

Identificación de organismos bioindicadores presentes en lodos activos de plantas de tratamiento de aguas residuales.

López Arias, Tomás Rodrigo, Moretuzzo, Carlos, Ahrens, Marlene y Ude, Ramón.

Cita:

López Arias, Tomás Rodrigo, Moretuzzo, Carlos, Ahrens, Marlene y Ude, Ramón (2012). *Identificación de organismos bioindicadores presentes en lodos activos de plantas de tratamiento de aguas residuales*. *Investigaciones y Estudios de la UNA*, 7 (1), 51-72.

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/tomas.rodrigo.lopez.arias/2>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/p6NS/B82>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. *Acta Académica* fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/333430730>

Identificación de organismos bioindicadores presentes en lodos activos de plantas de tratamiento de aguas residuales

Article · April 2012

CITATION

1

READS

3,485

4 authors, including:



Tomas López Arias
Universidad Nacional de Asunción

39 PUBLICATIONS 25 CITATIONS

SEE PROFILE



Carlos Moretuzzo
FABRIPAR S.A.

1 PUBLICATION 1 CITATION

SEE PROFILE

“Identificación de Microorganismos Bioindicadores presentes en lodos activos de plantas de tratamientos de aguas residuales”

López Arias, T¹., Moretuzzo, C.², Ahrens, M.², Ude, R.²

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. Campus Universitario. San Lorenzo- Paraguay. Tel. (+595-21) 585-600.

² FABRIPAR S.A. San Carlos N° 165. Fernando de la Mora – Paraguay. Tel. (+595 -21) 500.892. www.fabripa.com.py

COMO CITAR ESTE ARTÍCULO: López Arias, T.; Moretuzzo, C.; Ahrens, M.; Ude, R.; *Identificación de organismos bioindicadores presente en lodos activos de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Investigaciones y Estudios de la UNA, v. 7 f: 1, p. 51-71, 2012.

OPAC/SGB. Catálogo bibliográfico de la UNA:

https://www.cnc.una.py/opac/cliente.cgi?codbiblio=DGICT&orderby=&mode=full&last_mode=brief&last_limit=15&last_next_rec=1&last_cclquery=ti%3D%28BIOINDICADORES%29&last_codbiblio=TODAS&last_cant_total_reg=12&cclquery=ln%3D192554575&sintaxis=XML

IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS BIOINDICADORES PRESENTES EN LODOS ACTIVOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

IDENTIFICATION OF BIOINDICATORS MICROORGANISMS PRESENT IN ACTIVATED SLUDGE FROM WASTEWATER'S PLANTS TREATMENT.

LOPEZ ARIAS, T ^{1*}, MORETUZZO, C. ², ARHENS, M. ², UDE, R. ²

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Biología. Campus Universitario. San Lorenzo- Paraguay. Tel. (+595-21) 585-600

² FABRIPAR S.A. San Carlos N° 165. Fernando de la Mora – Paraguay. Tel. (+595 -21) 500.892 .

www.fabripar.com.py

*profetomi@gmail.com

RESUMEN

El trabajo se enfocó en la identificación y descripción de los organismos bioindicadores presentes en lodos activados, de las Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI). El conocimiento de los organismos bioindicadores brinda importantes informaciones sobre el rendimiento y las condiciones de operación de una PTARI, y orienta hacia las posibles causas de los problemas cuando estos se presentan. Para tal efecto se analizaron muestras de lodos activados procedentes de dos tipos de plantas piloto, cinco plantas tipo “SBR”, (Sequential Batch Reactor), y una del tipo convencional, con recirculado de lodos, plantas utilizadas normalmente para estudios de biodegradación de efluentes industriales en la empresa FABRIPAR S.A., también se analizaron muestras provenientes de plantas de tratamiento de efluentes industriales instaladas en la industria láctea, frigorífica, recicladora de papel y farmacéutica ubicadas en el gran Asunción y otras ciudades del interior de Paraguay . En total se analizaron 160 muestras de las plantas pilotos y 28 de las PTARI. Se identificaron a nivel de género o especie 43 protozoos, 9 rotíferos, 3 nematodos, 1, ácaro, 2 anélidos y 7 bacterias. Se realizaron comparaciones entre la variación de las poblaciones de protozoos, rotíferos y nematodos a lo largo del estudio en una de las plantas seleccionadas.

Palabras claves: *lodos activados, aguas residuales industriales, bioindicadores, microorganismos, tratamiento de efluentes.*

ABSTRACT

This study was focused in the identification and description of the bioindicators organisms present in activated sludge, of the treatment Plants of industrial's wastewater (PTARI). The knowledge of bioindicators agencies provides important information about the performance and operating conditions of a PTARI, and oriented to the possible causes of problems when they is arising. For this purpose, were analyzed activated sludge from two types of pilot plants, five plants such as “SBR”, (Sequential Batch Reactor), and one of conventional type with recirculated sludge plants normally used for studies of biodegradation of industrial effluents into the company FABRIPAR S.A., were analyzed too samples from treatment plants of industrials effluent wastewater installed in Milk industries, refrigerating industry, paper recycling industry and pharmacist located in the great Asunción and other cities of the interior of Paraguay. In total 160 samples of the plants pilots and 28 of the PTARI were analyzed. They were identified to genre or species 43 protozoa, 9 rotifers, 3 nematodes, 1 mites, 2 annelids and 7 bacteria. They were carried out in comparisons among the

variation of the protozoa populations, rotifers and nematodes along the study in one of the selected plants.

