

**CENTRO PARA LA INVESTIGACION EN RECURSOS ACUATICOS  
DE NICARAGUA**

**INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS FISICO – QUIMICOS SOBRE  
EL ZOOPLANCTON DE LA PARTE SUR DEL LAGO COCIBOLCA,  
RÍO SAN JUAN Y SUS TRIBUTARIOS**

**Pacheco Perla, Lorena y Moreno Delgado, Luis Beltrán**

**Seminario Ecología, Plaguicidas e Investigación Científica en los  
Lagos Xolotlán, Cocibolca y el Río San Juan  
Granada-Nicaragua, Casa de los Tres Mundos, 21 y 22 de  
Septiembre, 1999**

# INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS FISICO - QUIMICOS SOBRE EL ZOOPLANCTON DE LA PARTE SUR DEL LAGO COCIBOLCA, RÍO SAN JUAN Y SUS TRIBUTARIOS

PACHECO P., LORENA Y MORENO D., LUIS

## RESUMEN

Se determinó la composición cualitativa y cuantitativa del zooplancton así como los parámetros físico – químicos. Las muestras se tomaron en Mayo del 1993 y Septiembre de 1994. La composición de especies y los parámetros físico – químicos fueron analizados por medio del Análisis de Agrupamiento K-medias para establecer la similitud entre puntos. Se empleó el método de Análisis Multivariado de Correspondencia Canónica (programa CANOCO) para conocer el grado de incidencia de los factores físico – químico en la variabilidad de las especies. Se encontró que las concentraciones de zooplancton fueron mayores en 1994, siendo los puntos del lago Cocibolca los que mostraron mayor abundancia. Los valores de los parámetros físico – químicos se mantuvieron estables. Se identificaron tres grupos de puntos con características similares. El primero constituido por los puntos del lago Cocibolca, el segundo por los puntos ubicados en los tributarios costarricenses del río San Juan y un tercer grupo formado por los puntos ubicados en los tributarios nicaragüenses. Las variables que explicaron la varianza de especies con respecto a los valores físico – químicos para el año 1994 fueron: el Silicio, la Turbidez y el Potasio. Se encontró que la distribución del zooplancton tanto en el Lago Cocibolca como en el Río San Juan estuvo influenciada más por el tipo de hábitat, ciclos de vida y las corrientes que por los parámetros físico – químicos.

## INTRODUCCION

Investigaciones ecológicas en ríos tropicales han sido poco documentadas, a diferencia de lo que ocurre en los lagos. Los ríos soportan una baja comunidad de organismos planctónicos debido a las características propias de los sistemas fluviales. Una de estas comunidades lo constituye el zooplancton que se encuentra dominado en su mayoría por Rotíferos, Cladóceros, en menor grado, y por algunos Copépodos (Hynes, 1979).

La distribución, así como la composición de organismos en los ríos y lagos está determinada por muchos factores entre ellos los físico-químicos, como el contenido de oxígeno, el rango de temperatura de las aguas, la turbidez, los nutrientes y la naturaleza de los depósitos del fondo (Russell-Hunter, 1970). La influencia de los parámetros físico – químicos sobre los organismos vivientes dependerá además del ambiente en que estos se encuentren (riverino ó lacustrino). Al mismo tiempo, todos estos factores en los ríos están estrechamente relacionados con la velocidad de las corrientes.

El Río San Juan nace en el Lago de Nicaragua y forma parte del límite fronterizo entre Nicaragua y Costa Rica. Tiene una longitud aproximada de 205 km. y su cuenca comprende un área de 41,454 km<sup>2</sup>. La cuenca del Río San Juan constituye uno de los sistemas de drenaje más importantes de la región Centroamericana. Aquí se encuentra una enorme diversidad de cuerpos de agua dulce, esto debido a las características fisiográficas y geológicas de la región. A pesar de que los estudios sobre los ecosistemas acuáticos de la zona son incipientes, existe información básica para aseverar que estos poseen una alta diversidad de flora y fauna, así como una amplia gama de características físico-químicas.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la composición cualitativa y cuantitativa del zooplancton de la parte sur del lago de Nicaragua, el Río San Juan y sus tributarios. Además de estimar la influencia de los parámetros físico-químicos en la distribución del zooplancton en dichas zonas e identificar áreas que presenten características similares en cuanto a la composición y abundancia de especies y los valores de sus parámetros físico - químicos.

## METODOS

### Colecta de las muestras y análisis de laboratorio

Las muestras fueron tomadas en dos campañas llevadas a cabo en el río San Juan y sus principales tributarios en los meses de Mayo 1993 y Septiembre de 1994, durante el muestreo de 1993 se tomaron muestras en 21 puntos, de los cuales 8 pertenecían a la región del archipiélago de Solentiname y San Carlos en el lago Cocibolca. En 1994 los puntos muestreados fueron 23 incluyendo 7 en el lago (ver mapa).

Para la toma de las muestras se utilizó una red de zooplancton del tipo Wisconsin de 55 µm de luz de malla. Se hicieron arrastres desde un metro sobre el fondo hasta la superficie. Esta operación se repitió 3 veces. El filtrado se depositó en frascos debidamente rotulados. Todas las muestras se fijaron con formalina, procurando que la concentración final de esta fuera de aproximadamente el 4%.

Los organismos fueron identificados hasta el nivel de especie, cuando fue posible, utilizando para tal fin claves taxonómicas y con la ayuda de un microscopio *Leitz LABORLUX D*.

Para el análisis cuantitativo las muestras se concentraron a un volumen conocido (VC) de 75 mililitros, en algunos casos se tomaron tres alícuotas de 5ml, con la ayuda de una pipeta Hensel Stempel, cuando las muestras presentaron

poco zooplancton se contaron totalmente. Los conteos se realizaron en una cámara de Bogorov, con la ayuda de un estereoscópio. Cuando se contaron las alícuotas, el promedio de las tres alícuotas se utilizó para calcular el número de individuos por metro cúbico. Para esto primeramente se calculó el volumen de agua filtrado por la red mediante la siguiente fórmula:

$$V_f = \pi * D * r^2$$

V<sub>f</sub>: Volumen filtrado

π: 3.1416

D: Distancia recorrida por la red

r<sup>2</sup>: Radio de la boca de la red al cuadrado.

