

Lagunas en Norte de Santander: Rotíferos

Lagoons in Norte de Santander: Rotifers*

Lagoas em Norte de Santander: Rotifers*

Mawency Vergel Ortega **
José Joaquín Martínez Lozano***
Sandra Liliana Zafra ****

Universidad Francisco de Paula Santander
Escuela Superior de Administración Pública
Policía Nacional de Colombia

Fecha de recepción del artículo: 4 de febrero de 2015
Fecha de aceptación del artículo: 1 de Diciembre de 2015
Fecha de Publicación: Diciembre 21 de 2015
DOI: <http://dx.doi.org/10.22335/rict.v6i3.681>

* El artículo es resultado de la investigación "Zooplanktónica en ecosistemas de laguna en Norte de Santander"

**Especialista en Estadística Aplicada. Doctora en Educación. Filiación: Universidad Francisco de Paula Santander Email: mawency@ufps.edu.co Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8285-2968>

*** * Licenciada en Biología y Química, Magister en prácticas Pedagógicas. Filiación: Policía Nacional de Colombia. Contacto: sandra.zafra@correo.policia.gov.co, <https://orcid.org/0000-0002-0739-8555>

**** Licenciado en Biología y Química, Especialista en Biomatemáticas y en Computación, Magister en Educación mención Gerencia Educativa, Doctor en Educación. Universidad Escuela superior de administración Pública. Contacto: checo.jf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6308-1334>

Resumen

El estudio tuvo como objetivo analizar modificaciones en el ecosistema de lagunas del Norte de Santander, Colombia, identificando ejemplares del phylum rotífera de hábitat planctónico. La investigación sigue un enfoque cuantitativo, experimental de tipo campo. Se realizaron dos muestreos representativos en ocho zonas de las lagunas; la recolección e identificación se realizó a través de esquemas representativos de géneros comunes y por identificación sistemática mediante aplicación de clave dicotómica para

géneros. Resultados: Los sistemas presentaron pH ácido y baja concentración de iones y nutrientes; de acuerdo a parámetros fisicoquímicos y de bioindicación, el agua se clasificó como beta mesosaprobia, de contacto secundario para fines recreativos. Se destacó el dominio en densidad de rotíferos Brachionidae, Philodinidae, Notommatidae, Synchaetidae, Collotheidae, Lecanidae. Conclusión: La fluctuación del volumen del sistema en lapsos cortos de tiempo, generó cambios significativos en la expresión física del sistema con efecto directo sobre la composición y estructura del zooplancton.

Palabras claves: biología animal, limnología, clave dicotómica, zooplancton, Variables fisicoquímicas, productividad primaria

ABSTRACT

The study objective is to analyze changes in the ecosystem of the lagoon of the Ecoparque, identifying copies of rotifera phylum of planktonic habitat. The investigation follows an experimental field type quantitative approach. Two

representative samples were taken in eight areas of the lagoon; collection and identification was made through schemes representing common genera and systematic identification by applying dichotomous key genres. Results: Most of the system in the eight areas presented acid pH and low concentration of ions and nutrients; according to Bioindication physicochemical parameters and the water was classified as beta mesosaprobic, secondary contact for recreational purposes. The density of rotifers domain Brachionidae, Philodinidae, Notommatidae, Synchaetidae, Collotheidae, Lecanidae was highlighted. Conclusion: The fluctuation of the system volume in short periods of time generated significant changes in the physical expression system with direct effect on the composition and structure of zooplankton.

Keywords: aquatic ecosystems, limnology, rotifers, dichotomous key, biostatistics, zooplankton.

Resumo

O objetivo do estudo foi analisar modificações no ecossistema lagunar de Norte de Santander, Colômbia, identificando espécimes do filo rotífero de habitat de plâncton. A pesquisa segue uma abordagem quantitativa, experimental do tipo campo. Duas amostragens representativas foram feitas em oito zonas das lagoas; a coleta e identificação foram realizadas por meio de esquemas representativos de gêneros comuns e por identificação sistemática por meio da aplicação de um código dicotômico para gêneros. Resultados: Os sistemas apresentaram pH ácido e baixa concentração de íons e nutrientes; De acordo com parâmetros físico-químicos e de bioindicação, a água foi classificada como beta mesosapróbica, contato secundário para fins recreativos. a densidade de rotíferos domínio Brachionidae, Philodinidae, Notommatidae, Synchaetidae, Collotheidae, Lecanidae foi enfatizada. Conclusão: A flutuação do volume do sistema em curtos períodos de tempo, gerou mudanças significativas na expressão física do sistema, com efeito direto na composição e estrutura do zooplâncton.

Palavras-chave: biología animal, limnología, chave dicotômica, zooplâncton, variáveis físico-químicas, produtividade primária.

