

Consideraciones sobre la taxocenosis de ciliados en un proceso de tratamiento de un efluente citrícola (Tucumán - Argentina)

Considerations about ciliate's taxocenosis in a treatment of citrical wastewaters (Tucumán - Argentina)

**Jorgelina Juárez¹, Alcira Villagra de Gamundi¹, Zonia López²,
María Inés Bocanera² & Antonio Navarro²**

¹ILINOIA (Instituto de Limnología del Noroeste Argentino) Fac. Cs. Nat. e I.M.L. U.N.T. - Miguel Lillo 205 (4000) S.M. de Tucumán. Correo electrónico: jbj@csnat.unt.edu.ar
²Instituto de Biotecnología - Cát. de Microbiología Industrial. Fac. Bca., Qca. y Feia. U.N.T. - Ayacucho 465 (4000) S.M. de Tucumán. Correo electrónico: biotec@unt.edu.ar

Resumen

Se estudió la taxocenosis de ciliados (bacterívoros) en dos reactores que representan etapas sucesivas de tratamiento de un efluente citrícola. Se registró una composición específica integrada por 9 taxones con mayor importancia cuali-cuantitativa del grupo Holotricos himenostomados (*Paramecium*, *Tetrahymena*, *Loxodes*, entre otros).

La riqueza específica osciló entre 1 y 5 especies con valores de diversidad de Shannon-Wiener bajos. La especie dominante que define la taxocenosis fue *Tetrahymena piriformis* de reconocida saprobiedad (a-polisaprobio) con frecuencias de ocurrencia de 100% y picos máximos de abundancia. Las «densidades totales» de ciliados oscilaron entre 155 y 68200 ind.ml⁻¹. Se registró una microsucesión entre el reactor 1 y reactor 2 con mayores porcentajes de degradación ante comunidades de mayor riqueza y abundancia con coexistencia de rotíferos, taxones que probablemente actuarían como elementos complementarios en el metabolismo del efluente, compitiendo con los ciliados.

Palabras claves: efluente citrícola, taxocenosis de ciliados, Tucumán - Argentina

Abstract

The ciliate's taxocenosis (bacterivorous) in two reactors for treating citrical wastewater, was studied. Species composition of this community included 9 species of ciliates with dominance of holotric - hymenostomata group (*Paramecium*, *Tetrahymena*, *Loxodes*). Species richness was between 1 - 5 spp. with low Shannon - Wiener's values. *Tetrahymena piriformis* (a - polisaprobe) was the best represented specie (100% frequency) and had the highest density (26800 and 68200 ind/ ml⁻¹). A microsuccession between reactor 1 and reactor 2 were registered. More species, higher abundance of those and the presence of rotifers were found at the highest degradation of the wastewater.

Key words: citrical wastewater, ciliate's taxocenosis, Tucumán - Argentina.

Introducción

En la cuenca del río Salí, que atraviesa la Provincia de Tucumán de Norte a Sur, existe una sistemática contaminación generada por el vertido de efluentes urbanos e industriales (especialmente ingenios azucareros y citrícolas). La falta de tratamiento adecuado de los mismos involucra una alta carga orgánica y demás sustancias tóxicas que, junto al marcado período de estiaje, determinan alta contaminación hídrica generando estados de crisis ambiental con nula posibilidad de autodepuración. En consecuencia, la falta constante de oxígeno y la presencia de organismos nocivos, provoca situaciones de alarmante insalubridad con un fuerte impacto sobre la biota y sobre la población humana.

Según datos de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente (Bardera et al. 1996), los efluentes citrícolas de Tucumán se caracterizan por tener pH bajo, demanda biológica de oxígeno (DBO) de aproximadamente 2000 mg.l^{-1} , baja concentración de oxígeno disuelto (OD), con caudales totales estimados en $20800 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$, $0,1\%$ de sólidos totales (restos de cáscaras, semillas, albedos, resinas, ceras, etc.) con la estimación de 3120 Tn.año^{-1} . Si se considera la presencia de 8 industrias citrícolas en la provincia, es de radical importancia poder implementar una metodología efectiva para la máxima depuración de los efluentes antes de su vertido en la cuenca Salí - Dulce.