Keywords: *activated sludge, industrial wastewater, bioindicators, microorganisms, effluent treatment.*

INTRODUCCIÓN

La necesidad de paliar el impacto del vertido de aguas residuales a los cauces hídricos, a conducido al desarrollo de varios sistemas que permiten reducir la concentración de contaminantes que pueden llegar a las aguas procedentes de los procesos industriales. Los sistemas de tratamiento aerobios de aguas residuales se caracterizan por presentar diversas etapas, el tratamiento pre-primario, el primario, el secundario y el terciario. Durante el tratamiento secundario, en el que se persigue disminuir la concentración de contaminantes orgánicos y nutrientes (carbono, nitrógeno y fosforo principalmente), los sistemas biológicos más ampliamente utilizados son los tratamientos aerobios de instalación con lodos activos (o fangos activos), en la que se produce una remoción de hasta un 90 % de la carga orgánica debido a la biodegradación causada por bacterias presentes en el medio. (Metcalf y Eddy, 1995). El proceso de fangos o lodos activos está constituido por un fermentador o reactor aerobio, alimentado con el afluente a tratar, y que contiene una población bacteriana heterogénea. El fundamento de la depuración es mediante el proceso de biofloculación, de agregados bacterianos denominados flóculos de fango, de aspecto gelatinoso y algunos milímetros de diámetro. (Rodríguez, et al, 2006). Sumado a las bacterias, la biocenosis de los lodos activos se compone de protistas y metazoos inferiores como rotíferos, nematodos, anélidos, ácaros, e inclusive, ocasionalmente se presentan crustáceos. En conjunto, estos organismos actúan de manera sinérgica, facilitando la autodepuración de las aguas residuales. (Jenkins, 2004)

En general las plantas de tratamientos de aguas residuales son sistemas muy complejos, existiendo varios factores que pueden incidir sobre el rendimiento del mismo. Estas variables están relacionadas con el diseño de la planta, las características del efluente a tratar, la presencia adecuada de nutrientes, la aireación, la temperatura, etc. Todos estos factores inciden de alguna manera a la comunidad microbiana, afectando el tamaño de las poblaciones de los diversos grupos que lo componen (Rodríguez e Isac, 2005). En este sentido, algunos microorganismos se comportan como bioindicadores, estos son aquellos microorganismos o comunidades en los que su existencia, sus características estructurales, su funcionamiento y sus reacciones dependen del medio en que se desarrollan, y cambian al modificarse las condiciones ambientales”, son aquellos que con su presencia o ausencia y abundancia, indica los efectos de un factor ambiental de forma cualitativa; pueden ser tanto positivos, por su presencia y/o abundancia, como negativos, por su ausencia. (Capó Martí, M, 2002). Considerando que varios de estos microorganismos mencionados se comportan como Bioindicadores, el presente trabajo se enfocó hacia la identificación de los principales grupos organismos indicadores de las estaciones depuradoras de aguas residuales, a nivel de plantas pilotos, así como en muestras de lodos las plantas ubicadas en industrias ubicadas en Asunción y sus alrededores. Específicamente la investigación apuntó hacia el grupo de los protistas y metazoos inferiores como rotíferos, nematodos, anélidos y ácaros.

La importancia de los protozoos heterótrofos como bioindicadores, según Bramforth, (1985), se debe a que estos participan directamente en el consumo y degradación de la materia orgánica disuelta, favorecen los procesos de floculación en los sistemas de lodos activados, y principalmente son consumidores de las bacterias presentes en el medio acuático, sumado a esto, los protozoos en general son muy sensibles a la variación de la concentración de tóxicos, nutrientes, oxígeno, etc., y de esta forma la cantidad y abundancia de cada población, da información precisa sobre las condiciones de operación de la planta.

El segundo grupo de microorganismos bioindicadores en importancia presente en las muestras de lodos activados analizados tanto en las plantas pilotos, como en las PTARI, corresponden al Reino Animalia (metazoos inferiores), abarcando animales Acelomados, Pseudocelomados y Celomados. Entre estos el grupo de organismos bioindicadores de mayor importancia está representado por los rotíferos. Rius y Serra, 2003, mencionan que los rotíferos contribuyen con la oxigenación y consolidación de los flóculos, además de colaborar con la clarificación del efluente por alimentarse de partículas sólidas, bacterias y protozoos. La presencia de nematodos, anélidos y ácaros suele ser menos frecuente, su presencia en cantidades importantes se relaciona con altos tiempos de retención, exceso de oxígeno disuelto en el medio, y si predominan (más de 2000 ind/ml) son indicativos de malas condiciones de depuración (Rius y Serra, 2003; Gerardi, M., et al. 1995)

Se utilizaron cinco plantas piloto de tratamiento de agua residuales tipo Batch, a las cuales se les suministró aire, y los efluentes necesarios para simular las condiciones de operación de un biorreactor de una PTARI. Además de los resultados obtenidos en las plantas piloto, se sumaron a estos, otros obtenidos de plantas reales de tratamiento de residuos de la industria láctea y la frigorífica del gran Asunción. En total se analizaron 160 muestras de las plantas pilotos y 28 de las estaciones industriales. Se identificaron a nivel de género o especie cuando fue posible 43 protozoos, 9 rotíferos, 3 nematodos, 1, ácaro, 2 anélidos y 7 bacterias. Se realizaron comparaciones entre la variación de las poblaciones de protozoos, rotíferos y nematodos a lo largo del estudio en una de las plantas seleccionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y manejo de muestras

Se examinaron muestras procedentes de los reactores biológicos de lodos activados, de plantas de tratamientos de aguas residuales industriales (PTARI, o EDAR) ubicadas en el gran Asunción, en total de 5 empresas relacionadas a la industria láctea, frigorífica de vacunos, frigorífica de pollos, recicladora de papel y farmacéutica. Las mismas fueron colectadas en envases estériles de un litro, las cuales fueron trasladadas hasta los laboratorios de FABRIPAR S.A y al Laboratorio de Microscopia del Departamento de Biología de la FACEN-UNA (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Universidad Nacional de Asunción). En general las muestras fueron analizadas en el mismo día, y cuando debieron ser conservadas, se mantuvieron a 4 °C, hasta su análisis en un tiempo máximo de 24 horas (APHA, 1997).