Introducción

Un factor regulador de la diversidad es el grado de estabilidad del ambiente físico, Connell y Orias (1964), plantearon que el costo derivado en los procesos de regulación fisiológica sería bajo en un ambiente estable, lo cual posibilita una mayor inversión en crecimiento y reproducción por parte de las poblaciones. Sin embargo, los procesos de transformación ambiental dados en la actualidad en un marco de cambio climático, generan modificaciones en los ecosistemas y comunidades biológicas (Aranguren et al. 2011). Aunque la comprensión de este tipo de mecanismos sigue siendo un desafío (Gastón, 2000), se reconoce a la variabilidad temporal de las condiciones del ambiente como factor determinante de la estructura de las comunidades.

La Corporación Autónoma Regional de Norte de Santander (CORPONOR, 2010) determinó que el departamento Norte de Santander es considerado como una de las zonas de mayor biodiversidad del país, cuenta con recursos hídricos que favorecen la presencia de micro y macro invertebrados catalogados como bioindicadores.

En phylum rotíferos según Barnes (1995) son animales microscópicos entre 80 y 1700 μm de longitud, junto con los crustáceos, ostrácodos pequeños; se consideran organismos activos depredadores en el mundo del plancton al consumir altas concentraciones de microorganismos, con alta tasa de reproducción y su afloramiento permite rápidamente la concentración de oxígeno (Conde et al., 2004). Es por ello que su localización en ambientes acuáticos permite indicar la presencia de materia orgánica (medios eutróficos) constituyéndose de interés en estudios de ecología y contaminación.

De otra parte, los protozoos son organismos dominantes en el zooplancton de agua dulce, importantes en el reciclado de nutrientes en los sistemas acuáticos, jugando un papel fundamental

en las cadenas tróficas pelágicas, son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pero su importancia se acrecienta porque pueden transferir materia y energía a consumidores de tercer orden.

Para Marcano (2004) los sistemas acuáticos lenticos se pueden dividir en diferentes tipos, de acuerdo con su carga de nutrientes y capacidad productiva. Por ello, los lagos representan modelos óptimos para el estudio de la riqueza específica con relación a los gradientes ambientales, ya que forman entidades ecológicas que están bien delimitadas en el paisaje.

Las lagunas de Norte de Santander, por su tamaño, expresan importante variación temporal en las condiciones del hábitat, lo cual facilita el seguimiento al proceso de ajuste y ordenamiento del plancton como respuesta a factores ambientales. Permite además la recolección, identificación y la determinación de las familias y géneros in-situ, así como evaluar efecto de diferentes grados de perturbación ambiental sobre la diversidad taxonómica y ecológica del zooplancton.

Materiales y métodos

El área de estudio corresponde a un ecosistema urbano que hace parte de la zona de vida bosque seco tropical (BsT), de acuerdo a la clasificación de Holdridge et al. (1971), Laguna Ecoparque del Municipio de Los Patios, Laguna de San Luis del Municipio de Cúcuta, Laguna de Cácuta, Laguna de La Barca del Municipio de Durania, Laguna Brava del Municipio de Arboledas., realizado el estudio en tres etapas, dos momentos. Las etapas comprendieron la zonificación y tipificación de lagunas, el análisis fisicoquímico del agua, la recolección, identificación y determinación de la población de rotíferos en la laguna (presencia o ausencia de rotíferos).

En la primera etapa se realizó el levantamiento topográfico de las lagunas con base en la altimetría y planimetría del sitio, registrándose en promedio un área de 4207,95 m², longitud de 144,625m, ancho 28,117m y profundidad 2 m. La altitud promedio es de 320 msnm. Para establecer las

zonas de muestreo, se dividen las lagunas en ocho estaciones, cuatro al margen derecho y cuatro al margen izquierdo.

Una segunda etapa comprendió el análisis fisicoquímico para determinar la calidad del agua de las lagunas. Se tomaron tres muestras compuestas donde el agua presentaba un flujo uniforme. Los parámetros analizados en el laboratorio fueron alcalinidad total (como carbonato de calcio, mg/l); referida a la capacidad del agua para neutralizar ácidos; dureza total (carbonato de calcio, mg/l); concentración de calcio más magnesio; dureza al calcio, mg/l; concentración de calcio, aniones principales: sulfato (SO₄=), cloruro (Cl⁻) y los iones indicadores de contaminación: nitrato (NO₃-1), fosfato (PO₄-3); la temperatura (T °C) y el potencial de hidrógeno (pH).

Para análisis en laboratorio de sólidos suspendidos totales, alcalinidad, formas de nitrógeno, fósforo reactivo soluble y fósforo total, quincenalmente se tomó una muestra de 1000 ml a 1 DS de profundidad, la cual se mantuvo refrigerada a 4 °C y en ausencia de luz. Se adicionó H₂SO₄ hasta alcanzar pH<2 para estimación de nutrientes en laboratorio, los sólidos en suspensión fueron identificados como una variable controladora, respecto de la calidad del agua y la productividad biológica (Bilotta y Brazzier 2008, Jones et al., 2012).

