



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL NORDESTE**

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y AGRIMENSURA

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Plan de Trabajo Final de Graduación

***“Comunidades de protozoos en distintos ambientes acuáticos
urbanos y periurbanos de Corrientes.”***

Alumno: Lino Humberto Recalde Rodas

Director: Dr. Juan Manuel Coronel

Co-directora: Dra. Clara Etcheverry

Laboratorio de Biología de los Invertebrados, FaCENA, UNNE; Av. Libertad N°
5470, Corrientes.

2020

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mi director Dr. Juan Manuel Coronel y a mi co-directora Dra. Clara Etcheverry por el apoyo y la guía constante para la realización de este trabajo. Así como también la facilitación de recursos bibliográficos, materiales de laboratorio y las herramientas informáticas.

Un agradecimiento especial al Dr. Enrique Laffont, responsable del Laboratorio de Invertebrados, por permitirme utilizar el laboratorio para el presente trabajo.

Dr. Osvaldo Arbino por las dudas aclaradas.

Al Laboratorio de Química Ambiental de la FaCENA y en especial a su responsable Esp. Juan Daniel Ruiz Diaz, por la realización de los análisis químicos de las muestras.

Por último, pero no menos importante, a mi familia por el acompañamiento incondicional, así como a mis amigos Rodrigo Hernán Carnecer y Cristian Javier Solís por la ayuda en el trabajo de campo.

EXPOSICIÓN SINTÉTICA DE LA LABOR DESARROLLADA:

Durante la realización del Trabajo Final de Graduación, se buscó contribuir al conocimiento de la diversidad de protozoos de filiación animal en distintos ambientes acuáticos de la ciudad de Corrientes y sus alrededores. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Se realizó una búsqueda de material bibliográfico, se recurrió a distintas publicaciones científicas, libros y tesis, debido a que los trabajos publicados referidos a este tema, en especial los realizados en esta región, son muy escasos. Toda esta información recabada fue utilizada para formular la hipótesis y diseño experimental.

Luego se procedió a la recolección de material biológico y la caracterización química de los ambientes de donde se extrajeron las muestras. Las mismas, se dejaron a temperatura ambiente por 24 horas para su posterior análisis taxonómico en el microscopio óptico.

Con los datos obtenidos se realizaron pruebas estadísticas para comprobar las diferencias entre las distintas zonas de muestreo, además de corroborar la existencia de correlación entre variables químicas y riqueza específica en los distintos ambientes muestreados.

Finalmente se procedió a la redacción del Trabajo Final de Graduación.

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES EN EL DESARROLLO DEL PLAN:

No se encontraron dificultades a la hora de realizar este Trabajo Final de Graduación.

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
CONCLUSIONES	9
BIBLIOGRAFÍA	19
ANEXO.....	22

RESUMEN

Los protozoos son componentes importantes de las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos estando involucrados en los procesos de descomposición y reciclado de nutrientes, además de ser un componente importante de las mallas tróficas y en los procesos de transferencia de energía. Sus comunidades varían de acuerdo a diversos factores físicos, químicos y biológicos, por lo que pueden ser utilizados como bioindicadores. En Argentina el conocimiento de los protozoos heterótrofos es bastante escaso, y para la ciudad de Corrientes no existe información sobre su fauna. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es conocer la diversidad de protozoos de la ciudad de Corrientes y alrededores, identificando los géneros, estableciendo comparaciones entre ambientes urbanos y periurbanos, y relacionando la composición de las comunidades de protozoos con algunas variables ambientales. Los muestreos se realizaron en zanjas y canales de desagüe pluvial de la ciudad de Corrientes y en la Laguna Pampín. De cada sitio de muestreo se recogieron muestras de agua que fueron analizadas en laboratorio con microscopio óptico, y muestras de agua para análisis químicos. Los protozoos presentes se identificaron a nivel de especie o morfoespecie y se calculó su riqueza para realizar comparaciones entre ambientes y correlaciones con las variables químicas mediante análisis estadísticos. Se registró un total de 49 taxa siendo los ciliados el componente dominante en todos los ambientes. Pudo comprobarse que en los ambientes urbanos se registran valores más elevados de los parámetros químicos y menor riqueza de protozoos. Nuestros resultados sugieren que para todos los ambientes estudiados el nivel de contaminación es de moderado a alto, lo cual justifica el dominio del grupo de los ciliados, dada su gran capacidad adaptativa en dichas condiciones. Se presenta por primera vez un listado de protozoos de la ciudad de Corrientes.

INTRODUCCIÓN

El término “Protozoos” incluye una variedad de organismos eucariotas, unicelulares o coloniales, parásitos, simbioses o de vida libre, que habitan una enorme variedad de hábitats acuáticos y terrestres (Hickman *et al.*, 2008). En estos ambientes, brindan importantes servicios ecosistémicos participando en los procesos de transferencia de energía, como integrantes de redes tróficas, y en la descomposición y reciclado de nutrientes (Vickerman, 1992). La composición y abundancia de las comunidades de protozoos puede ser influenciada por numerosos factores físicos, químicos y biológicos, permitiendo su uso como bioindicadores (Iannacone y Alvaríño, 2007).

En Argentina se ha avanzado mucho en el conocimiento de la diversidad de los protistas que integran el fitoplancton, con numerosas contribuciones entre las que se pueden mencionar los trabajos de Zalocar de Domitrovic (1981, 2003, 2005), García de Emiliani (1985, 1990), Tell y Zalocar de Domitrovic (1985), Salusso y Moraña (2000), Zalocar *et al.* (2014) y Forastier y Zalocar de Domitrovic (2014), entre otros. Sin embargo, los estudios sobre diversidad de protozoos heterótrofos o “de filiación animal”, como los denominan Ageitos de Castellanos y Lopretto (1983), han sido bastante escasos y restringidos a algunos grupos taxonómicos, destacándose los de Bastidas-Navarro y Modenutti (2007) que analizan el efecto de algunas macrófitas en la estructuración de las comunidades de amebas tecadas en lagos patagónicos, y Koppers *et al.* (2009) y Koppers y Claps (2013) quienes describen las comunidades de algunos grupos de ciliados provenientes de lagunas temporales de la provincia de Buenos Aires. Modenutti (1987) describe las comunidades de ciliados, amebas tecadas y otros integrantes del zooplancton en un arroyo de Buenos Aires, y posteriormente Modenutti *et al.* (2014) analiza los protistas mixótrofos, o heterótrofos facultativos de la Argentina, citando estudios realizados en lagos andinos y lagunas de la región pampeana. Por último, D’Ambrossio *et al.* (2016) describen las comunidades del zooplancton, incluyendo algunos grupos de protozoos en un lago andino.

También es conocida la utilidad de los protozoos como indicadores de contaminación, además de estar bien documentada (Vickerman, 1992, Foissner, 1999). En ambientes urbanos de Brasil, Dias *et al.* (2008) y Debastiani *et al.* (2016) analizan las comunidades de ciliados y demuestran su utilidad como indicadores de contaminación. En Canadá, Nasser *et al.* (2016) informan el efecto de la contaminación por arsénico sobre las comunidades de amebas tecadas. En India, Radhakrishnan y Jayaprakas (2015) evalúan la utilidad de protozoos para monitoreo de un sitio Ramsar.

En la provincia de Corrientes, no hay registros sobre la diversidad de protozoos de filiación animal, salvo un estudio en la Reserva Natural Iberá sobre la diversidad de Protozoos heterótrofos (Monti Areco, 2019), motivo por el cual el presente estudio constituye el primer relevamiento de la diversidad de protozoos en ambientes urbanos y periurbanos de la provincia.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Contribuir al conocimiento de la diversidad de protozoos de filiación animal en distintos ambientes acuáticos de la ciudad de Corrientes y sus alrededores.

Objetivos particulares:

- Identificar los géneros de protozoos en ambientes acuáticos de la ciudad de Corrientes.
- Comparar las comunidades de protozoos entre los diferentes ambientes analizados.
- Establecer relaciones entre la composición de la comunidad de protozoos y algunas variables ambientales.

