.		X		X
	<i>Solanum nigrum</i> L.		X	X	
Typhaceae	<i>Typha latifolia</i> L.		X	X	
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Schaub	X	X	X	X
Vitaceae	<i>Vitis erosa</i> (Rich.) Baker	X	X	X	
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i> J. J. König	X	X		

Las familias mejor representadas en cuanto a especies en todo el sistema fueron: Poaceae, Cyperaceae, Fabaceae y Onagraceae. Los valores correspondientes a la riqueza y diversidad específica para los cuatro humedales, se reportan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Riqueza e índice de Diversidad alfa de SHANNON-WEAVER (1949) para los humedales estudiados.

Humedal	Riqueza	Diversidad
Cucho e' Yegua	52	1,42
El Avispal	51	1,71
La Guinea	39	1,60
El Chuchal	31	1,40

En el sistema de humedales del río Cauca estudiado, la vegetación acuática se clasifica de acuerdo con NOVELO-RETAMA (2006), en:

**Flotantes libres.** Vegetación conocida como pleustofítica, localizada en diferentes sitios o espacios del espejo de agua, destacándose como especies el buchón de agua (*E. crassipes*), la lechuguilla (*Pistia stratiotes*), el coloradito o azolla (*Azolla filiculoides*); lenteja de agua (*Lemna* sp) y el helecho acuático (*Salvinia sprucei*). Esta forma de vida tiene representantes en todos los humedales.

**Enraizadas de hojas flotantes.** Hidrófilas acuáticas donde se destaca el loto (*Nymphaea* sp). Otra especie importante en este grupo es la *Nymphoides indica*.

**Hidrófilas enraizadas de tallos postrados sobre la superficie del agua.** En esta forma de vida corresponde

a especies *Hymenachne amplexicaulis*, *Panicum polygonatum*, *Paspalum repens* y algunas Ludwigias, como *L. peploides*.

**Hidrófilas enraizadas emergentes.** Esta forma de vida es muy común en los humedales, ocupando grandes extensiones, donde sobresale la *Typha latifolia*, acompañada en algunos casos de *Thalia geniculata* y de diversas Cyperaceae, principalmente de los géneros *Cyperus* y *Eleocharis*. Los typhales o espadañales más conspicuos se reportaron bordeando el humedal El Avispal.

**Hidrófilas sumergidas.** Estos biotipos han desaparecido de casi todos los humedales de la región, principalmente por alteraciones en las características hidráulicas y en la calidad del agua. En esta categoría solo se reportó *Utricularia foliosa* en el humedal La Guinea.

En los humedales de este sector de la cuenca alta del río Cauca, ocurre algo similar a lo planteado por HERNÁNDEZ y RANGEL (2009), para humedales como el Jaboque, donde al romperse la serie ecológica-hídrica de los ambientes acuáticos alto-andinos, se diferencian las especies propias de las comunidades enraizadas (pantano y de ribera) y de las comunidades pleustofíticas (flotantes).

La vegetación acuática en los humedales estudiados se puede agrupar de acuerdo con los niveles de inundación en comunidades de pantano, comunidades de acuáticas enraizadas y comunidades acuáticas flotantes, como lo precisa RANGEL et al. (2012) para las ciénagas del sur del Cesar.

Al comparar la vegetación acuática de los humedales de los valles interandinos: Cauca y Patía, en el departamento del Cauca, se observa gran similitud, tanto en su composición, riqueza como en su estado sucesional (ZAMBRANO et al., 2013).

En general, en los humedales estudiados se presentó dominancia de la vegetación helófito o emergente sobre las especies hidrófitas o estrictamente acuáticas, ya sea flotantes o sumergidas.

La zonación ecológica en el sistema de humedales del río Cauca en su cuenca alta, está relacionada y en

gran medida determinada por la extensión del espejo de agua, el nivel de inundación, la profundidad en la columna y la duración de la época de aguas altas, lo anterior influye en la composición florística y determina la disposición de las comunidades vegetales (RANGEL, 2010).

**Perfiles de la vegetación en los cuatro humedales.**

Los perfiles idealizados de la para distribución de la vegetación acuática para los humedales estudiados con sus respectivos componentes se representan en las figuras: 2, 3, 4 y 5.