La tercera etapa comprendió la recolección, identificación (Huertas, 2014) y determinación de los rotíferos y se realizó en dos fases (Roncancio, 2010), en la primera fase se recogieron dos muestras diarias por zona en el primer mes y los siguientes tres meses (Marín et al., 2013; Marín et al., 2014); en la segunda fase se tomaron dos muestras cada semana, durante 2,5 meses, entre las 10:00 y las 12:00 horas, para un total de 688 muestras, abarcando periodos climáticos contrastantes. Saunders y Lewis (1988), manifestaron que la frecuencia temporal ideal para evaluar patrones de cambio en la comunidad zooplanctónica en ambientes tropicales debe ser semanal, mediante colecta de series verticales de las muestras. Se usó una red de diámetro de poro de 45 µm para colectar las muestras mediante arrastres intensivos, para las muestras cuantitativas se usó una botella tipo van Dorn de 2,3 litros de capacidad (Wetzel y Likens,

2013), con la que se extrajeron 11,5 litros de agua, colectadas las muestras se preservaron en solución de formalina al 4 % (Aranguren et al., 2011).

La identificación de los rotíferos se llevó a cabo utilizando esquemas representativos de los géneros más comunes (Barnes, 1995; Gardiner, 1978; Hickman, 1995; Arteaga y Herrera, 2005; Streble y Krauter, 1987; lafrancesco, 1997) y la segunda por medio de la identificación sistemática mediante la aplicación de la clave dicotómica para géneros, según Needham y Needham (1982). Para determinar la presencia de los rotíferos de acuerdo a las zonas, se interpretó mediante estadística descriptiva (Ramírez, 1998; Aranguren, Guisande y Ospina, 2011) por distribución de frecuencias, e índices de Jaccard (presencia o ausencia), Raup-crick (similaridad con relación a las zonas) y Margalef (1957), para la diversidad, utilizando el software PAST y SPSS 22.

La relación del efecto del cambio sobre parámetros físicos y químicos se realizó mediante estimación del coeficiente de correlación de Pearson (Zar, 1999). Para identificar posibles efectos de los cambios físicos del ambiente sobre la estructura de la comunidad se analizó la relación entre el grado de variación estimado para el cambio semanal de cada variable física y la expresión de la diversidad (H') del zooplankton (Aranguen y Monroy, 2014).

Resultados

Los resultados del análisis fisicoquímico (Tabla 1), muestran una temperatura media del agua de 24°C. El pH mantuvo un equilibrio alcalino con un promedio de 8.8. Los iones indicadores de contaminación, el ión fosfato está en una concentración promedio de 6.6 mg/l lo que indica contaminación inorgánica y, con relación al ión nitrito, con una concentración promedio de 8 mg/l indicando existencia de contaminación orgánica. La dureza del agua en estas lagunas es superior a 300 mg/l $CaCO_3$ considerada como muy dura.

La presencia de rotíferos clasifica el agua de las lagunas en la clase II beta mesosaprobia (Streble y Krauter, 1987), de manera que con el tratamiento adecuado las aguas pueden ser potables. Los rotíferos son capaces de tolerar estos valores de temperatura (16° C -29° C) y pH (6,5 – 9,1), pero si se baja más o se sobrepasa los valores, la población de los rotíferos disminuye considerablemente.

Respecto a la estructura cuantitativa de la comunidad, se identificaron seis familias y 12 especies (Tabla 2)

Se destaca el dominio Eukarya, reino animal, phylum Rotífero, clase Monogontes, en densidad del rotífero Brachionidae, junto a Philodinidae, Notommatidae, Synchaetidae, Collotheidae, Lecanidae, y diez géneros de rotíferos Brachionus angularis, Lepadella, Colurella, Philodina, Rotatoria, Cephalodella, Trichocerca, Polyartha, Collothea, y Lecane.

El índice de Jaccard, presencia o ausencia, en I fase, muestra alta similaridad entre las zonas 2 y 6; índice de diversidad de Margalef, muestra que en las zonas 1, 4 y 8 la diversidad de la comunidad de rotíferos se cataloga como media; en las zonas 2, 5, 6 y 7 la diversidad es baja y en la zona 3 se encuentra una diversidad alta de rotíferos.

De acuerdo al análisis de similitud, según índice de Raup-crick, se reconocen tres grupos de especies de rotíferos con distribuciones espaciales próximas entre sí, Lepadella y Colurella por su presencia en la zona 4, Brachionus, Philodina y Colurella, por su presencia en diferentes zonas en especial en las zonas 1 y 2. Lepadella y Colurella con Trichocerca son semejantes en la zona 3. Las demás no muestran similitud entre especies.

