



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE GIMNAMEBAS EN UN SISTEMA DE
LADOS ACTIVADOS QUE TRATA AGUA RESIDUAL DE UNA
INDUSTRIA TEXTIL LANERA**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

IBARRA SIERRA DAVID PABLO

M. en C. RAMÍREZ FLORES ELIZABETH, (FES-I, UNAM)
DR. RIVERA AGUILAR VICTOR MANUEL, (FES-I, UNAM)
DR. LUNA PABELLO VICTOR MANUEL, (FAC. DE QUIM., UNAM)

MÉXICO, D. F., MAYO 2015

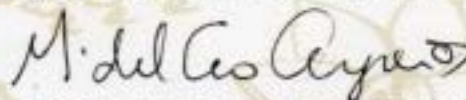
Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 9 de marzo de 2015, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **IBARRA SIERRA DAVID PABLO**, con número de cuenta 304306592, con la tesis titulada **"Presencia y distribución de gimnamebas en un sistema de lodos activados que trata agua residual de una industria textil lanera."**, realizada bajo la dirección de la M. en C. **ELIZABETH RAMÍREZ FLORES**:

Presidente: DR. ALFONSO LUGO VÁZQUEZ
Vocal: DR. YOHAN ALEXANDER CORREA METRIO
Secretario: DR. VICTOR MANUEL RIVERA AGUILAR
Suplente: DRA. LUISA ISAURA FALCÓN ÁLVAREZ
Suplente: DRA. PATRICIA BONILLA LEMUS

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 13 de mayo de 2015.



DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM, por aceptarme en el posgrado, en el nivel Maestría. Gracias por abrir las puertas a esta etapa de mi desarrollo profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca de estudios que me otorgó, con el número (CVU Becario): 508386/290005, a partir de la fecha 28 de enero de 2012 hasta el 27 de enero de 2015. Fue un gran apoyo para mí y espero que el presente trabajo satisfaga dicha inversión.

A mi comité tutorial:

Dr. Víctor Manuel Rivera Aguilar, por su asesoría en la realización de este proyecto.

Dr. Víctor Manuel Luna Pabello, por la asesoría y explicación en todos los aspectos del proyecto.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Familia:

A mis padres, Bernarda y Pablo, por haberme dado la vida y ayudarme en ella, les agradezco de todo corazón el quererme, regañarme y guiarme a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Jesús y Víctor, porque me ayudaron en muchas cosas.

Profesores:

A mi tutora, la M. en C. Elizabeth Ramírez Flores, por aceptarme en el proyecto al que pertenece este trabajo y apoyo brindado.

Al biólogo, profesor y amigo Víctor Manuel Esparza Martínez, le agradezco su apoyo, consejos y otras cosas que ha hecho por mí, sabe que se le aprecia.

Al profesor Luis Fernando González ya que por su trabajo pude agilizar muchas de las actividades que realizaba en este proyecto, y de igual manera la asesoría en ciertas dudas que se me presentaban.

Al biólogo Reynaldo Ayala Patiño por el apoyo y explicación de los procesos en la planta de tratamiento donde realice este trabajo.

A la Q.F.B. Esperanza del Socorro Robles Valderrama por su apoyo y trabajo brindado en la realización de los parámetros físico-químicos.

Jurado de examen de grado:

Al Dr. Yohan Alexander Correa Metrio, por su explicación y apoyo en los temas de estadística y ecología que fueron de mucha utilidad para interpretar más este trabajo.

Dr. Alfonso Lugo Vázquez por sus observaciones, atención y correcciones en este proyecto.

Dra. Luisa Isaura Falcón Álvarez de igual manera por su atención, observaciones y correcciones en este proyecto.

Dra. Patricia Bonilla Lemus le agradezco su atención en mi estancia en el laboratorio CyMA, y la explicación de los temas relacionados con las gimnamebas y también observaciones y correcciones en este proyecto.

A mis amigos:

A Valeria Castro, te debo mucho amiga, no sé cómo agradecerte todo tu apoyo en estos años que llevamos conociéndonos.

A Geovani Avilez, “Brow” gracias por todo, a pesar del corto tiempo, hemos hecho muchas cosas, hay que seguirle para alcanzar nuestras metas, ya que sin frustraciones con esfuerzo y dedicación, lo lograremos. ¡NO PAIN NO GAIN!

A Jonás Colín “KIRA” te agradezco tu apoyo y buenas vivencias en estos años. ¡Quién diría que hemos llegado hasta aquí! debemos seguir adelante en esta vida que elegimos.

A mis entrenadores Daniel Montiel (montañismo), Javier y Rogelio Navarrete (físico-constructivismo) por haberme ayudado en mis logros deportivos estos años. Pero más que nada les agradezco su amistad. Y muy recientemente a Lalo y a Andrés por este progreso en tan corto tiempo en el deporte que nos gusta.

Al resto de mis amigos, no mencionare sus nombres porque sería una falta de respeto, ya que pondría a unos y a otros no, posiblemente no vean esto pero saben que cuentan conmigo.

DEDICATORIAS

A la misma vida, porque con ella alcance este objetivo

Dicen que cuando conoces al amor de tu vida, el tiempo se para...Y es verdad. Lo que no dicen es que cuando vuelve a ponerse en marcha, se mueve aún más rápidamente, para recuperar el tiempo perdido.

(Big Fish: A Novel of Mythic Proportions, Daniel Wallace)

No conoceré el miedo. El miedo mata la mente. El miedo es el pequeño mal que conduce a la destrucción total. Afrontaré mi miedo. Permitiré que pase sobre mí y a través de mí. Y cuando haya pasado, giraré mi ojo interior para escrutar su camino. Allí por donde mi miedo haya pasado ya no quedará nada, ¡¡sólo estaré yo!!

(Antoine De Saint Exupery)

~Los humanos están perdiendo sus esperanzas y olvidando sus sueños. Así es como la Nada se vuelve más fuerte.

-¿Qué es la Nada?

~Es el vacío que queda, la desolación que destruye este mundo y mi encomienda es ayudar a la Nada.

-¿Por qué?

~Porque el humano sin esperanzas es fácil de controlar y aquél que tenga el control, tendrá el Poder.

(Die unendliche Geschichte “la Historia interminable”, Michael Andreas Helmut Ende)

Seht ihr mich?
Versteht ihr mich?
Fühlt ihr mich?
Hört ihr mich?
Könnt ihr mich hören?
Könnt ihr mich sehen?
Könnt ihr mich fühlen?

Ich versteh euch nicht

(RAMMSTEIN, ICH WILL)



The mind is the limit. As long as the mind can envision the fact that you can do something, you can do it, as long as you really believe 100 percent. The Six Rules of Success are:

Confía en ti mismo

Rompe las reglas

No tengas miedo a fracasar

No escuches lo que los demás digan

Trabaja duro

Da algo a cambio

(Arnold Schwarzenegger)

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
MARCO TEÓRICO.....	2
ANTECEDENTES.....	16
JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Particulares.....	19
ZONA DE ESTUDIO.....	20
Procesos de la fabricación en Lanas fíltex.....	20
Proceso de teñido.....	21
Proceso de acabado.....	21
Descripción de la planta de tratamiento.....	21
MATERIAL Y MÉTODOS.....	23
Trabajo de campo.....	23
Trabajo de laboratorio.....	23
Análisis estadísticos de los resultados.....	24
RESULTADOS.....	27
DISCUSIÓN.....	57
CONCLUSIONES.....	71
REFERENCIAS.....	72
ANEXOS.....	77
Anexo 1. Valores de los parámetros físico-químicos de cada una de las zonas y de los muestreos.....	77
Anexo 2. Promedios y desviaciones estándar de los parámetros físico-químico en cada zona que presentaron una tendencia normal.....	78
Anexo 3. Fotografías de amebas de vida libre más reportadas en sistemas de tratamiento.....	83

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

CUADROS	Pág.
Cuadro 1. Diferentes tipos de tratamiento de agua residual.	3
Cuadro 2. Parámetros físicos evaluados en el sistema de lodos activados.	5
Cuadro 3. Parámetros químicos evaluados en el sistema de lodos activados.	5
Cuadro 4. Riqueza de Gimnamebas y taxonomía (ADL, <i>et al.</i> 2012) del sistema de tratamiento de lodos activados.	28
Cuadro 5. Distribución (sistema binario, presencia “1” y ausencia “0”) de las especies de gimnamebas en el sistema de tratamiento, y su tipo de adaptabilidad ambiental “ <i>eurý</i> ” (E) y “ <i>steno</i> ” (S).	29
Cuadro 6. Rangos mínimos y máximos de los valores fisicoquímicos que se presentaron en las 5 etapas de tratamiento y tipo de sistema saprobio que representa.	29
Cuadro 7. Cuadro 8. Resultados de prueba de normalidad en los parámetros físico-químicos, los cuales los valores que no presentaron la tendencia normal son subrayados.	31
Cuadro 8. Valores promedio de los parámetros en el afluente (entrada) y efluente (salida) del sistema de tratamiento.	32
Cuadro 9. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de entrada.	33
Cuadro 10. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de reactor biológico.	34
Cuadro 11. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona del decantador.	36
Cuadro 12. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de los filtros.	37
Cuadro 13. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de salida.	38
Cuadro 14. Valores de significancia de la prueba de Tukey (HSD), en las zonas del sistema de tratamiento	39
Cuadro 15. Componentes (CCA) expresados en el análisis de correlación canónica.	42
Cuadro 16. Cuadro 17. Efecto de los parámetros fisicoquímicos en las gimnamebas. presencia-ausencia (p.a.) y abundancia (Abu), entre más elevado sea el valor tanto positivo como negativo señala dicho efecto.	55
Cuadro 17. Propuesta de especies de gimnamebas en el sistema saprobio, comparando los valores de DBO ₅ obtenidos en los muestreos con la referencia de Luna, <i>et al.</i> , 1988.	60

FIGURAS	Pág.
Figura 1. Secuencia de sucesión de microorganismos en una planta de lodos activados.	7
Figura 2. Planta de tratamiento de lodos activados de la industria textil.	22
Figura 3. Clúster de la zona de entrada y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.	33
Figura 4. Clúster de la zona del reactor biológico y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.	35
Figura 5. Clúster de la zona del decantador y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.	36
Figura 6. Clúster de la zona del filtro y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos	37
Figura 7. Clúster de la zona de salida y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.	38
Figura 8. DBO ₅ (estandarizado) para su comparación con los valores de Diversidad observada H', diversidad máxima H'max.	40
Figura 9. Frecuencias acumuladas de las especies de gimnamebas del sistema de tratamiento.	41
Figura 10. Correlación entre especies y parámetros fisicoquímicos.	44
Figura 11. Efecto del potencial de hidrógeno en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	45
Figura 12. Efecto de la temperatura en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	46
Figura 13. Efecto del oxígeno disuelto en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	47
Figura 14. Efecto de la demanda bioquímica de oxígeno en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	48
Figura 15. Efecto de los nitratos en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	49
Figura 16. Efecto de los nitritos en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	50
Figura 17. Efecto la conductividad en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	51
Figura 18. Efecto los fosfatos totales en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	52
Figura 19. Efecto los sólidos sedimentables en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	53
Figura 20. Efecto los sólidos suspendidos en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.	54
Figura 21. Varianza de especies en cada zona del tratamiento.	56
Figura 22. Relación de Varianza-Covarianza para establecer comunidades entre las especies de gimnamebas.	56

RESUMEN

El sistema de lodos activados es el más aplicado para la depuración de aguas residuales. Este tratamiento es llevado a cabo por diferentes asociaciones microbianas, principalmente bacterianas. Existen poblaciones poco estudiadas, tales como las amebas desnudas (gimnamebas), en su función ecológica, se menciona que estas especies participan en la regulación de nutrientes y algunas de ellas son causantes o son vectores de enfermedades. Sin embargo sigue siendo escasa la información de las especies que se encuentran en cada sistema de tratamiento (en especial los industriales) y de la posible influencia de las condiciones abióticas para su presencia. Por esta razón, en este trabajo se estableció la presencia de las especies de gimnamebas en todas las etapas del sistema de tratamiento de una industria textil, señalando el efecto que tienen los parámetros físico-químicos en cada una de ellas y la posible relación entre las mismas especies. Los resultados señalaron la presencia de 23 especies de gimnamebas siendo los géneros *Acanthamoeba*, *Vannella* y *Mayorella* los más representados con 3 especies cada uno. Todas las especies presentaron una distribución variada en el sistema desde la etapa inicial hasta la final. Se observó que 15 son *euribiontes* y 8 especies *estenobiontes*, siendo estas últimas, posibles indicadores de calidad del agua. Los parámetros físico-químicos presentaron diversos efectos en cada una de las especies, lo que señala diferentes grados de resistencia a las variaciones de ciertos compuestos presentes en las aguas residuales.