Plantas Piloto

Las plantas piloto están montadas en el Laboratorio de Microbiología y Química Ambiental de FABRIPAR S.A. Las mismas son de dos tipos: Lodos Activados Convencionales, con sedimentador secundario independiente y recirculación de lodos; y plantas que operan en forma “Batch” o “secuencial” (Fig. 1), también denominadas “SBR”, por sus siglas en inglés “Secuencial Batch Reactor”, según las especificaciones de varios autores (Eckenfelder, 1989; Metcalf y Eddy, 1995, y otros). Para el efecto se procedió al monitoreo de 5 plantas piloto tipo Batch, montados en vasos de precipitado de 5L, con las siguientes especificaciones: volumen de los reactores: 4,5 litros, caudal: 1 litro/día, tiempo de retención hidráulico: 4,5 días. También se monitoreo la planta piloto de lodos activados convencional con recirculado de lodos, con parámetros similares a las “SBR” en cuanto a tiempo de retención y caudal de alimentación (Fig 2).

Previa aclimatación por un periodo de 30 días, las plantas se alimentaron con un efluente de una industria local, cuatro se alimentaron con muestras de 2000 mg/L de DQO y una a 3000 mg/L respectivamente. Las 5 plantas se mantuvieron aireadas mediante un compresor y un sistema de tuberías unidas a las mangueras y las piedras difusoras (ver figura N° 1). La alimentación diaria se realizó tras la decantación de los lodos de cada Batch y del reactor convencional por una hora, tras el cual se le adicionó 1L del afluente en cada caso.



Figura 1. Plantas Piloto de Lodos Activados Tipo “Batch” o SBR. Montadas en FABRIPAR S.A



Figura 2. Planta Piloto de Lodos Activos Convencional con recirculación de lodos. Montada en FABRIPAR S.A

Análisis biológico.

Las observaciones para la identificación de los microorganismos se realizaron una vez por semana durante un periodo de 24 semanas, entre los meses de febrero y julio del año 2010. En total se analizaron 160 muestras de lodos activos de las plantas piloto y 28 de las EDAR mencionadas. Se tuvieron en cuenta tanto las especies de organismos considerados como bioindicadores, así como la cantidad relativa de los mismos en cada caso. Para las observación se utilizaron dos microscopios de campo claro (View y Olympus modelo BHS), en donde el primero contaba con condensador de contraste de fases y el segundo con una cámara tipo ocular USB marca MOTIC 2.0, modelo Moticam 352, que se utilizó para las microfotografías.

Para la identificación a nivel de género y especie, se utilizaron preferentemente muestras frescas sin teñir, de tal manera a poder observar la movilidad y la morfología de los microorganismos. También se recurrieron a coloraciones vitales (Azul de metileno al 0.1 %) para la individualización de los núcleos en el caso de los ciliados. Para disminuir la movilidad de los protozoos se utilizó solución de metilcelulosa al 2 %. Además en el caso de muestras con gran cantidad de rotíferos, estas fueron calentadas previamente a baño maría para inmovilizarlos, y posteriormente ser fijados con formol al 4%. (Streble y Krauter, 1987)

En el presente trabajo, para la ubicación e identificación de los protozoos se optó por lo indicado por Lynn (2002), Lee et al (1985) y Foisnner et al (1995), respectivamente. En los casos en los que no se pudo llegar hasta la categoría de especie de los organismos bioindicadores, se consideran como suficientes el género, por el hecho de que el conocimiento ese nivel del taxón, ya brinda suficiente

información sobre las posibles condiciones operativas de la planta de tratamiento de aguas residuales.