Cabe resaltar que la especie Rotatoria, es disímil con las demás. Las especies que guardan similitud indican que comparten un mismo hábitat y esto sugiere que requieren condiciones ambientales similares.

Tabla 1. Información de variables físicas y químicas medidas in situ en la superficie de las lagunas, durante el período de estudio.

Parámetros	Laguna	Fase inicial	Fase intermedia	Fase final
Dureza total mg/l CaCO ₃	Ecoparque	998	790	850
	La Barca	995	780	800
	San Luis	990	780	880
	De Cácuta	550	500	550
	La Brava	750	710	750
Dureza al Calcio mg/l CaCO ₃	Ecoparque	894	620	620
	La Barca	890	651	650
	San Luis	880	660	670
	De Cácuta	450	400	450
	La Brava	650	600	610
Dureza al Magnesio mg/l CaCO ₃	Ecoparque	100	170	230
	La Barca	105	129	151
	San Luis	110	120	210
	De Cácuta	100	100	100
	La Brava	100	110	100
Alcalinidad total mg/l	Ecoparque	264	227	301
	La Barca	160	160	160
	San Luis	270	260	280
	De Cácuta	104	110	100
	La Brava	170	140	170
Sulfatos mg/l SO ₄ ⁻²	Ecoparque	864	783	810
Fosfatos mg/l PO ₄ ⁻³	Ecoparque	4,3	5,1	6,8
Cloruros mg/l Cl ⁻	Ecoparque	59,6	177,9	69,4
Nitratos mg/l NO ₃ ⁻	Ecoparque	16,7	4,0	3,4
	La Barca	6	4	4
	San Luis	16	6	5
	De Cácuta	4	4	3
	La Brava	6	5	4
pH	Ecoparque	9,3	8,4	8,7
	La Barca	8,5	8,3	8,3
	San Luis	9	9	9,1
	De Cácuta	6,5	6,7	6,7
	La Brava	7,07	7,2	6,41
Temperatura	Ecoparque	25°C	27°C	29°C
	La Barca	20°C	22°C	25°C
	San Luis	26°C	29°C	29°C
	De Cácuta	16°C	19°C	22°C
	La Brava	19°C	20°C	22°C

Fuente: Autores

Tabla 2. Categorías taxonómicas de los rotíferos identificados

Orden	Familia	Género	Especie	Autor	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud msnm	Colector
Ploima	Brachionidae	Brachionus	<i>Brachionus angularis</i>	Gosse 1851 (Velasco, 1990)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	1,2
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
					Cúcota	7º 28'84.95"N	72º		
					Arboledas	7º 65'98.70"N	40'0.34"O		
Ploima	Brachionidae	Lepadellidae	<i>Lepadella acuminata</i>	Ehrenberg 1834 (Velasco, et al., 1996a)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	4,3
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
					Cúcota	7º 89'0.813"N	72º		
					Arboledas	7º 28'84.95"N	40'0.34"O		
Ploima	Brachionidae	Colurella	<i>Colurella adriatica</i>	Ehrenberg 1831 (Velasco, et al. 1996)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	4,1,2,3
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
					Cúcota	7º 89'0.813"N	72º	380	
					Cúcota	7º 28'84.95"N	40'0.34"O	2	
Ploima	Brachionidae	Kochlearia	<i>K. cochlearis var. tecta</i>	Gosse 1886 (Velasco, 1996b)	Cúcota	7º 28'84.95"N	72º		4
					Arboledas	7º 65'98.70"N	63'79.84"O		
							72º		
							94'53.49"O		
Adinetida	Philodinida	Philodina	<i>Philodina flaviceps</i>	Bryce 1906 (Draner, 1970)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	1,2
					Cúcota	7º 89'0.813"N	50'0.59"O		
Adinetida	Philodinida	Rotaria	<i>Rotaria neptunia</i>	Ehrenberg 1832 (Velasco, 1995)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	2
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
Adinetida	Philodinida	Rotaria	<i>R. rotatoria</i>	Pallas 1776 (Velasco, 1990)	Cúcota	7º 89'0.813"N	72º		2
							40'0.34"O		
Ploima	Notommatidae	Cephalodella	<i>Cephalodella catellina</i>	O. F. Müller 1786 (Velasco, 1996b)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	5
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
Ploima	Notommatidae	Trichocerca	<i>Trichocerca brachyura</i>	Gosse 1851 (Margalef, 1949)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	3,4
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
Ploima	Synchaetidae	Polyarthra	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	Idelson 1925 (Velasco, 1990)	Patios	7º 86'34.99"N	72º		1,2,3,6
					Cúcota	7º 41'19.89"N	50'0.59"O		
Collotecacea	Collothecidae	Collotheca	<i>Collotheca ornata</i>	Ehrenberg 1832 (Velasco, 1995)	Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	6,7,8
					Durania	7º 41'19.89"N	50'0.59"O	1100	
Ploima	Lecanidae	Lecane	<i>Lecane aculeata</i>	Jakubski 1912 (Velasco, 1996a)	Cúcota	7º 86'34.99"N	72º		1,6,7,8
					Patios	7º 86'34.99"N	72º	320	
							50'0.59"O		