Palabras clave: Lodos activados, Gimnamebas, industria textil, parámetros físico-químicos, *Acanthamoeba*, *Vannella* y *Mayorella*.

ABSTRACT

The activated sludge system is the most applied for wastewater treatment. This treatment is carried out by various microbial associations, mainly bacterial. There are little to none studies for some populations, such as the naked amoebae (gymnamoebae), in their ecological function, it is mentioned that these species are involved in the regulation of nutrients and some cause or are disease vectors. But still little information of the species are found in each treatment system (especially industrial) and the possible influence of abiotic conditions for its presence. For this reason, the presence of species of gymnamebas at all stages of the treatment system of a textile industry was established, indicating the possible relationship between the same species and the effect that the physicochemical parameters present in the same species. The results show the presence of 23 species of gymnamoebae being the *Acanthamoeba*, *Vannella* and *Mayorella* genera the most present with 3 species each. All species showed a wide distribution in the system from the initial stage to the final, 15 was observed that had a *eurybiont* distribution and 8 species that had *stenobiont* distribution, the latter being proposed as indicators of water quality. The physicochemical parameters showed different effects in each species, which indicates varying degrees of resistance to changes in certain compounds present in the wastewater.

Key words: Activated sludge, gymnamoebae, textile industry, parameters physico-chemical, *Acanthamoeba*, *Vannella* and *Mayorella*.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida, se calcula que existen aproximadamente 1, 385, 000, 000 de km³ de agua en toda la tierra, de los cuales 97.3% es salada y 2.7% es dulce, de este último porcentaje, solo el 0.62% es líquida, el otro porcentaje corresponde al agua en los glaciares en estado sólido (Silva *et al.*, 2008). Este recurso se renueva gracias al ciclo hidrológico, que consiste en la circulación del agua entre los distintas secciones de la hidrosfera, considerándose como un ciclo biogeoquímico, ya que hay una intervención mínima de reacciones químicas en este proceso; por precipitación a la tierra desciende 28%, y al mar el 72% lo que quiere decir que solo una proporción puede ser utilizada para consumo (Jiménez, 2001).

A pesar de la cantidad de agua que existe, se sabe que su disponibilidad depende directamente de su calidad, que en los últimos años, debido a la gran demanda (agricultura, industrial, doméstica, etc.), ha propiciado su contaminación, repercutiendo mayormente en su accesibilidad (Aguilera *et al.*, 1997; Jiménez, 2001; Silva *et al.*, 2008 y Salazar, 2009). Comúnmente a las aguas contaminadas se le denomina como “aguas residuales” ya que estas fueron utilizadas para un determinado fin, siendo materia de residuo que en su mayor parte es desechada a cuerpos de agua naturales (Silva *et al.*, 2002; Salazar, 2009).

Ante esta problemática ambiental, se han desarrollado diversas estrategias de tratamiento para disminuir los niveles de contaminación, que combinan procesos físicos, químicos y biológicos (Da Cámara *et al.*, 2000; Galvis *et al.*, 2004). Uno de los tratamientos biológicos más importantes y aplicados es el de lodos activados o fangos activados, desarrollado a finales del siglo XX en Inglaterra (Reyes, 2009; Bitton, 2005; Torrescano, 2009). En este tratamiento, la depuración es ejercida principalmente por comunidades bacterianas, que degradan la materia orgánica contaminada (Vilaseca, 2001). Pero además de las asociaciones bacterianas, existen poblaciones de microorganismos eucariontes, un ejemplo son las Gimnamebas (amibas desnudas), estas intervienen en la regulación de las poblaciones bacterianas, ayudando a mantener las redes tróficas recirculando los nutrientes en el sistema para su buen funcionamiento, y algunas de ellas representan un problema de salud por las enfermedades que pueden ocasionar o ser vectores de bacterias patógenas y/o virus (Bonilla *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2009).

Cabe resaltar que los estudios de la ecología de estos protozoos en aguas contaminadas son escasos, en especial los referentes a la evaluación de las condiciones abióticas que propician su estancia en estos medios artificiales, y más en el caso de las aguas residuales industriales que por cuestiones de seguridad empresarial es poco probable realizar estudios. Por esta razón se determinó la eficiencia del tratamiento de un sistema de lodos activados de una industria textil lanera, estudiando la riqueza específica, presencia y distribución de las gimnamebas dentro de las diferentes etapas del tratamiento y estableciendo la relación y el efecto que tienen los parámetros físico-químicos sobre dichas especies y la posibles relaciones que se presentan entre estos organismos.

Es importante mencionar que las aguas residuales textiles se caracterizan por su alta concentración de contaminantes químicos que son ocupados en el tratado de las telas, que además de provocar problemas ambientales serios, se menciona que pueden provocar problemas de salud entre los cuales se menciona como: cancerígenos y múgatenos (Ghoreischi *et al.*, 2001). Por lo tanto, la información de este trabajo, permitió señalar más aspectos biológicos y ecológicos de las especies de gimnamebas presentes en sistemas de tratamientos de aguas residuales altamente contaminadas, lo que conlleva a comprender con más detalle a este grupo de organismos.

MARCO TEÓRICO

Contaminación del agua

La contaminación del agua se define como la acción de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial en su calidad, usos posteriores y su función ecológica en el ambiente (Jiménez, 2001).

Para esto, los contaminantes del agua son clasificados en:

Contaminantes básicos: parámetros físicos y químicos presentes en las aguas residuales, que propician parámetros y calidades diferentes en cada una de ellas; pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. Son considerados a los lípidos, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos,

expresadas en mg L⁻¹ de nitrógeno), fósforo total, pH y en caso de los parámetros físicos temperatura y sólidos totales (NOM-001-SEMARNAT-1996).

Contaminantes patógenos y parasitarios: Son microorganismos, quistes y huevos de parásitos presentes en las aguas residuales que representan un posible riesgo sanitario para los seres humanos, flora y fauna. Sólo son considerados los coliformes fecales y los huevos de helmintos (NOM-001-SEMARNAT-1996).

Tratamientos de agua residual

Generalmente las aguas residuales tienen que pasar por 3 tipos de tratamiento para su depuración. El primero es el **tratamiento primario**, donde se eliminan los sólidos de mayor tamaño, el segundo es el **tratamiento secundario** (o biológico), que consiste en la degradación de materia orgánica y otros compuestos químicos disueltos en el agua por la acción metabólica de diferentes organismos, finalmente el **tratamiento terciario**, en donde se eliminan los contaminantes restantes del tratamiento secundario, o se busca una mayor calidad del agua final. No existe un sistema de tratamiento específico, en muchos casos se integran diferentes procesos acorde a los contaminantes que se quieren eliminar, lo que establece propiedades abióticas-bióticas específicas para cada sistema de tratamiento (Ramalho, 1996).

Cuadro 1. Diferentes tipos de tratamiento de agua residual.

TRATAMIENTOS PRIMARIOS	TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	TRATAMIENTOS TERCIARIOS
Cribado o desbrozo	Lodos activados	Microtamizado
Sedimentación	Aireación prolongada (oxidación)	Filtración (arena, antracita y diatomita)
Flotación	Estabilización por contacto	Precipitación y coagulación
Trampas de grasas	Laguna de aireación	Absorción
Homogenización	Estabilización por lagunaje	Intercambio iónico
Neutralización	Filtros biológicos (percoladores)	Osmosis inversa
Otros	Tratamientos anaeróbicos	Electrodialisis
	Otros	Cloración y ozonización
		Otros

Lodos activados o fangos activados

Este tratamiento se basa en el principio de la depuración biológica, la biofloculación y el metabolismo bacteriano; la biofloculación, es la agregación de compuestos orgánicos en estado coloidal con estructuras, dimensiones y pesos específicos denominados flóculos; que constituyen el recurso nutricional para las comunidades de microorganismos, representada en un 95% por bacterias (que son las que más se encargan del proceso de degradación) y 5% de Protozoos y Metazoos; por tanto los microorganismos cumplen con dos funciones en los flóculos (Vilaseca, 2001; Darío, 2004).:

- 1.- Metabolizan la materia orgánica presente en el efluente a tratar.
- 2.- Forman la estructura a los flóculos, los cuales deben separarse por gravedad del agua depurada en el sedimentador secundario.

Cabe señalar que el nivel de difusión de oxígeno en los flóculos es limitado y el número de bacterias aeróbicas disminuye a medida que aumenta el tamaño de los flóculos, presentándose zonas anóxicas dentro de los flóculos y bacterias anaerobias en regiones interiores, lo que también establece procesos anaeróbicos de degradación de materia y variaciones en las comunidades que conforman a los flóculos (Bitton, 2005).

El proceso se lleva a cabo cuando el agua residual entra al reactor biológico que contiene los cultivos de bacterias, denominándose como licor mezclado; este es sometido a aeración constante para la oxidación de compuestos y así favorecer el metabolismo aerobio bacteriano. Después de un determinado tiempo de retención, el licor mezclado pasa a un tanque de sedimentación, donde se precipitan y separan los flóculos (en forma de lodo activado) del agua, la cual sale por la parte superior del tanque, terminando aquí su proceso de tratamiento secundario; una parte de estos lodos son retornados al tanque de aeración para mantener constante la concentración de sustrato y de comunidades microbianas en el licor mezclado (Castrejón, 2001; Ferrer, 2008; Torrescano, 2009).

Parámetros físico-químicos de las aguas residuales de una planta de lodos activados.

Para la correcta operación de una planta de lodos activados, es necesario establecer los parámetros físico-químicos que se presenten en estos influentes, ya que esto permite diseñar y optimizar dicho proceso (Torrescano, 2009). Entre los parámetros más importantes se pueden mencionar (Metcalf y Eddy, 2003; Bitton, 2005; Torrescano, 2009):

Cuadro 2. Parámetros físicos evaluados en el sistema de lodos activados.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN
Temperatura (°C o °F)	Magnitud escalar que indica la energía interna (térmica) que presenta el agua residual.
Sólidos totales (ST)	Partículas en suspensión o compuestos solubilizados en aguas residuales; de igual manera se pueden dividir en sólidos disueltos (Sd), sólidos sedimentables (Ss) y los sólidos suspendidos (Ssu).

Cuadro 3. Parámetros químicos evaluados en el sistema de lodos activados.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN
Potencial de hidrógeno (pH)	Concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en el agua. Tiene influencia en los procesos químicos y biológicos para el tratamiento de las aguas.
Conductividad ($\mu S/l$)	Capacidad que presenta el agua para transferir corriente eléctrica, en relación a la presencia y cantidad de sales en el agua.
Dureza	Concentración de cationes metálicos multivalentes en el agua (Ca, Mg) expresada en concentración de $CaCO_3/l$ o $[Ca]/ml$ y $[Mg]/ml$
Alcalinidad	Cantidad de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el Ca, Mg, Na, K o amoníaco en las aguas residuales.
Grasas y aceites	Lípidos contenidos en el agua residual. Generan dos tipos de problemas en la depuración: 1.-Disminuyen la mojabilidad de los sólidos en suspensión, afectando su sedimentación, 2.- Forman películas que recubren a los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo con ello su captación de oxígeno, disminuyendo su acción depuradora.
Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	Oxígeno requerido por las bacterias para oxidar la materia orgánica en un periodo de 5 días.
Demanda química de oxígeno (DQO)	Cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo.
Amoníaco (NH), nitritos (NO ₂) y nitratos (NO ₃)	Compuestos nitrogenados presentes en aguas residuales. El amoníaco es uno de los compuestos intermedios formados durante la biodegradación de los compuestos orgánicos nitrogenados, junto con el nitrógeno orgánico es un indicador de que un curso de agua ha sufrido una contaminación reciente. La oxidación aeróbica de los compuestos amoniacales y compuestos nitrogenados, conduce a la formación de nitritos y posteriormente a nitratos, por lo que un elevado contenido en nitratos y simultáneamente bajo en amonio, indica que se trata de un agua contaminada hace tiempo.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN
Cloruro (Cl), cloro (Cl₂) e hipoclorito (ClO)	Compuestos inorgánicos que contienen el anión Cl. Suelen tener mala biodegradabilidad. Debido a su carácter hidrofóbico se acumulan en las grasas.
Fenoles (C₆H₆O)	Son hidroxiderivados del benceno y de compuestos aromáticos polinucleares. Están compuestos de moléculas que tienen un grupo -OH unido a un átomo de carbono de un anillo bencénico, pueden estar presentes en aguas residuales, en aguas naturales y suministros de aguas potables, que al entrar en contacto con compuestos clorados pueden producir clorofenoles que se caracterizan por ser olorosos, con mal sabor y cancerígenos.
Fósforo (P)	Elemento químico (no metal multivalente), importante para diversas funciones biológicas. De la misma manera que el nitrógeno, en grandes concentraciones pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática provocando eutrofización.
Azufre (S)	Es un elemento químico (no metal) con un olor característico. Los compuestos azufrados son contaminantes muy comunes en los efluentes industriales. Bajo condiciones reductoras se pueden derivar en sulfuros que son compuestos tóxicos corrosivos que generan mal olor, siendo el más común el sulfuro de hidrógeno (H ₂ S).
Iones metálicos	Entre ellos se incluyen elementos esenciales para la vida como el hierro (Fe), que junto con otros de gran toxicidad como el cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb) al encontrarse en aguas residuales denota un vertido de tipo industrial. Dada su gran toxicidad y que interfieren en los procesos de depuración se hace necesaria su eliminación en los primeros tratamientos de las aguas.