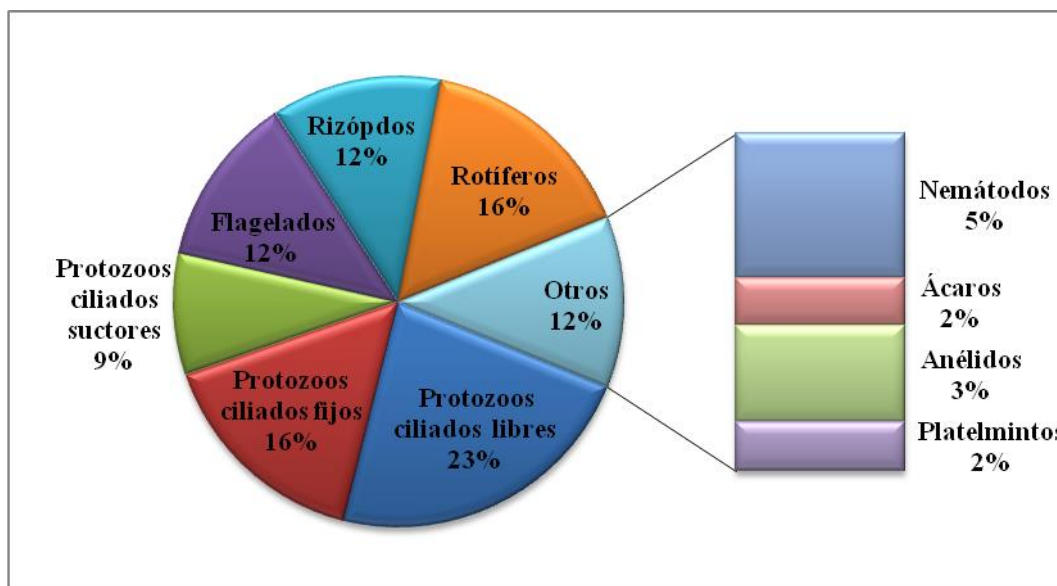
Análisis fisicoquímico

La medición de los niveles de DQO (Demanda Química de Oxígeno), SS (Sólidos en Suspensión), y SVI (Índice Volumétrico de Lodos), fueron determinados en el Laboratorio de Microbiología y Química Ambiental de FABRIPAR S.A, aplicando las técnicas mencionadas en el *Standar Methods for the examination of wáter and wast-wasters* (1997). Los análisis se realizaron semanalmente en el caso de las plantas pilotos y en forma periódica a las muestras de las plantas reales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo del estudio se han identificado 75 microorganismos bioindicadores, distribuidos entre géneros y algunos hasta especie. Los mismos corresponden a tres reinos, los más abundantes se ubican dentro del Reino Protista, con un total de 53 especies, que fueron subdivididos en protozoos y algas respectivamente; seguidos de metazoos inferiores como nematodos, anélidos, rotíferos y platelmintos con un total de 15 especies (gráfico 1). Además se identificaron 7 géneros de Eubacterias, que pueden ser consideradas como bioindicadores.

Gráfico 1. Abundancia específica de protozoos y metazoo inferiores



Para la ubicación taxonómica de los protozoos identificados en el presenta trabajo se opta por el sistema propuesto por Lee et al (1985). Se identificaron en total 27 géneros y 25 especies, las que son agrupadas en los siguientes filum:

1. Phylum Ciliophora, Doflein, 1906 (ver figuras 3 al 14)

1.1 Clase **Polyhymenophora**. Levine et al., 1980

Orden: Euplotida. Small y Lynn, 1985

- *Aspidisca cicada*, Mueller, 1786
- *Aspidisca lynceus*, Claparede et Lachmann 1867
- *Euplotes charon*, Ehrenberg, 1830
- *Euplotes sp.*
- *Euplotes affinis*, Dujardin, 1842

Orden: Sporodotrichia. Faurè – Fermient, 1961

- *Oxytricha phalax* Stein

1.2 Clase Oligohymenophorea. de Puytorac et al., 1974 (Lee et al., 2002)

Orden: Philasteridae Perty, 1852

- *Cyclidium sp.*

Orden: Peniculida Faurè – Fremient en Corliis, 1956

- *Paramecium caudatum*, Ehrenberg, 1838
- *Paramecium aurelia*, Ehrenberg

Orden: Sessilida Kahl, 1935

- *Zoothamnium sp*
- *Vorticella acuadulcis*
- *Vorticella sp.*
- *Vorticella microstoma*, Ehrenberg
- *Vorticella convallaria*, Ehrenberg
- *Vorticella campanula*, Ehrenberg
- *Opercularia coarctata*, Claparede & Lachmann, 1858
- *Epistylis plicatilis*, Ehrenberg
- *Epistylis sp.*

1.3 Clase Litostomatea Small y Lynn, 1981 (Lee et al., 2000)

Orden: Pleurostomatida Schewiakoff, 1896

- *Litonotus lamella*, (Ehrenberg) Schewiakoff, 1896
- *Litonotus fuscidens*

Orden: Prostomatida

- *Coleps hirtus*, Mueller, 1786

1.4 Clase Phyllopharyngia

Orden: Clamydodontida Deroux, 1976

- *Chillodonella sp.*
- *Leptopharynx sp.*

Orden: Exogenida Collin, 1912

- *Podophrya fixa*
- *Tokophrya sp.*
- *Acineta sp.*
- *Trichophrya epistylidis*, Claparede & Lachmann, 1861

- *Periacineta sp.*
- 2. Phylum Euglenozoa Cavallier – Smith, 1981 (ver figuras 15 y 17)
Clase Euglenoidea Bütschli, 1884

Orden: Euglenida Bütschli, 1884

- *Euglena sp.* Ehrenberg, 1830
- *Peranema trichophorum*, Ehrenberg

- 3. Phylum Kinetoplastida (ver figura 16)

Orden: Chrysomonadida

- *Bodo sp.*
- *Bodo saltans*, Ehrenberg
- *Bodo putrinus*, Stokes
- *Bodo globosus*, Stein
- *Monas sp.*
- *Cercomonas logicauda*, Dujardin, 1841

- 4. Phylum: Sarcomastigophora Honinberg y Balamunth, 1963
(ver figuras 18 al 20)

Clase Sarcodina

Orden: Euamoebida Lepsi, 1960

- *Amoeba sp.*

Orden Arcellinida Kent, 1880

- *Arcella sp*
- *Arcella discoides*, Ehrenberg, 1871
- *Diffugia sp.*
- *Euglypha ciliata*, Lendenfeld, 1888
- *Euglypha sp.*
- *Centropyxis sp*

La diversidad de protozoos, fue siempre mayor en los sistemas que presentaban mejores porcentajes de remoción. Principalmente en las EDARs de la industria láctea, la frigorífica de pollos y la de res. Se encontraron protozoos considerados bioindicadores de buenas condiciones de depuración, como los ciliados pedunculados sésiles coloniales (*Vorticella sp.*, *Epistylis sp.* y *Opercularia sp.*), en los fangos que presentaban flóculos de buena consistencia y tamaño, en general estos siempre eran acompañados por ciliados del tipo reptante (principalmente *Aspidisca sp.*, *Euplotes sp.* y *Litonotus sp.*) en cantidades abundantes. La presencia de *Vorticella microstoma*, en dos ocasiones en las plantas piloto tipo SBR alimentadas a 2000 mg/l de DQO, se relacionó con el descenso de las poblaciones de los reptantes y otros ciliados, así como con el empobrecimiento general del lodo, esto se presentó cuando se renovó el agua residual con la que era alimentada el sistema, por lo es de considerar el aporte de compuestos xenobióticos en concentraciones tóxicas. Las tecamebas identificadas en orden de abundancia corresponden a los generos *Arcella sp*, *Euglypha sp*, y *Diffugia sp*. Estas amebas también se consideran propios de los lodos con buena remoción y de nitrificación (Filomena R., et al. 1989). Los otros grandes grupos de protozoos, principalmente el de los flagelados, se presentaron con mayor abundancia en las plantas piloto SBR, alimentadas tanto con 2000 mg/l y 3000 mg/l de DQO. En estas plantas, hasta en un 60 % de las muestras observadas siempre predominaron los microflagelados bodónicos y en menor cantidad *P. trichophorum*. El predominio de los microflagelados se asoció con las primeras etapas de arranque de las plantas piloto, y con las que posteriormente presentaron un rendimiento de depuración menor, coincidiendo con lo reportado por Figueredo et al 1995, que asocia su predominio con las etapas iniciales de la