El promedio de los individuos contados en las tres alícuotas se multiplicó por el volumen concentrado y posteriormente se dividió entre el volumen de agua filtrada por la red para obtener el número de individuos por metro cúbico.

Cuando se contó toda la muestra el número total de individuos de la muestra se dividió entre el volumen filtrado para obtener el número de individuos por metro cúbico.

Los parámetros físico-químicos analizados en las muestras de agua fueron realizados por el Departamento de Hidroquímica, siguiendo la metodología basada en el "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water".

### **Análisis de los Datos**

Para el análisis de los datos se utilizaron diferentes técnicas de análisis multivariados. Estas fueron el Análisis de K - medias y el Análisis Multivariado de Correspondencia Canónica.

El Análisis de las K - medias nos permitió, a partir de un set de datos de especies y variables físico - químicas de los puntos muestreados, agrupar dichos puntos en un determinado número de grupos similares entre sí. En nuestro estudio los separamos en tres grupos, con el fin de ver si el análisis era capaz de distinguir características similares entre puntos de muestreo provenientes de una misma región. Con esto se esperaba que los puntos del Lago Cocibolca aparecieran en un mismo grupo, los de los tributarios del Río San Juan de la parte de Nicaragua en otro grupo, e igual para los ríos de la parte de Costa Rica. Para ejecutar este análisis, se estandarizó previamente el set de datos de las especies del zooplancton y el de las variables físico - químicas. Estos análisis se llevaron a cabo usando el programa Estadística 4.1 para Windows.

Para el Análisis Multivariado de Correspondencia Canónica (CCA por sus siglas en inglés), se usó el programa Canonical Community Ordinator (CANOCO) (Ter Braak, 1990). Este programa se aplicó para detectar la influencia que ejercen diversas variables ambientales (físico - químicas) en la distribución de las especies del zooplancton. Este tipo de análisis ha probado ser una herramienta valiosa en la determinación de factores ambientales que pudieran influir en la distribución de especies en determinado cuerpo de agua.

El CCA se aplicó a todos los puntos muestreados. La lista de los puntos de muestreo y sus respectivos códigos usados en el análisis del CCA y en el análisis de K - medias aparecen en la Tabla 1. El número de individuos por especie del zooplancton de los puntos analizados se usó como la variable especies.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el muestreo de 1993 se identificaron en la parte sur del Lago Cocibolca un total de 6 especies de rotíferos, 4 cladóceros y 2 de copépodos. En la zona del Río San Juan y sus tributarios se identificaron además de las anteriores dos especies más de rotíferos. Durante el muestreo de 1994 se reportaron para la parte sur del Lago Cocibolca un total de 7 especies de rotíferos 2 de cladoceros y 1 de copépodo, durante este mismo muestreo se reportaron en el área del Río San Juan y sus tributarios 10 especies de rotíferos, 2 de cladóceros y 1 de copépodo. En la Tabla 2 se presenta la lista de las especies encontradas durante el período de estudio. De forma general se podría decir que la composición cuantitativa del zooplancton durante los dos períodos de estudio 1993 y 1994 en el Lago Cocibolca fue baja, si la comparamos con datos obtenidos para otros cuerpos de agua del país como las Lagunas de Masaya y Asososca las cuales presentaron valores máximos de 557, 030 ind. m<sup>-3</sup> García & Pacheco 1991) y 547,019 ind. m<sup>-3</sup> (Moreno, 1992) respectivamente.

Durante 1993 los valores máximos reportados no sobrepasan los 84,582 ind.m<sup>-3</sup>, este valor se reportó en el punto P2 (Isla Venada), el valor máximo para 1994 fue de 295,711 ind. m<sup>-3</sup>, correspondiendo este al punto P12 (Río Medio Queso).

Durante el año 1993 las mayores concentraciones de zooplancton se observaron en los puntos tomados en el Lago Cocibolca (Gráfico 1); estos fueron: P2 (Isla Venada) con 84,582 ind. m<sup>-3</sup>, P7 (Río Macarron) con 74,812 ind. m<sup>-3</sup>, P1 (San Carlos) con 67,437 ind/m<sup>3</sup>, P4 (Boyas) con 38,938 ind/m<sup>3</sup> y P3 (Isla Venada Barlovento) con 34,798 ind.m<sup>3</sup>

La concentración promedio del zooplancton en las zonas muestreadas del Lago Cocibolca fue de 60,112 ind. m<sup>-3</sup>. El resto de puntos que corresponden al Río San Juan y sus tributarios presentaron valores por debajo de los 30,000 ind. m<sup>-3</sup>, siendo el promedio de todos estos puntos de 6,388 ind. m<sup>-3</sup>. En esta zona el punto que presentó mayor

San Carlos	P1
Isla Venada	P2
Isla Venada Barlovento	P3
Boyas	P4
Río Zapote	P5
Río Papaturre	P6
Río Macarron	P7
Río Frío guardaraya	P8
Río Melchora 2 km arriba	P9
Río Melchora desembocadura	P10
Río Medio Queso	P11
Río Medio Queso 2 km.	P12
Río Pocosol	P13
Boca del Río Pocosol	P14
Río San Carlos guardaraya	P15
Boca de Río San Carlos	P16
Río Sarapiquí	P17
Boca de Río Sarapiquí	P18
Delta	P19
Río Bartola arriba	P20
Boca del Río Bartola.	P21
Río Sábalo Arriba	P22
Boca del Río Sábalo	P23
Río San Carlos entre P15 y P16	P25

Tabla 1.

concentración de zooplancton fue el P14 (Boca de Pocosol) con un valor de 28,842 ind. m<sup>-3</sup>.