HIPÓTESIS

- Las comunidades de protozoos resultan afectadas por las características físico-químicas del agua tales como disponibilidad de nutrientes.
- Predicción 1: En ambientes urbanos y periurbanos el aporte de nutrientes de origen antrópico modifica de manera significativa las variables físico-químicas del agua, por lo tanto se espera encontrar comunidades de protozoos características de cada tipo de ambiente.
- Predicción 2: en ambientes con mayor concentración de nutrientes, habrá mayor riqueza (S) de protozoos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en ambientes urbanos y periurbanos de la ciudad de Corrientes. Para el análisis de los datos, las muestras se agruparon en cuatro zonas de acuerdo a su procedencia: Zona 1 que corresponde a muestras provenientes de zanjas del Barrio Independencia, Zona 2 a las provenientes de zanjas de la zona del Campus Universitario, Zona 3 a muestras del canal de desagüe de la Plaza Italia y la Zona 4 a la Laguna Pampín. Siendo las primeras tres zonas provenientes de ambientes urbanos de la ciudad de Corrientes y la última correspondiendo al ambiente periurbano (Fig. N°1).

Las Zonas 1 y 2 son las más similares tanto en el volumen como en la fluctuación del cuerpo de agua, presente la mayor parte del año por la carga periódica que proviene tanto de las lluvias como de ocasionales desechos de las viviendas adyacentes vertidos en ellas. La Zona 3 en cambio, representa un cuerpo temporal de muy escasa duración, al no recibir vertidos domiciliarios, su única fuente de agua es la proveniente de las lluvias, además de estar completamente descubierto al sol, lo que acelera su desecación en días de altas temperaturas. La Zona 4 correspondiente al ambiente periurbano es la más estable con respecto al volumen del cuerpo de agua debido a su amplia dimensión, durante los muestreos se pudo observar aumentos y disminuciones del cuerpo de agua pero en ningún momento se observó desecación, situación que se pudo verificar ocasionalmente en las otras zonas, aunque se evidenció cierto grado de disturbio por la presencia de basura en sus alrededores. Además se realizó una medición de la profundidad de los cuerpos de agua de donde se extrajeron las muestras.

En cada sitio de muestreo se recolectaron 4 muestras en frascos de 500 mililitros en los ambientes urbanos y 3 en el ambiente periurbano. Las muestras fueron tomadas subsuperficialmente y en el medio de la columna de agua, conteniendo algunas plantas acuáticas que estuvieron presentes en el lugar. Los muestreos se realizaron en los meses de octubre-noviembre de 2018 y abril-mayo de 2019. Los recipientes fueron trasladados al laboratorio donde permanecieron a temperatura ambiente durante 24 horas. De cada frasco se realizaron aproximadamente 10 preparados microscópicos, cada uno con dos gotas de pipeta, los cuales fueron observados por un lapso de 40 minutos y fotografiados en microscopio binocular a 100x. La determinación taxonómica se realizó siguiendo a Lynn (2008) y Souza (2008) y la clasificación a Cavalier Smith (2016) entre otros.

Por otra parte, en cada punto de muestreo se midieron la temperatura ambiente y del agua, así como también se tomó una muestra para el análisis de variables físico-químicas tales como pH, conductividad, potasio, nitrógeno (amonio, nitritos y nitratos) y fósforo total, los cuales se realizaron en el Laboratorio de Química Ambiental de la FaCENA.

Para cada sitio se elaboró una lista de especies presentes y se determinó la riqueza específica. Las diferencias entre sitios en cuanto a riqueza de especies se analizó con el software Past mediante la prueba de Chi cuadrado, se realizó un dendrograma con base en Jaccard para ver la similitud entre las distintas zonas en cuanto a la composición de especies.

Las relaciones entre las variables ambientales y la presencia de protozoos se evaluaron mediante el análisis correspondencias canónicas (CCA). Entre la riqueza específica y las variables ambientales se realizó una correlación de Pearson, Además, para cada sitio se determinó el grado de contaminación de acuerdo al índice de saprobiedad propuesto por Madoni & Bassanini (1999) y Bick (1972).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomando el conjunto total de especies, se observó que el 53% corresponde a los ciliados, los flagelados en cambio representan el 26,60% de las especies y por último los ameboides con un 20,40%.

El análisis taxonómico dio como resultado general un total de 21 Órdenes distribuidos en 15 Clases, con un total de 49 especies (Tabla N°2 y 3). González *et al.* (2009) obtuvieron un valor similar de 59 especies en una presa en La Habana-Cuba, mientras que Debastiani *et al.* (2009) observaron un total de 84 especies de ciliados en cuerpos de agua urbanos asociados a ríos en el Brasil. En cuanto a la riqueza de especies (Fig. N°2), las muestras del ambiente periurbano (Zona 4) presentaron el valor más alto con un total de 32 especies identificadas, seguido de la Zona 1 con 25 especies. En las muestras de la Zona 3 se observó un total de 23 especies, y por último, en la Zona 2 se encontró la menor riqueza específica con un total de 21 especies, aunque las diferencias entre las cuatro zonas no fueron significativas (X^2 : 2,549; p-value: 0,466).

Al analizar la composición de especies de las diferentes zonas, únicamente el 10,20 % (5 especies) del total se encontraron en todas las zonas, las cuales fueron: *Arcella vulgaris*, *Difflugia* sp 1, *Euplotes eurytomus*, *Paramecium caudatum* y *Phacus* sp2. En cambio, analizando las especies únicas de cada zona muestreada, en la Zona 1 la totalidad de las especies fueron compartidas con al menos una zona o más, además el 36,65% (16 especies) del total se halló únicamente en alguna de las zonas restantes. La Zona 2 presentó 2 especies únicas (*Chlamydomonas* sp., *Didinium* sp.), la Zona 3 presentó 5 especies únicas (*Centropyxis aculeata*, *Spumella* sp., *Trachelomonas armata* y *Trachelomonas* sp. y *Vahlkampfia* sp.), en la Zona 4 se halló el mayor número de especies únicas, con un total de 9 especies (*Bursaria truncatella*, *Coleps* sp1, *Coleps* sp2, *Colpoda* sp 2, *Entosiphon sulcatum*, *Euglena pisciformis*, *Euplotes* sp., *Paramecium* sp 4 y *Urostyla* sp 2). Estas diferencias en la composición de especies se ven reflejadas en el dendrograma obtenido con base en Jaccard en el índice de (Fig. N°3), donde se observa la mayor similitud entre las zonas 1 y 2 mientras que la zona 4 se diferencia del resto. Por otra parte, los únicos organismos encontrados en todos los ambientes urbanos y ausentes en el ambiente periurbano fueron *Euglypha* sp 1 y *Peranema trichophorum*, siendo el género *Peranema* considerado un buen bioindicador de estabilización en el tratamiento de aguas residuales por su capacidad de tolerancia a niveles de O₂ bajos disuelto y alto contenido de materia orgánica (Bezerra D'Alessandro *et al.*, 2018), no se encontraron estudios que consideren a estos organismos como bioindicadores en ambientes naturales.

De acuerdo a González *et al.* (2009) y Bick (1972) el grado de saprobiedad es un buen indicador de la calidad del agua con respecto a la materia orgánica putrefactible, el cual se encuentra reflejado en la comunidad con la presencia de determinadas especies indicadoras. Considerando que los ciliados son un buen indicador de dicho parámetro (Madoni y Bassanini, 1999), se ve favorecida su dominancia en ambientes con materia orgánica putrefactible así como la presencia de especies características. En este estudio, pudo detectarse en la Zona 1 la presencia de tres especies indicadoras, que representan el 27% del total de ciliados presentes

en dicha zona. En la Zona 2 sólo se registraron dos especies de ciliados (20%), en la Zona 3 hubo seis especies (55%) y en la zona 4 un total de 10 especies indicadoras (48%). De acuerdo a estos valores, todos los sitios muestreados reflejaron un grado de contaminación de moderado a alto. González *et al* (2009) obtuvo un resultado similar en una presa con elevado nivel de contaminación antrópica en La Habana – Cuba.