Fuente: Autores



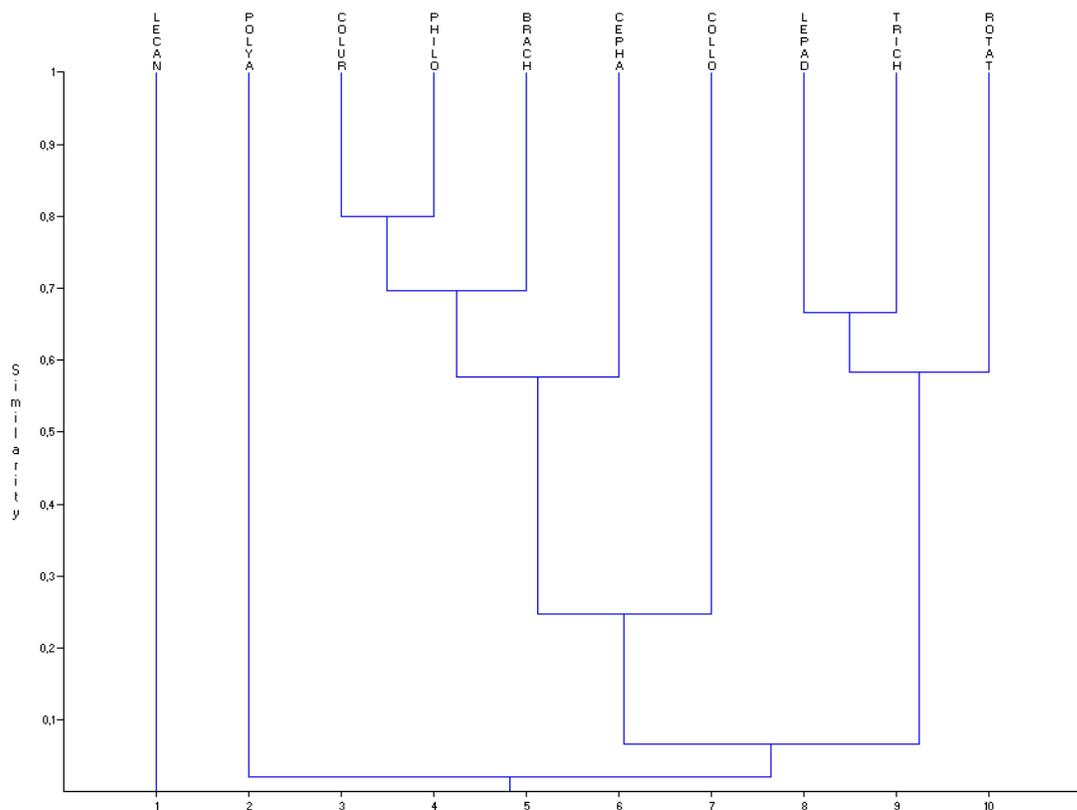


Figura 2. Análisis de agrupamiento para los taxones hallados, con base en índice de similaridad de Raup-crick, momento II.

Utilizando índice de Jaccard (presencia o ausencia) en la II fase, existe alta similitud en zonas 1 y 6; según índice de diversidad de Margalef (1983), en las zonas 1, 6 y 8 la diversidad de la comunidad de rotíferos (2,4; 12,1; 2,16; Fisher alpha=0) se cataloga como media; en las zonas 2, 3, 4, 5 la diversidad es baja (1,8; 1,4; Fisher alpha=0).

Aplicando el índice de Raup-crick (similitud) se reconocen tres grupos de especies de rotíferos con distribuciones espaciales próximas entre sí (Figura 2), se observa similitud entre los géneros Trichocerca y Lepadella por su presencia en la zona 4 se adhiere a ellas con menor representatividad rotatoria. Brachionus, junto a Colurella y Philodina, por su presencia en

diferentes zonas en especial en la zona 1. Las demás no muestran similitud entre especies.

Conclusiones

Los valores de diversidad oscilan entre 1,4 y 2,4 Bel nat/ind, considerados dentro del promedio respecto a los valores obtenidos en otros pequeños lagos artificiales por Pinilla et al. (1998), lo cual confirma la presencia de una comunidad madura.

En forma general según el índice de Jaccard se puede apreciar que el rotífero Brachionus se presenta con una frecuencia relativa del 47%, Philodina con una presencia de 45%, seguida de Colurella con un 40% y Rotatoria con una frecuencia relativa de del 32%, Trichocerca con un 26%, Cephalodella con un 23%, Collotheca con un

21%, Polyartha con un 19%, Lepadella con un 12% y Lecane con solo un 4%.