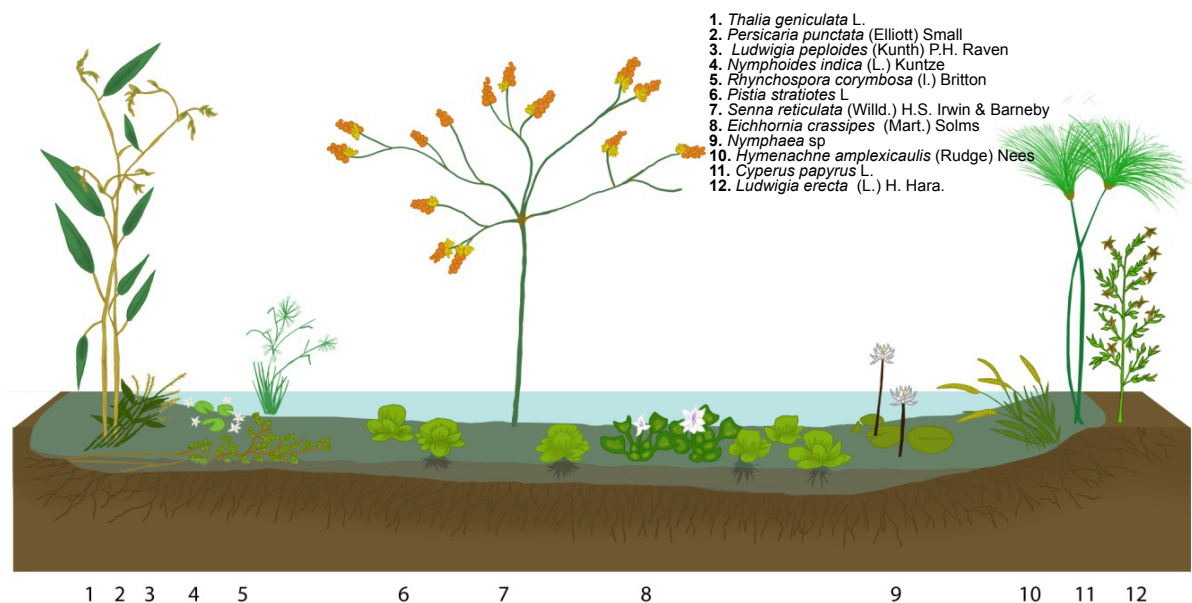


Figura 2. Diagrama de las formas de vida de las comunidades vegetales presentes en el humedal "Cucho é Yegua".

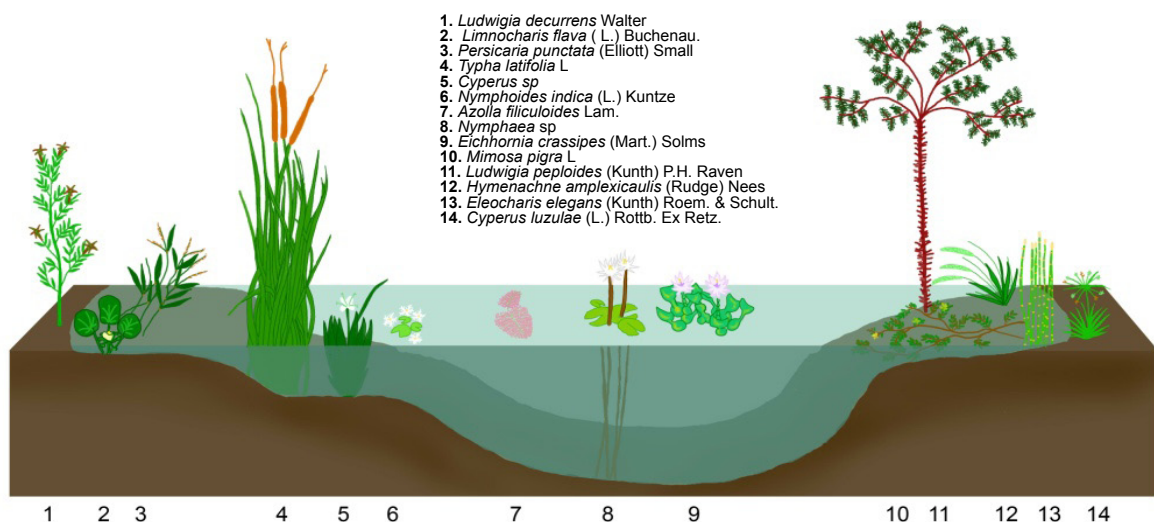


Figura 3. Diagrama de las formas de vida de las comunidades vegetales presentes en el humedal "El Avispal".