Los ciliados son protozoos de importancia significativa en los ciclos tróficos de ecosistemas acuáticos naturales como integrantes conspicuos del microzooplancton. Generalmente se los investiga en relación con los ambientes contaminados porque muchas especies se desarrollan exitosamente en condiciones con abundante materia orgánica disuelta, tenores bajos o nulos de oxígeno y gran cantidad de bacterias que le sirven de alimento. Estas características ecológicas determinan que se los utilice como buenos descriptores de contaminación.

Además, existen antecedentes sobre el papel primordial de los ciliados en el procesamiento de aguas residuales urbanas e industriales con una

cantidad importante de material disuelto, por lo que fueron empleados como indicadores de calidad en los sistemas de depuración.

El principal objetivo de la presente comunicación fue caracterizar taxonómica y cuantitativamente la comunidad de ciliados (Protozoa) en un efluente de industria citrícola, como estudio preliminar de un trabajo de mayor alcance.

Métodos

El muestreo del efluente citrícola (CI-TROMAX – Dpto. Tafí Viejo – Tucumán – Argentina) se realizó mediante la recolección en el punto de vertido de la fábrica con su posterior transporte a laboratorio en bidones plásticos de 30 litros. El análisis cuali y cuantitativo en laboratorio se implementó con flujo continuo en dos reactores (2000 cm^3), representativos de dos etapas sucesivas de procesamiento. La frecuencia de muestreo fue cada 48 hs, con 7 repeticiones en c/u durante 15 días.

Las variables fisicoquímicas fueron medidas con un pHmetro (Orion) y un sensor de temperatura (YSI-52) sumergido en los reactores. La DQO se determinó por el “método de reflujo de dicromato” (Moore, 1949). La determinación taxonómica de la taxocenosis de ciliados involucra la evaluación de datos morfológicos tales como longitud, ancho, ciliatura somática - bucal, posición y forma de los macronúcleos (Fogetta, 1995). A tal fin, se realizó la observación del material “in vivo” (preparado fresco), bajo lupa (Nikon) y microscopio binocular (Olympus BX40), usando como narcotizantes la carboxi-metilcelulosa y acetona y como colorantes para detectar estructuras celulares, lugol (cilias) y rojo neutro (organelas citoplasmáticas) (Kudo, 1966).

Los recuentos se realizaron extrayendo en cada muestreo, 5 muestras de 2ml de cada reactor ($n=10$) y posteriormente, previa homogeneización de c/u, 2 alícuotas de 1 o 5 ml ($n=20$) de acuerdo a la densidad registrada.

El efluente original estudiado registró las siguientes características:

- ◆ Color ligeramente amarillento con aspecto turbio.
- ◆ Olor ligeramente cítrico.
- ◆ Proteínas: 0,16 mg l⁻¹
- ◆ pH: 3,1 a 3,7
- ◆ DQO: 2000 a 4000 mgO₂ l⁻¹
- ◆ Acidez: 0,4 mg l⁻¹
- ◆ P_i: 0,022 mg l⁻¹
- ◆ Conductividad: 553 μS cm⁻¹
- ◆ Observación microscópica: se observaron bacterias en forma de bastones finos y alargados en escasa densidad así como abundantes levaduras de tamaño pequeño y uniforme con escasos brotes.

Resultados y Discusión

La taxocenosis de ciliados registró una composición específica simple, semejante a otros antecedentes (9 – 12 spp, Luna–Pabello, 1995 - 1996) integrada por 9 taxones, incluidos en 3 Subclases, 6 Ordenes, 8 Familias y 8 Géneros (Tabla 1) con mayor representatividad del grupo Holotricos (con cilias en todo el cuerpo) dentro del cual se registró el 67% de las especies (Finlay, 1998) (*Paramecium*, *Tetrahymena*, *Colpoda*, entre otros).

La riqueza específica fue baja, oscilando entre 1 y 5 especies por muestra (Fig. 1). *Tetrahymena* fue el género dominante en la comunidad, con 2 especies, frecuencias de ocurrencia del 100%, en ambos reactores y picos máximos de abundancia de 26800 y 68200 ind.ml⁻¹, respectivamente. *Opercularia* sp (única especie de vida sésil y colonial) ocupó el segundo lugar en representatividad, con una frecuencia de hasta el 71% en el reactor 2; mientras que los restantes taxa se ubicaron por debajo del 43% (Tabla 1).