Analizando los grupos generales de protozoarios (Fig. N°4), se observó que los ciliados fueron los que presentaron mayor riqueza específica en todas las zonas, destacándose en la Zona 4 donde representaron el 65,63% de la riqueza de la Zona, seguida en orden decreciente por la Zona 1 y 3 ambas con 11 especies de ciliados constituyendo el 44% y 47,82% de la riqueza, respectivamente; y por último, la Zona 2 donde los ciliados alcanzaron el 47,61%. Las diferencias en la proporción de ciliados en las zonas estudiadas no fueron significativas (X^2 : 6,094; p-value: 0,107). La dominancia de los ciliados coincide con los resultados de González *et al.* (2009) quienes consideran que es un resultado frecuente debido a su gran capacidad adaptativa a diversas condiciones y su cosmopolitismo, además de la gran diversidad del grupo.

Con respecto a los flagelados, las diferencias entre las zonas no fueron tan marcadas como en el caso anterior, siendo las zonas con mayor diversidad la Zona 1 y Zona 4, ambas con siete especies de flagelados (28% y 21,87% respectivamente), seguida de la Zona 3 (seis especies; 26,08%) y la Zona 2 (cinco especies; 23,80%). Como era de esperar, no se encontraron diferencias significativas entre las zonas (X^2 : 0,44 p: 0,93). Los resultados fueron similares a los obtenidos por González *et al.* (2009) quienes registran la presencia de siete mastigóforos. Por otro lado, en un estudio similar en lagunas del Río Bahía (Brasil), se determinó que la diversidad de los géneros *Euglena*, *Phacus* y *Trachelomonas* está asociada a ambientes ricos en materia orgánica (Carvalho Camargo & Machado Velho, 2010), lo cual sugiere que las zonas estudiadas serían de las mismas características con respecto a la materia orgánica.

Por último, los ameboides presentaron la mayor riqueza de especies alto en la Zona 1 con siete especies de amebas identificadas, representando el 28% de la riqueza zonal. Se encontró el mismo número de especies tanto en la Zona 2 como en la Zona 3 (seis especies) constituyendo el 28,57% y el 26,08% de la diversidad, respectivamente. Por último, en la Zona 4 se registraron cuatro especies que representaron el 12,50% de la riqueza. Para este grupo tampoco se encontraron diferencias significativas entre las zonas (X^2 : 0,82 p: 0,843). La riqueza de especies hallada en este trabajo fue similar a la registrada por González *et al.* (2009) quienes identificaron un total de siete sarcodinos en un lago de embalse disturbado.

Con respecto a las variables químicas analizadas (Tabla N°1), el pH de la Zona 2 y la Zona 4 estuvieron cercanos a la neutralidad con valores de 6,86 y 6,58 respectivamente. El pH fue levemente alcalino para la Zona 3 con un valor de 8,09 y bastante alcalina para el caso de la Zona 1 con un valor de 9,62. Estudios previos realizados en la región registraron valores de 6,98 a 8,80 para ambientes periurbanos de la Provincia de Corrientes (Poi *et al.*, 2016; Nduré *et al.*, 2019; Galassi *et al.*, 2006) y de 4,90 – 7,30 para cuerpos de agua con poca intervención

antrópica (Poi de Neiff, 2003). La conductividad en las primeras 3 Zonas fue similar con valores de 450, 432 y 421 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, estos valores fueron similares a los obtenidos por Dias *et al.* (2008) en un estudio similar en San Pablo (Brasil) donde atribuye esta marcada diferencia a la contaminación urbana de los cuerpos de agua. Sin embargo, la Zona 4 presentó una conductividad de 77,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor levemente superior a los registrados anteriormente (45-68 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en el mismo ambiente por Nduré *et al.* (2019), y más elevado que los valores registrados por Poi de Neiff (2003) (18 – 49 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en lagunas naturales del sistema Iberá. Además, en esta Zona se encontraron los valores detectables más bajos con respecto al Nitrógeno Inorgánico (amonio + nitritos + nitratos) en relación a las demás Zonas (Tabla N° 1), e igualmente baja comparando el valor de N-Nitrato obtenidos en la Laguna Iberá (Poi de Neiff, 2003). Entre las zonas urbanas también se observaron algunas diferencias, la Zona 3 presentó el nivel más elevado de Nitratos y Potasio, mientras que la Zona 1 presentó los valores más altos para Amonio y Nitritos (Tabla N°1). Con respecto al Potasio los valores registrados fueron más elevados a los observados por Poi de Neiff (2003) en cuerpos de agua naturales de la zona de Iberá (entre 0,1 – 1,6 mg/L).

En cuanto a las variables ambientales se observó una correlación negativa de la riqueza específica con relación a la mayoría de las variables medidas (Tabla N°4), resultó particularmente interesante la marcada correlación existente con la variable Conductividad (Fig. N°5) con un valor de $r = -0,92$. Además la variable N-Amonio (Fig. N°6) presentó una correlación de $r = -0,77$. Los valores de Fosfato no fueron tenidos en cuenta para los análisis debido a que no se observaron diferencias a causa de la calibración del aparato utilizado. Además, la profundidad de los cuerpos de agua también es un condicionante directamente proporcional a la diversidad de los ensambles de protozoos (Iannacone y Alvariño, 2007). La misma varió en las cuatro zonas estudiadas, siendo la más profunda la Zona 4 (80 cm), seguida de la Zona 1 (40 cm), Zona 3 (30cm) y Zona 2 (25 cm), el análisis estadístico corroboró una correlación positiva fuerte entre la riqueza y la profundidad con un valor de 0,98 (Tabla N°: 4).

En el Análisis de Correspondencias Canónicas, los dos primeros ejes extraídos explican un 85,90% de la inercia total. El primero contribuye con un 48,80% y se correlaciona de manera positiva con Nitrato, N-nitrato y potasio que caracterizan a la Zona 3, y de manera negativa con las restantes variables ambientales. El segundo eje contribuye con un 37,10% de la inercia total y se relaciona de manera negativa con casi todas las variables ambientales, En el gráfico de ordenamiento obtenido con ambos ejes (Fig. N°7) se observa una clara separación de la Zona 4, que representa el ambiente periurbano, caracterizada por aquellas especies únicas de esta zona y que se correlacionan de manera positiva con ambos ejes de las restantes zonas de ambientes urbanos (Tabla N°5), y dentro de éstas la zona 3 se diferencia por un grupo de especies que presentan alta correlación positiva con el primer eje y negativa con el segundo y se caracteriza por especies exclusivas de este ambiente, como las dos especies de *Trachelomonas*, *Vahlkampfia* sp, *Spumella* sp y *Centropyxis aculeata*.

Finalmente, nuestros resultados sugieren que alguna de las variables ambientales estudiadas (conductividad y profundidad), estarían afectando de manera significativa a la

comunidad de protozoos de las zonas analizadas. Este trabajo no solo constituye el primero realizado en la ciudad de Corrientes sino también representa un puntapié inicial para futuros estudios sobre protozoos en nuestra región, donde se recomienda realizar un estudio cuantitativo para ampliar la información con respecto la diversidad de protozoos y las relaciones con las variables mencionadas anteriormente. Por otro lado, en este estudio queda de manifiesto la importancia del estudio de la protofauna en nuestros ambientes, ya que serían buenos bioindicadores de ambientes alterados antrópicamente.

CONCLUSIONES

En todas las zonas se observó el dominio de los ciliados, seguido por los flagelados y en menor proporción los protozoos ameboides.

Los valores de riqueza de especies fueron más bajos en la zona urbana que en la periurbana, aunque las diferencias no fueron significativas

Con respecto a las variables ambientales, todos los valores fueron mayores en las zonas urbanas que en la periurbana.

Se encontraron correlaciones negativas fuertes entre la riqueza de especies y los valores elevados de las variables ambientales conductividad y N-Amonio.

Considerando lo anteriormente mencionado, se pudo cumplir los objetivos planteados, identificando los géneros de protozoos en los ambientes urbanos y periurbanos de la ciudad de Corrientes, así como comparando las comunidades de los ambientes analizados y estableciendo las relaciones entre la composición de la comunidad de protozoos con algunas variables ambientales. Con respecto a la hipótesis, se pudo comprobar que las comunidades de protozoos resultan afectadas por las características físico-químicas del agua.

Por último, de acuerdo a la presencia de especies indicadoras de saprobiedad todos los sitios muestreados reflejan un nivel de contaminación de moderado a alto.