puesta en marcha de las EDAR. La presencia de *Euglena sp*, fue ocasional, y se presentó en grandes cantidades en la planta piloto convencional, con sedimentador secundario transparente a la luz. (Ver figura 2)

Del reino animal, se identificaron ejemplares pertenecientes a los filos Rotífero, Nematodo, Anélidos y Artrópodo. Los rotíferos fueron los más abundantes tanto en las muestras de lodos de las plantas piloto, como en las PTARI. Los rotíferos identificados se clasifican en dos Clases basados en Colin et al 1995, como sigue:

1. Phylum Rotífera (ver figuras 21 al 23)

1.1 Clase Digononta

Orden Bdelloidea

- *Phyllodina spp.*
- *Phyllodina roséola*, Ehrenberg, 1832
- *Rotaria rotatoria*, Pallas, 1766
- *Rotaria citrinus*, Ehrenberg, 1838
- *Rotaria spp.*

1.2 Clase Monogononta

Orden Ploima

- *Brachionus spp.*
- *Platyais spp.*
- *Cephalodella hoodi*. Gosse, 1886
- *Ephiphanes spp.*

La abundancia de los rotíferos también se asoció con las condiciones de depuración, y operación. Dentro de este grupo se observó con mayor frecuencia tanto en las plantas piloto, como las EDAR, el predominio de *Phyllodina spp*, seguido de *Rotaria sp.* y *Cephalodella sp.* principalmente. Las demás especies fueron de presencia más ocasional. Las plantas alimentadas diferencialmente a 2000 mg/l y 3000 mg/l de DQO, no mostraron predominio ni diferencias significativas entre sí, de especies de rotíferos. En general las plantas con mejores rendimientos, presentaron menores cantidades de rotíferos respecto a las plantas piloto. En estas últimas en ocasiones se llegaron a contabilizar hasta 200 individuos por ml, predominando sobre las poblaciones de los protozoos ciliados, y coincidiendo con el descenso del tamaño y consistencia de los flóculos.

También se identificaron nematodos, aunque presentes en forma casual, como indica Gerardi et al. 1995, generalmente asociados a plantas con alto tiempo de retención, en este caso las plantas pilotos, y preferentemente en las que fueron alimentados con una DQO de 3000 mg/L. Los nemátodos identificados corresponden todos a la Clase Phasmidia. Para su clasificación a nivel de género se utilizó la guía propuesta en APHA, 1997

2. Phylum Nematoda (ver figura 25)

Clase Phasmidia

- *Rhabditis sp.*
- *Rhabdionema sp.*
- *Monhyestera sp.*

3. Phylum Anelida (ver figura 24)

Clase Olygoqueta

- *Aelosoma hemprichi*, Ehrenberg 1828
- *Aelosoma variegatum*, Vejdovsky 1866

4. Phylum Arthropoda (ver figura 26)
 Clase Arachnida
 Orden Ácaros

Los anélidos identificados fueron *A. hemprichi*, y *A. variegatum*, estos se presentaron en cantidades importantes en una de las plantas tipo SBR, alimentadas a 2000 mg/L de DQO. Posteriormente su presencia fue más ocasional, aunque también aparecieron frecuentemente en los lodos de una PTARI de la industria láctea, con buenos porcentajes de remoción.

Otros organismos presentes en las muestras de lodos activados

En dos ocasiones se logró identificar en las plantas pilotos, un Plelminto de la Clase Turbellaria, posiblemente perteneciente al género *Typhloplana sp.* (ver figura 29)

En forma regular se reportaron la presencia de algas clorófitas pertenecientes a los siguientes géneros y especies: *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus sp.*, *Ulothrix sp* *Chaetophora sp.*, *Chlorhormidium sp.*, *Chlorella sp.* . Además se encontraron diatomeas en pertenecientes al los géneros *Navícula sp.*, *Synedra sp.* y *Fragilaria sp.*

Entre las bacterias se destacan las Eubacterias (ver figuras 27 y 28) pertenecientes a los géneros y especies siguientes: *Nocardia amarae*, *Anabaena sp.*, *Spirulina sp.*, *Oscillatoria chalybea*. *Sarcina paludosa*, *Spirillum sp.* y colonias bacterianas de *Zooglea ramigera*.

La presencia de *N. amarae*, se dio en forma abundante en una de las plantas pilotos alimentada con un afluente de 2000 mg/L de DQO, con problemas de sedimentación, y formación de espumas tipo “Foaming”, de coloración marrón, de aspecto espeso y viscoso. El papel de estas bacterias como causa de problemas es mencionado ampliamente por Figueredo et al (1995), Jenkins, D., Richard, M., Daigger, G. (2004)