Microbiología

La evaluación de las comunidades microbiológicas de los lodos activados ofrece una indicación de su estado, rendimiento y funcionamiento, ya que los procesos de depuración están condicionados por su adaptación y evolución (Darío, 2004). Como se había mencionado, la comunidad microbiana dependerá de la composición del agua residual tratada, además de otras presiones selectivas (tiempo de retención celular, la temperatura, las condiciones redox y demás factores extrínsecos); por esta razón el conocimiento de las relaciones intra e inter específicas es fundamental. Entre los diversos factores que influyen en la composición microbiana se encuentran (Eckenfelder *et al.*, 1972; Vilaseca, 2001):

1. Composición del agua residual (contenido en materia orgánica, temperatura, sales, etc.).
2. Características de la planta y su dimensionamiento (tipo de tratamiento, tiempo de retención, aireación, tratamiento aerobio o anaerobio).
3. Características climáticas.
4. Estacionalidad de los vertidos y volúmenes.

Generalmente los principales microorganismos que se encuentran en los lodos activados son:

1. Bacterias (formadoras de flóculos y filamentosas)
2. Protozoos (flagelados, amebas y ciliados)
3. Hongos
4. Algas
5. Invertebrados (Rotíferos y Nematodos y microcrustáceos)

Debido a la gran variedad de especies que se encuentran en los lodos activados, estos pueden ser considerados como un ecosistema artificial con múltiples interacciones bióticas, siendo explicadas por modelos ecológicos clásicos, sin embargo su estudio sigue siendo limitado por lo que su comprensión sigue siendo escasa (Curtis *et al.*, 2003). Se ha establecido que las bacterias y algas son la base de alimenticia en la red trófica, los hongos y algunos protozoos son descomponedores, otros protozoos, metazoos e invertebrados son consumidores primarios y secundarios. La secuencia de sucesión en los lodos activados comienza desde que la concentración de sustrato es elevada y las bacterias comienzan a descomponer los contaminantes, posteriormente las condiciones se modifican y se desarrollan otro tipo de organismos, algunos consumirán la misma materia orgánica en menor medida y los demás microorganismos establecerán la secuencia de flujo de energía consumiendo a los descomponedores (Vilaseca, 2001).

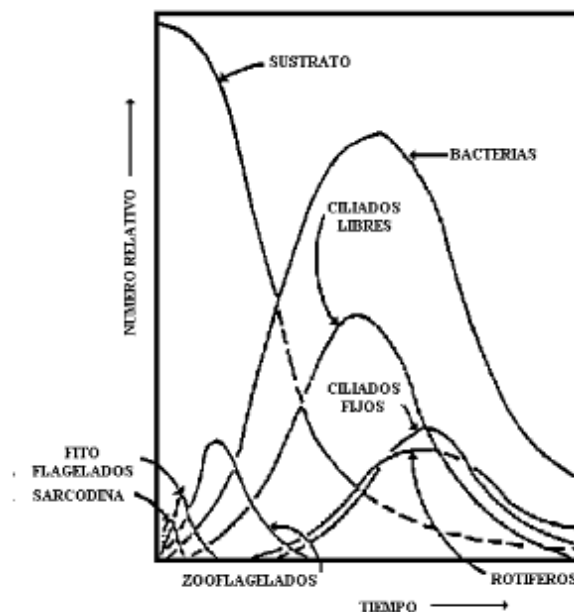


Figura 1. Secuencia de sucesión de microorganismos en una planta de lodos activados (tomado de Vilaseca, 2001).

Índice de saprobiedad

La saprobiedad es un factor importante para la calidad del agua, se puede interpretar como la asociación entre la materia orgánica que se encuentra en la columna de agua y los organismos que puedan degradarla por procesos metabólicos (bacterias, hongos y protozoos) y otros organismos que puedan tolerar esas condiciones. Estos organismos se ajustan a dichas condiciones y son considerados para clasificar el grado de calidad que presente el agua; el sistema saprobio, por tanto, es una evaluación con determinadas especies de microorganismos que ayuda a establecer el grado de contaminación que, por materia orgánica disuelta altamente biodegradable presenta un cuerpo de agua natural (Luna, 2006).

Para considerar a un organismo como indicador tiene que encontrarse invariablemente en un ecosistema con características definidas y que su población sea superior al resto de los organismos con los que comparte ese mismo hábitat (Roldán, 1999). La idea ecológica de definir a organismos acuáticos como indicadores de un cuerpo de agua apareció en el año 1909 por los alemanes Kolkwitz y Marsson, que de acuerdo con diferentes comunidades que viven en ambientes salobres, es posible determinar su condición ambiental, además de su tendencia en el tiempo (el proceso de auto-purificación o deterioro progresivo, eutrofización, etc.), esta ideología se extrapoló posteriormente a cuerpos de agua artificiales (Sládeček, 1964).

Descripción del sistema saprobio (Luna, 2006):

1. **Catarobiedad** (katharobity [del griego *kataros*, puro]-“agua pura”): Aguas más potables, aptas para su consumo, no se encuentra ningún indicio de vida.
2. **Limnosaprobiedad** (Limnosaprobity [del griego *limne*, pantano]- “Aguas superficiales y/o subterráneas contaminadas”): Aguas moderadamente o altamente contaminadas, que son un medio ideal para comunidades microbianas (productores, consumidores y degradadores). Este nivel presenta la mayor caracterización microbiológica con 5 niveles.
 - 2.1. **Xenosaprobio (x)**: Aguas con buena calidad para cualquier tipo de uso (libre de contaminación).

- 2.2. **Oligosaprobio (o)**: Aguas poco contaminadas, oxígeno disuelto normal, mineralización completa, materia orgánica degradada, completamente, agua clara, presencia de algas, insectos y larvas.
- 2.3. **β -mesosaprobio (β)**: Aguas moderadamente contaminadas, oxidación mineralizada de compuestos orgánicos complejos significativos, presencia de algas, pocas plantas con raíz.
- 2.4. **α -mesosaprobio (α)**: Aguas altamente contaminadas, área en descomposición activa con compuestos de menor peso molecular, poco oxígeno disuelto, empieza la transformación de compuestos con sulfuro.
- 2.5. **Polisaprobio (p)**: Agua más contaminada con materia orgánica comparadas con las **α -mesosaprobias**, prevalecen compuestos orgánicos de alto peso molecular como carbohidratos y proteínas.
3. **Eusaprobiedad** (Eusaprobity [del griego *eu*, verdadero]-“Aguas residuales con desechos industriales sometidos a descomposición bacteriana”): Aguas residuales con material diluido o muy concentrado, en su mayoría la descomposición es por medio de procesos anaerobios, subdividiéndose en 4 niveles.
- 3.1. **Isosaprobio (i)**: Estado típicamente dominado por ciliados, los principales indicadores son *Paramecium pautinum*, *Colpidium colpoda*, *Tetrahymena pyriformis*. Es un medio con poco oxígeno disuelto, poco H₂S. Generalmente presenta una DBO₅ de entre 40-400mg/ml, con 3×10^9 de coliformes fecales/litro, 1×10^7 de bacterias psicrófilicas/litro, además de los ciliados, se pueden encontrar flagelados, amebas y hongos.
- 3.2. **Metasaprobio (m)**: estado típicamente dominado por flagelados. Los principales indicadores son *Cercobodo longicauda*, *Bodo putrinus*, *Trepomonas compressa*, entre otros. Condiciones anaerobias, con formación de H₂S (forzosamente eliminado antes del tratamiento biológico). DBO₅ entre 200-700 mg/ml, con una cantidad de coliformes fecales de 1×10^{10} , por lo que se considerara como una agua con peligro

sanitario, ya que es vector de enfermedades infecciosas y por sus contaminantes resulta ser tóxica para organismos superiores.

3.3. **Hipersaprobiedad (h)**: La descomposición de las aguas residuales es efectuada por bacterias y hongos, que sirven también como indicadores. Con una cantidad de bacterias psicofílicas de 5×10^7 /litro. Condiciones anaerobias, con una DBO_5 entre 500-1500 mg/ml llegando hasta 2000 mg/l. No es posible un tratamiento aerobio directo. Alto peligro de enfermedades infecciosas.

3.4. **Ultrasaprobiedad (u)**: Nivel abiótico en aguas industriales (antes de los procesos de tratamiento secundario). Sin organismos indicadores, aunque se pueden encontrar quistes, esporas y algunos microorganismos, con una DBO_5 entre 1000-120 000 mg/ml. Únicamente son aplicables procesos anaerobios.

4. **Transaprobiedad** (Transsaprobity [del griego *trans*, más allá]-“Aguas con desechos inaccesibles a descomposición bacteriana”): Aguas con alto grado tóxico, radiactivo o algún otro factor físico-químico que le impide la proliferación de cualquier organismo.

Sin embargo existen limitantes en este índice, que están en función a los errores que se pueden presentar al identificar a los organismos, distribución de las especies, variaciones en las comunidades (con sus respectivas interacciones), diferencias en las adaptaciones locales, lo que ha conllevado a que sea un método subvalorado y aún más cuando se comienza a considerar nuevas especies ya que esto dependerá de los criterios del mismo investigador para delimitar las condiciones del cuerpo de agua que este evaluando (Sládecek, 1964).

Gimnamebas

Las gimnamebas son un “grupo funcional”, ya que de acuerdo con la revisión realizada a los eucariontes protistas en el 2012 por Adl *et al.*, son especies que se encuentran principalmente en los súper grupos Amebozoa, Excavata y ciertas especies se encuentran en el súper grupo SAR, todas ellas caracterizadas por la ausencia de una estructura protectora (Smirnov *et al.*, 2004). Son organismos eucariontes unicelulares que carecen de forma definida, que emiten diferentes proyecciones citoplasmáticas denominadas pseudópodos (diferenciándose el ectoplasma y

endoplasma) para su desplazamiento y captura de alimento; las diferentes proyecciones citoplasmáticas permiten establecer patrones generales morfo-dinámicos “morfotipos” en una ameba (Smirnov *et al.*, 1999). Algunas especies presentan ciclo sexual y otros asexuales por fisión binaria dando lugar a 2 células hijas idénticas (clones), o por fragmentación del plasmodio como sucede en ciertas especies del orden Leptomixida (Gallegos *et al.*, 2014).

El tamaño de las amebas varía en gran medida, la mayoría de las especies en su fase trófica tienen tamaños en el intervalo de 6 a 30 μm y en su fase quística de 6 a 20 μm , sin embargo existen casos en que pueden alcanzar 1 mm de longitud; de igual manera se ha observado que en disposición de los recursos y condiciones ambientales se pueden favorecer tamaños específicos a dichas condiciones (Page, 1988). Estos protozoos son heterótrofos, tienen la capacidad de alimentarse tanto de forma osmótrofa, consumiendo materia orgánica disuelta, como por medio de alimentación holozóica por fagocitosis, ya que ingieren materia particulada, bacterias entre otros microorganismos (Marciano, 1988; Bitton, 1999).