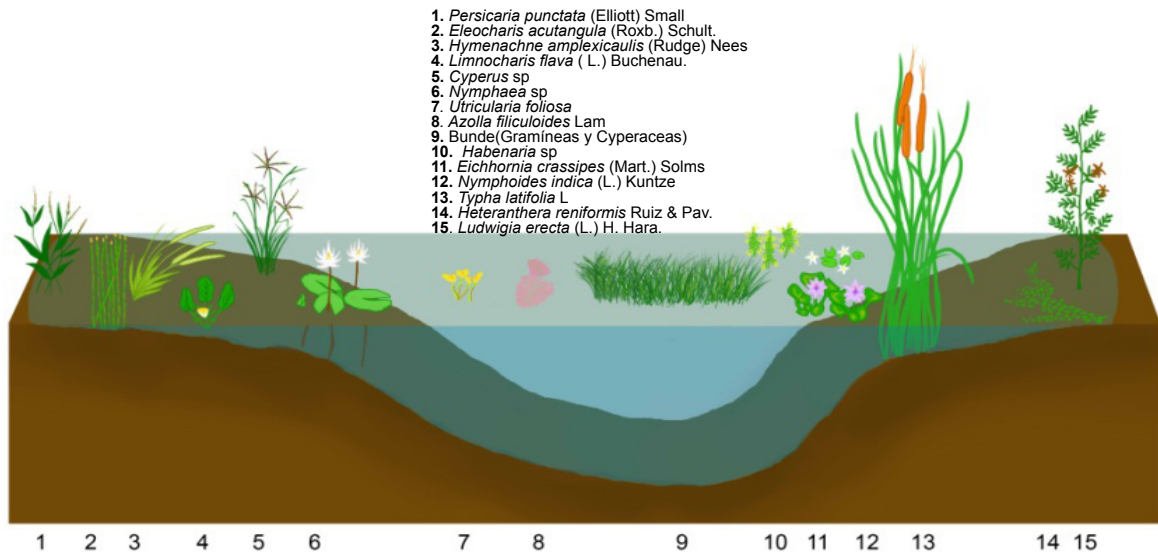


Figura 4. Diagrama de las formas de vida de las comunidades vegetales presentes en el humedal "La Guinea".