En el año 1994, la situación varió considerablemente. Se dió un aumento de las poblaciones del zooplancton en ambas zonas, Lago Cocibolca y Río San Juan (Gráfico 2). En el Lago Cocibolca se dieron promedios de 161,836 ind. m<sup>-3</sup>. Las mayores concentraciones de zooplancton en el Lago Cocibolca presentaron los siguientes valores: P4 (Boyas) con 238,938 ind. m<sup>-3</sup>, P7 (Río Macarron) con 174,089 ind. m<sup>-3</sup>, P3 (Isla Venada Barlovento) con 117,503 ind. m<sup>-3</sup> y P1 (San Carlos) con 116,815 ind. m<sup>-3</sup>. El hecho de haber encontrado la mayor abundancia de zooplancton en este año, podría tener su explicación en un aumento de las poblaciones de especies comestibles del fitoplancton (Chow. com.per).

En el área de Río San Juan y sus tributarios el comportamiento del zooplancton varió en cuanto al número de organismos presentes en cada zona muestreada. Hubo puntos en los cuales no se encontró ningún organismo, como en el P5 (Río Zapote) y P17 (Río Sarapiquí); o se encontraron en muy bajas concentraciones, como el P22 (Río Sábalo arriba) y el P15 (Río San Carlos guardarraya), con valores de 197 ind. m<sup>-3</sup> y 820 ind. m<sup>-3</sup> respectivamente. El promedio total de individuos en esta zona fue de 53,654 ind. m<sup>-3</sup>, lo cual representa un aumento de más de ocho veces con respecto a lo reportado en el muestreo del año anterior.

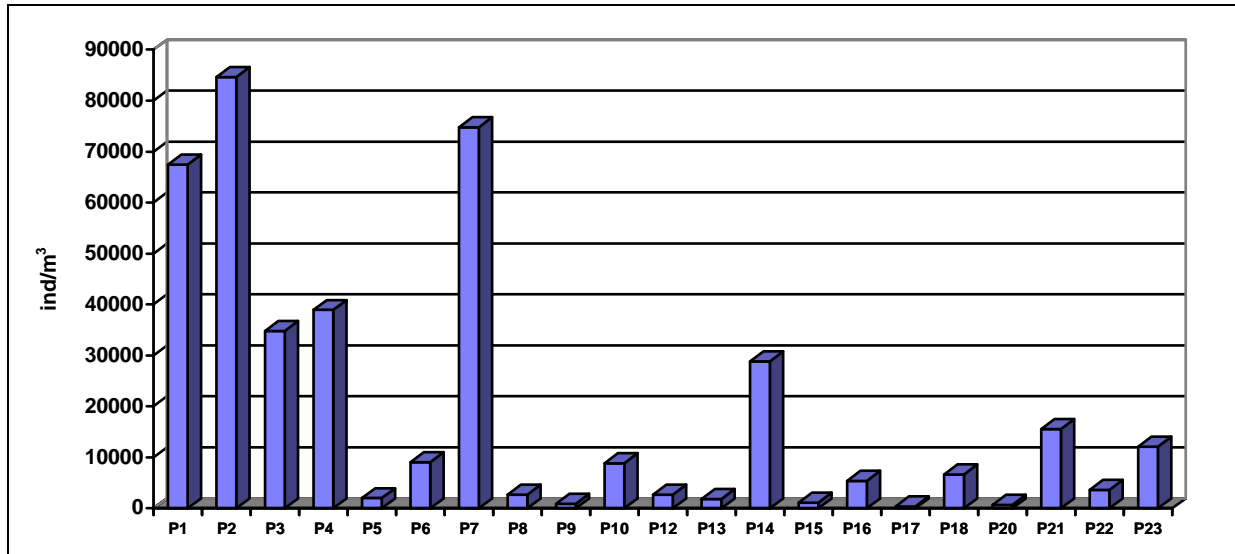


Gráfico 1: Zooplankton total de la parte sur del Lago Cocibolca y el Río San Juan con sus tributarios Año 1993.

En la zona del Río San Juan y sus tributarios, los puntos que presentaron mayor número de individuos del zooplankton fueron el P12 (Río Medio Queso 2 kilómetros) con 295,711 ind. m<sup>-3</sup>, P10 (Río Melchora) con 219,571 ind. m<sup>-3</sup>, P14 (Río Boca de Pocosol) con 112,009 ind. m<sup>-3</sup> y P21 (Boca Río Bartola) con 100,295 ind. m<sup>-3</sup>.

Los lagos presentan condiciones más estables para el desarrollo del zooplankton que los ríos. Generalmente, los lagos presentan mayores profundidades y la distribución homogénea de los nutrientes en la columna de agua va a depender en gran medida de la acción del viento. Este hecho se acentúa más en el Lago Cocibolca por ser este un lago somero, además las áreas muestreadas durante estas campañas corresponden a las zonas que se encuentran entre la Isla Venada (archipiélago de Solentiname) y San Carlos, donde podría existir un aporte adicional de nutrientes producto de la actividad antropogénica de esa zona.

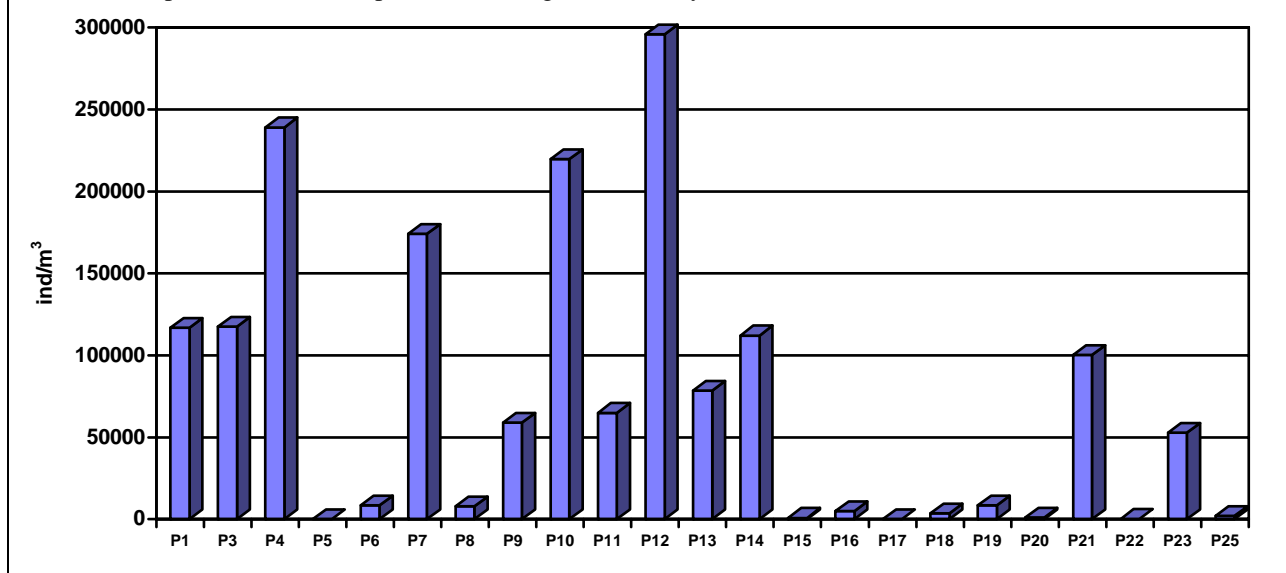
Las condiciones antes mencionadas propician un ambiente favorable para el desarrollo de las comunidades planctónicas, lo que permitirá la presencia de poblaciones y niveles tróficos más complejos dentro de estas comunidades.