Los periodos con cambios marcados en el nivel, se corresponden con la mayor variación de la diversidad del zooplancton. Así durante los periodos de ascenso y fluctuación del nivel, se estimaron coeficientes de variación de 18% y 21% respectivamente, en contraste con los periodos de mayor estabilidad en el nivel de la laguna, niveles bajo y máximo, en los que se expresa una menor variación de la diversidad, 14 % y 10 % respectivamente. Poblaciones más abundantes determinan la estructura de la comunidad dada la ocupación efectiva de un amplio espectro del nicho o zona y la respectiva monopolización de recursos disponibles, donde la diversidad se asocia al grado de dominancia $R^2=0,9358$, más que a la uniformidad $R^2=0,5$ (Jaramillo & Gaviria, 2003).

Cambios en el grado de mineralización del cuerpo de agua son determinantes sobre la estructura de la comunidad (Stuardo-Ruiz et al., 2014); la diversidad de la comunidad tiende a ser mayor cuando el grado de perturbación causado por cambios en la intensidad de la conductividad eléctrica, dureza total y transparencia, es intermedio. En tanto, la diversidad del zooplancton tiende a ser menor al presentarse perturbaciones altas producidas por cambios en la intensidad de estas variables; tiende a ser mayor cuando la conductividad eléctrica alcanza valores de variación (desviación estándar) entre 7 y 17 unidades.

Analizando muestras se encuentra una relación lineal entre la concentración de sólidos en suspensión y la de macronutrientes (fósforo y nitrógeno). El análisis de componentes principales de los datos colectados, mostró que los dos primeros componentes (PC1 y PC2) explican el 58% de la varianza y que el fósforo total, nitrógeno total, clorofila y fitoplancton se asocian a los sólidos en suspensión formando un grupo con mayor peso en el primer componente.

Modelos de prevalencia pueden establecerse, para rotífero *Brachionus* pudo establecerse, al determinar que en una muestra, en promedio se

encuentran ocho rotíferos *Brachionus* con una desviación de 1.7 rotíferos. La ecuación de regresión en presencia constante del rotífero sigue una función exponencial $N=5,02e0,1666t$ (Promedio: 7,75, desviación: 1,70782513, $R^2=0,9872$) la cual permite predecir el número de rotíferos en un tiempo t , por semanas.

En las muestras no se observó presencia del rotífero *Philodina* en las zonas 3 y 7. Su presencia es estable y permanente en la zona 1. Con un 95% de confiabilidad, puede apreciarse un ajuste potencial de orden cuatro para el rotífero *Philodina*, la ecuación $N=1,1667t^3-6,5t^2+12,333t-1$ en un tiempo "t" (meses). De igual manera, puede apreciarse un ajuste potencial de orden cuatro para el rotífero *Rotaria*, la ecuación $N = 0,5t^2-0,5t+6$ permite determinar el número de rotíferos "N" en un tiempo "t" (meses). Este rotífero prevalece en la zona 2.

Discusión

Se determinó una relación de presencia o ausencia de la población rotíferos por zonas, al igual que en estudios de Peña et al. (2011), se reconocieron en la I fase de la investigación, tres grupos de rotíferos con distribuciones espaciales próximas entre sí, *Lepadella* sp y *Colurella* sp por su presencia en la zona 4, *Brachionus* sp, *Philodina* sp y *Colurella* sp, por su presencia en diferentes zonas en especial las zonas 1 y 2. *Lepadella* sp y *Colurella* sp con *Trichocerca* sp son semejantes por encontrarse en la zona 3. Las demás no mostraron similitud en su distribución espacial. Cabe resaltar que *Rotatoria* sp, es disímil con las demás con respecto a su ubicación en la laguna. En la II fase, se observó similitud entre los géneros *Trichocerca* y *Lepadella* por su presencia en la zona 4 y se adhiere a ellas con menor representatividad el género *Rotatoria*. *Brachionus*, junto a *Colurella* y *Philodina*, guardan similitud por su presencia en diferentes zonas y en especial en la zona 1. Las demás no muestran similitud entre especies. Los géneros con mayor presencia correspondieron a *Brachionus*, *Philodina*, *Rotaria* y en menor cantidad *Lecanidae*. Con respecto a las zonas de muestreo las de mayor presencia de rotíferos fueron las zonas 2, 3 y 4.

Respecto a la dureza total y la transparencia, estos valores máximos se expresan con grados de variación entre cuatro y ocho unidades, y entre 0,3 y 0,6 unidades respectivamente. Esta observación se ajusta al planteamiento de Connell (1978), acerca del efecto del grado de perturbación física sobre los mecanismos de regulación de la diversidad y a manifestos de Marín et al. (2014), Schaefer y Einax (2010), Ibañez (2014), analizando muestras del humedal encuentran una relación lineal entre la concentración de sólidos en suspensión y la de macronutrientes (fósforo y nitrógeno).