Desde el punto de vista cuantitativo (Figs. 2 y 3) se infiere que en la primera etapa de depuración (R1) prevalecieron *Tetrahymena* (con densidades entre 700 y 26800 ind.ml⁻¹) y *Colpoda* (300 y 11400 ind. ml⁻¹) y en la segunda (R2), *Tetrahymena*

(25 – 68200 ind ml⁻¹) y *Opercularia* (5 – 2800 ind.ml⁻¹). Las abundancias relativas de las otras especies coexistentes no superaron los 2600 ind.ml⁻¹. Las “densidades totales” de ciliados oscilaron entre 155 y 26800 ind.ml⁻¹ y entre 170 y 68200 ind.ml⁻¹ en los reactores 1 y 2 respectivamente (Figs. 4 a 9).

Los valores del Índice de Shannon - Wiener (Krebs, 1989) estimaron una diversidad en general muy baja, entre 0.17 y 1.67 bits/ind., para el reactor 1 y entre 0.19 y 1.71 bits/ind para el reactor 2, lo que refleja cierta inestabilidad comunitaria.

La consideración del grado de saprobiedad (Sládeček, 1973) de los taxa observados registró la siguiente secuencia: *Oxytricha* ocuparía el rango más amplio entre oligo y polisaprobiedad (o - p), *Prorodon* indicaría rangos intermedios entre oligo y mesosa-probiedad (o - b) mientras *Colpoda*, *Opercularia* y *Euplotes* (33%) (a polisa-probio) y *Paramecium* (a - i: isosa-probiedad), *Glaucomya* y *Tetrahymena* (p - i), llegarían a ubicarse en la «eusaprobiedad» o sea en los niveles más altos de procesos reductivos.

El coeficiente de correlación de Spearman determinó una correlación positiva altamente significativa (=0.01**) entre densidad total de ciliados con DQO (Stout, 1956), sólo en el R2.

Del análisis de los resultados se puede apreciar un “microsucesión” dentro de la taxocenosis. La secuencia comenzaría en el R1 con la colonización de *Tetrahymena*, especie que aumenta su densidad rápidamente y ejerce una eficiencia marcada en la descomposición de la materia orgánica coincidiendo con una mayor DQO, luego se inicia el registro de nuevas especies junto a una disminución de abundancia de *Tetrahymena* llegando a coexistir hasta 5; al final del proceso se observa nuevamente una disminución de especies y abundancia probablemente por exclusión competitiva generada por abundantes rotíferos (*Osteostephanus* sp.), taxones que probablemente actuarían como elementos complementarios en el metabolismo del efluente, compitiendo efectivamente con los ciliados (Figs. 4 a 9).

El índice de similitud de Sorensen entre los reactores fue de 71% ya que comparten 5 spp. (Figs. 2 a 9).

Tabla 1: Taxonomía y frecuencia de ocurrencia de los taxa registrados - Reactor 1(●) - Reactor 2(◆).

PHYLUM CILIOPHORA CLASE CILIATEA	15/10	18/10	20/10	22/10	25/10	27/10	29/10	Frec.
Subclase Holotrichia								
Orden Trichostomatida Flia Colpodidae								
<i>Colpoda</i> sp.				●	●	●		43% ●
Orden Hymenostomatida Suborden Tetrahymenida Flia Tetrahymenidae								
<i>Tetrahymena piriformis</i> <i>Tetrahymena vorax</i>	◆	◆	◆	◆	◆ ●	◆	◆	100%◆ 14% ●
Orden Gymnostomatida Suborden Rhabdophorina Flia Enchelyidae								
<i>Prorodon</i> sp.				◆				14% ◆
Orden Peniculina Flia Parameciidae								
<i>Paramecium</i> Flia Frontonidae			◆	◆	●	●		29% ◆
<i>Glaucoma</i> sp.			◆					14% ◆
Subclase Peritrichia Orden Peritrichida Suborden Sessilina Flia. Epistylidae								
<i>Opercularia</i> sp.		◆	◆	◆	◆	◆		14% ● 71% ◆
Subclase Spirotrichia Orden Hypotrichida Flia. Euplotidae								
<i>Euplotes</i> sp.						◆		14% ◆
Flia Oxytrichidae								
<i>Oxytricha</i> sp.					●	◆		29% ● 14% ◆