Los sistemas fluviales constituyen ambientes muy inestables para el desarrollo de las comunidades zooplanctónicas. La distribución de estos organismos está influenciada por las corrientes, las cuales arrastran elementos de la fauna, y las fluctuaciones de sus velocidades reorganizan continuamente la distribución de los organismos. El zooplankton de los ríos está formado por especies de vida suficientemente breve y multiplicación rápida para ajustarse a los requerimientos del flujo (Margalef, 1983). La tasa de reproducción de los rotíferos es considerablemente más rápida que la de los crustáceos planctónicos (Allan 1995), esto resultará en una dominancia de este grupo.

Estas condiciones se cumplen con la presencia de especies de rotíferos reportados para este río, las que son características del zooplankton fluvial. Especies de rotíferos como *Filinia Brachionus* y *Kellatella* tienen una amplia representación en el Río San Juan, así como formas de ambiente litoral como en el caso de *Lecane*. Además de las especies de rotíferos, también se encuentran crustáceos planctónicos de rápida multiplicación como cladóceros entre los que se pueden mencionar a *Diaphanosoma*, *Ceriodaphnia* y *Moina*, y de forma menos frecuente algunos copépodos.

Si bien es cierto que la composición cualitativa del zooplankton de las dos áreas (lago Cocibolca y Río San Juan y tributarios) es de alguna forma similar, existe, como se señaló anteriormente, una marcada diferencia en la composición cuantitativa. Esto nos lleva a pensar que una buena parte de las especies que se encuentran en el Río San Juan y sus tributarios podrían ser arrastradas hasta esos puntos por acción de la corriente del río, y que solo algunas de ellas, por ejemplo los rotíferos son capaces de prosperar debido a su elevada tasa de reproducción en microhábitats de algunas zonas con condiciones más o menos similares a los ambientes lénticos.

Gráfico 2: Zooplankton total de la parte sur del Lago Cocibolca y el Río San Juan con sus tributarios año 1994



### Análisis multivariados

Al aplicar el análisis de K-medias de agrupamiento a las muestras de 1993 (Tabla 3), se dividió el total de puntos en tres grupos similares. El primer grupo estuvo compuesto por las estaciones P1, P2, P3, P4 y P7 del lago Cocibolca. El segundo grupo lo conformaron puntos tomados en los tributarios que drenan desde territorio costarricense. Las únicas excepciones fueron los puntos P20 y P23 que corresponden a los ríos Bartola río arriba y a la boca del río Sábalo. El tercer grupo lo integraron puntos tomados en tributarios del Río San Juan del sector nicaragüense y puntos tomados en el curso del río. La única excepción en este caso fue el P6 (Río Papaturro) el cual desemboca en el lago Cocibolca desde territorio costarricense.

En el análisis de K-medias de agrupamiento de los datos del 94 (Tabla 4), se dividieron los puntos de muestreo en cuatro grandes grupos basándose en su similitud. El primer agrupamiento estuvo formado en su mayoría por puntos tomados en las desembocaduras de los tributarios. Estos puntos fueron P14, P16, P18, P21, P23 y dos tributarios del sector de Nicaragua el P9 y P22. El segundo grupo estuvo conformado principalmente por puntos tomados aguas arriba de ríos provenientes de territorio costarricense que desembocan en el lago Cocibolca y Río San Juan. Aquí se encontraron los puntos P5, P6, P8, P11, P13, P15, P17, P19 y P25. El punto P20 fue el único punto en territorio nicaragüense de este grupo.

Distancias con respecto al centro del Agrupamiento										
Agrupamiento contiene 5 Puntos de Muestreo										
	P1	P2	P3	P4	P7					
Distancias	1.186875	.972842	.692482	.767772	1.123498					
Análisis de Agrupamiento de K-medias para el año 1993. Miembros del Cluster Número 2										
Distancias con respecto al centro del Agrupamiento.										
Agrupamiento contiene 10 Puntos de Muestreo										
	P5	P8	P12	P13	P15	P16	P17	P18	P20	P23
Distancias	.58222	.356314	.644632	.426855	.604989	.354262	.946813	.354512	.370465	.462355
Análisis de Agrupamiento de K-medias para el año 1993. Miembros del Cluster Número 3										
Distancias con respecto al centro del Agrupamiento										
Agrupamiento contiene 6 Puntos de Muestreo										
	P6	P9	P10	P14	P21	P22				
Distancias	.935075	.904382	.460764	.723997	.839748	.615932				

**Tabla 3**

En un tercer grupo se ubicaron los puntos tomados en el Lago Cocibolca: P1, P3, P4 y P7. Otro grupo muy cercano al anterior lo formaron los grupos P10 y P12.

A partir de los resultados de este análisis multivariado se puede dividir la zona de estudio en al menos tres áreas bien definidas. La primera, conformada por los puntos del lago Cocibolca, una segunda zona compuesta en su mayoría por los tributarios del Lago Cocibolca y Río San Juan que desaguan su caudal desde territorio costarricense y la última zona que se puede observar estuvo formada por puntos de los tributarios del Río San Juan que provienen de territorio nicaragüense.