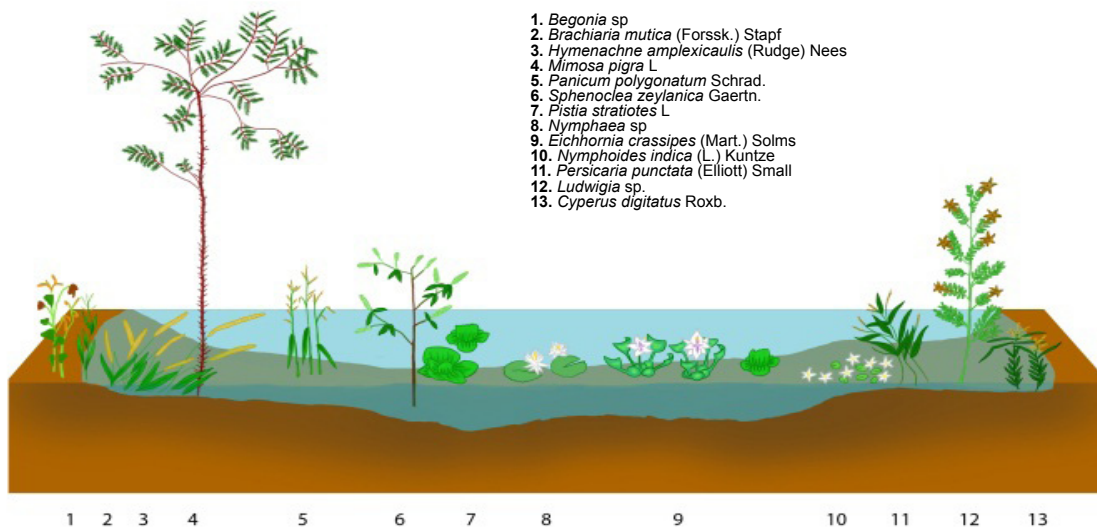


Figura 5. Diagrama de las formas de vida de las comunidades vegetales presentes en el humedal "El Chuchal".

**Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales MAEs.** En la Tabla 5, se registran los grupos de macroinvertebrados acuáticos reportados para el complejo de humedales estudiado. En El Avispal 46 géneros, en La Guinea 48, en El Chuchal 33 y 26 géneros en Cucho e´ Yegua. Tomando como referencia estudios en humedales en similares estados sucesionales (ÁLVAREZ, 2003, JARAMILLO, 2004; MARTÍNEZ, 2009; VENEGAS, 2005; VIVEROS y GUILLOT, 2006), se puede inferir que se presenta baja riqueza de géneros. Por otra parte, los taxa colectados en el presente estudio, corresponden a macroinvertebrados acuáticos reportados para el departamento del Cauca (ZAMORA M, 2013; ZAMORA, G. 2013; ZAMORA, G. 2014).

El Humedal El Avispal en 2012, fue cubierto en la superficie por una "alfombra roja" de *Azolla*, el cual en relación simbiótica con la Cianobacteria *Anabaena azollae*, da a la planta la capacidad de fijar nitrógeno del aire y le confiere un rápido crecimiento. Durante este periodo las capturas de MAEs fueron nulas.

En el humedal Cucho e´ Yegua, ya en la última fase de sucesión desde comienzos del proyecto (2011), fue acelerado drásticamente este proceso natural por actividad antrópica, pues al presentarse la estación seca (verano) y disminuir rápidamente la presencia del espejo de agua, una parte de su área fue cultivada con arroz y maíz.



**Tabla 5.** Macroinvertebrados acuáticos por humedal.

PHYLUM- CLASE-ORDEN	FAMILIA	GENERO	HUMEDALES						
			1	2	3	4			
<b>1 - El Avispal; 2- Cucho e' Yegua; 3 - La Guinea; 4- El Chuchal</b>									
<b>Annelidae Hirudinea</b>									
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	<i>Erpobdella</i>	X		X				
		<i>Oligobdella</i>	X		X				
Rhynchobdellida <b>Oligochaeta</b>	Glossiphoniidae	Morfotipo 1			X				
		<i>Morfotipo 1</i>		X					
Haplotaxida	Enchytraeidae	<i>Lumbricillus</i>	X		X				
		Morfotipo 1			X				
<b>Arthropoda Arachnoidea</b>									
Ácari	Lymnessiidae	<i>Lymnessia</i>	X		X				
<b>Arthropoda Insecta</b>									
Coleoptera	Amphizoidae	<i>Amphizoa</i>	X		X				
	Curculioniidae	<i>Brachibamus</i>	X		X				
Diptera	Dytiscidae	<i>Listronotus</i>		X					
		<i>Onychilus longulus</i>				X			
		<i>Acilius</i>			X				
		<i>Copelatus</i>			X				
		<i>Dytiscus</i>	X		X				
		<i>Hydrocolus oblitus</i>			X				
		<i>Hydrovatus</i>			X				
		<i>Laccophilus</i>		X					
		<i>Megadytes</i>			X				
		<i>Pachydrus</i>			X				
		<i>Thermonectus</i>	X		X	X			
		Helodidae	<i>Elodes</i>	X		X			
		Hydrophilidae	<i>Berosus</i>		X		X		
			<i>Tropisternus</i>				X		
			<i>Hydrophilus</i>	X		X	X		
<i>Cymbiodyta</i>					X				
Diptera	Limnichidae	<i>Eulimnichus</i>							
		<i>Psephenidae</i>	<i>Psephenops</i>						
		Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	X		X			
		Scarabaeidae	Morfotipo 1		X				
			<i>Elodes</i>	X		X	X		
		Scirtidae	Morfotipo 2	X	X	X			
			<i>Alluadomyia</i>		X				
		Diptera	Ceratopogonidae	<i>Probezzia</i>		X			
				<i>Stilobezzia</i>	X		X		
				Culicidae	<i>Aedes</i>	X		X	X
					<i>Aedomyia</i>			X	
				Chironomidae	<i>Culex</i>	X	X	X	X
					<i>Ablabesymia</i>		X		
				Chironomidae	<i>Chironominae</i>	X	X	X	X
					<i>Chironomus</i>	X	X	X	X
Morfotipo 1					X				
Morfotipo 2	X					X			
Morfotipo 3	X					X			
Morfotipo 1					X				
Muscidae	Morfotipo 2				X				
	Morfotipo 1				X				
Psychodidae	Morfotipo 1				X				
Stratiomyidae	<i>Odontomia</i>		X						
Syrphidae	<i>Eristalis tenax</i>		X						
Simuliidae	<i>Simulium</i>	X		X					
Tipulidae	Morfotipo 1	X		X					
Tabanidae	<i>Tabanus</i>	X	X	X	X				
	<i>Chrysops</i>		X						
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Callibaetis</i>	X		X				
	Caenidae	<i>Caenis</i>	X		X				
Hemiptera	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>	X		X				
		<i>Belostomatidae</i>	<i>Belostoma</i>	X					
	Belostomatidae	<i>Lethocerus</i>	X		X	X			
		<i>Mesovelvia</i>	X		X				
	Corixidae	<i>Tenegobia</i>	X						
		<i>Trepobates</i>	X		X				
	Gerridae	<i>Rheumatobates</i>			X				
		<i>Mesovelvia</i>	X		X				
	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	X		X	X			
	Notonectidae	<i>Buenoa</i>			X				
	Veliidae	<i>Microvelia</i>	X		X				