Muchas gimnamebas son cosmopolitas, teniendo una amplia distribución en toda la biósfera en diferentes ambientes (incluyendo glaciares del Continente Antártico), principalmente se les puede encontrar en el agua capilar del suelo, ambientes acuáticos y el aire, este último empleado como medio de dispersión, por esta razón se les considera amibas de vida libre “AVL” (Rodríguez *et al.*, 2009 y Gallegos *et al.*, 2014).

Existen muchos factores bióticos y abióticos en el suelo que permiten albergar a cualquier especie de gimnameba, sin embargo, un factor importante que puede limitar la presencia de las mismas es la salinidad; por lo regular casi cualquier especie puede tolerar una baja concentración de sales, sin embargo se ha observado que existen pocas especies de gimnamebas marinas en el suelo y son más comunes las especies de aguas epicontinentales en el suelo (Elliot *et al.*, 1980).

El ciclo de vida de las amebas comprende una fase activa depredadora y reproductiva denominada trofozoíto y la forma de latencia denominada quiste, que puede resistir largos periodos de condiciones adversas; en el caso de algunas especies de la clase Heterolobosea, como es caso del género *Naegleria*, además de presentar la fase trofozoíto y quística existe un estadio temporal “amebo-flagelar”, que es una forma de dispersión para la búsqueda de nutrientes, pero

en todo el grupo de las gimnamebas se presentan más variaciones en los ciclos de vida (Smirnov *et al.*, 2004; Bonilla *et al.*, 2011).

Ecología de gimnamebas

Las AVL forman parte de las cadenas tróficas, consumiendo las poblaciones de microorganismos como hongos, algas, nematodos, especies de protozoos y otras amebas; pero son consumidoras principales de bacterias, llegando a ingerir aproximadamente un 50% de esta biomasa, junto con la materia orgánica suspendida. Se ha mencionado que, en el caso de los suelos las amebas se desplazan por medio de sus pseudópodos a sitios inaccesibles en las raíces de las plantas o en pequeños poros de la estructura del suelo para tener mayor consumo de las colonias bacterianas (Rodríguez *et al.*, 2009).

Al consumir a los microorganismos intervienen en el flujo de materia y energía, ya que liberan y recirculan los nutrientes que fueron fijados en la biomasa microbiana, en el caso del nitrógeno que es liberado en forma de amonio, se ha calculado que las amebas contribuyen en un 18% en la mineralización y con un 28% en la integración a la red alimenticia (Kuikman *et al.*, 1990; Zwart, 1994; Jentschke *et al.*, 1995; Bonkowski *et al.*, 2001). Muchas de las amebas forman parte de la rizósfera y al ejercer las funciones antes mencionadas contribuyen a poner a la disposición de los vegetales la buena cantidad de nutrientes (Geltzer, 1962).

A mediados del siglo XX se descubrió que algunas gimnamebas podían infectar a seres humanos y a ciertos animales, provocando infecciones severas en cerebros, ojos, pulmones y piel. A todas aquellas especies que son capaces de cumplir con sus funciones en el ambiente y como endoparásitos son consideradas como anfizoicas. Aunque el riesgo de infección es bajo, la dificultad de diagnosticar y contar con un tratamiento eficaz, constituye un problema serio de salud en la población (Visvesvara *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2009; Bonilla *et al.*, 2011; Soberón, 2011).

Entre las especies patógenas más documentadas se encuentran *Naegleria fowleri* que produce meningoencefalitis amebiana primaria (MAP), varias especies del género *Acanthamoeba* y *Balamuthia mandrillaris* causan encefalitis amebiana granulomatosa (GAE); también especies

del género *Acanthamoeba* puede ocasionar queratitis ocular (QA), finalmente *Sappinia pedata* provoca encefalitis amebiana (EA) (Visvesvara *et al.*, 2007).

La vía principal de contagio es por vía nasal y por lesiones cutáneas al entrar en contacto con aguas contaminadas, de piscinas y termales (especialmente se ha encontrado más casos de MAP ya que en estas aguas, *Naegleria fowleri* tiende a tolerar temperaturas elevadas); al entrar al hospedero los parasitoides migran directamente al cerebro pasando la placa cribosa y/o en el caso de lesiones cutáneas, migran por el sistema circulatorio a los pulmones hasta el cerebro, solo en el caso de la QA la enfermedad está ligada al mal uso y malos hábitos de limpieza al usar lentes de contacto blandos, ya que estos constituyen un medio ideal por la temperatura, disponibilidad de oxígeno y nutrientes para los individuos de las especies de *Acanthamoeba*. Es importante mencionar que la incidencia de estos padecimientos incrementa cuando las personas se encuentran inmunosuprimidas (Oddó, 2006; Rodríguez *et al.*, 2009).

También se ha establecido que las AVL forman interacciones de comensalismo con algunos agentes patógenos como bacterias y virus, interviniendo como vectores de enfermedades (Hoffman *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2009). *Acanthamoeba*, *Hartmannella*, *Valhampfia* y *Naegleria* han sido mencionadas en asociación con *Legionella pneumophila* causante de Legionelosis (Martínez *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 2009). Así mismo, muchas bacterias de los géneros *Listeria*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Salmonella* y *Vibrio* pueden cumplir sus fases de desarrollo como endoparásitos, o bien como parasitoides provocando lisis en las amebas (Barker *et al.*, 1994).

Efluentes de procesos textiles

El sector textil es una cadena productiva compleja. En la elaboración de sus productos, las fibras pasan por diferentes procesos; muchos de ellos emplean grandes cantidades de agua (en el caso del lavado de lana, el uso de agua puede variar entre 334, 000- 835,000 m³/ kg textil de lana) y compuestos químicos (colorantes, contaminantes orgánicos refractarios, compuestos tóxicos, componentes inhibidores, tensoactivos, componentes clorados), lo que causa que sus efluentes presenten altos grados de contaminación y problemas serios en su tratado; siendo el sistema de

los lodos activados el más utilizado en este tipo de aguas (Garcés *et al.*, 2007; Salazar *et al.*, 2009).

De todos los procesos el de teñido es el que genera el mayor efecto contaminante, ya que la tinción requiere no solo de colorantes y compuestos químicos, sino también de varios productos auxiliares como surfactantes, sulfatos, polímeros, oligómeros solubles en agua y agentes solubizantes (Salazar *et al.*, 2009). Los colorantes más utilizados en la industria textil son los denominados “azónicos”, caracterizados por tener en su estructura, un grupo funcional “azo” que está conformado por 2 nitrógenos unidos con un doble enlace y cada uno en sus extremos por un enlace simple se les une un anillo aromático (R-N=N-R), esto le permite absorber radiación electromagnética, actuando como cromóforo y por ende como colorante (Aitex, 2002).

Dependiendo de su estructura química (en razón a sus enlaces azo: monoazo, diazo y triazo) y por su método de aplicación, se pueden clasificar en colorantes azo: ácidos, básicos, reactivos, directos, mordentes entre otros; en el caso de las lanas los colorantes ocupados son los ácidos ya que presentan carga aniónica y solo se fijan a fibras catiónicas, la ionización de este colorante al aplicarse con un ácido orgánico como lo puede ser HCH₂COOH o H₂SO₄ (Kirk, 1993).

La toxicidad de los colorantes azo depende de su reducción (rompimiento del enlace azo), ya que esto provoca la formación de aminas aromáticas. También, muchos de los colorantes y otros reactivos empleados se descomponen formando otros compuestos potencialmente peligrosos para el ambiente; algunos de los que se menciona son fenoles (efectos citotóxicos al entrar en contacto con cloros), sulfuros (puede estar en estado gaseoso y es altamente tóxicos) y cromos (dependiendo a su estado de oxidación pueden ser cancerígenos) que son potencialmente peligrosos para el ambiente (Aitex, 2002; Garcés *et al.*, 2007).

Además de los colorantes, en el caso de las lanas, algunos químicos que se ocupan son: dióxido de dietileno (C₄H₈O₂) como detergente sintético, tricloretileno (C₂HCl₃) para desengrasar, formaldehído (CH₂O) para desinfectar, dióxido de azufre (SO₂) e hipoclorito de sodio (NaClO) para blanquear, agentes oxidantes como el clorato potásico (KClO₃) y anilinas (C₆H₇N) como antioxidantes y para elaborar pinturas sintéticas (Ivester *et al.*, 2001

ANTECEDENTES

Los estudios de gimnamebas en agua residual, son escasos y se han realizado en agua residual de tipo doméstico principalmente, pero no en agua de origen industrial.

Rivera *et al.*, en 1985 realizaron una investigación en las lagunas de estabilización de Santo Tomas de Atzingo México, donde aislaron amibas y midieron diferentes parámetros fisicoquímicos para correlacionarlos con la presencia de las mismas. Se determinaron 13 especies, *Entamoeba histolytica*, *Acanthamoeba polyphaga*, *Acanthamoeba castellani* y *Naegleria sp.*, *Entamoeba coli* y *Iodamoeba bütschilli*, *Acanthamoeba astronyxis*, *Amoeba proteus*, *Hartmannella exudans*, *Hartmannella vermiformis*, *Pelomyxa palustris*, *Vahlkamphia avara* y *Vahlkamphia russelli*. La correlación de los parámetros fisicoquímicos con las amebas demostró que la temperatura y la alcalinidad eran más significativas.

Rivera *et al.*, 1993 hicieron un estudio de amebas de vida libre en un sistema de tratamiento del agua residual con el Método de la Zona de la Raíz (MZR), ubicado en Audlem Cheshire, Reino Unido, durante el otoño de 1989 y el invierno de 1990. Se identificaron 13 especies del género *Acanthamoeba*, de las cuales tres especies: *A. polyphaga*, *A. rhyssodes* y *A. astronyxis* resultaron patógenas en ratones.

Ramírez *et al.*, 1993 determinaron la presencia de amebas patógenas y de vida libre en una planta de tratamiento de lodos activados de la ciudad de Londres. Entre ellas se encontraron algunas especies del género *Acanthamoeba* (*A. castellanii*, *A. culbertsoni* y *A. polyphaga*); representando un riesgo para los sitios de descarga del sistema.

Gudiño en 2002 aisló 34 especies de 14 géneros diferentes de un sistema de tratamiento de agua residual con el Método de la Zona de la Raíz ubicado en el poblado de Matilde, Hgo., siendo el género *Acanthamoeba* la más frecuente en todo el sistema y con la mayor diversidad de especies. Las abundancias oscilaba en una concentración de 1 000 000 de amibas por litro y 2 900 amebas por litro, las abundancias máximas se encontraron en la temporada de primavera y la mínimas en la temporada invernal.

Ramírez *et al.*, en el 2005 caracterizaron y evaluaron la eficiencia de remoción de los agentes patógenos, como bacterias y las gimnamebas, en un humedal artificial que trata agua doméstica,

ubicado en el poblado de Santa María Matilde, en el municipio de Pachuca Hidalgo. Con respecto a las gimnamebas, identificaron 32 especies pertenecientes a los géneros *Dactylamoeba*, *Echinamoeba*, *Guttulinopsis*, *Hartmannella*, *Mayorella*, *Naegleria*, *Platyamoeba*, *Rusculus*, *Techamoeba*, *Vahlkamphia*, *Vannella* y *Acanthamoeba* siendo este último el más representado en el sistema con 11 especies.

Toledo en 2007 realizó un estudio de amebas de vida libre y de protozoos ciliados en el agua residual del sistema de lodos activados en Ciudad Universitaria. Se encontraron 59 especies de protozoos, de las cuales 31 fueron amebas y 28 ciliados. La especie más frecuente de amebas fue *Vannella platypodia*, *A. castellani* y *A. polyphaga*, reportadas como patógenas se aislaron en porcentajes bajos. La especie más frecuente de ciliados fue *Vorticella microstoma*.

Jean *et al.*, en el 2010 realizaron un artículo de revisión en el que incluía la información disponible sobre la presencia de amebas de vida libre patógenas, así como las bacterias patógenas resistentes a las amebas. De igual manera, esta revisión incluye los factores que contribuyen a la presencia de las gimnamebas en aguas dulces, medidas de control en sistemas de tratamiento y la eficacia del mismo método.

JUSTIFICACIÓN

Las gimnamebas habitan en diferentes ambientes de la biósfera, y las poblaciones que conforman cada una de las comunidades dependerá de las condiciones bióticas y abióticas del hábitat. Por ende es necesario tener un mayor conocimiento de todos los factores que influyen o permiten la estancia de estas especies en el ambiente.