Figura 3. *Euplotes charon*

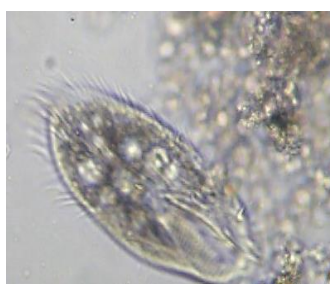


Figura 4. *Oxytricha fallax*

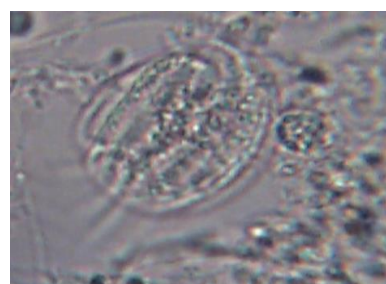


Figura 5. *Aspidisca sp*



Figura 6. *Paramecium caudatum*



Figura 7. *Litonotus lamella*



Figura 8. *Coleps hirtus*



Figura 9. *Vorticella sp.*



Figura 10. *Opercularia coarctata*



Figura 11. *Epistylis plicatilis*



Figura 12. *Periacineta sp.*



Figura 13. *Trichophrya epistylidis*



Figura 14. *Acineta sp.*



Figura 15. *Peranema thrichophorum*



Figura 16. Fitoflagelado.



Figura 17. *Euglena sp.*



Figura 18. Gimnameba.

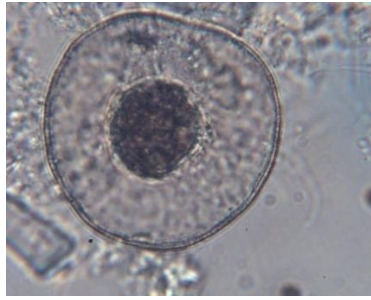


Figura 19. *Arcella discoides*

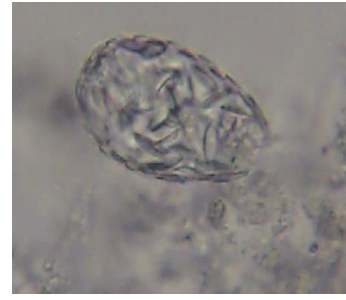


Figura 20. *Diffugia sp.*



Figura 21. *Philodina sp.*



Figura 22. *Platyais quadricornis*



Figura 23. *Brachionus angularis*



Figura 24. *Aelosoma hemprichi*



Figura 25. Nematodo

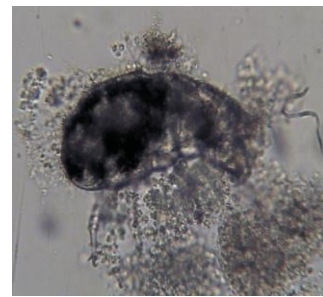


Figura 26. Ácaro (Hidracarina)



Figura 27. *Nocardia sp.*



Figura 28. Zooglia ramigera



Figura 29. Turbellario y rotífero

Distribución de organismos bioindicadores en las plantas piloto y en las Plantas de tratamiento de aguas industriales

La distribución de los microorganismos bioindicadores en las plantas tipo “SBR”, así como las estaciones de tratamiento, fue muy heterogéneo, variando su población y diversidad a lo largo del

tiempo de estudio, en concordancia con el tipo de efluente. Las plantas de tratamientos industriales fueron las que mostraron mayor biodiversidad, destacándose la industria láctea, por sobre el resto, ya que presentaban gran abundancia de protozoos bioindicadores de condiciones de depuración óptima, en la mayoría de las muestras analizadas, como ser ciliados coloniales pedunculados, ciliados reptantes y los rizópodos, en proporción más equilibrada con los demás grupos. Como se observa en la tabla 1, las plantas tipo “SBR”, alimentadas en forma diferenciada a 2000 ya 3000 mg/l de DQO, respectivamente, presentaron a lo largo del estudio poca diferencia en relación a la diversidad y la abundancia de indicadores biológicos.

Tabla 1. Distribución de organismos bioindicadores en las plantas piloto tipo “SBR” y en las plantas de tratamiento (PTARI)

	Plantas piloto tipo “SBR”		Plantas de tratamientos de aguas residuales				
	2000 mg/L de DQO	3000 mg/L de DQO	Industria láctea	Recicladora de papel	Frigorífico de pollos	Frigorífico vacuno	Curtiembre
Protozoos ciliados libres							
<i>Aspidisca cicada</i> ,	2	2	2	1	1	2	1
<i>Aspidisca lynceus</i> ,	2	2	2	1	1	1	0
<i>Euplotes charon</i> ,	1	1	2	1	1	1	1
<i>Euplotes sp.</i>	1	1	2	1	1	2	1
<i>Oxytricha phalax</i>	1	1	2	1	0	1	1
<i>Cyclidium sp.</i>	0	0	0	1	1	1	0
<i>Paramecium caudatum</i>	1	1	2	2	1	1	1
<i>Paramecium aurelia</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Litonotus lamella</i> ,	0	0	2	0	1	1	1
<i>Litonotus fuscidens</i>	0	0	1	0	0	1	0
<i>Coleps hirtus</i>	1	1	2	1	1	1	0
<i>Chillodonella sp.</i>	1	1	1	1	1	0	0
<i>Leptopharynx sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0
Protozoos ciliados fijos							
<i>Zoothamnium sp</i>	0	0	2	0	2	2	0
<i>Vorticella acuadulcis</i>	1	1	0	0	0	0	0
<i>Vorticella sp.</i>	2	2	1	2	1	1	2
<i>Vorticella microstoma</i>	1	0	1	1	0	0	1
<i>Vorticella convallaria</i>	2	2	2	2	0	2	0
<i>Vorticella campanula</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Opercularia coarctata</i>	0	0	1	2	0	0	1
<i>Epistylis plicatilis</i> ,	0	0	2	1	1	0	0
<i>Epistylis sp.</i>	0	0	2	2	1	2	1
<i>Podophrya fixa</i>	1	1	2	1	1	1	1
<i>Tokophrya sp.</i>	1	1	2	1	1	1	1
<i>Acineta sp.</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Trichophrya epistylidis</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Periacineta sp.</i>	1	1	1	1	1	0	1
Protozoos flagelados							
<i>Euglena sp</i>	2	0	1	0	0	0	0
<i>Peranema trichophorum</i>	2	2	1	1	1	1	2
<i>Bodo sp</i>	2	3	1	2	2	2	3
Rizópodos							
<i>Amoeba sp</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Arcella sp</i>	1	1	3	2	2	2	1
<i>Arcella discoides</i>	1	1	3	3	2	2	0
<i>Diffugia sp.</i>	2	2	3	2	2	2	1
<i>Euglypha ciliata</i>	1	1	3	1	0	0	0
<i>Euglypha sp.</i>	1	1	1	0	0	0	0
<i>Centropyxis sp</i>	0	1	0	0	0	0	0
Rotíferos							
<i>Phyllodina spp</i>	3	3	2	1	2	2	1
<i>Rotaria sp.</i>	2	2	2	1	1	1	1