Odonata	Aeshnidae	<i>Anax amazili</i>				X
	Coryphaenidae	<i>Coryphaena</i>	X			
	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	X		X	
	Coenagrionidae	<i>Telebasis</i>	X		X	
		<i>Acanthagrion</i>	X		X	X
		<i>Argia</i>	X		X	
	Libellulidae	<i>Ischnura</i>				X
		<i>Orthemis</i>			X	
		<i>Dythemis</i>	X		X	
		<i>Macrothemis</i>				X
		<i>Pantala</i>	X		X	
		<i>Sympetrum</i>				X
		<i>Tramea</i>				X
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Nymphula schrank</i>			X	
		Morfotipo 1			X	
	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i>	X		X	
<b>Arthropoda Crustácea</b>						
<b>Decápoda</b>						
<b>Mollusca Gastropoda</b>						
Mesogastropoda	Ampullariidae	<i>Pomacea</i>	X	X	X	X
	Hydrobiidae	<i>Amnicola</i>		X	X	
Basommatophora	Ancylidae	<i>Ferrissia</i>		X		
		<i>Uncancylus</i>	X			
	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	X		X	
	Physidae	<i>Physa</i>	X		X	X
	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	X		X	X
<b>Vivalvia</b>						
Unionoida	Hyriidae	Morfotipo 1		X		X
<b>Phyla: 3</b>	<b>Familias: 47</b>					
<b>Clases: 6</b>		<b>Géneros: 90</b>	<b>46</b>	<b>26</b>	<b>48</b>	<b>33</b>
<b>Ordenes: 14</b>						

El Chuchal es un humedal afectado por las actividades de ganadería y presenta un reducido espejo de agua que en época seca se fracciona en tres espejos de agua muy reducidos (50 a 150 m<sup>2</sup>) y penetrados por macrófitas y vegetación terrestre especialmente gramíneas invasoras.

El Humedal La Guinea ha sido el más estable durante el periodo del proyecto, a pesar de estar influenciado por actividades propias de la ganadería; sin embargo, es el de menor intervención antrópica. Presenta vegetación flotante agrupada en amontonamientos denominados Budes que derivan por la superficie del cuerpo de agua.