Tabla N° 1: Variables Ambientales Medidas por Zona

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
pH	9,62	6,86	8,09	6,58
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	450,00	432,00	421,00	77,4
N-Amonio (mg/L)	1,00	0,7	0,64	0,05
Amonio (mg/L)	9,28	2,29	2,1	0,05
N-Nitrito (mg/L)	0,21	0,02	0,02	0,02
Nitrito (mg/L)	0,7	0,02	0,02	0,02
N-Nitrato (mg/L)	0,09	0,12	0,18	0,09
Nitrato (mg/L)	0,4	0,54	0,81	0,38
Fosfato (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,1
Potasio (mg/L)	2.84	7.11	11.1	4.41

Tabla N° 2: Clases, Órdenes y especies identificadas

Clase	Orden	Género
Phylum Ciliophora		
Heterotrichea	Heterotrichida	<i>Blepharisma lateritium</i>
		<i>Blepharisma persicinum</i>
Spirotrichea	Euplotida	<i>Euplotes euryostomus</i>
		<i>Euplotes sp2</i>
		<i>Aspidisca lynceus</i> (1)
	Stichotrichida	<i>Halteria grandinella</i> (2)
		<i>Halteria sp2</i>
		<i>Stylonychia mytilus</i> (1-2)
		<i>Stylonychia notophora</i>
	Urostylida	<i>Urostyla caudata</i>
		<i>Urostyla sp2</i>
		<i>Uroleptus sp.</i>
Litostomatea	Haptorida	<i>Didinium sp.</i>
	Pleurostomatida	<i>Amphileptus claparedei</i> (1*)
Phyllopharyngea	Chlamyodontida	<i>Chilodonella sp1</i>
		<i>Chilodonella sp2</i>
Colpodea	Colpodida	<i>Colpoda sp1</i> (1)
		<i>Colpoda sp2</i> (1)

	Bursariomorphida	<i>Bursaria truncatella</i>
Prostomatea	Prorodontida	<i>Coleps sp1 (2)</i>
		<i>Coleps sp2 (2)</i>
Oligohymenophorea	Peniculida	<i>Paramecium caudatum (1-2)</i>
		<i>Paramecium aurelia</i>
		<i>Paramecium bursaria (1-2)</i>
		<i>Paramecium sp4</i>
Contofragmea	Sessilida	<i>Vorticella campanula (1-2)</i>
Phylum Amoebozoa		
Tubulinea	Arcellinida	<i>Arcella.discoides</i>
		<i>Arcella vulgaris</i>
		<i>Diffugia sp1</i>
		<i>Diffugia sp2</i>
		<i>Diffugia sp3</i>
		<i>Centropyxis.aculeata</i>
	Euamoebida	<i>Amoeba sp.</i>
		<i>Vahlkampfia sp.</i>
Phylum Rhizaria		
Cercozoa	Euglyphida	<i>Euglypha sp1</i>
		<i>Euglypha sp2</i>
Phylum Euglenozoa		
Peranemea	Anisonemida	<i>Anisonema acinus</i>
	Peranemida	<i>Peranema trichophorum</i>
Euglenophyceae	Euglenida	<i>Euglena acus</i>
		<i>Euglena pisciformis</i>
		<i>Euglena sp3</i>
		<i>Euglena sp4</i>
		<i>Trachelomonas armata</i>
		<i>Trachelomonas sp2</i>
		<i>Phacus sp1</i>
<i>Phacus sp2</i>		
Entosiphonea	Entosiphonida	<i>Entosiphon sulcatum</i>
Phylum Ochrophyta		
Chrysophyceae	Chromulinales	<i>Spumella sp</i>
Phylum Chlorophyta		
Chlorophyceae	Chlamydomonadales	<i>Chlamydomonas sp</i>

Obs: 1: Alfa-mesosaprobiedad; 1*: excelente indicador de Alfa-mesosaprobiedad; 2: Beta-mesosaprobiedad.

Tabla 3: Especies de protozoos identificados en cada Zona de muestreo.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
<i>Amoeba sp.</i>			X	X
<i>Amphileptus claparedei</i>			X	X
<i>Anisonema acinus</i>	X	X		
<i>Arcella vulgaris</i>	X	X	X	X
<i>Arcella discoides</i>	X			X
<i>Aspidisca lynceus</i>		X		X
<i>Blepharisma lateritium</i>	X	X		X
<i>Blepharisma persicinum</i>		X		X
<i>Bursaria truncatella</i>				X
<i>Centropyxis aculeata</i>			X	
<i>Chilodonella sp1</i>			X	X
<i>Chilodonella sp2</i>			X	X
<i>Chlamydomonas sp.</i>		X		
<i>Coleps sp1</i>				X
<i>Coleps sp2</i>				X
<i>Colpoda sp1</i>	X		X	X
<i>Colpoda sp2</i>				X
<i>Didinium sp.</i>		X		
<i>Diffugia sp1</i>	X	X	X	X
<i>Diffugia sp2</i>	X	X	X	
<i>Diffugia sp3</i>	X	X		
<i>Entosiphon sulcatum</i>				X
<i>Euglena acus</i>	X		X	X
<i>Euglena pisciformis</i>				X
<i>Euglena sp3</i>	X			X
<i>Euglena sp4</i>	X			X
<i>Euglypha sp1</i>	X	X	X	
<i>Euglypha sp2</i>	X	X		
<i>Euplotes eurystomus</i>	X	X	X	X
<i>Euplotes sp2</i>				X
<i>Halteria grandinella</i>	X	X		
<i>Halteria sp2</i>	X	X		
<i>Paramecium caudatum</i>	X	X	X	X
<i>Paramecium Aurelia</i>	X		X	
<i>Paramecium bursaria</i>			X	X
<i>Paramecium sp 4</i>				X
<i>Peranema trichophorum</i>	X	X	X	
<i>Phacus sp1</i>	X	X		X
<i>Phacus sp2</i>	X	X	X	X
<i>Spumella sp</i>			X	
<i>Stylonychia mytulus</i>	X		X	X
<i>Stylonychia notophora</i>	X		X	X
<i>Trachelomonas armata</i>			X	

<i>Trachelomonas sp2</i>			X	
<i>Uroleptus sp.</i>	X	X		
<i>Urostyla caudata</i>	X	X		X
<i>Urostyla sp2</i>				X
<i>Vahlkampfia sp.</i>			X	
<i>Vorticella campanula</i>			X	X

Tabla N° 4: Correlación de Variables Ambientales con la Riqueza Específica y su p Valor

	Riqueza	p
Profundidad	0,98	0,0173
Ph	-0,26	0,7395
Conductividad	-0,92	0,0802
N-Amonio	-0,77	0,2281
Amonio	-0,32	0,6842
N-Nitrito	-0,07	0,9284
Nitrito	-0,07	0,9284
N-Nitrato	-0,46	0,5443
Nitrato	-0,50	0,5033
Potasio	-0,42	0,5762

Tabla N° 5: Análisis de Correspondencias Canónicas: Correlaciones entre los ejes extraídos, variables ambientales y especies

	Axis 1	Axis 2
Eigenvalue	0.43481	0.33021
% Inercia	48.85	37.1
Ph	-0.1666	-0.455178
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	-0.5851	-0.733053
N-Amonio (mg/L)	-0.633	-0.560475
Amonio (mg/L)	-0.4827	-0.189924
N-Nitrito (mg/L)	-0.3636	0.00324861
Nitrito (mg/L)	-0.3636	0.00324861
N-Nitrato (mg/L)	0.33312	-0.879558
Nitrato (mg/L)	0.29049	-0.895523
Potasio (mg/L)	0.32027	-0.76203
<i>Amoeba sp.</i>	133.793	-0.306334