El primer componente (PC1), que explica el 47% de la varianza, es la transparencia y nutrientes asociada principalmente a la distribución de sólidos en suspensión. Estos resultados concuerdan con el análisis factorial de Schaefer y Einax (2010) respecto de la importancia de la materia suspendida.

Conclusiones

Las lagunas en Norte de Santander, se consideran un sistema con alta variabilidad temporal.

Se identifican seis familias de rotíferos, en mayor proporción Brachionidae, Philodinidae, y en menor proporción Notommatidae, Synchaetidae, Collotheidae, Lecanidae y diez géneros: Brachionus, Lepadella, Colurella, Philodina, Rotatoria, Cephalodella, Trichocerca, Polyartha, Collothea, y Lecane, los cuales son típicos de ambientes acuáticos donde existe abundante vegetación y materia orgánica. Dos de ellas se mantienen a pesar de la limpieza de la laguna, Philodina, y Rotaria. Algunas especies del zooplancton se pueden ajustar a la temporalidad y son consideradas tolerantes.

La frecuencia de los rotíferos encontrados en las ocho zonas, clasifican el agua como beta mesosaprobia, siendo de contacto secundario para fines recreativos.

En este ambiente el grado de madurez del zooplancton fue alto. La variación temporal de la diversidad (riqueza + proporcionalidad de las abundancias) se puede explicar, bajo principios de hipótesis del disturbio intermedio.

Referencias bibliográficas

- Aguero B. 2014. Análisis temporal de los cambios en el uso del suelo en la subcuenca del Humedal del río Cruces [Tesis de doctorado]. [Valdivia (Chile)]: Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. p. 135.
- Aranguren N, Monroy J. 2014. Respuestas del zooplancton en un sistema tropical (embalse La Chapa, Colombia) con alta tensión ambiental. *Acta Biológica Colombiana*, 19 (2): 281-290.
- Aranguren N, Guisande C, Ospina R. 2011. Factors Controlling Crustacean Zooplankton Species Richness in Neotropical Lakes. *Journal Plankton Research*, 33 (8): 1295- 1303.
- Arteaga G, Herrera M. [Internet]. 2005. Rotíferos módulo diversidad animal I. Fecha de acceso: 15 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://biologia.iztacala.unam.mx/>
- Barnes D. 1995. Zoología de los invertebrados. 2.^a, ed. México: Mc Graw-Hill. p. 325
- Bilotta S, Brazier R. 2008. Understanding the influence of suspended solids on water quality and biota. *Water Resources*, 42 (3): 2849-2861.
- Conabio. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 2.^a ed. México: Capital Nat. p. 523
- Conde J, Ramos E, Morales R. [Internet]. 2004. El zooplancton como integrante en la estructura trófica de los sistemas acuáticos lentos ecosistemas. Fecha de acceso: 25 de septiembre de 2015. Disponible en: www.aet.org/ecosistemas/042/investigacion3.htm
- Connell J, Orias E. 1964. The ecological regulation of species diversity. *American Naturalist*, 98 (903): 399-414.
- Connell J. 1978. Diversity of tropical rainforest and coral reefs. *Science*, 199 (4335): 1302-1310.
- Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental. [Internet]. 2010. Programas y proyectos. Fecha de acceso 15 de septiembre de 2015. Disponible en: www.corponor.gov.co/