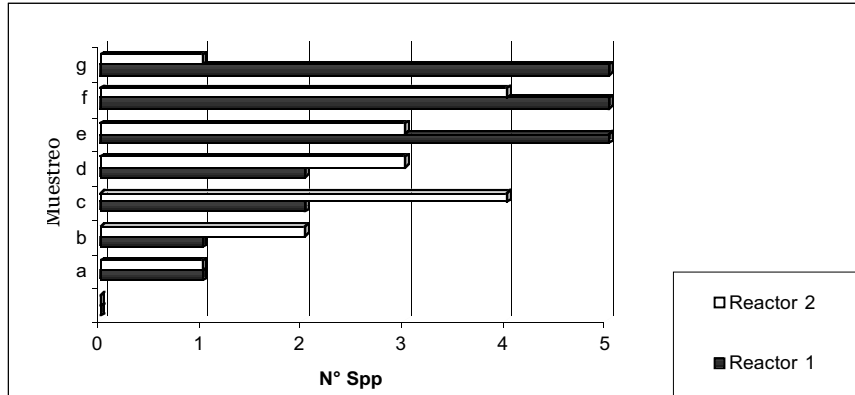


Fig. 1: Riqueza específica - Reactor 1 y 2

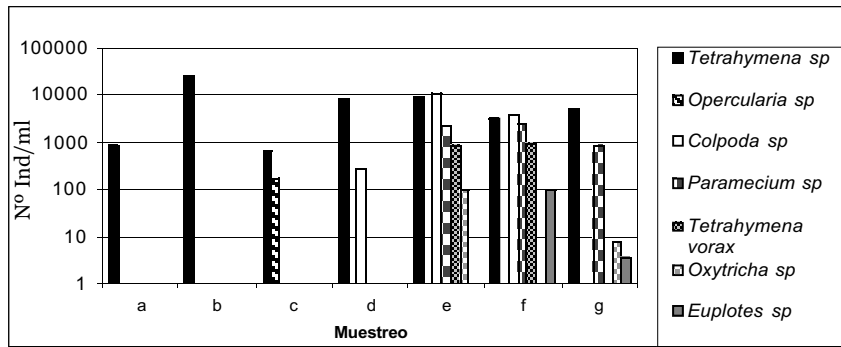


Fig. 2: Abundancia relativa de ciliados - Reactor 1

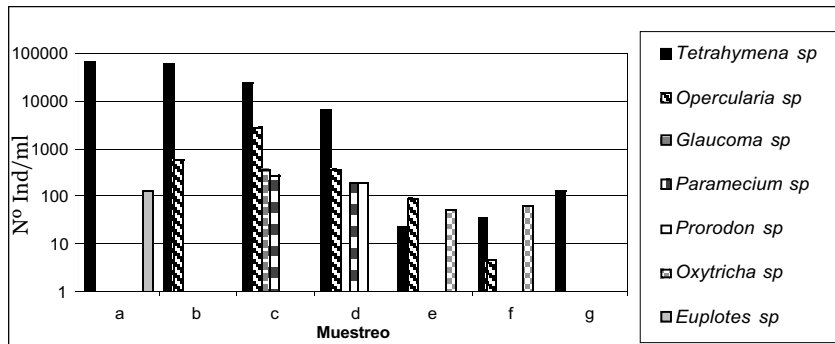


Fig. 3: Abundancia reltiva de ciliados - Reactor 2

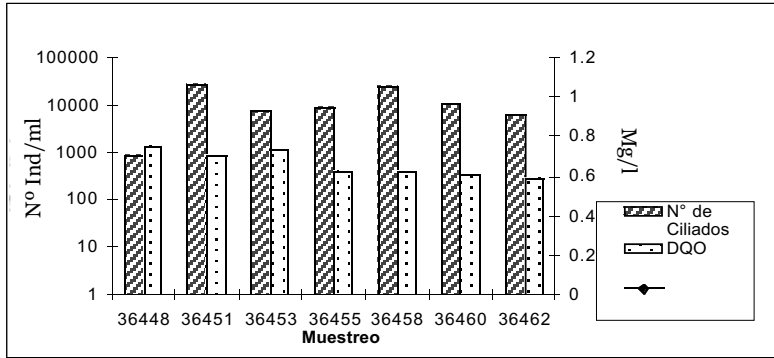


Fig. 4: Abundancia total de ciliados vs. DQO-Reactor 1

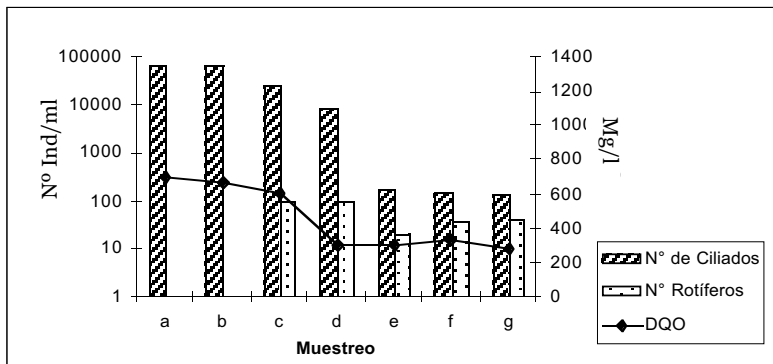


Fig. 5: Abundancia total de ciliados vs. DQB-Reactor 2

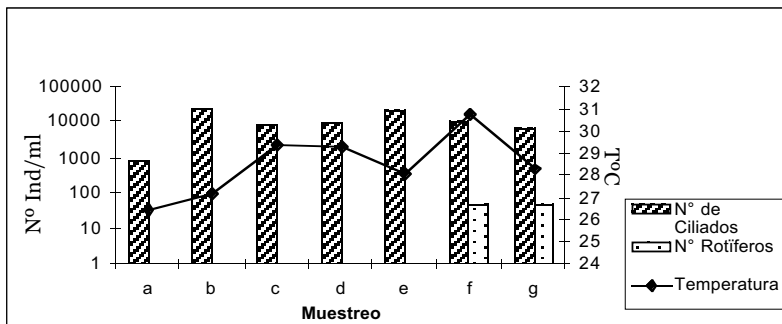


Fig. 6: Abundancia total de ciliados vs. T°C-Reactor 1

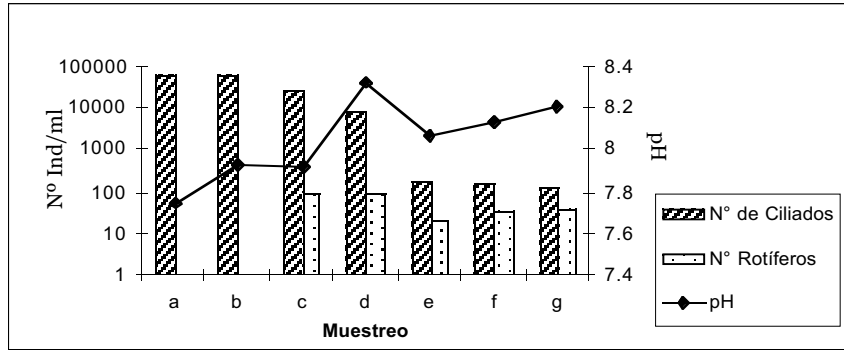


Fig. 7: Abundancia total de ciliados vs pH-Reactor 2

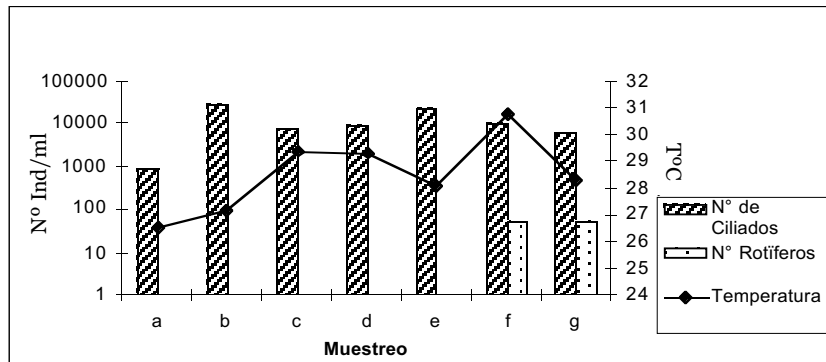


Fig. 8: Abundancia total de ciliados vs T°C-Reactor 1

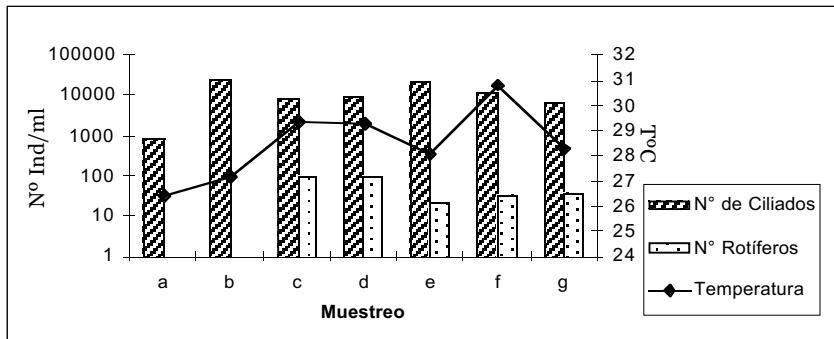


Fig. 9: Abundancia total de ciliados vs T°C-Reactor 2

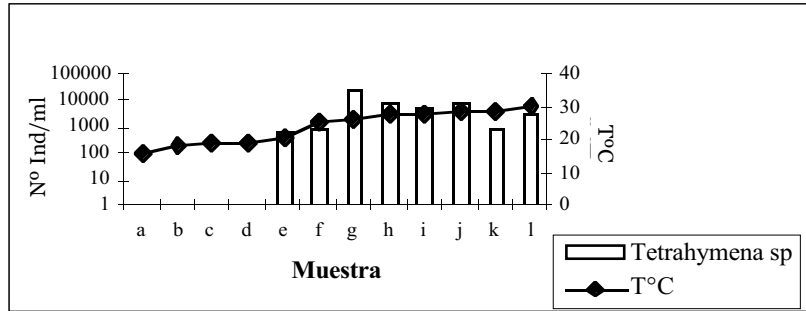


Fig. 10: Relación Abundancia de *Tetrahymena* sp. y Temperatura

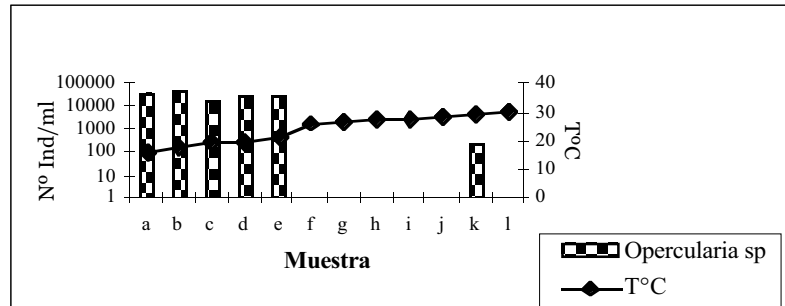