<i>Amphileptus claparedei</i>	133.793	-0.306334
<i>Anisonema acinus</i>	-16.706	-0.0273457
<i>Arcella vulgaris</i>	-0.1664	-0.16684
<i>Arcella discoides</i>	0.08541	0.951471
<i>Aspidisca lynceus</i>	-0.4403	108.138
<i>Blepharisma lateritium</i>	-0.6752	0.668503
<i>Blepharisma persicinum</i>	-0.4403	108.138
<i>Bursaria truncatella</i>	13.157	20.602
<i>Centropyxis aculeata</i>	136.017	-267.287
<i>Chilodonella sp1</i>	133.793	-0.306334
<i>Chilodonella sp2</i>	133.793	-0.306334
<i>Chlamydomonas sp.</i>	-21.964	0.102567
<i>Coleps sp1</i>	13.157	20.602
<i>Coleps sp2</i>	13.157	20.602
<i>Colpoda sp1</i>	0.51033	-0.256643
<i>Colpoda sp2</i>	13.157	20.602
<i>Didinium sp.</i>	-21.964	0.102567
<i>Diffugia sp1</i>	-0.1664	-0.16684
<i>Diffugia sp2</i>	-0.6604	-0.909187
<i>Diffugia sp3</i>	-16.706	-0.0273457
<i>Entosiphon sulcatum</i>	13.157	20.602
<i>Euglena acus</i>	0.51033	-0.256643
<i>Euglena pisciformis</i>	13.157	20.602
<i>Euglena sp3</i>	0.08541	0.951471
<i>Euglena sp4</i>	0.08541	0.951471
<i>Euglypha sp1</i>	-0.6604	-0.909187
<i>Euglypha sp2</i>	-16.706	-0.0273457
<i>Euplotes eurystomus</i>	-0.1664	-0.16684
<i>Euplotes sp2</i>	13.157	20.602
<i>Halteria grandinella</i>	-16.706	-0.0273457
<i>Halteria sp2</i>	-16.706	-0.0273457
<i>Paramecium caudatum</i>	136.017	-267.287
<i>Paramecium Aurelia</i>	-0.1664	-0.16684
<i>Paramecium bursaria</i>	0.10764	-141.506
<i>Paramecium sp 4</i>	133.793	-0.306334
<i>Peranema trichophorum</i>	13.157	20.602
<i>Phacus sp1</i>	-0.6604	-0.909187
<i>Phacus sp2</i>	-0.6752	0.668503
<i>Spumella sp</i>	-0.1664	-0.16684
<i>Stylonychia mytilus</i>	136.017	-267.287
<i>Stylonychia notophora</i>	0.51033	-0.256643
<i>Trachelomonas armata</i>	0.51033	-0.256643
<i>Trachelomonas sp2</i>	136.017	-267.287
<i>Uroleptus sp.</i>	136.017	-267.287
<i>Urostyla caudata</i>	-16.706	-0.0273457

<i>Urostyla sp2</i>	-0.6752	0.668503
<i>Vahlkampfia sp.</i>	13.157	20.602
<i>Vorticella campanula</i>	136.017	-267.287

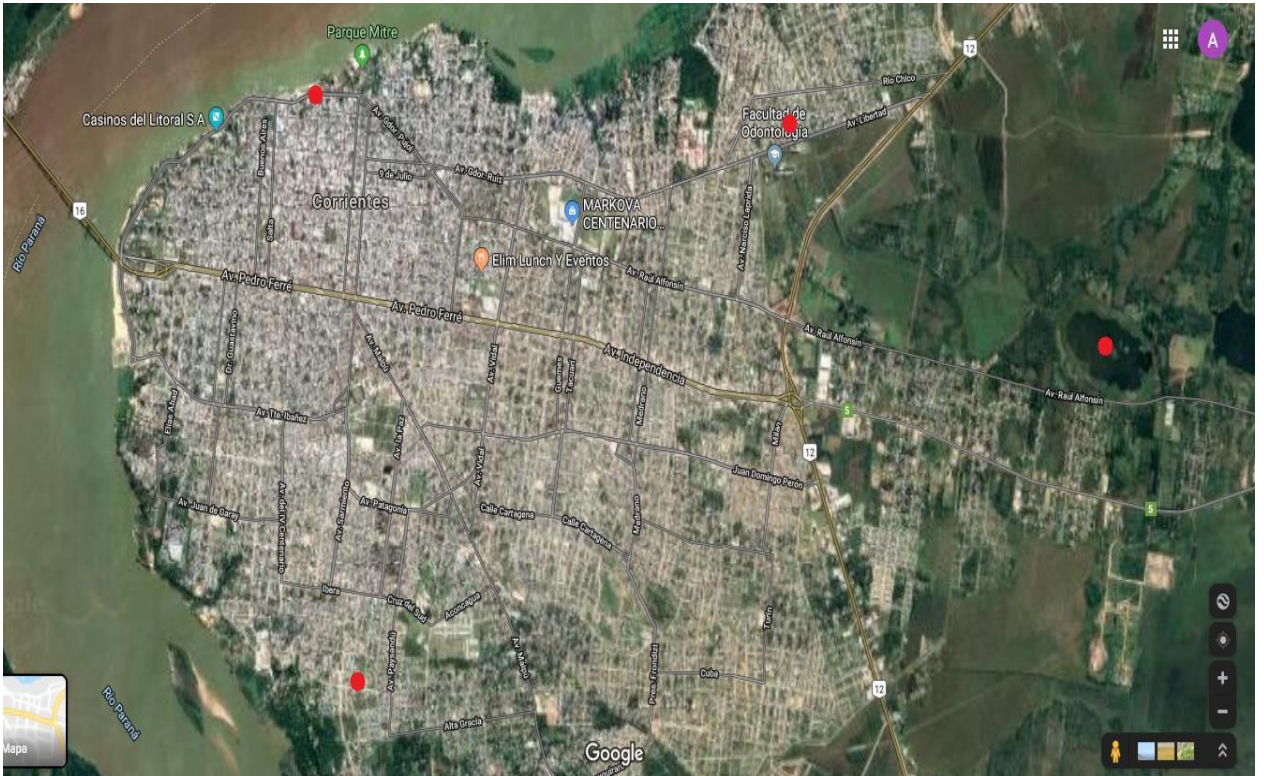


Figura N° 1: Sitios de muestreos

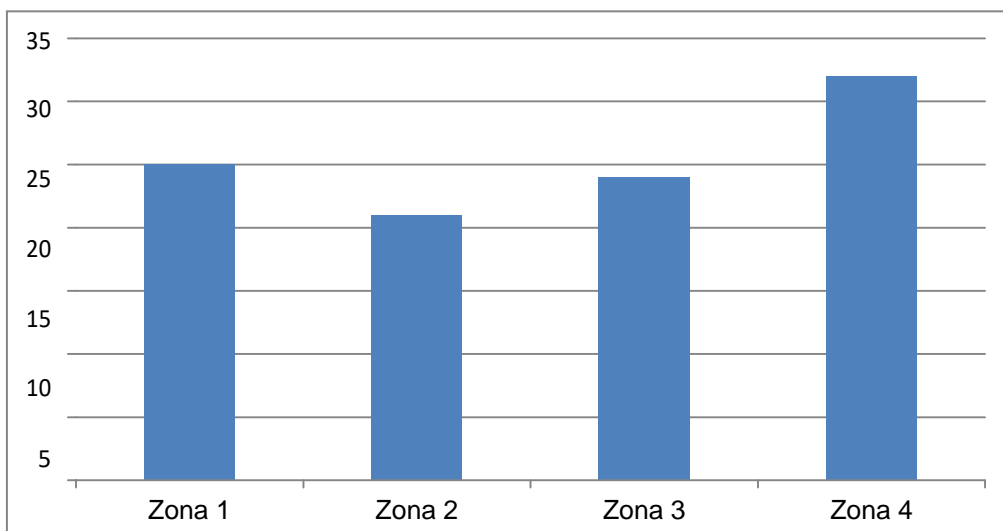


Figura N°2: N° de especies de protozoos identificadas en cada Zona estudiada durante los meses octubre-noviembre de 2018 y abril-mayo 2019