<i>Brachionus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cephalodella hoodi</i>	1	1	1	1	1	1	1
Nematodos							
<i>Nemátodos</i>	1	1	1	1	1	1	1
Anélidos							
<i>Aelosoma sp.</i>	1	1	1	0	0	0	0
Ácaros							
<i>Hidracarina</i>	1	1	1	1	1	1	1

*Abundancia relativa de muestras representativas: 0, ausente; 1, presente en forma ocasional (de 1 a 5 individuos por gota); 2, abundante (de 6 a 20 individuos por gota); 3, muy abundante (más de 20 individuos por gota).

Variación de las poblaciones de microorganismos bioindicadores en una de las plantas piloto alimentadas con una DQO de 2000 mg/L.

Se seleccionó una de las plantas piloto alimentadas con una DQO de 2000 mg/L, considerando, la cantidad y diversidad de bioindicadores identificadas en ella. La planta piloto en cuestión presenta las características resumidas en la tabla 2.

Tabla Número 2. Valores de diseño y parámetros fisicoquímicos promedio (15 semanas) de la planta piloto alimentadas con una DQO de 2000 mg/L

Volumen del reactor	HRT	DQO alimentación (mg/L)	DQO salida (mg/L)	DQO red %	MLSS (mg/L)	SVI (mg/L)
4,5 L	4,5 días	1945	485	75	1830	54

En general las plantas alimentadas en forma diferenciada no mostraron variaciones muy notorias en cuanto la diversidad de especies encontradas en cada caso. La planta piloto alimentada con el efluente de 2000 mg/L de DQO, presentó una eficiencia promedio de remoción de 75 %. La misma se seleccionó para su comparación.

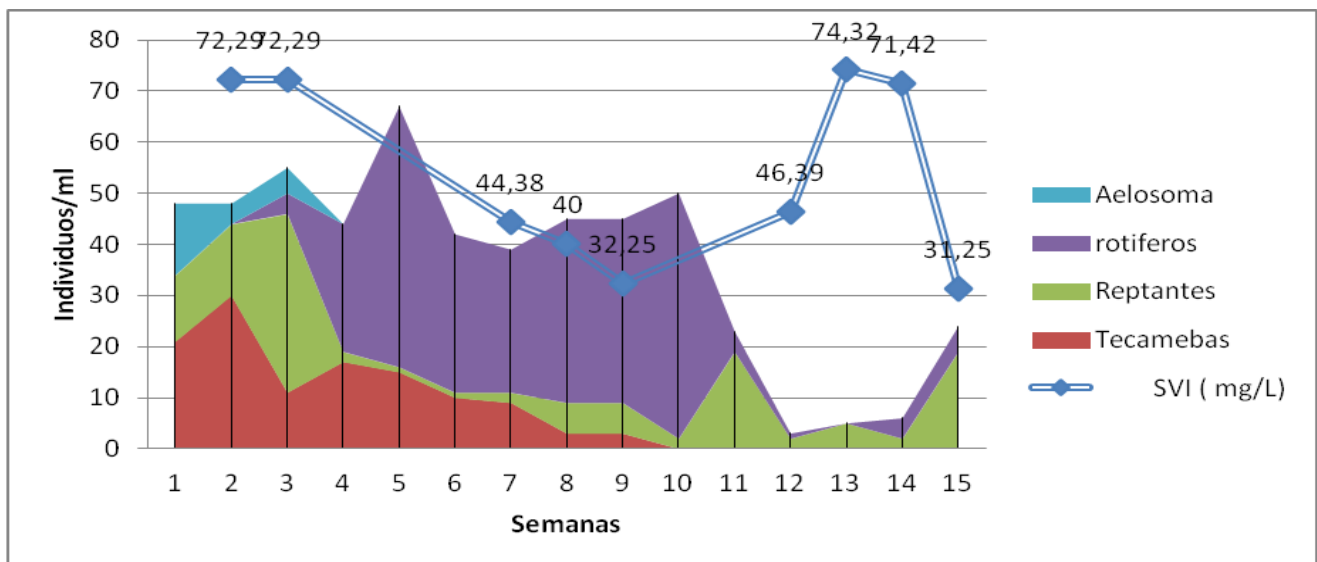


Gráfico N° 2. Comparación entre poblaciones de bioindicadores con la variación del SVI

Como se observa en el gráfico N° 2, referente a la planta mencionada. En esta se presentan cuatro taxones de microorganismos bioindicadores presentes en sus lodos, comparadas con la variación del índice volumétrico de lodos (SVI). Resaltan las variaciones en la población de rotíferos, con picos muy variados en las semanas 5 y la 10, para un posterior descenso bastante notorio. Las poblaciones de *Aelosoma sp.*, desaparecen después de la semana 4 de puesta en marcha de la planta piloto. A esta le sigue el descenso de la población de tecamebas hacia la semana 7. Al final de la semana 15 se aprecia solamente la presencia de rotíferos y ciliados reptantes, de forma escasa, coincidiendo con reducción de la SVI. Estas fluctuaciones de las poblaciones de los microorganismos bioindicadores, se asocia con los cambios del efluente utilizado como alimento, que posiblemente tendría un mayor grado de toxicidad, lo que afectaría notoriamente a las poblaciones de los organismos bioindicadores.