Era de esperarse, por el hecho de ser un ecosistema con características diferentes, que los puntos del Lago Cocibolca tuvieran un comportamiento distinto al de los puntos del Río San Juan. En el lago las concentraciones de zooplancton fueron más altas, por ser este un ambiente más propicio para el desarrollo de comunidades planctónicas. Los registros de los parámetros físico - químicos en el lago fueron más constantes que en el resto del río, donde se observaron picos y descensos, dependiendo si la muestra provenía de zonas de río arriba de los tributarios o de la desembocadura.

Las muestras tomadas aguas arriba de los ríos que drenan de la parte de Costa Rica, presentaron características similares en cuanto a su composición de especies y variables físico - químicas. Esto podría deberse al hecho de que en esta zona de drenaje se presenten condiciones similares en el uso del suelo ya que en esta región se ha practicado una agricultura intensiva durante las últimas décadas, además del despale y otras actividades antropogénicas, que son de alguna manera consecuencias de la actividad agrícola. La única excepción fue el río Bartola (río arriba) el cual drena al Río San Juan desde territorio nicaragüense

Análisis de Agrupamiento de K- medias para el año 1994. Miembros del Cluster Número1										
Distancias con respecto al centro del Agrupamiento										
Agrupamiento contiene 7 Puntos de Muestreo										
	P9	P14	P16	P18	P21	P22	P23			
Distancias	1.436844	.845120	.533614	.494355	.920369	.679752	.487716			
Análisis de Agrupamiento de K- medias para el año 1994. Miembros del Cluster Número2										
Distancias con respecto al centro del Agrupamiento										
Agrupamiento contiene 10 Puntos de Muestreo										
	P5	P6	P8	P11	P13	P15	P17	P19	P20	P25
Distancias	.76220	.748491	.547159	.893756	.810898	.488375	.441575	.886593	.670215	.526823
Análisis de Agrupamiento de K- medias para el año 1994. Miembros del Cluster Número3										
Distancias con respecto al centro del Agrupamiento										
Agrupamiento contiene 4 Puntos de Muestreo										
	P1		P3		P4		P7			
Distancias	.673390		.467582		.444105		.476987			
Análisis de Agrupamiento de K- medias para el año 1994. Miembros del Cluster Número 4										
Distancias con respecto al centro del Agrupamiento										
Agrupamiento contiene 2 Puntos de Muestreo										
	P10					P12				
Distancias	.688632					.688632				

**Tabla 4**

El Análisis de Correspondencia Canónica efectuado para el año 1993, dio como resultado que del total de variables ambientales analizadas (19), las que explican la varianza de especies con respecto a los factores físico - químicos fueron el Fósforo Total (PT), el Silicio (SiO<sub>2</sub>), el Nitrógeno Total (NT), y el Amonio (NH<sub>4</sub>). (Gráfico 3).

El primer eje explica el 51.4% de la varianza debida a la relación entre las variables ambientales y las especies del zooplancton. Sobre este eje se agruparon puntos que tienen concentraciones altas de fósforo total (P17 y P9) y bajas concentraciones de zooplancton. En el sentido contrario de la flecha (primer eje) se encontraron puntos que contenían bajas concentraciones de fósforo total (P12 y P13). Esta áreas se caracteriza por la presencia de algunas especies de rotíferos: *Brachionus havanaensis*, *Keratella cochlearis* y *Filinia longiseta*. Además de la presencia de *Bosmina longirostri* (cladocero).

El segundo eje se origina por la influencia del SiO<sub>2</sub> (Sílice) y explica junto con el primer eje el 82.5% de la varianza debida a la relación entre las variables ambientales (físico - químicas) y la composición de especies del zooplancton. En este eje se ubicaron los puntos que tienen mayores concentraciones de sílice y a su vez reportaron la presencia de especies de rotíferos, entre las cuales destacan *Lecane luna*, *Platylas quadricornis* y *Trichocerca sp.* Entre estos puntos se puede mencionar a P6 y P15. En el eje contrario se ubicaron puntos con menores concentraciones de sílice. La presencia de *Bosmina longirostri* fue muy característica en esta área.

El tercer eje se debe a la presencia del Nitrógeno Total (NT) y en conjunto con los dos anteriores explica el 95.7% de la varianza debida a la relación entre las variables ambientales y el zooplancton. En este eje se encontró al punto P1 con las mayores concentraciones de Nitrógeno Total, y una concentración alta de zooplancton. Los puntos que se ubicaron en dirección opuesta, son en su mayoría puntos de la zona del Río San Juan y sus tributarios, los cuales presentan menores concentraciones de zooplancton y Nitrógeno Total.

El cuarto y último eje se encuentra influenciado por el Amonio ( $\text{NH}_4$ ) y junto a los tres ejes anteriores explica el 100% de la varianza de especies con respecto a las variables físico-químicas. Este eje a su vez es el que explica el menor porcentaje de la varianza de las especies del zooplancton (4.3%) con respecto a los parámetros físico - químicos. Los puntos P1, P3 y P4 se encuentran asociados a este eje.