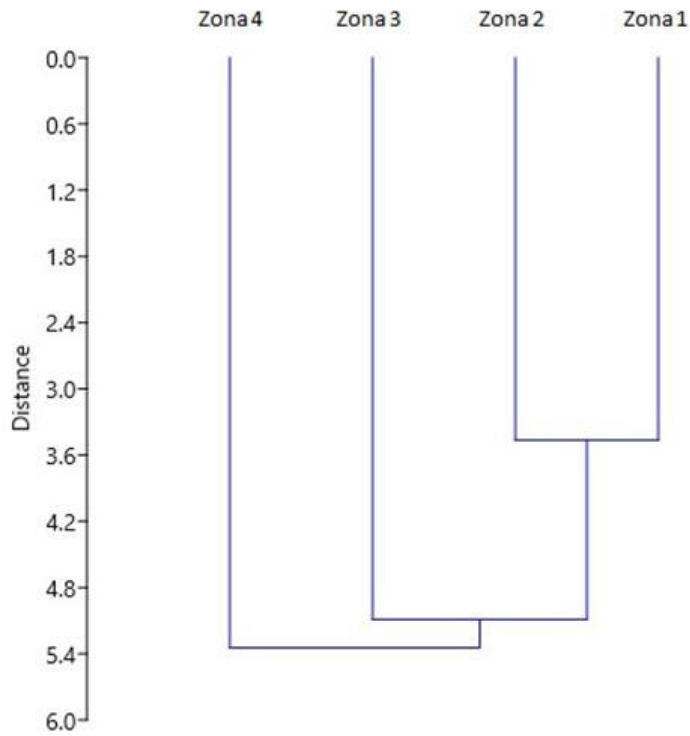


Figura N°3: Índice de distancia de Jaccard para las zonas estudiadas donde se observa la diferenciación de la Zona 4(periuurbana) de las restantes (urbanas)

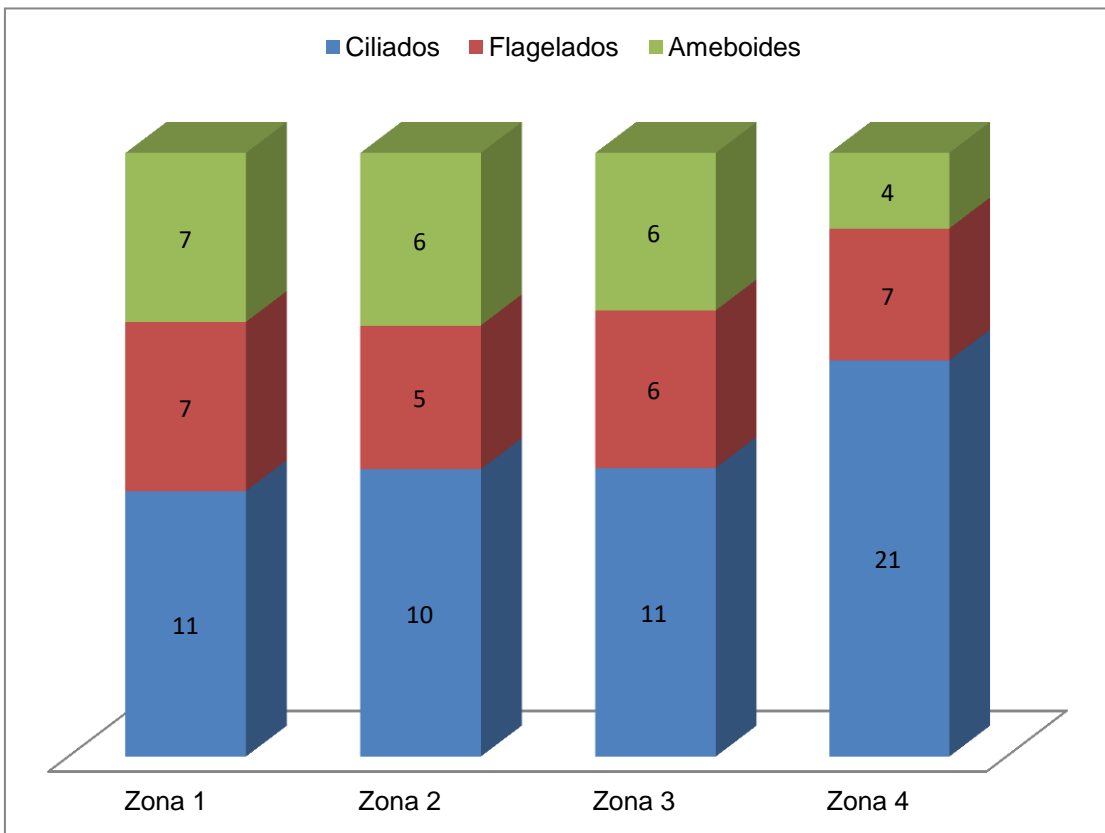


Figura N°4: Composición específica (números) y relativa (colores) de los principales grupos de Protozoos en cada Zona estudiada.