Fig. 11: Relación Abundancia de *Opercularia* sp. y Temperatura

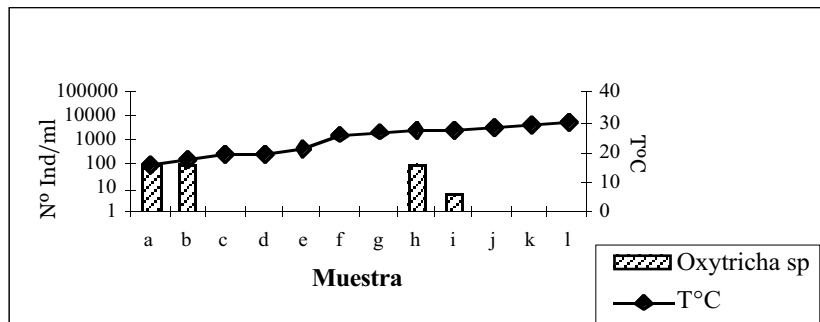


Fig. 12: Relación Abundancia de *Oxytricha* sp. y Temperatura

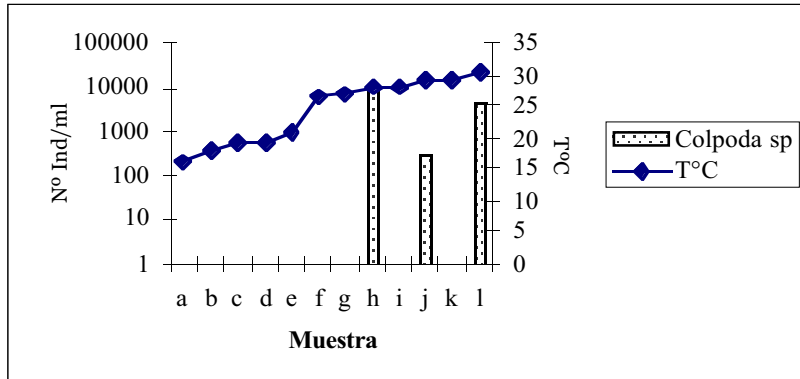


Fig. 13: Relación Abundancia de *Colpoda* sp. y Temperatura

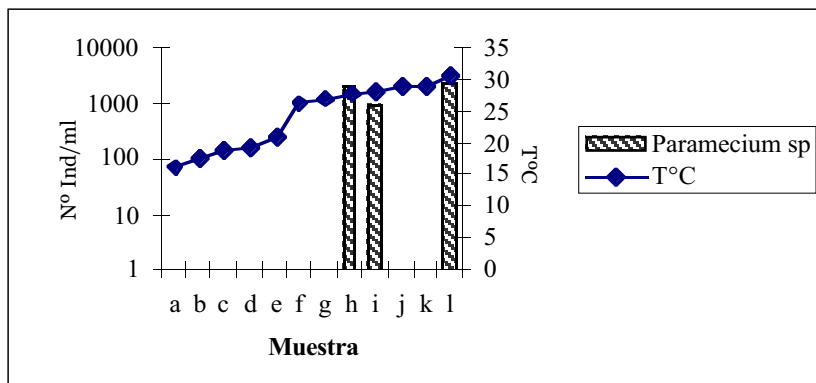


Fig. 14: Relación Abundancia de *Paramecium* sp. y Temperatura

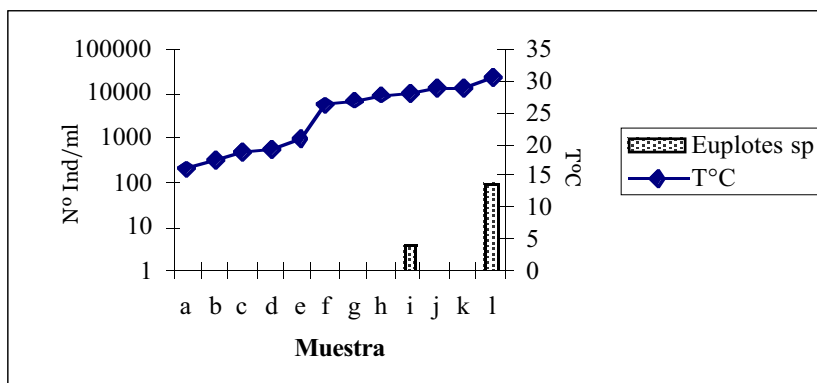


Fig. 15: Relación Abundancia de *Euplotes* sp. y Temperatura

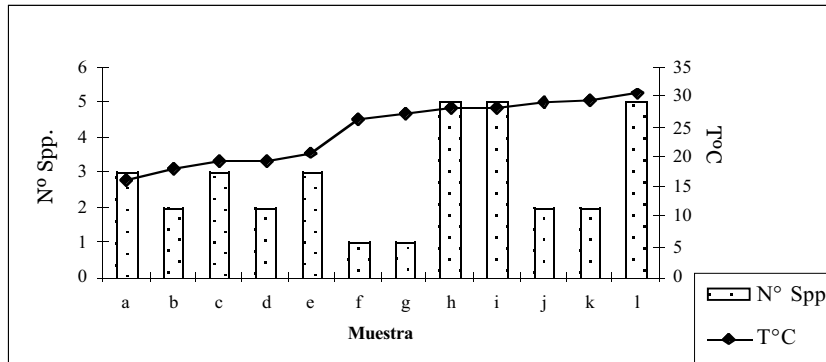


Fig. 16: Relación entre Riqueza Específica de Ciliados y Temperatura

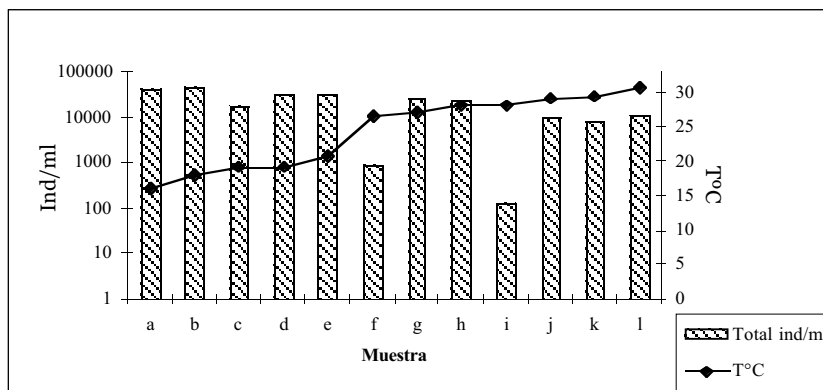


Fig. 17: Relación entre la Abundancia Total de Ciliados y Temperatura

La temperatura no presentó un patrón respecto al total de ciliados (Figs. 10-11), pero sí la recurrencia de algunos grupos y especies a ciertos rangos, infiriéndose “grupos euritéricos” (*Opercularia* sp, *Tetra-hymena piriformis*, *Oxytricha* sp) y otros “estenotéricos» altos (*Colpoda* sp, *Paramecium* sp) y bajos (*Euplotes* sp) (Figs. 