Desafortunadamente, el estudio de las gimnamebas es muy limitado y por ende su importancia ecológica no ha sido estudiada adecuadamente. Por lo regular los estudios ecológicos, solo se enfocan en la relación con las comunidades bacterianas y/o los relacionados con la salud, por las especies anfitriónicas o de las que intervienen como vectores de algún agente patógeno (virus, bacterias, etc.).

Por lo anterior, en este estudio se determinó la presencia de gimnamebas en un ambiente acuático artificial, derivado de una planta de tratamiento que depura agua residual de una industria textil lanera, además de que se analizó el efecto de ciertos parámetros físico-químicos en cada una de las especies y su posible relación entre cada una de ellas. Con este trabajo se pretende contribuir al conocimiento de la ecología de las amebas en un ambiente contaminado.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar las poblaciones de gimnamebas y su distribución a lo largo de las diferentes etapas de una planta de lodos activados que trata el agua residual de una industria textil lanera.

Objetivos Particulares

- ✓ Establecer las condiciones físico-químicas de cada una de las etapas del tratamiento (entrada, reactor biológico, decantador, filtros y salida).
- ✓ Determinar la riqueza y abundancias de las gimnamebas en cada una de las etapas del sistema de los lodos activados.
- ✓ Establecer la relación entre las especies de gimnamebas y el efecto que presentan los parámetros físico-químicos en cada una de las especies.
- ✓ Señalar la eficiencia de tratamiento (remoción y/o disminución) de las condiciones físico-químicas y bióticas en el sistema de tratamiento.

ZONA DE ESTUDIO

El sistema de tratamiento en donde se realizó esta investigación está ubicado en una industria textil lanera que se ubica en el municipio de Cuautitlán Izcalli al Noreste del Estado de México, con coordenadas 19°40'50" de latitud norte y a los 99°12'25" de longitud oeste. El clima es tipificado, como templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, que se presenta en un 30.6% en la superficie y templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad C (w0) en un 69.4%, con una temperatura promedio propia del clima templado subhúmedo, cuya variación máxima alcanza los 27.8°C y como mínima de 5°C. La temperatura media anual es de 16°C.

Procesos de fabricación de lanas en la industria textil

Existen 2 procesos en el tratado de las telas que son el teñido y el acabado, el agua residual se caracteriza por presentar residuos de colorantes y diversos químicos utilizados en ambos procesos. Cabe señalar que los métodos y reactivos ocupados en la producción de lanas, están acorde a las necesidades productivo-comerciales de las misma. La información que se obtuvo sobre los procesos fue proporcionada por el personal de producción, pero de manera general.

Se producen principalmente dos tipos de telas, lana 100% y lana-poliéster (50%-50%), generalmente de colores oscuros. La producción es continua todo el año en ambos casos, pero en ciertas temporadas se concentran más en la producción de alguna de ellas. Por lo general, no se aprecia la generación de "lotes" de agua residual, pero si se puede diferenciar el agua residual de los dos procesos que se realizan en el tratado de las telas: teñido y acabado.

Es importante mencionar que los responsables de dichos procesos no cuentan con una preparación académica al respecto, sus conocimientos fueron adquiridos durante la práctica y a los años de antigüedad en dicho departamento, por lo que las cantidades de químicos y de agua utilizados son determinados de forma empírica. Esto genera variaciones en las concentraciones de los residuos químicos en el agua y por ende variaciones en la calidad del agua tratada.

Proceso de teñido

En el caso del teñido los colorantes son fijados con agua a altas temperaturas (hasta 100°C) en ollas de presión, que son abiertas cuando la temperatura baja a 60°C. El agua residual generada en este proceso es inodora y de color negro, siendo vertida en “cárcamos” para que la temperatura disminuya, posteriormente esta fluye por la tubería para mezclarse con el agua residual del proceso de acabado. Se menciona que en esta etapa se ocupan 100 diferentes productos químicos.

Proceso de acabado

El proceso de acabado consiste en dar las propiedades ideales a las telas para el control de calidad, realizándose lavados, aclarados y planchados. Principalmente ocupan tres tipos de químicos: Foryl (espumante), Dequilan (detergente) y Lomigly (intermediario) en proporciones 1:1:0.5/metro lineal de tela. En el caso de lana-poliéster (50%-50%) se ocupan 312g: 312g: 156g y en el caso de lana al 100% 281g: 281g: 140.5g. El agua que se utiliza en este proceso varía dependiendo de la capacidad de la máquina; en promedio se ocupan 700 litros. Hay dos tipos de lavados y en uno de ellos también se hace el planchado a dos temperaturas a 40 °C y a 92 °C. El agua producida en este proceso sale con una temperatura de 40°C, presenta espuma, es inodora y es de un color gris claro; se vierte a otras trincheras diferentes de las de teñido y después se une al agua residual del primer proceso. El agua residual mezclada de los dos procesos se lleva a la planta de tratamiento y entra con una temperatura entre los 30°C y 38°C.

Descripción de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento inicia con dos cribas para eliminar las partículas de gran tamaño, seguido de un tanque homogeneizador para mezclar los compuestos químicos y eliminar partículas sedimentables, después se encuentra el reactor biológico que es una zanja de oxidación en donde se da las asociaciones microbianas con el sustrato, formando flóculos suspendidos degradando dicha materia por acción metabólica. A todo este conjunto se le denomina como licor mezclado. Después está el decantador secundario, que separa por sedimentación el agua de los lodos activados que se formaron en el reactor biológico, una parte de la biomasa es reciclada al reactor biológico para mantener las abundancias de microorganismos para el tratamiento de los efluentes. Finalmente el sistema de lodos activados esta complementado con 3 filtros: uno de arena de cuarzo y dos de resina (Figura 2).

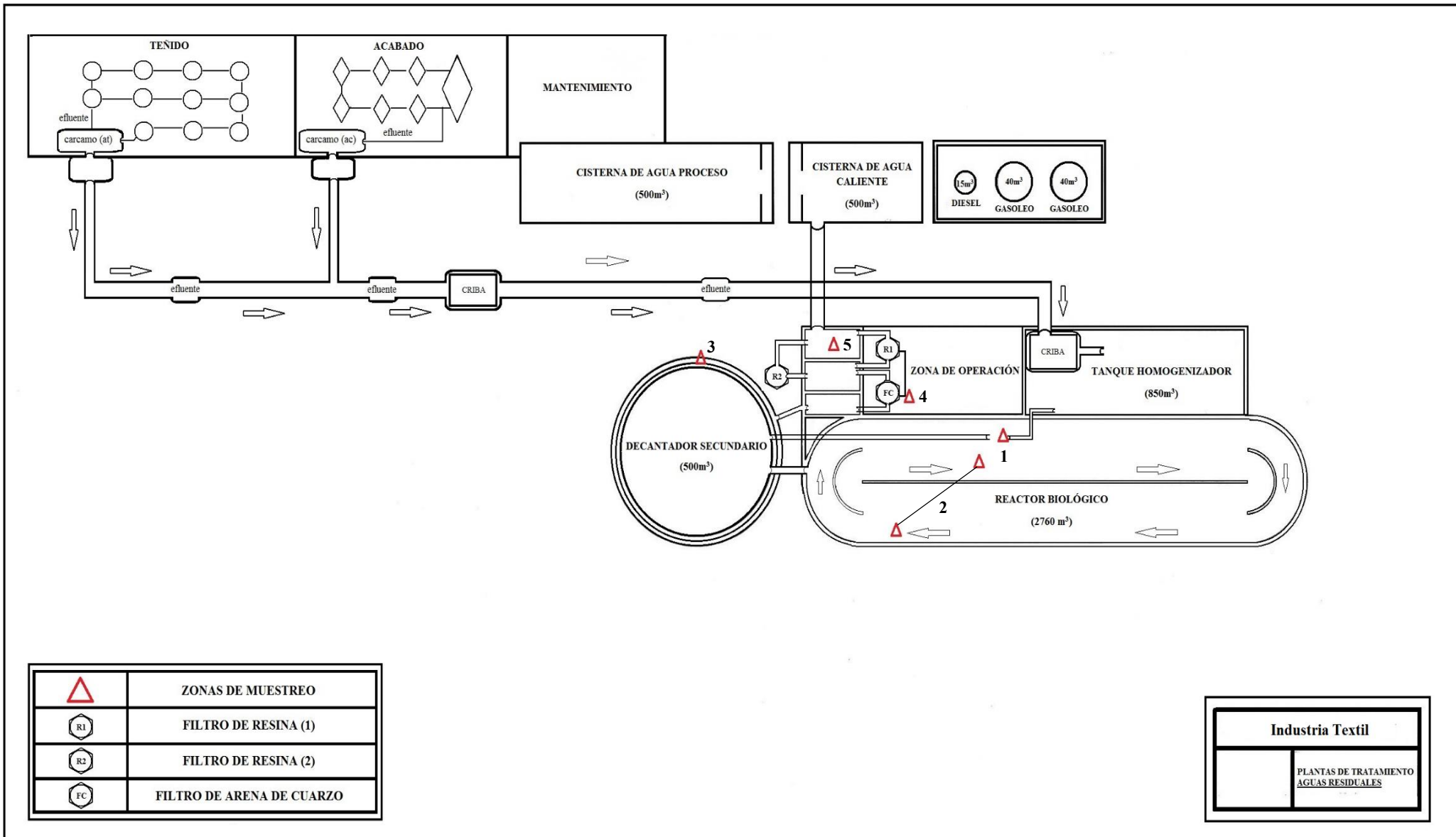


Figura 2. Planta de tratamiento de lodos activados de la industria textil

MATERIAL Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Se realizaron 11 muestreos mensuales de febrero de 2013 a enero 2014, es importante mencionar que no se realizó el muestreo del mes de diciembre, ya que la empresa textilera frena actividades productivas, por razones vacacionales. Las muestras fueron tomadas en contenedores de plástico de 1000 ml (previamente esterilizados) de las diferentes etapas del sistema: entrada (1), reactor biológico (2), decantador (3), filtro de arena cuarzo (4) y salida (5). Al mismo tiempo se tomaron otras muestras de agua para determinar los parámetros fisicoquímicos: demanda bioquímica de oxígeno “DBO₅” (método de dilución), nitratos “NO₃” (método de brucina), nitritos “NO₂” (método de diazotización), conductividad, fosfatos totales (método de cloruro estanoso), sólidos totales y sólidos sedimentables (método de gravimetría) en el laboratorio de calidad de agua del proyecto “Conservación y Mejoramiento del Ambiente” de la UIICSE. *In situ* se midieron el pH (potenciómetro de campo), temperatura y oxígeno disuelto con un oxímetro YS1 modelo 51B.

Trabajo de laboratorio

Cultivo, identificación morfológica y cuantificación (por el método del número más probable “NMP”)

Para el aislamiento y cuantificación de las amebas, se cultivaron en disolución, 3 volúmenes diferentes (10ml, 1ml y 0.1ml), cada uno por triplicado en el medio agar no nutritivo enriquecido con la bacteria *Enterobacter aerogenes* (NNE), incubándose a 30 °C observándose a los 5 días posteriores.

La identificación morfológica de las amibas consistió en realizar un frotis con un asa de siembra y agua destilada para remover a las amebas del medio NNE, colocándose en un portaobjetos, para que fueran observadas en el microscopio de contraste de fases (marca Zeiss) a 40x, considerando sus fases del ciclo de vida y sus respectivos atributos, y se compararon con las especies señaladas en las claves de Page (1988).

Con respecto al conteo de individuos de cada especie, se modificó el método de número más probable (NMP) o también conocido como el método de ceros de Poisson, en el que se obtienen datos cuantitativos en concentraciones de elementos discretos a partir de datos de incidencia positiva/negativa; este método constituye una estrategia eficiente para estimar densidades de poblaciones cuando un conteo directo de elementos individuales no es factible, como es en el caso de las gimnamebas (por sus ciclos de vida y morfotipos en el tiempo de observación). Se consideraron los métodos de cultivo como la técnica lo indica y con la observación se marcó si se encontraban presentes (+) o ausentes (-) las amebas. Se ajustó el cálculo con la fórmula:

$$NMP/1000ml = \frac{(NCP) (1000)}{\sqrt{(TCN) (TMC)}}$$

Donde:

NMP: Número relativo de organismos observados por unidad de volumen

NCP: Número de cultivos donde estuvo presente la especie de Ameba

1000: Factor ajustado al volumen de 1000 ml

TCN: Total de ml de la muestra en los cultivos negativos

TMC: Total de ml de muestra en todos los cultivos (33.3ml*)

*Número de cultivos: 9

*Concentraciones: 3×10 ml de la muestra. 3 × 1 ml de la muestra v 3 × 0.1 ml de la muestra

Análisis estadísticos de los resultados

En este trabajo las variables son cada una de las 23 especies encontradas con sus respectivas abundancias y los 10 parámetros fisicoquímicos, siendo un total de 33 variables. Los muestreos y las zonas de muestreo constituyen una matriz de 55 (observaciones) x 33 (variables), la cual tiene una cantidad total de 1815 datos.