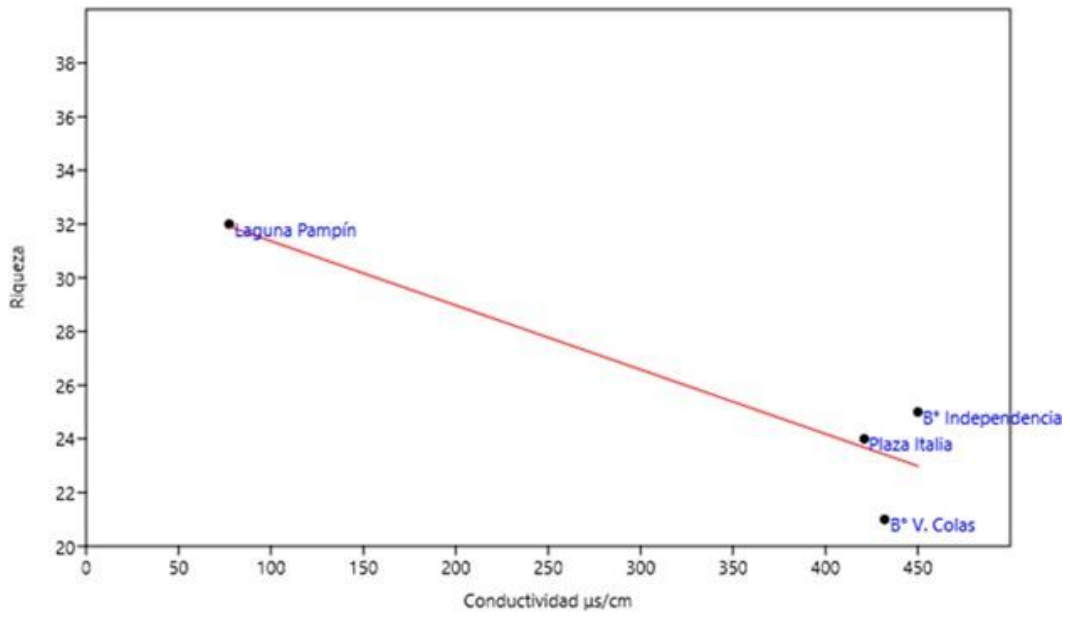


Figura N°5: Correlación entre las variables Riqueza y Conductividad

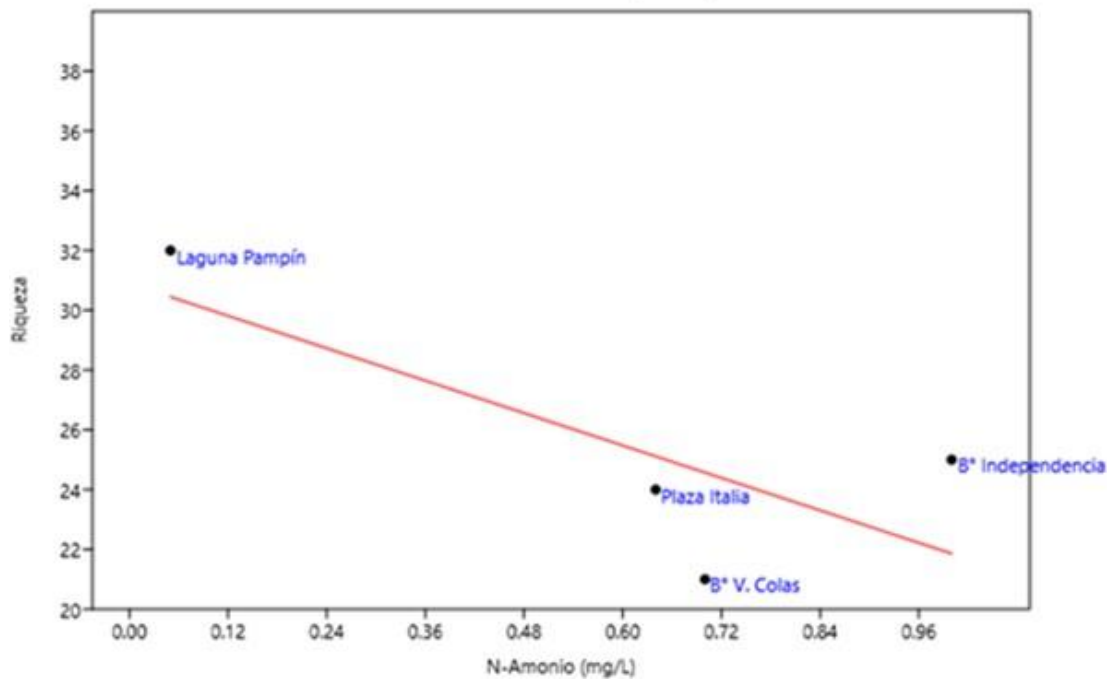


Figura N°6: Correlación entre las variables Riqueza y N-Amonio

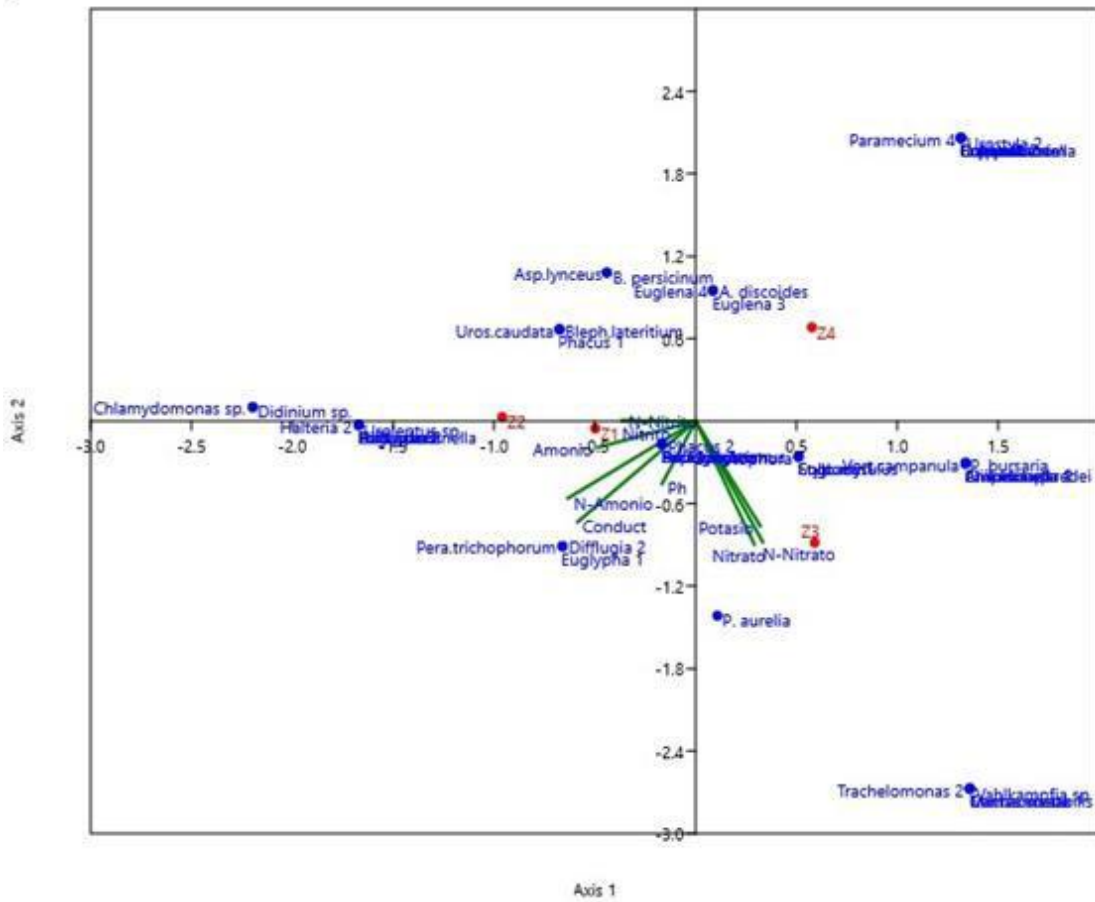


Figura N°7: Gráfico Triplot obtenido con el análisis de correspondencias canónicas. Z1 a Z4 indican las Zonas 1 a 4; las líneas verdes las correlaciones de las variables ambientales con los ejes obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ageitos de Castellanos, Z. J. y Lopretto, E. C. (1983). Los invertebrados. *Eudeba*. Buenos Aires.
- Bastidas-Navarro, M. y Modenutti, B. (2007). Efecto de la estructuración por macrófitas y por recursos alimentarios en la distribución horizontal de tecamebas y rotíferos en un lago andino patagónico. *Revista Chilena de Historia Natural*. 80: 345-362.
- Bezerra D'Alessandro, E; de Souza Nogueira, I. & Saavedra del Aguila Hoffmann, N. K. (2018) Phagotrophic algae in wastewater stabilization pond. *International Journal of Aquatic Biology*. 6 (6): 303-306.
- Bick, H. World Health Organization. Ciliated protozoa : an illustrated guide to the species used as biological indicators in freshwater biology / Harmut Bick. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/40066>
- Carvalho Camargo, J. y Machado Velho, L. F. (2010). Composition and species richness of flagellate protozoa from environments associated to the Baía river (Mato Grosso do Sul State, Brazil): influence of the hydrological period and the connectivity. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. 32(4), 349-356.
- Cavalier-Smith, T. (2016). Higher classification and phylogeny of Euglenozoa. *European Journal of Protistology*. (56), 250-276.
- D'Ambrosio, D.S.; Claps, M. C. y García, A. (2016). Zooplankton diversity of a protected and vulnerable wetland system in southern South America (Llanquanelo area, Argentina). *International Aquatic Research*. 8: 65-80.
- Debastiani, C.; Meira, B. R.; Lansac-Tôha, F. M.; Velho, L. F. M. & Lansac-Tôha, F. A. (2016). Protozoa ciliates community structure in urban streams and their environmental use as indicators. *Brazilian Journal of Biology*, 76(4), 1043-1053.
- Dias, R J P ; Wieloch, A. H. y D'Agosto, M (2008) The influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates (Protozoa, Ciliophora) in an urban stream of southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(2): 287-295.
- Foissner, W. (1999). Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74:95–112.
- Forastier M. E. y Zalocar de Domitrovic, Y. (2014). Phytoplankton of the Iberá system. In *Freshwater Phytoplankton of Argentina*, (Ed: Cramer). *Advances in Limnology*. 65: 99-111.
- Galassi, M. E.; Franceschini, M. C. y Neiff, A. P. (2006). Population Estimates of *Hyaella curvispina* Shoemaker (Amphipoda) in Aquatic Vegetation of Northeastern Argentinian Ponds. *Acta limnologica Brasiliensia*. 18 (1): 101-106.
- García de Emiliani, M.O. (1985). Fitoplancton de los principales cauces y tributarios del valle aluvial del río Paraná: tramo Goya-Diamante. III. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*. 16 (1): 95-112.