CONCLUSIÓN

Los microorganismos identificados en el presente estudio se mencionan como parte de la biocenosis de los lodos activados en trabajos como el de una Luna P., 2005, Gerardi, M., et al. 1995, entre otros. No se reportaron nuevos organismos que podrían considerarse como bioindicadores.

El conocimiento de los organismos bioindicadores presentes en los lodos, aportan información valiosa sobre las condiciones de operación de las plantas de tratamientos, y orientan hacia posibles causas, cuando se presentan problemas. La identificación de los organismos bioindicadores presentes en lodos activos, requiere cierto entrenamiento, pero una vez alcanzado cierta destreza, permiten a los operarios de las PTARI, realizar una evaluación rápida de las condiciones del sistema, con el objeto de monitorear el funcionamiento del mismo.

El presente trabajo deja el precedente para próximas investigaciones considerando que ya se dispone visión general de los microorganismos bioindicadores de plantas de tratamientos de efluentes industriales del Paraguay

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta investigación no sería posible sin el apoyo económico de la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Nacional de Asunción, mediante la firma en el año 2010 del contrato N° 601.001-0000009, por un lado; y también mediante la buena predisposición y apertura de los directivos de FABRIPAR S.A y de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, los cuales ratificaron su alianza mediante la firma de un convenio de cooperación científico y técnico.

LITERATURA CITADA

- American Public Health Association (APHA), American Water Work Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF), 1997. *Stanadar Methods for the examination of water and waste-wasters*, 19^a.Ed. APHA. Washington.
- Ammary, B. 2004. Nutrients requirements in biological industrial wastewater treatment. *African journal of biotechnology* 3(4):236-238
- Bramforth, S. (1985) Symposium on "Protozoa Ecology" The role of Protozoa in Litters and soild. *Protozoology*, 32 (3): 404-409

- Capó Martí, Miguel. 2002. Principios de Ecotoxicología. Diagnóstico, tratamiento y gestión del Medio Ambiente. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A.U. España. 314 pp.
- Crites, R., Tchobanoglous, G. 2001. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Mc Graw- Hill Interamericana. Bogota, Colombia, 776 p
- Eckenferlder, W., 1989 Industrial Water Pollution Control. Mc Graw- Hill Interamericana. International Editions. 400 p,
- Eikeboom, D.H. 1977: Identification of filamentous organisms in bulking activated sludge. Water Tech. 8.
- Eikeboom, D.H., 1975. Filamentous organisms observed in activated sludge; Water res, 9.
- Figueredo, A., 1995. Protozoos como bioindicadores en procesos de depuración biológica. Sevilla- España.
- Filomena R., et al. 1989. Microbiología de Lodos Activados. CETESB. Sao Paulo.
- Gerardi, M., et al. 1995. Wasterwater Biology: The Microlife. Special Publication. Alexandria, Virginia. 196 p
- Henry J. G. y Heinke G. W. 1997. Ingeniería ambiental. 2ª ed.. Prentice-Hall, México. Vols. 1 y 2.
- Hickman, C., Roberts, L., Larson, A., 1997. Zoología. Principios Integrales. Mc Graw- Hill. Interamericana. Madrid. España. 1074 p
- Jenkins, D., Richard, M., Daigger, G. 2004. Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, foaming, and other solids separation problems. 3rd Edition. CRC Press; 1-71. Virginia
- Lee JJ, Hunter SH, Bovee EC. (1985). An illustrated guide to the protozoa. *Society of protozoologists*. Allen Press Inc. Lawrence, Kansas, EUA.
- Leeuwen, J. 1989. Ozonation for Non-Filamentous Bulking Control in activated sludge plant. Water SA, 15(2):127-132.
- Luna Pabello, Victor 2005. Atlas de Ciliados y otros microorganismos frecuentes en sistemas de tratamiento aerobio de aguas residuales. Laboratorio de Microbiología Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. 88 p
- Metcalf y Eddy, 1995. Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales, Editorial McGraw-Hill. 752 p
- Rachwal, A.J., D. W. M. Johnstone. 1982. The application of settleability tests for the control of activated sludge plants in bulking of activated sludge, UK, Ellis Horwood Limited.
- Ramalho, R. S., (1996). Tratamiento de aguas residuales. Reverté., México. 420 pp
- Richard, M., 1989. Activated Sludge Microbiology. The water Pollution Control Federation. Alexandria, Virginia.
- Rius y Serra, M., Salvadó y Cabré, H. 2003 L'ÚS DE LA MICROFAUNA EN EL CONTROL DELS SISTEMES DE DEPURACIÓ PER FANGS ACTIVATS. Ponencia presentada en la "Primera jornada técnica de gestión de estaciones depuradoras de aguas residuales" Catalunya.
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., 2006. Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales Industriales. Fundación para el conocimiento Madrid. Elecé Industria Gráfica. Madrid. 136 p.
- Rodríguez, E., Isac, L., Fernandez, N., Salas, D. 2005. El Ecosistema de Fangos Activos. Revista biología.org. Número 19. Enero de 2005.
- Sant'Annam C., et al. 2006. Manual Ilustrado para identificação e Contagem de Cianobacterias Planctonicas de Aguas Continentais Brasileiras. Editorial Interciencia. Rio de Janeiro. 58 p
- Spellan, F., 1997. Microbiology for Water/Wastewater Operator. Technomic Publishing. Lancaster-USA.

- Streble, H., Krauter, D., 1987 Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce. Ediciones Omega. Barcelona España. 336 p