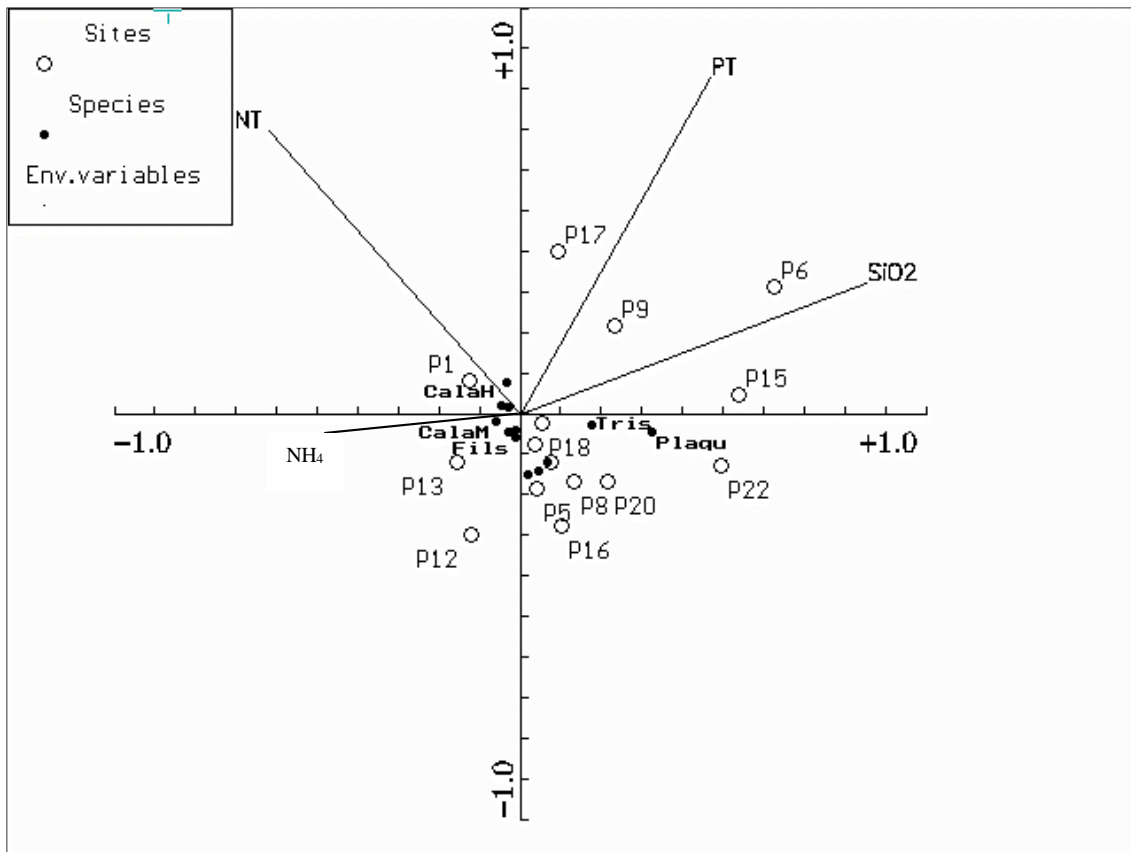


Gráfico 3 Análisis de Correspondencia Canónica para el año 1993

En general los puntos del lago Cocibolca para el año 1993 se relacionaron en mayor medida con los ejes del Nitrógeno total (NT) y el Amonio ( $\text{NH}_4$ ) y con zonas donde hay mayor número de zooplancton (Gráfico 3). La definición de estos ejes pudo deberse a la combinación de valores más o menos constantes de las variable ambientales NT y  $\text{NH}_4$  y a concentraciones relativamente altas de zooplancton. En el caso de los puntos tomados en el Río San Juan, estos se relacionaron en mayor grado con los ejes del Fósforo Total (PT) y el Silicio ( $\text{SiO}_2$ ). En este muestreo (1993) la variabilidad entre el Lago Cocibolca y El Río San Juan se vió aumentada por la aparición en la zona del Río y sus tributarios de especies de rotíferos de ambiente litoral (*Lecane luna*, *Platyas quadricornis* y *Trichocerca sp.*) en números relativamente altos, las cuales no se encontraban o se presentaron en bajas cantidades en la zona del lago.

En 1994 (Gráfico 4) el Análisis de Correspondencia Canonica (CCA) mostró que del total de variables ambientales analizadas (20), las que explicaron la varianza de especies con respecto a los valores físico-químicos fueron el Silicio ( $\text{SiO}_2$ ), la Turbidez (TUR) y el Potasio (K).

El primer eje se originó por la presencia del Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y explica por sí solo el 65.3% de la varianza de las especies del zooplancton con relación a las variables físico-químicas (ambientales). Sobre este eje se ubicaron principalmente puntos tomados en tramos de río arriba de los tributarios del Río San Juan. Entre estos puntos se destacaron: P9 (Río Melchora 2 Km), P22 (Río Sábalos arriba), el P20 (Río Bartola arriba) y el P6 (Río Papaturre),



que desemboca en el lago. Los puntos ubicados sobre este eje se caracterizaron por presentar bajas concentraciones de zooplancton y una concentración relativamente mayor de  $\text{SiO}_2$ .

El segundo eje estuvo determinado a la Turbidez (TUR) y junto con el primer eje explican el 93.4% de la varianza de las especies del zooplancton con respecto a las variables ambientales. Sobre este eje se colocaron la mayoría de puntos tomados en las bocanas de los tributarios del Río San Juan. En este eje se destacaron los puntos P12 (Río Medio Queso 2 Km), P16 (Boca de San Carlos), P21 (Boca Río Bartola) y P18 (Boca Río Sarapiquí), a excepción del punto P11 (Río Medio Queso guardaraya) que fue tomado aguas arriba de su desembocadura. Estos valores de turbidez coincidieron con altos valores de Clorofila -a (Chow Comunicación personal), por ejemplo el mayor valor de Clorofila -a para ese año se reportó en el punto P11 ( $22.70 \mu\text{g.l}^{-1}$ ). En esta área predominaron especies de rotíferos como por ejemplo *Keratella americana*, *Filinia terminalis* y *Brachionus falcatus*. Estas especies de rotíferos se alimentan de detritus y pequeñas algas lo cual explicaría su preferencia por zonas de mayor turbidez. Cabe señalar que en este eje se encontraron puntos con altas concentraciones de zooplancton (P12:  $295,711 \text{ ind/m}^3$ ), al igual que puntos muy pobres en número de individuos, como en el caso de los puntos P16 y P18, los cuales reportaron valores de  $1,748 \text{ ind/m}^3$  y  $1689 \text{ ind/m}^3$  respectivamente. El punto de mayor concentración de zooplancton (P12) reportó a su vez valores bastante bajos de Clorofila -a ( $5.92 \mu\text{g.l}^{-1}$ ), esto podría sugerir un intenso pastoreo por parte del zooplancton. Los puntos que se ubican en sentido contrario a la dirección de la variable presentan aguas menos turbias