- Donner J. 1970. Rotatorien aus einigen Boden und Moosen Spaniens und seiner Insein. *Revue. d'Écologie et de Biologie du Sol*, 7 (32): 501-532
- Gardiner M. 1978. *Biología de los invertebrados*. 2.^a ed. Barcelona (España): Omega. p. 940
- Gaston K. 2000. Global Patterns in Biodiversity. *Nature*, 405 (6783): 220-227.
- Hickman C. 1995. *Zoología principios generales*. 3.^a ed. Madrid (España): Interamericana. p. 846
- Huertas Díaz, O., Esmeral Ariza, S., & Sánchez Fontalvo, I. (2014). La Educación en Comunidades Indígenas; Frente a su proyecto de vida en un mundo globalizado. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 5(2), 232-243. doi:<http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v5i2.112>
- lafrancesco C. 1997. Aportes a la didáctica constructivista de las ciencias naturales. 1.^a ed. Bogotá (Colombia): Libros y Libres. p. 96
- Ibañez C. 2014. Aplicación del modelo DPSIR para analizar el estado medioambiental del ecosistema del Humedal del Río Cruces [Tesis de doctorado]. [Santiago (Chile)]: Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. p. 168
- Jaramillo J, Gaviria, S. 2003. Caracterización física, química y estructura de la comunidad zooplanctónica de un pequeño lago tropical, lago Santander (Rionegro, Antioquia, Colombia). *Caldasia*, 25 (2): 355-380.
- Jones J, Collins A, Naden P, Sear D. 2012. The relationship between fine sediment and macrophytes in rivers. *River Resources*, 28 (7): 1006- 1018.
- Marcano C. [Internet]. 2004. *Ecología de las aguas dulces*. Fecha de acceso 16 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.jmarcano.com/nociones/index>.
- Margalef R. 1949. Datos para la hidrobiología de la Sierra de Guadarrama. *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada*, 6 (1949): 5-21
- Margalef R. 1957. La teoría de la información en ecología. *Memorias. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, 32 (1957): 373-449.
- Margalef R. 1983. *Limnología*. 1.^a ed. Barcelona (España): Omega. p. 1010.
- Marín V, Tironi A, Paredes M, Contreras M. 2013. Modeling suspended solids in a Northern Patagonia glacier-fed fjord: GLOF scenarios under climate change conditions. *Ecological Modelling*, 264 (2013): 7-16.
- Marín V, Delgado L, Vila I, Tironi A, Barrera V, Ibañez C. 2014. Regime shifts of Cruces River wetland ecosystem: current conditions, future uncertainties. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42 (1): 160-171.
- Needham J, Needham G. 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. 1.^a ed. Barcelona (España): Reverte. p. 648.
- Peña F, Pincheira J, Escalona M, Rebolledo G. 2011. Cambio de uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del Río Borojó (Chile) entre 1994 y 2004. *Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo*, 43 (2): 1-20.
- Pinilla G, Anzola R, Fernández N, Paramo R. 1998. Ecología de pequeños lagos artificiales en la microcuenca de la quebrada La Playa (Caldas, Boyacá). *Geotropica*, 3 (1998): 5-20.
- Presidencia de la República. 1984. Decreto No 1594. Por el cual se establece usos del agua y residuales. Bogotá (Colombia): Imprenta Nacional. p. 10.
- Ramírez A. 1998. *Ecología aplicada*. 1.^a ed. Bogotá (Colombia): Pontificia Universidad Javeriana. p.269.
- Roncancio Parra, N., & Espinosa, H. (2010). Un breve acercamiento a la formación de los semilleros de investigación. Precisiones acerca de algunas diferencias entre la formación investigativa y la investigación formativa. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 2 (1), 152-157.
- Saunders J, Lewis W. 1988. Dynamics and Control Mechanisms in a Tropical Zooplankton Community (Lake Valencia, Venezuela). *Ecological Monographs*, 58 (4): 337-353.
- Schaefer K, Einax W. 2010. Analytical and chemometric characterization of the Cruces River in South Chile. *Environmental Science and Pollution Research*, 17 (1): 115-123.
- Sendacz S. 1984. A Study of the Zooplankton Community of Billings Reservoir – São Paulo. *Hydrobiologia*, 113 (23): 121-127.

- Sendacz S, Kubo E, Cestarolli M. 1985. Limnología de Reservorios do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplancton. Boletim do Instituto de Pesca, 12 (1985):187-207.
- Streble H, Krauter D. 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. 1.^a ed. Madrid (España): Omega. p. 340
- Stuardo G, Peña F, Ther-Rios F. 2014. The perception of public actors respecting the processes and imbalances in the management of the Maullín river estuary, Los Lagos Region, Chile: a conceptual model for the political and technical decision making processes. Revista da Gestão Costeira Integrada – APRH, 14 (1): 27-40.
- Velasco JL, 1990. Lista faunística y bibliográfica de los Rotíferos (Rotatoria) de la Península Ibérica e Islas Baleares y Canarias. 8.^a ed. Madrid (España): Asociación Española de Limnología. p.195.
- Velasco J, Álvarez L, Rubio M. 1995. La laguna de gravera de El Campilo (Madrid): datos físico-químicos y biológicos. Ecología, 9 (1995): 65-70.
- Velasco L, Álvarez M, Colomer M, Rubio A. 1996a. El Mar de Ontígola (Madrid): características limnológicas. Anales de Biología, 21(10): 93-104.
- Velasco L, Álvarez M, Rubio A. 1996b. Influencia de la ruptura de la termoclina sobre la comunidad de rotíferos plactónicos de una laguna meromíctica (Las Madres, Madrid). Ecología, 10 (1996): 523-532.
- Washington H. 1984. Diversity, Biotic and Similarity Indices - a Review with Special Relevance to Aquatic Ecosystems. Water Resources, 18 (6): 653-694.
- Weithoff G, Norbert W, Gaedke U. 2001. The Intermediate Disturbance Hypothesis - Species Diversity or Functional Diversity?. Journal of Plankton Research, 23 (10): 1147-1155.
- Wetzel R, Likens G. 2013. Limnological analyses. 1.^a ed. New York (U.S.A.): Springer Verlag. p. 391
- Zar J. 1999. Biostatistical analysis. 1.^a ed. New Jersey (U.S.A.): Prentice Hall. p. 663