**Tabla 6.** Índice de similitud de SORENSSEN.

Madreviejas	Índice de Similitud
Avispal-La Guinea	$S = 43 / 46 + 48 = 0.457 = 45.7\%$
Avispal-El Chuchal	$S = 15 / 46 + 33 = 0.1898 = 18.98\%$
Avispal-Cucho e' Yegua	$S = 6 / 46 + 26 = 0.083 = 8.3\%$
Cucho e' Yegua-Guinea	$S = 6 / 26 + 48 = 0.081 = 8.1\%$
Cucho e' Yegua-El CHuchal	$S = 8 / 26 + 33 = 0.135 = 13.5\%$
Guinea-El CHuchal	$S = 12 / 48 + 33 = 0.148 = 14.8\%$

Los Humedales más similares en términos de MAEs son El Avispal con La Guinea, con una similitud del 45,7%, por otra parte, el humedal Cucho e' Yegua es el más disímil de los demás con similitudes de 8,1%, 8,3% y 13,5%.

## Conclusiones

De acuerdo con la calidad físico-química hídrica y el ICOTRO, las madrevejas: “La Guinea”, “El Avispal” y “El Chuchal” presentan condiciones eutróficas, mientras que “Cucho e´ Yegua”, presenta una condición totalmente hiper-eutrófica.

Se manifiesta alto grado de sucesión ecológica por la colmatación de la superficie de espejo de agua en los cuatro humedales, debido a la presencia de vegetación tanto emergente como flotante. En orden de mayor a menor etapas de sucesión, la situación es la siguiente: muy evidente en la madreveja “Cucho e´ Yegua”, en donde la colmatación es tan alta, que la condición hídrica es anaeróbica; en “El Chuchal”, la sucesión se está manifestando de manera drástica y continua; y en menor grado, en las madrevejas “La Guinea” y “El Avispal”.

En las cuatro madrevejas, se está presentando pérdida continua de la capacidad del balance y oferta hídrica, manifestándose en la disminución de la superficie de espejo de agua y profundidad de la columna de agua; por ende, disminución de la zona trofógena e incremento de la trofófica por la acumulación progresiva de lodos cargados con abundante materia orgánica.

La expansión por la vegetación terrestre típica de las zonas de humedales está incidiendo de manera negativa y drásticamente en las fronteras ribereñas y en los hábitats potenciales acuáticos útiles de cada uno de ellos; en menor grado, los humedales “La Guinea” y “El Avispal” y en mayor grado: “El Chuchal” y “Cucho e´ Yegua”. Como consecuencia de ello, se limita significativamente la totalidad de los servicios ecosistémicos que puedan brindar estos sistemas acuáticos, en atención a la pérdida gradual a nivel espacio-temporal del potencial de la oferta hídrica y de los recursos hidrobiológicos que se puedan generar.

La mayor riqueza de especies de flora se encontró en las familias: Poaceae, Cyperaceae, Fabaceae y Onagraceae. Los géneros más diversos fueron: *Ludwigia* y *Cyperus*. La diversidad florística fue un poco mayor en “El Avispal” (1,71) que en “La Guinea” (1,60), “Cucho e´ Yegua” (1,42) y “El Chuchal” (1,40). En general, en los humedales estudiados se presentó dominancia de la vegetación helófitas sobre las especies estrictamente acuáticas, ya sea flotantes o sumergidas. El fenómeno fue más notorio en el humedal “Cucho e´ Yegua”.

En los diferentes humedales se encontró una correspondencia entre la calidad y nivel del agua y el estado sucesional de la vegetación; y en general de la biota.

De acuerdo con la capacidad bioindicadora de las macrófitas acuáticas, el desarrollo de las sucesiones observadas, la calidad del agua y los sustratos, el orden de menor a mayor grado de alteración es: “La Guinea” > “El Avispal” > “El Chuchal” > “Cucho e Yegua”.

Los Humedales más similares en términos de MAEs son El Avispal con La Guinea, mientras que el humedal Cucho e´ Yegua es el más diferente de los demás.

La característica bioindicadora de los MAE´s, está en correspondencia con la caracterización físico-química hídrica y el estado trófico de cada sistema.