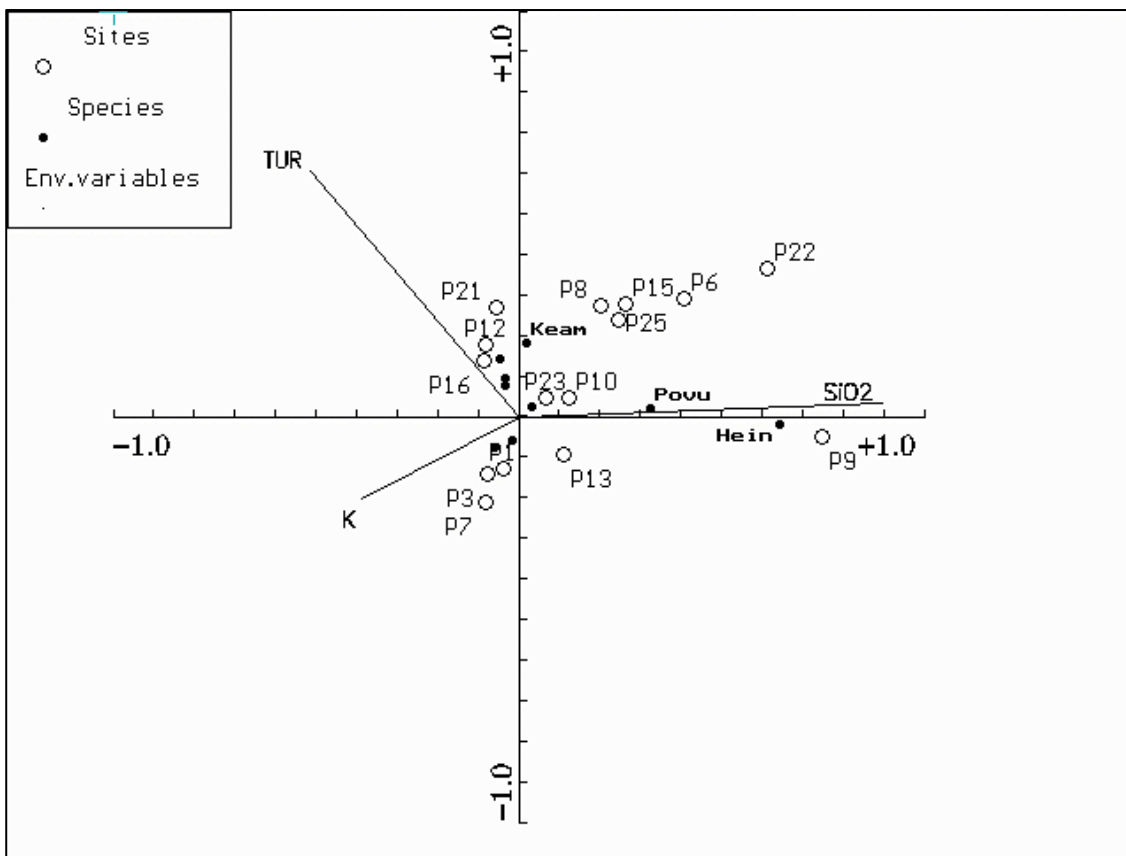


Gráfico 4 Análisis de Correspondencia Canónica para el año 1994

El potasio dio origen al tercer y último eje, el cual explicó por sí solo el 6.6% de la varianza de las especies con respecto a las variables ambientales. En este eje se ubicaron las estaciones de muestreo del lago Cocibolca: P1, P3, P4 y P7. Además del P14 el cual corresponde a la bocana del Río Pocosol que desemboca en el Río San Juan. Todos los puntos ubicados sobre este eje presentaron altas concentraciones de zooplancton ( $> 100,000 \text{ ind/m}^3$ ) y moderadas concentraciones de Potasio.

De forma general se puede decir que en 1994 a partir del CCA se pudieron distinguir tres zonas en el área de muestreo: la primera zona con bajas concentraciones de zooplancton y altas concentraciones de  $\text{SiO}_2$ . Esta estuvo conformada en su mayoría por puntos que se localizaron aguas arriba de los tributarios del Río San Juan y por el Río

Papaturro que desemboca en el Lago Cocibolca. Esta zona se caracterizó por la presencia de especies de rotíferos (*Hexarthra intermedia* y *Polyartra vulgaris*). Una segunda zona la conformaron los puntos que en su mayoría se correspondían con las bocananas de los tributarios del Río San Juan y algunos puntos tomados aguas arriba de los tributarios del San Juan. Esta zona se caracterizó por una mayor concentración de zooplancton y una mayor turbidez de sus aguas. El último grupo lo conformaron todos los puntos del lago de Cocibolca, más el punto ubicado en la desembocadura de un tributario del Río San Juan; Río Pocosol. Esta zona presentó un mayor número de especies de zooplancton.

Los CCA para ambos años (1993 y 1994) muestran la relación entre las variables ambientales (parámetros físico - químicos) con especies de zooplancton y sitios de muestreo. Aquí se observa una estrecha relación entre parámetros físico - químicos y puntos, lográndose diferenciar en cierta medida las áreas del Río San Juan y sus tributarios, del área del lago. Además se logró relacionar los puntos con la diversidad y el número de especies que presentaban. Se pudo observar en ambos gráficos la tendencia de las especies del zooplancton a ubicarse al centro de la gráfica y no a lo largo de los ejes de las variables. Las excepciones de este comportamiento lo presentaron algunas especies de rotíferos, las cuales se concentraron en mayor número en puntos del río influenciados por el SiO<sub>2</sub>. Lo anterior podría deberse a:

- Que las especies se ubicaron en las zonas donde los parámetros físico - químicos que explicaban la varianza fueron más estables (Lago Cocibolca).
- Que la influencia de esas variables físico - químicas podría no ser tan determinante en la distribución de las especies del zooplancton, como lo sería el efecto de las corrientes en el río y sus tributarios.
- La diferencia de hábitats (lótico y léntico) es otro factor a considerar en este estudio, el cual pudo influenciar la composición y número de especies. Como se señaló anteriormente, especies de ciclos de vida más cortos y altas tasas de reproducción tendrán más éxito en colonizar las condiciones más inestables que presentan los ambientes lóticos, sin embargo estas poblaciones muy difícilmente llegaron a ser tan numerosas como la de los ambientes más estables.