Cálculo de biodiversidad

Al tener el conteo relativo de los individuos de cada especie, se realizó el índice de Shannon-Wiener (H') para evaluar la diversidad que presenta cada una de las zonas y su dinámica en el ciclo anual. El resultado se expresó en unidades *nits/ind*. Para este análisis se consideró las abundancias relativas que corresponden a la proporción que representan los individuos de la especie “*i*” respecto al total de individuos “*N*” y las demás especificaciones del mismo análisis. Posteriormente se hizo el promedio de cada una de ellas para que fuera comparado con las demás zonas y se realizó un análisis ANOVA de un factor y la prueba de Tukey (HSD) para establecer las diferencias entre las medias.

De igual manera se obtuvo la diversidad máxima (H'_{max}) que es un valor que permite inferir el número máximo de especies que potencialmente pudieran incorporarse en cada una de las zonas de muestreo, se estima a través del logaritmo natural del número de especies presentes en cada zona ($\ln S$). Finalmente se realizó la relación entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada para estimar la equitatividad (grado de igualdad que presentan las abundancias de las especies presentes en la comunidad) $E = H' / H'_{max}$, si el valor resultante es muy cercano al 1 se interpreta como una comunidad altamente homogénea (Luna, 2006)

En el caso de las frecuencias estas se obtuvieron a partir de las abundancias, permitiendo determinar aquellas especies más comunes en el sistema y las que fueron más raras o con menor representatividad en el sistema.

Dinámica estructural de cada zona de tratamiento

Para establecer la fluctuación de las variables para observar la dinámica estructural de cada zona se realizó el método de clúster por distancia “máxima” en relación al “vecino más lejano” para agrupar a las mismas en cuanto a similitudes entre las especies y parámetros físico-químicos similares. Esto también permitió señalar si existe una producción en “lotes” o señalar si existen diferencias en las aguas tratadas en el ciclo anual.

Relación entre las especies de gimnamebas y parámetros físico-químicos

1.-Se realizó el **análisis de correlación canónica** (desarrollado por Harold Hotelling en 1935) que busca relaciones entre un grupo de variables dependientes a partir de múltiples independientes y hacer la validez de las mismas, la cual estableció si las especies de gimnamebas tienden a asociarse entre ellas y a relacionarse en respuesta a variables ambientales.

2.-Para establecer la influencia positiva o negativa que puedan tener los parámetros físicoquímicos en las especies de gimnamebas, se realizaron dos tipos de regresiones:

Análisis de regresión logística que expresa si la variable físicoquímica tuvo influencia en la presencia o ausencia de dicha especie.

Análisis de regresión de Poisson que establece si la abundancia de la especie estuvo afectada por dicha variable.

3.-Debido a que el sistema de tratamiento constituye un medio artificial poco estudiado, se planteó evaluar si las especies de gimnamebas constituyen una comunidad (Ha) o en su defecto, evaluar si las especies están distribuidas aleatoriamente en otras comunidades (Ho). Este tipo de análisis se expresa con el método de varianza-covarianza, en el que señala que la varianza de una especie debe de estar correlacionada (covariada) con las varianzas de las especies presentes (Schluter, 1984).

Finalmente se realizó la prueba de normalidad de “Shapiro-Wilk” en las variables físico-químicas para evaluar si éstas se ajustaban al patrón de normalidad y/o estableciendo si existe variación en cada zona, los parámetros que presentaron la tendencia normal fueron graficados para observar la concentración de cada uno de sus valores, con sus respectivos promedios y desviaciones estándar.

Todos los análisis antes mencionados se realizaron con el software libre R (r-proyect, versión 3.0.2 actualizado el 2013-09-25) estandarizando las escalas de medición para su correcta aplicación, usando los paquetes estadísticos Vegan, Cluster y BiodiversityR.

RESULTADOS

Riqueza

Se encontraron un total de 23 especies de gimnamebas pertenecientes a 15 géneros, siendo los *Acanthamoeba*, *Vannella* y *Mayorella* los más representados con tres especies cada uno; a su vez estos géneros pertenecen al súper grupo Amoebozoa, que tuvo la mayor representatividad en el sistema, con 19 especies. En el caso del súper grupo Excavata solo se encontraron 4 especies, cada una de ellas pertenecientes a géneros diferentes: *Rosculus*, *Naegleria*, *Vahlkampfia* y *Paravahlkampfia* (Cuadro 5).

Distribución

Las 23 especies identificadas presentaron diferencias en su presencia-ausencia y abundancias. La zona de entrada presentó un total de 14 especies de amebas, la zona del reactor biológico presentó la mayor cantidad de especies, con 19 de ellas, seguido por la zona de decantador con 16 especies, las zonas de filtros y salida presentaron la menor riqueza con 11 y 10 especies respectivamente.

Del total, 7 especies, *Acanthamoeba hatchetti* (Ah), *Acanthamoeba polyphaga* (Ap), *Korotnevella stella* (Ks), *Vermamoeba vermiformis* (Vv), *Mayorella cultura* (Mc), *Vannella platypodia* (Vp) y *Vexillifera bacillipedes* (Vb), presentaron una amplia distribución, encontrándose en las 5 zonas. Las especies *Cochliopodium minus* (Cm), *Acanthamoeba astronyxis* (Aa), *Rosculus ithacus* (Ri), *Saccamoeba stagnicola* (Ss) y *Vannella simplex* (Vs), *Mayorella penardi* (Mp), *Vahlkampfia avara* (Va) y *Vannella lata* (Vl) tuvieron presencia solamente en determinadas zonas del sistema. Las especies *Filamoeba nolandi* (F), *Mayorella vespertiloides* (Mv), *Naegleria* sp. (N), *Thecamoeba similis* (Ts), *Thecamoeba striata* (Tst) y *Paravahlkampfia ustiana* (Pu), *Echinamoeba silvestris* (Es) y *Hartmannella cantabrigiensis* (Hc) estuvieron presentes en 1 o 2 zonas. Y de acuerdo al número de zonas en donde se presentaron las especies, se determinó que un total de 15 especies fueron euribiontes (amplia distribución) “E” y 8 especies estenobiontes (distribución restringida) “S” (cuadro 6).

Cuadro 4. Riqueza de Gimnamebas y taxonomía (Adl, *et al.* 2012) del sistema de tratamiento de lodos activados.

Súper grupo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
AMOEOBOZOA Luhe, 1913, emend. Cavalier-Smith 1998 [Eumycetozoa Zopf 1884, Olive 1975]	Flabellinea A. Smirnov <i>et al.</i> , 2005	Dactylopodida A. Smirnov <i>et al.</i> , 2005	Vexilliferidae Page, 1987	Vexillifera Schaeffer, 1926	<i>Vexillifera bacillipedes</i> Page, 1969
			Paramoebidae Poche, 1913	Korotnevela A.V. Goodkov, 1988	<i>Korotnevela stella</i> (Schaeffer, 1926) Goodkov, 1988
				Mayorella Schaeffer 1926	<i>Mayorella cultura</i> Bovee, 1961
					<i>Mayorella penardi</i> Page, 1972
			<i>Mayorella</i> Page, 1983		
		Thecamoebida Schaeffer, 1926	Thecamoebidae Schaeffer, 1926	Thecamoeba Fromentel, 1874	<i>Thecamoeba similis</i> (Greeff, 1891) Lepsi, 1960
		Himatismenida Page, 1987	Cochliopodiidae de Saedeleer, 1934	Cochliopodium Hertwig & Esser, 1874	<i>Thecamoeba striata</i> (Penard, 1890) Schaeffer, 1926
		Vannellida A. Smirnov <i>et al.</i> , 2005	Cochliopodiidae de Saedeleer, 1934	Cochliopodium Hertwig & Esser, 1874	<i>Cochliopodium minus</i> Page, 1976
					<i>Vannella lata</i> Page, 1988
					<i>Vannella platypodia</i> (Glaeser, 1912) Page, 1976
	<i>Vannella simplex</i> Bovee, 1965				
	<i>Acanthamoeba astronyxis</i> (D.L. Ray & R.E. Hayes, 1954) Page, 1967				
	Variosea T. Cavalier-Smith, in T. Cavalier-Smith <i>et al.</i> , 2004	Acanthopodida Page, 1976	Acanthamoebidae T.K. Sawyer & J.L. Griffin, 1975	Acanthamoeba Volkonsky, 1931	<i>Acanthamoeba hatchetti</i> , Sawyer <i>et al.</i> , 1977
		Varipodida T. Cavalier-Smith, in T. Cavalier-Smith <i>et al.</i> , 2004	Filamoebidae T. Cavalier-Smith, in T. Cavalier-Smith <i>et al.</i> , 2004	Filamoeba F.C. Page, 1967	<i>Acanthamoeba polyphaga</i> (Puschkarew, 1913) Volkonsky, 1931
		<i>Filamoeba nolandi</i> F.C. Page, 1967			
Tubulinea Smirnov <i>et al.</i> 2005	Euamoebida Lepsi 1960, emend. Smirnov <i>et al.</i> 2011	Hartmannellidae Volkonsky, 1931	Hartmannella Alexeieff, 1912; Page, 1974.	<i>Hartmannella cantabrigiensis</i> Page, 1974	
	Echinamoebida (F.C. Page, 1975) Cavalier- Smith, 2004	Echinamoebidae F.C. Page, 1975	Saccamoeba Frenzel, 1892	<i>Saccamoeba stagnicola</i> Page, 1974	
			Vermamoeba Cavalier-Smith 2004	<i>Vermamoeba vermiformis</i> (Page 1977), Cavalier-Smith 2004	
EXCAVATA Cavalier-Smith 2002, Simpson 2003	Heterolobosea F.C. Page & R.L. Blanton, 1985	Acrasida Schröter, 1886.	Guttulinopsidae L. Olive, 1970	Rosculus Hawes, 1963	<i>Rosculus ithacus</i> R.S.J. Hawes, 1963
			Schizopyrenida Singh, 1952	Vahlkampfiidae Jollos, 1917	Naegleria A. Aléxéieff, 1912
		Vahlkampfia Chatton & LaLung-Bonnaire, 1912			<i>Vahlkampfia avara</i> Page 1967
		Paravahlkampfia S. Brown & J.F. De Jonckheere, 1999			<i>Paravahlkampfia ustiana</i> (F.C. Page, 1974) S. Brown & J.F. De Jonckheere, 1999

Cuadro 5. Distribución (sistema binario, presencia “1” y ausencia “0”) de las especies de gimnamebas en el sistema de tratamiento, y su tipo de adaptabilidad ambiental “euribiontes” (E) y “estenobiontes” (S).

especie	Ah	Ap	Ks	Vv	Mc	Vp	Vb	Ss	Aa	Ri	Vs	Cm	Va	VI	Mp	Hc	Es	F	Pu	Mv	Ts	Tst	N	Total (sp)
Entrada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	14
Reactor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	19
Dec	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	15
Filtros	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Salida	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
TIPO	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S	S	S	S	S	S	S	S	

Parámetros físico-químicos de cada una de las etapas de tratamiento

Constantemente las condiciones y reactivos usados en la textilera se ajustaban a sus necesidades productivas, por lo que el agua residual que salió de sus procesos (teñido y acabado) presentó variaciones, reflejándose en los parámetros físico-químicos del sistema de tratamiento.

En el cuadro 7 se presentan los valores máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos y el tipo de sistema de saprobio de acuerdo con Luna, *et al.*, 1988 que representa de acuerdo a la concentración de materia orgánica. Los valores mensuales se pueden observar en el anexo 1.