**Agradecimientos:** El grupo de trabajo manifiesta sus agradecimientos: A la Universidad del Cauca-Vicerrectoría de Investigaciones, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación y al departamento de Biología por su apoyo al desarrollo de las actividades del proyecto. Al Magister Gerardo Ignacio Naundorf Sanz, por el aporte en la toma de muestras y análisis de algunos aspectos bióticos de los humedales. A los profesores Bernardo Ramírez Padilla y Diego Macias Pinto del herbario CAUP-UNICAUCA por su colaboración en la determinación del material vegetal. A los estudiantes Mayra Andrea Zamora Moreno, Daniel Fériz García y Omar José Palta Chilo, del Énfasis en Recursos Hidrobiológicos Continentales del programa de Biología, Universidad el Cauca, por su colaboración en la obtención de la información primaria. Al Biólogo Walter David Guzmán Bolívar, por su aporte con los dibujos de los perfiles de vegetación de los humedales. A la Fundación “FUNECOROBLES” del corregimiento de Robles, municipio de Jamundí, departamento del Valle del Cauca, en cabeza del Sr. Carlos González, representante legal de esta ONG, por el aporte de información, colaboración y acompañamiento en aspectos logísticos inherentes al desarrollo del trabajo. A los pescadores y moradores de la zona de influencia de estos humedales, quienes suministraron información primaria y secundaria relacionada con el recurso pesquero, su destino y demás actividades antrópicas que se adelantan.

## Referencias

- ÁLVAREZ, J. 2003. *Caracterización limnológica de humedal de Jaboque*. Informe final proyecto: Capacitación en recursos ambientales utilizando como modelo los humedales de Engativá. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Ciencias Naturales – Alcaldía local de Engativá.
- CHERUVELIL, K.S.; SORANNO, P.A.; SERBIN R.D. 2000. Macroinvertebrates associated with submerged macrophytes: sample size and power to detect effects. *Hydrobiologia* 441: 133–139.
- DECRETO 1594 (Junio 26/1984), derogado por el Art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974, en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- DE MARCO, P.; ARAUJO, M.; BARCELOS, M.K.; DOS SANTOS, M.B.L. 2001. Aquatic invertebrates associated with the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in an eutrophic reservoir in tropical Brazil. *Studies on Neotropical Fauna & Environment* 36 (81):73-80.
- DVOŘÁK, J.; BEST, E.P.H. 1982. Macro-invertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Vechten: structural and functional relationships. *Hydrobiologia* 95: 115–126.
- FERNÁNDEZ, H.; DOMÍNGUEZ, E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. Argentina.
- HERNÁNDEZ-R, J.; RANGEL-CH, J.O. 2009. La Vegetación del humedal Jaboque (Bogotá D.C.). *Caldasia* 31 (2):355-379.
- HOLDRIDGE, R. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. San José, Costa Rica.
- JARAMILLO, J.C. 2004. *Determinación de la calidad del agua en la ciénaga Colombia (Caucasia, Antioquia), con base en los macroinvertebrados acuáticos asociados a macrófitas flotantes*. Memorias Segundo Congreso Internacional Ambiental del Caribe. Cartagena de Indias, Colombia.
- MARTÍNEZ, M.A. 2009. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en tres ciénagas del departamento de Cesar, Colombia. Tesis de Maestría. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- NOVELO-RETANA, A. 2006. *Plantas Acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. México D.F.* Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable. A.C. México D.F. México
- PECK, B.R. 2009. La vegetación de los humedales en el tiempo. Págs. 70-79. En: Álvarez-López, H (ed.). *Humedales de Valle Geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. Santiago de Cali, Colombia.
- POSADA, G.J.A.; LÓPEZ, M.M.T. 2011. *Plantas acuáticas del altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia. Río Negro - Antioquia - Colombia*. Universidad Católica de Oriente-UTCO. Colombia.
- RAMÍREZ GONZÁLEZ, A.; VIÑA VIZCAÍNO, G. 1998. *Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Cap. 4. Ed. Panamericana. Bogotá, Colombia.
- RANGEL-CH, J.O.; VELÁSQUEZ, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Págs: 58-87. En: Rangel, J.O.; Lowy-C, P.; Aguilar, P.M. (eds.). *Colombia Diversidad Biótica II*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia.
- RANGEL-CH, J.O. 2010. Vegetación acuática. Págs. 325-339. En: Rangel, J.O. (ed.). *Colombia Diversidad Biótica IX. Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad, Ecología y Manejo Ambiental*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- RANGEL-CH, J.O. 2012. (ed.). *Colombia Diversidad Biótica*. Publicación Especial No. 7. La Ciénagas del departamento del Cesar. Zapatos y ciénagas del Sur, Biodiversidad y Conservación. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- ROLDÁN, G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia*. Fondo FEN Colombia. Editorial Presencia. Bogotá, Colombia.