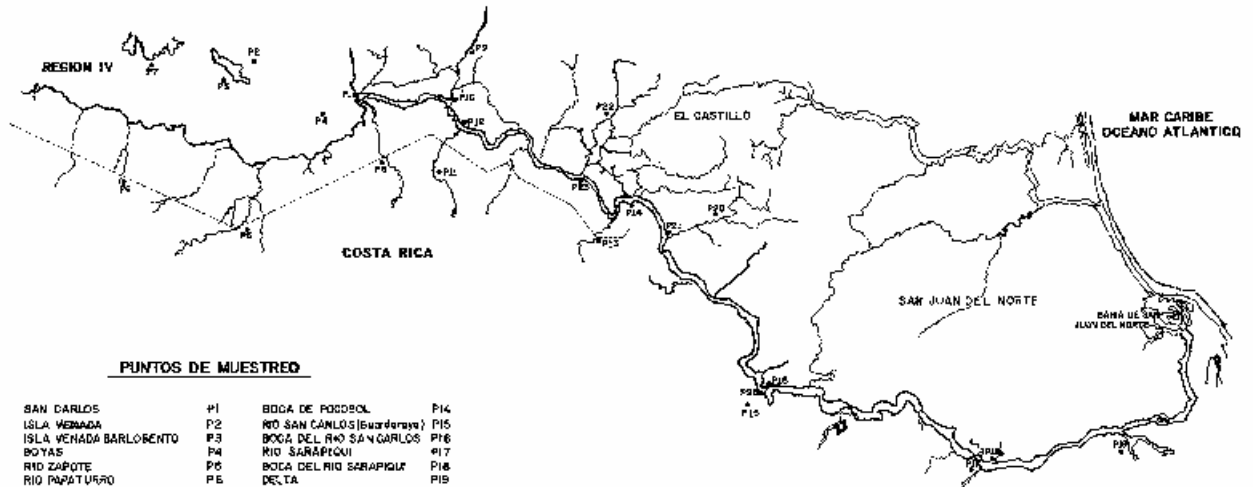
## CONCLUSIONES

- 1) Las concentraciones del zooplancton en los puntos del Lago Cocibolca fueron mayores en ambos períodos de muestreo con respecto a las encontradas en el Río San Juan y sus tributarios. Por otro lado, la diversidad de especies en la zona del río fue ligeramente mayor, lo cual puede sugerir una mayor diversidad de hábitats en esta área.
- 2) En los puntos del Río San Juan y sus tributarios predominaron las especies de rotíferos, esto es debido a que estos organismos presentan un ciclo de vida más corto y por ende una tasa de reproducción más rápida.
- 3) El análisis multivariado de K- medias de agrupamiento logró separar los puntos de muestreo en 3 grupos sobre la base de la similaridad entre ellos con respecto a las especies y a los parámetros físico - químicos. El primero constituido por los puntos del lago Cocibolca, el segundo por puntos en su mayoría de la parte costarricense y el último por puntos predominantemente de la zona nicaragüense.
- 4) Las variables ambientales (físico - químicas) que explicaron la varianza de las especies con respecto a los valores físico - químicos fueron el Fósforo Total (PT), el Silicio (SiO<sub>2</sub>), el Nitrógeno Total (NT), y el Amonio (NH<sub>4</sub>) en el año 1993 y en 1994 fueron el Silicio (SiO<sub>2</sub>), la Turbidez (TUR) y el Potasio (K).
- 5) Se observa en los gráficos del CCA una estrecha relación entre parámetros físico - químicos y puntos de muestreo, lográndose diferenciar en cierta medida las áreas del Río San Juan y sus tributarios, del área del lago Cocibolca.
- 6) La distribución del zooplancton en ambas áreas (Lago y Río) aparentemente depende más de las condiciones particulares de cada hábitat, del ciclo de vida de los organismos plantónicos y del efecto de las corrientes que de la influencia de las variables físico - químicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allan, D. J., 1995. Stream Ecology : Structure and Function of Running Waters. Chapman and Hall. 388 pags.
- García, H. & Pacheco, L., 1991 Composición Cualitativa y Fluctuaciones Temporales de la Abundancia del Zooplancton en el Lago de Masaya. Reporte Interno CIRA/UNAN.
- Hynes, H. B., 1979. The Ecology of Running Waters, Liverpool University Press.
- Margalef, R., 1983 Limnología. 679 pags.
- Moreno, L., 1992. Resultados Preliminares de la Composición, Abundancia y Dieta Natural de Algunas Especies del Zooplancton de la Laguna de Asososca. Reporte Interno CIRA/UNAN.
- Russell - Hunter, W. D., 1970 Aquatic Productivity : an introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology.
- Ter Braak, C. J. F., 1990. Update notes: CANOCO version 3.1. Agricultural Mathematics Group, Wageningen

AREA DE ESTUDIO PARTE SUR DEL LAGO COCIBOLCA, RIO SAN JUAN Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS



PUNTOS DE MUESTREO

SAN CARLOS	P1	BOCA DE COCIBOLCA	P14
ISLA VERNADA	P2	RIO SAN CARLOS (Guardarraya)	P15
ISLA VENADA BARLORENTO	P3	BOCA DEL RIO SAN CARLOS	P16
BOYAS	P4	RIO SARAPIQUI	P17
RIO ZAPOTE	P5	BOCA DEL RIO SARAPIQUI	P18
RIO PAPATURO	P6	DELTA	P19
ISLA MACARRON	P7	RIO BARTOLA ARRIBA	P20
RIO FRIO (Guardarraya)	P8	BOCA DEL RIO BARTOLA	P21
RIO MELCHORRA (2 Km. Arriba)	P9	RIO SABALOS ARRIBA	P22
RIO MELCHORRA (Desembocadura)	P10	BOCA DEL RIO SABALOS	P23
RIO MEDIO QUESO	P11	RIO SAN CARLOS ENTRE	
RIO MEDIO QUESO (2 Km)	P12	EL P15 Y P16.	P25
RIO COCIBOLCA	P13		