12-17). Además se observaron máximas abundancias a temperaturas comparativamente bajas (16 y 18°C) y mayores riquezas específicas a temperaturas altas (28 y 31°C).

Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el presente, permiten plantear algunas conclusiones preliminares:

- ◆ La comunidad de ciliados (Protozoa) estudiada en el efluente citrícola registró una composición específica de 9 taxa, de baja riqueza y diversidad.
- ◆ El género *Tetrahymena* (Holotrichia) se registró como el más representativo en frecuencia y abundancia relativa.

- ◆ Se observó una microsucesión manifiesta en los tiempos sucesivos entre el R1 y R2.
- ◆ Los géneros de ciliados presentes en el efluente se incluyeron en la escala de saprobiedad entre oligo - isosaprobios (o - i).
- ◆ Se estimó una correlación positiva, altamente significativa entre DQO y densidad total de ciliados.
- ◆ La presencia de rotíferos en muestras de menor densidad de ciliados señalaría la consideración de estos invertebrados como competidores de alta eficiencia en el metabolismo de la comunidad.
- ◆ La temperatura constituye un factor ecológico importante en el desarrollo de la taxocenosis infiriéndose la presencia de “grupos euritéricos” y otros “estenotéricos altos y bajos”, con influencia en la abundancia y riqueza de la comunidad.
- ◆ El estudio experimental futuro de las especies permitirá continuar indagando el nicho ecológico para inferir la diferenciación de roles de cada una de ellas dentro de la comunidad biológica del efluente.

Referencias

- Bardera, H., R. Vides Almonacid, F. J. Soria, P. J. Bazán, V. H. Lezana Alvarez & M. A. Osinalde. 1996. Informe N° 1. Cuenca Salí - Dulce. Región Superior. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Gobierno de la Provincia de Tucumán. 55 pp.
- Finlay, B. J. 1998. The global diversity of protozoa and other small species. *International Journal of Parasitology*. 28: 29 - 48.
- Fogetta, M. 1995. Ecosistemas de Aguas continentales. Metodologías para su Estudio”. Tomo II: 557-581. Ediciones Sur. Lopretto, E & G, Tell. Ediciones Sur. La Plata.