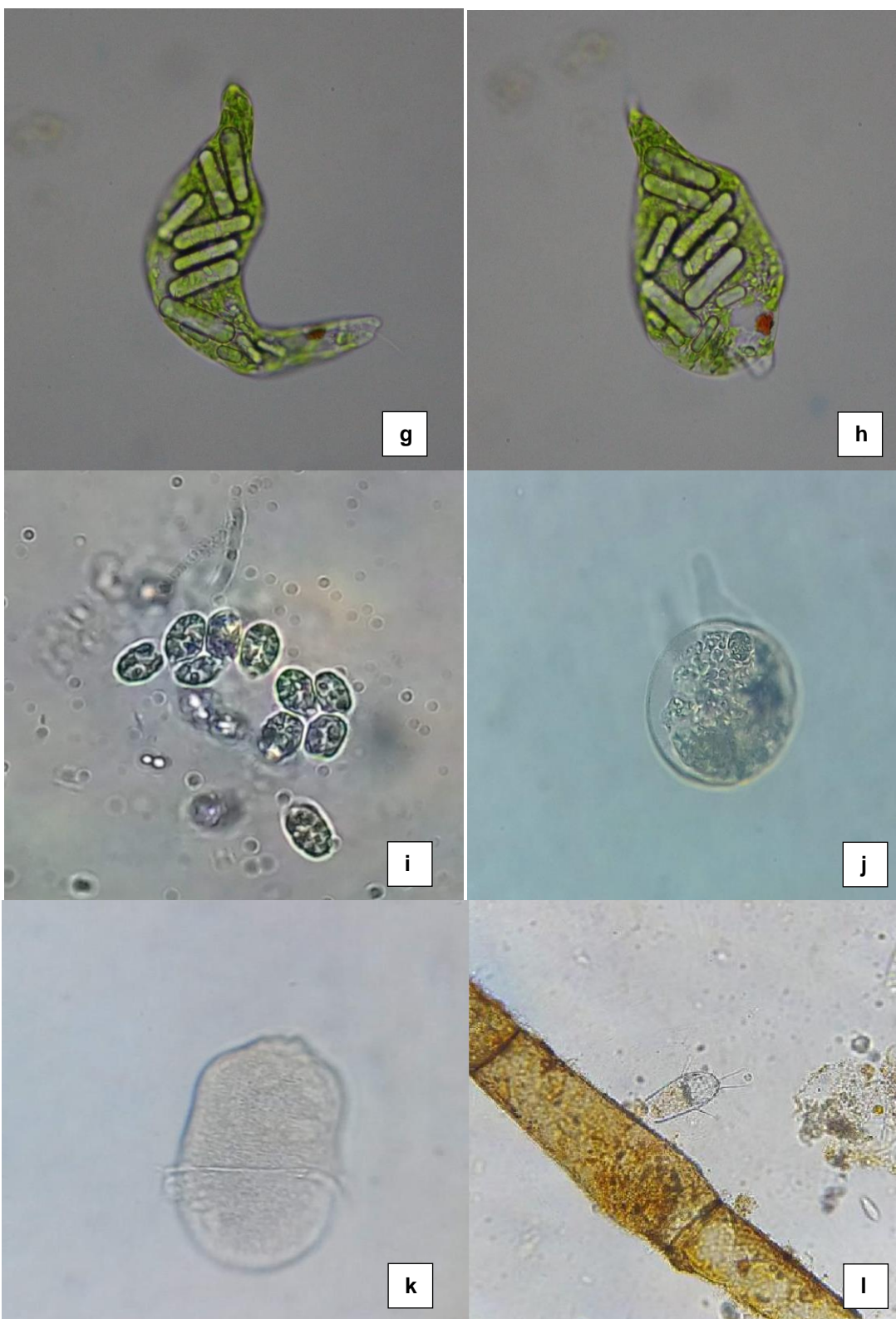
- García de Emiliani, M.O. (1990). Phytoplankton ecology of the Middle Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliense*. 3: 391 - 417.
- González, I. Y.; Revilla Alcázar, M. S. y Prieto Trueba, D. (2009). Evaluación de la contaminación de la Presa Ejército Rebelde, Ciudad de La Habana, Cuba, mediante el empleo de protozoos como bioindicadores. *Revista Cubana de Investigaciones pesqueras*. 26 (1): 37-42.
- Hickman, C.P.; Roberts, L.S.; Keen, S.L.; Larson, A.; l'Anson, H. y Eisenhour, D. J. (2008). Integrated principles of Zoology, Fourteenth Edition. *Editorial Mc Graw Hill*. New York. 910.
- Iannacone, J. y Alvarino, L. (2007). Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Peru. *Gayana (Concepción)*. 71: 49-65.
- Küppers, G. C. y Claps, M. C. (2013). Hypotrichous ciliates (Protozoa: Ciliophora) from a temporary pond in Argentina, with redescription of *Apoamphisiella hymenophora* (Stokes, 1886) Berger, 1999. *Zootaxa*. 36: 26-55.
- Küppers, G. C., Claps, M. C. y Lopretto, E. C. (2009) Ciliates (Protozoa) from dried sediments of a temporary pond from Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 581–592.
- Lynn, D.H. (2008). The ciliated protozoa: characterization, classification, and guide to the literature. Dordrech. Springer. 605.
- Madoni, P. y Bassanini, N. (1999). Longitudinal Changes in the Ciliated Protozoa Communities Along a Fluvial System Polluted by Organic Matter. *European Journal of PROTISTOLOGY*. 35: 391-402.
- Modenutti, B. E. (1987). Caracterización y variación espacial del zooplancton del arroyo Rodríguez (Prov. de Buenos Aires). *Anales Instituto Ciencias Del Mar y Limnología*. 14: 21 – 28.
- Modenutti, B.; Bastidas Navarro, M. y Balseiro, E. (2014). Light, Mixing Depth and Bacterivory by Mixotrophic Protists in Andean North-Patagonian Lakes. 16th International Congress of Photobiology.
- Monti Areco, F. (2019). Diversidad de Protozoos heterótrofos en la Reserva Natural Iberá. Trabajo Final de Graduación, FACENA, UNNE.
- Nasser, N. A.; Patterson, R. T.; Roe, H. M.; Galloway, J. M.; Falck, H.; Palmer, M. J.; Spence, C.; Sanei, H.; Macumber, A. L. & Neville, L. A. (2016). Lacustrine Arcellinina (Testate Amoebae) as Bioindicators of Arsenic Contamination. *Microb Ecol*. 72:130–149.
- Nduré, N. L.; Vallejos, S. V. y Agustini, K. D. (2019). Microalgas asociadas a un macrófito flotante libre en un ambiente somero periurbano de la provincia de Corrientes (Argentina.). *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica – Claves para el Desarrollo*. 5: 311-319.
- Poi, A. S. G.; Casco, S. L.; Neiff, J. J.; Carnevali, R. P. y Gallardo, L. I. (2016). Lagunas Periurbanas de Corrientes (Argentina): De la Mesotrofia a la Eutrofia un camino de ida y vuelta en 20 años. *Biología Acuática*. 31: 1-9.

- Poi de Neiff, A. (2003). Limnología del Iberá Aspectos físicos, químicos y biológicos de las aguas. EUDENE, Corrientes.
- Radhakrishnan, R. y Jayaprakas, V. (2015). Free living protozoans as bioindicators in Vembanad lake, Kerala, India, an important Ramsar site. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(3): 192-197.
- Salusso, M. M. y Moraña, L. B. (2000). Características físicas, químicas y fitoplancton de ríos y embalses de la Alta Cuenca del río Juramento (Salta, Argentina). *Natura Neotropicalis* 31 (1-2): 20-44.
- Souza, M.B.G. (2008). Guia das tecamebas. Bacia do rio Peruaçu – Minas Gerais. Subsídio para conservação e monitoramento da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte: Editora UFMG. 159 p.
- Tell, G. y Zalocar de Domitrovic, Y. (1985). Euglenophyta pigmentadas de la provincia del Chaco (Argentina). *Nova Hedwigia, Band.* 41: 353-391.
- Vickerman, K. (1992). The diversity and ecological significance of Protozoa. *Biodiversity and Conservation*. 1: 334-341.
- Zalocar de Domitrovic, Y. (1981). Desmidiales (Chlorophyta) de la provincia de Corrientes (Argentina). II- El género *Micrasterias*. *Physis* (Bs. As.) Sec. B, 40 (98): 55- 62.
- Zalocar de Domitrovic, Y. (2003). Fitoplancton de lagunas y cursos de agua del sistema Iberá: 85-142. En: Poi de Neiff, A.S.G. (ed.), Limnología del Iberá: Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. *Eudene*, Corrientes, Argentina.
- Zalocar de Domitrovic, Y. (2005). Biodiversidad del fitoplancton en el eje fluvial Paraguay-Paraná. *Miscelánea*.14: 229-242.
- Zalocar, Y.; Devercelli, M. y Forastier M. (2014). Phytoplankton of the Chaco Pampean Plain. In *Freshwater Phytoplankton of Argentina, (Ed: Cramer).Advance of Limnology*. 65: 81-98.

ANEXO



Referencias: a. *Chilodonella* – b. *Peranema trichophorum* – c. *Centropyxis aculeata*– d. *Aspidisca linceus* - e. *Coleps* – f. *Trachelomona*



Referencias: g y h. *Euglena* – i. *Spumella* – j. *Arcella* - k. *Didinium* – l. *Euglypha*