Cuadro 6. Rangos mínimos y máximos de los valores fisicoquímicos que se presentaron en las 5 etapas de tratamiento y tipo de sistema saprobio que representa. Conductividad (Con), fosfatos totales (Fosf. t), solidos sedimentables (Sol. sed), solidos suspendidos (Sol. sus).

	pH	Temp (°C)	OD (mg/l)	DBO (mgO ₂ /l) ₅	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	Con. (µS/l)	Fos. t. (mg/l)	Sol. Sed. (mg/l)	Sol sus. (mg/l)	Sistema
Entrada	5.4-7.6	28-37	1-4	152-350	0.040-1.840	0.152-0.508	694-1235	0.48-2.130	0.080-1.60	61-129	Isosaprobio
Reactor	5.7-6.89	25-33	0.2-1.4	1.9-12.7	1.22-33.89	0.078-0.349	571-1198	0.452-3	0.080-0.10	4730-7990	α-Mesosaprobio
Dec.	5.7-6.8	25-33	0.30-3.8	1.9-12.7	1.22-33.89	0.078-0.349	571-1198	0.452-3	0.080-0.10	12.50-38	α-Mesosaprobio
Filtros	6.2-7.48	24-32	1.40-5	1.730-12.70	5.290-30.70	0.026-1.43	562-1158	0.133-2.83	0.080-0.20	9.5-44.20	β-Mesosaprobio
Salida	3.8-8.14	22-30	2.2-6	1.90-16.70	3.34-33.68	0.062-0.392	558-1238	0.176-2.77	0.10-0.200	6.5-21.50	β-Mesosaprobio

Potencial de Hidrógeno (pH)

En general los valores de pH fueron ácidos, solo en el caso de los filtros y salida en algunos muestreos se presentaron valores alcalinos. El tanque homogenizador (agua de la zona de entrada) presentó una variación de pH 5.4 a 7.6. En el caso de las zonas del reactor, decantador y filtros, los valores de pH se mantuvieron en rangos ácidos de 5.7 y neutros de 7.48. La zona de salida, presentó una mayor variación de pH que osciló de 3.8 a 8.14.

Temperatura (°C)

Como se mencionó anteriormente en los procesos de teñido y acabado se utilizan temperaturas elevadas, y aunque el agua que sale de estos procesos se deja enfriar, ingresan con temperaturas altas al sistema de tratamiento. En la zona de entrada se detectaron temperaturas máximas de 36 °C disminuyendo posteriormente en las zonas siguientes. Solo en los 2 últimos meses, se presentaron los valores más bajos debido al paro de actividades laborales de la empresa.

Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto presentó mucha variación en cada zona, pero se mantuvo en el rango de medio aerobio, propio de los lodos activados que van desde los 2 a 4 mg/l.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ disminuyó a lo largo del sistema, de tal manera que al salir del sistema se remueve más del 90% de la materia orgánica.

Nitritos (NO₂) y Nitratos (NO₃)

Los niveles de ambos compuestos se mantienen variables en todo el sistema, principalmente en el caso de los NO₂, pero por la oxidación y el metabolismo bacteriano (nitratación) se genera en mayor medida los NO₃.

Conductividad

Los valores que se presentaron en cada zona fueron elevados, lo que indica que hay una gran concentración de sales, aunado a esto, la solubilidad de las sales depende de la temperatura y por ende la conductividad se incrementa a medida de que la temperatura sea elevada.

Fosfatos totales

Los niveles de fosfatos por lo regular fueron poco variables en todo el sistema, presentándose los mayores niveles en el tratamiento secundario.

Sólidos totales (sólidos sedimentables y sólidos suspendidos)

Los sólidos representan toda la materia biológica y no biológica que se encuentra en el agua residual, contiene muchos sólidos trazas que no son eliminados en las cribas y en el tanque de homogenización. Se estabilizan en bajos rangos (sólidos sedimentables entre 0.080-1.60 mg/l y sólidos suspendidos entre 61-129 mg/l). En el caso del reactor biológico los niveles se incrementan por los flóculos presentes, siendo en mayor cantidad los suspendidos por la constante aeración mecánica, mientras que los sedimentables disminuyen en mayor proporción. Finalmente en el tratamiento terciario los niveles disminuyen por la filtración.

Al obtener los valores totales por zona se realizó la prueba de normalidad para observar si se ajustaban a una condición poco variable en cada zona, los resultados de la prueba son señalados en el cuadro 8. Además los parámetros que presentaron la tendencia normal fueron graficados, observándose sus desviaciones estándar de gran amplitud, lo que señala fluctuaciones en las condiciones en las aguas residuales (Anexo I).

Cuadro 7. Resultados de prueba de normalidad en los parámetros físico-químicos con un nivel de confianza de 0.05. Los valores subrayados señalan aquellas variables que no entraron en la zona de rechazo de H_0 .

pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	Temp (°C)	OD (mg/l)	DBO (mgO ₂ /l) ₅	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	C _D (μS)
Entrada	0.344	0.415	0.892	0.302	0.462	0.191	0.782	0.593	<u>7.67X10⁻⁶</u>	0.154		
Reactor	0.953	<u>0.037</u>	<u>7.60 X10⁻⁵</u>	<u>8.86 X10⁻⁶</u>	0.131	0.353	0.270	0.762	<u>1.15X10⁻³</u>	0.139		
Decantador	0.057	0.530	0.670	<u>0.044</u>	0.131	0.353	0.270	0.865	<u>1.52X10⁻³</u>	0.801		
Filtros	0.471	0.336	0.118	<u>0.002</u>	<u>0.025</u>	<u>6.96 X10⁻⁶</u>	0.079	0.863	<u>1.61 X10⁻⁶</u>	0.174		
Salida	<u>0.005</u>	<u>0.049</u>	0.302	<u>2.54 X10⁻⁵</u>	0.081	<u>1.46 X10⁻⁵</u>	0.335	0.975	<u>0.002</u>	0.575		

Cuadro 8. Valores promedio de los parámetros en el influente (entrada) y efluente (salida) del sistema de tratamiento.

parámetro	influyente	Efluente
pH	6.75	6.8
Temp	33.4	28
OD	2	4.6
DBO ₅	263	5.1
NO ₃	0.84	13.88
NO ₂	0.279	0.11
CONDUCTIVIDAD	999.4	978
FOSFATOS TOTALES	1.44	1.6
SOLIDOS SED.	0.38	0.09
SOLIDOS SUP.	99.3	13.6

Dinámica de las poblaciones de gimnamebas en relación a los parámetros fisicoquímicos.

Abundancias relativas

Es importante mencionar que existieron muchos registros en los cuales las especies presentaron una abundancia de cero, pero este valor no expresa una ausencia verdadera, solo indica que en las muestras de agua colectadas había un bajo número de individuos presentes.

Zona de entrada

La zona de entrada presentó un total de 14 especies, siendo *Acanthamoeba polyphaga* y *Vermamoeba vermiformis* las que se encontraron en una frecuencia por muestreo de 90% (Cuadro 10).

En la figura 3 se observa la relación de los muestreos de la zona en un clúster, la prueba de silueta expresa el grado de similitud y el acomodo de los grupos, se observa que los muestreos 7, 6, 4, 3 y 1 tienen un mayor grado de similitud; los muestreos 2 y 8 presentan condiciones totalmente diferentes; los muestreos 10 y 9 forman un grupo independiente; y finalmente los muestreos 5 y 11 están relacionados, este último presenta una comodidad negativa. La prueba de correlación para evaluar la exactitud del método fue de 0.973, lo que señala una alta heterogeneidad de las variables en la zona en los 11 meses de muestreo.

Cuadro 9. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de entrada.

Especie/ MUESTREO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ENE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>Acanthamoeba hatchetti</i>	0	60	0	0	290	40	0	40	0	0	100
<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	0	460	400	210	290	40	100	290	60	30	1890
<i>Acanthamoeba astronyxis</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Korotnevella stella</i>	0	0	0	0	760	70	0	0	40	110	60
<i>Filamoeba nolandi</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vermamoeba vermiformis</i>	0	30	290	100	390	760	189	290	2710	24000	100
<i>Mayorella cultura</i>	0	0	0	0	0	40	40	30	40	0	0
<i>Rosculus ithacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
<i>Saccamoeba stagnicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Vahkampfia avara</i>	30	30	0	0	0	0	0	0	70	0	0
<i>Paravahlkampfia ustiana</i>	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vannella platypodia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	100	40	0
<i>Vexillifera bacillipedes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	60	40
Índice de diversidad H'	0.682	1.39	0.680	0.628	1.295	0.770	0.292	1.455	0.577	0.050	0.580
Promedio anual de índice H'					0.764						
Diversidad máxima H' max					2.693						
Equitatividad	0.253	0.516	0.253	0.233	0.481	0.286	0.108	0.540	0.214	0.019	0.215
Promedio de equitatividad					0.283						

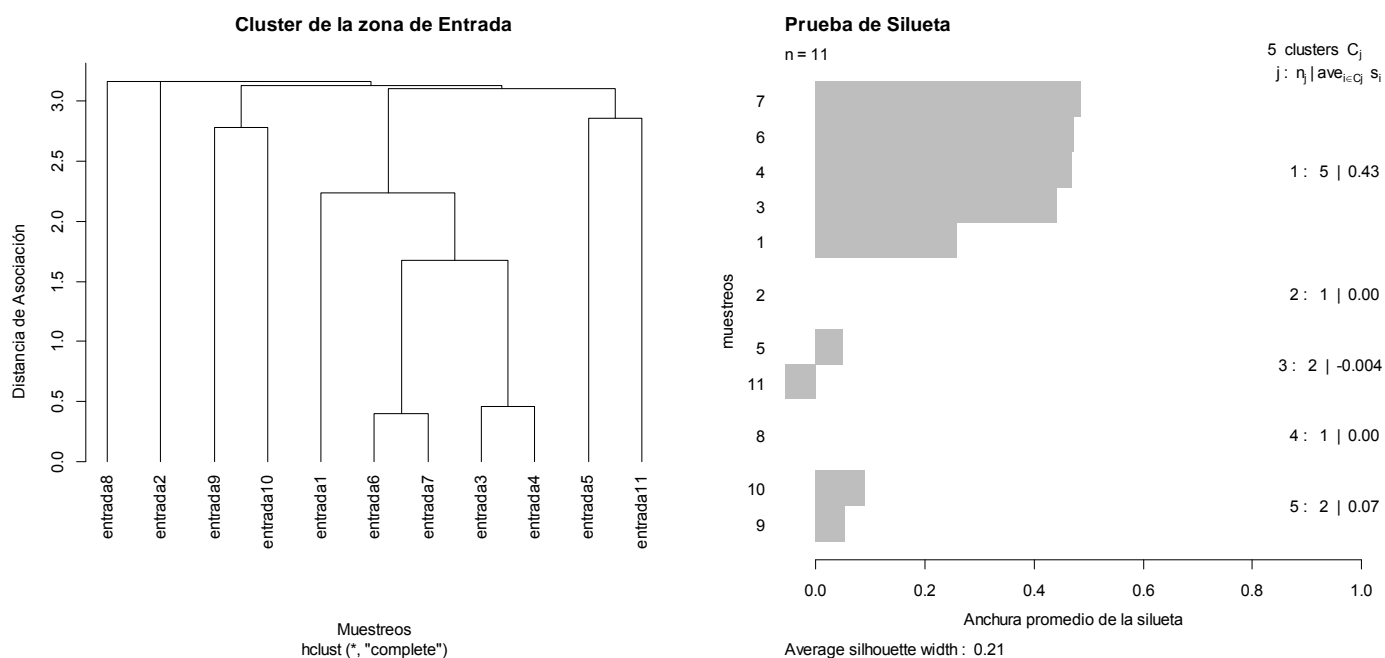


Figura 3. Clúster de la zona de entrada y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.

Zona del reactor biológico

Esta zona fue la que presentó la mayor riqueza de especies (19 en total). Las especies *Acanthamoeba polyphaga*, *Vermamoeba vermiformis* tuvieron las mayores abundancias y junto con *Acanthamoeba hatchetti*, estuvieron representadas en todos los muestreos. *Korotnevella stella* presentó también abundancias altas, pero su frecuencia fue del 90%.

Las especies *Vexillifera bacillipedes* con una frecuencia de 90%, *Mayorella cultura* con 81% y *Vannella platypodia* con 73%, presentaron continuidad, pero con abundancias bajas (Cuadro 11). El clúster del reactor biológico, expresó que los muestreos 10, 3, 6, 5, 8, 9 y 1, presentaron la mayor similitud; las muestreos 2, 4, 7 y 11 tuvieron condiciones totalmente diferentes y se mostraron independientes. La prueba de correlación fue de 0.858, señalando también una heterogeneidad en la zona (Figura 4).