- ROLDÁN, P.G. 2008. *Fundamentos de limnología neotropical*. 2 ed. Ciencia y Tecnología. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. The University Illinois Press. Urbana, Illinois, USA.
- VARGAS, W. 2009. Las plantas de los ecosistemas inundables. Págs. 80-93. En: Álvarez-López, H (ed.). *Humedales de Valle Geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC. Santiago de Cali, Colombia.
- VÁSQUEZ, Z.G.L.; HERRERA, O.L.; CANTERA, K.J.R.; GALVIS, C.A.; CARDONA, Z.D.A.; HURTADO, S.I.C. 2013. Metodología para la determinación de niveles de eutrofización en ecosistemas acuáticos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas-ACCB*. 24.
- VÁSQUEZ, Z.G.L. 2009. Calidad de las aguas naturales en relación con el régimen de caudal ambiental. Págs: 137-166. En: Cantera K.J.R.; Carvajal, E.Y.; Castro, H.L.M. (Comp.) *Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Programa Editorial Universidad del Valle. Colección Libros de Investigación. Cali, Colombia.
- VENEGAS, E.M. 2005. *Estado limnológico de cuatro humedales de la sabana de Bogotá utilizando macroinvertebrados como bioindicadores*. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- VIVEROS, G.R; GUILLOT, M.G. 2006. Caracterización limnológica de humedales aledaños a San Rafael (Sibaté, Cundinamarca, Colombia) *Acta Biológica Colombiana* 11 (1):154.
- ZAMBRANO, P.L.; RAMÍREZ, P.B.; LÓPEZ, A.A. 2013. Diversidad de las Macrófitas Acuáticas en Humedales de los Valles Interandinos: Cauca y Patía, en el departamento del Cauca. *Memorias XLVIII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Universidad El Bosque, Bogotá D.C, 6 al 9 de Octubre de 2013. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas-ACCB. No. 25, Suplemento 01.*
- ZAMBRANO, P.L.; ZAMORA, G.H.; ANDRADE, S.C.; NAUNDORF, S.G.; VÁSQUEZ, Z.G.L.; ZAMORA, M.M.; FERIZ, G.D.; LÓPEZ, A.A. 2014. *Caracterización Hidrobiológica de humedales en la cuenca alta del río Cauca: Diversidad de Plancton, Macrófitas Acuáticas y Macroinvertebrados*. Informe final Proyecto ID 3683. Universidad del Cauca-Vicerrectoría de Investigaciones. Popayán, Colombia.
- ZAMORA, M.M.A.; ZAMORA, G.H. 2013. Análisis comparativo de comunidades de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales entre cuencas hidrográficas del Departamento Cauca, Colombia. *Memorias XVII Congreso Mesoamericano de Biología y Conservación. VII Simposio de Zoología. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. Septiembre 16 al 20. Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, Sociedad Cubana de Zoología.*
- ZAMORA, G.H.; ZAMORA, M.M.A. 2013. Composición y riqueza de macroinvertebrados acuáticos epicontinentales en cuencas hidrográficas del Departamento del Cauca, Colombia. *Memorias XVII Congreso Mesoamericano de Biología y Conservación. VII Simposio de Zoología. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. Septiembre 16 al 20. Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, Sociedad Cubana de Zoología.*
- ZAMORA, G.H; ZAMORA, M.M.A. 2014. Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales en Ecosistemas lóticos del Valle del Patía. *Memorias XLIX Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Universidad de Sucre, Sincelejo, Sucre, 7 al 10 de Octubre.*