- Krebs, Ch. 1985. Ecología. Análisis experimental de la distribución y abundancia. Harpers & Row, Publishers. New York. 753 pp.
- Kudo; R. 1966. Protozoología. Compañía Editorial Continental, S.A. México, D.F. 867 pp.
- Luna-Pabello, V., C. Durán de Bazúa & M. Aladro-Lubel. 1995. Comparación de la Diversidad de Ciliados en Reactores de Biodiscos que Depuran Aguas Residuales Industriales. *Rev. Lat.-Amer. Microbiol.* 37: 325-335.
- Luna-Pabello, V., P. E. Plisson-Saune & C. Durán de Bazúa. 1996. Ciliatological Characterization of a Biological Reactor that Eliminates Nitrogen with Intermittent Aeration. *Rev. Lat.-Amer. Microbiol.* 38: 89-96.
- Sládeček, V. 1973. System of Water Quality from the Biological Point of View. E. Schweizerbart Verlagsbuchhsndlung (Nägele u. Obermiller). Stuttgart. 216 pp.
- Stout, J. D. 1956. Reaction of Ciliates to Environmental Factors. *Ecology*. Vol. 37, N° 1: 178-189.

Artículo manejado por: Cecile B. de Morales

Recibido en: Septiembre, 2000

Aceptado en: Enero, 2002