Cuadro 10. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de reactor biológico.

Especie/ MUESTREO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ENE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>Acanthamoeba hatchetti</i>	310	100	140	70	95	150	130	30	110	110	40
<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	24000	440	24000	300	24000	4380	24000	1390	380	24000	230
<i>Acanthamoeba astronoxis</i>	0	370	0	60	0	100	150	0	30	30	0
<i>Cochliopodium minus</i>	0	0	0	0	0	0	250	0	0	270	710
<i>Korotnevella stella</i>	0	80	950	24000	150	70	24000	1160	260	24000	710
<i>Echinamoeba silvestris</i>	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vermamoeba cantabrigiensis</i>	30	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hartmannella vermiformis</i>	160	90	310	950	24000	24000	24000	24000	190	1160	1390
<i>Mayorella cultura</i>	0	0	330	24000	110	760	380	760	1160	1390	24000
<i>Mayorella penardi</i>	0	0	40	30	70	190	150	100	0	0	0
<i>Mayorella vespertiloides</i>	0	0	40	70	150	0	0	270	40	100	0
<i>Rosculus ithacus</i>	0	0	0	0	0	0	0	60	30	0	150
<i>Saccamoeba stagnicola</i>	0	0	0	0	0	0	110	250	580	260	90
<i>Thecamoeba similis</i>	0	0	0	0	0	0	150	0	0	40	0
<i>Thecamoeba striata</i>	0	0	30	30	40	40	30	30	40	30	0
<i>Vannella lata</i>	100	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vannella platypodia</i>	270	0	190	0	110	0	1160	30	40	150	310
<i>Vannella simplex</i>	70	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vexillifera bacillipedes</i>	0	440	1390	24000	24000	310	720	570	1160	4380	4380
Índice de diversidad H'	0.219	1.916	0.590	1.218	1.162	0.700	1.317	0.767	1.850	1.201	0.923
Promedio anual de índice H'					1.078						
Diversidad máxima H' max					2.944						
Equitatividad	0.074	0.651	0.200	0.414	0.359	0.238	0.447	0.261	0.628	0.408	0.3147
Promedio de equitatividad					0.366						

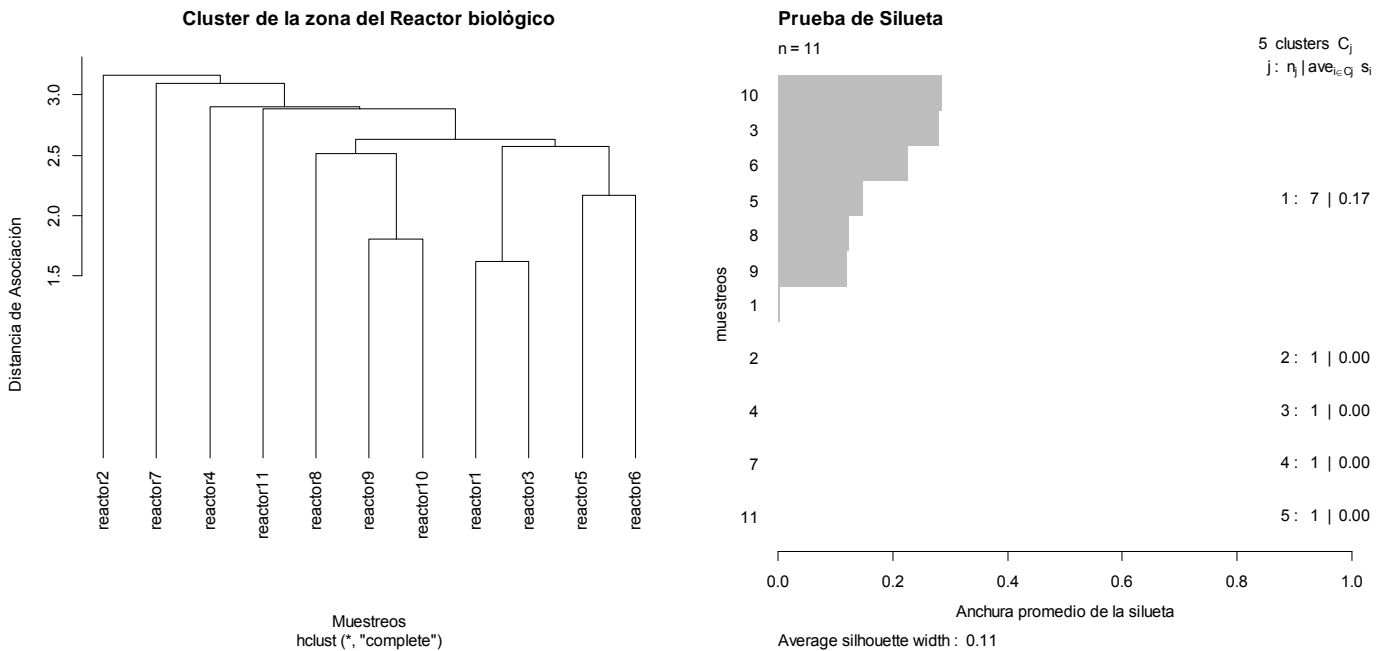


Figura 4. Clúster de la zona del reactor biológico y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.

Zona del decantador

Esta zona es la segunda con la mayor cantidad de especies (15 especies). Al igual que en el reactor biológico, las tres especies que estuvieron en la mayor parte de los muestreos en esta zona, fueron *Acanthamoeba polyphaga* en un 90%, *Korotnevella stella* con 81% y *Vermamoeba vermiformis* con 90%; esta última presentó la mayores abundancias de todas las especies (Cuadro 12). Las especies *Acanthamoeba hatchetti*, *Mayorella cultura* y *Vannella platypodia* mantuvieron su distribución en esta zona, con una frecuencia de 27% pero con abundancias bajas.

La relación de los muestreos en el decantador secundario mostró que los muestreos 8, 9, 10, 5, 3, 6 tienen la mayor similitud; los muestreos 1, 2, 4, 7, 11, presentaron condiciones totalmente diferentes por lo que se mostraron independientes. La prueba de correlación para evaluar el método fue de 0.9879447 (Figura 5).

Cuadro 11. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona del decantador.

Especie/ MUESTREO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ENE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>Acanthamoeba hatchetti</i>	0	0	0	40	0	40	0	0	0	30	0
<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	40	0	40	100	40	40	150	570	40	190	30
<i>Acanthamoeba astronyxis</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cochliopodium minus</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Korotnevela stella</i>	0	0	40	70	40	90	150	760	600	110	40
<i>Echinamoeba silvestris</i>	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vermamoeba vermiformis</i>	0	70	150	150	110	760	70	210	110	30	390
<i>Mayorella cultura</i>	0	0	0	40	0	0	70	140	0	0	150
<i>Naegleria sp</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rosculus ithacus</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<i>Saccamoeba stagnicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	30
<i>Vahkampfia avara</i>	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	30
<i>Vannella platypodia</i>	0	0	150	0	0	0	30	0	0	0	0
<i>Vannella simplex</i>	180	0	0	40	0	90	0	100	0	0	0
<i>Vexillifera bacillipedes</i>	40	0	0	60	0	0	100	0	60	0	0
Índice de diversidad H'	1.538	1.095	1.207	1.948	0.972	0.901	1.810	0.959	0.959	1.113	1.602
Promedio anual de índice H'						1.282					
Diversidad máxima H' max						2.705					
Equitatividad	0.569	0.405	0.446	0.720	0.359	0.333	0.669	0.355	0.355	0.411	0.592
Promedio de equitatividad						0.473					

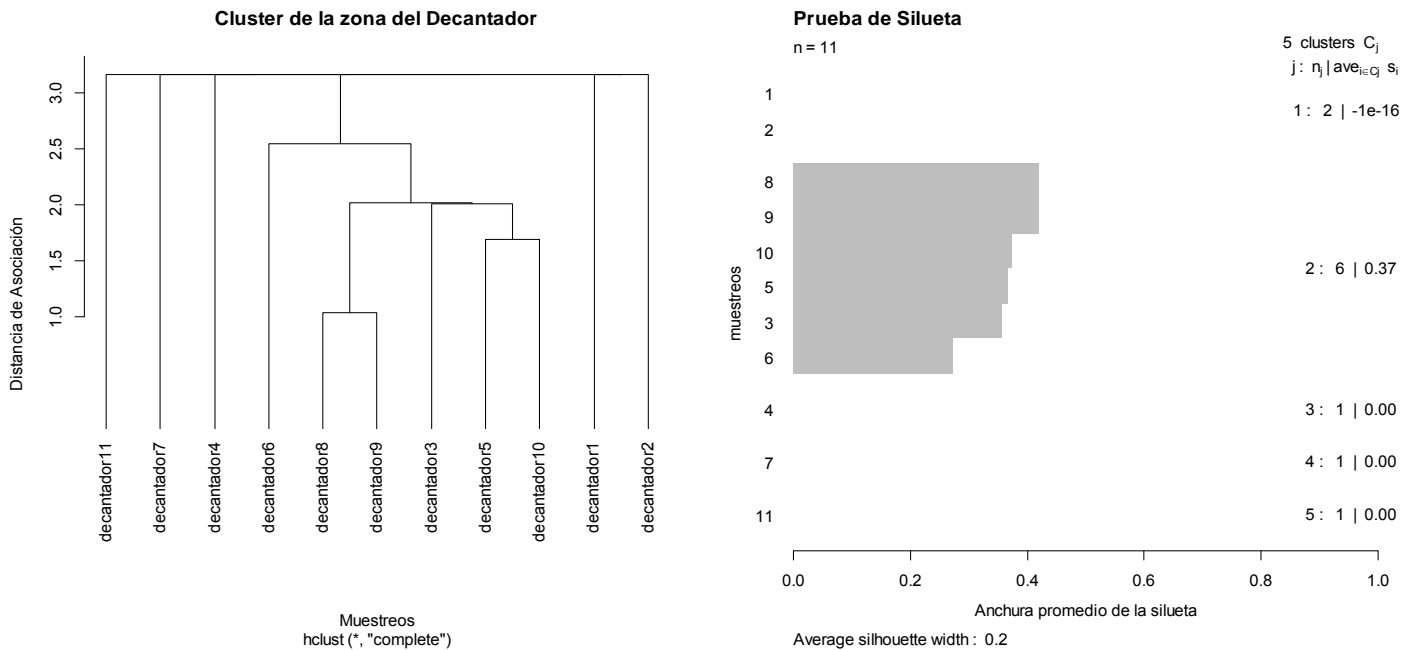


Figura 5. Clúster de la zona del decantador y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.

Zona de filtros

Esta zona tuvo una riqueza de 11 especies. *Vermamoeba vermiformis* tuvo una frecuencia de 63%, *Korotnevella stella* de 54%, *Acanthamoeba polyphaga* de 27% y *Acanthamoeba hatchetti* de 9% (Cuadro 13). En la relación de los muestreos, se muestra 5 agrupaciones, los muestreos 2, 8, 4, 5, 9, 6, 3 presentaron la mayor asociación, mientras que los muestreos 1, 7, 10, 11 son independientes. La prueba de correlación fue de 0.953 (Figura 6).

Cuadro 12. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de los filtros.

Especie/ MUESTREO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ENE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>Acanthamoeba hatchetti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	0	0	30	0	0	0	40	0	0	40	0
<i>Cochliopodium minus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<i>Korotnevella stella</i>	0	0	30	100	0	0	150	0	40	140	0
<i>Vermamoeba vermiformis</i>	0	70	30	0	30	290	0	100	100	40	0
<i>Mayorella cultura</i>	0	0	40	0	0	150	150	40	40	40	40
<i>Mayorella penardi</i>	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<i>Vahkampfia avara</i>	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>Vannella platypodia</i>	0	0	40	0	0	0	70	100	0	0	40
<i>Vannella simplex</i>	30	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0
<i>Vexillifera bacillipedes</i>	110	0	0	0	0	0	70	0	0	100	0
Índice de diversidad H	0.519	0	1.519	0	0	0.641	1.651	1.506	1.519	1.635	0.693
Promedio anual de índice H						0.880					
Diversidad máxima H' max						2.392					
Equitatividad	0.217	0	0.636	0	0	0.268	0.691	0.630	0.636	0.684	0.290
Promedio de equitatividad						0.368					

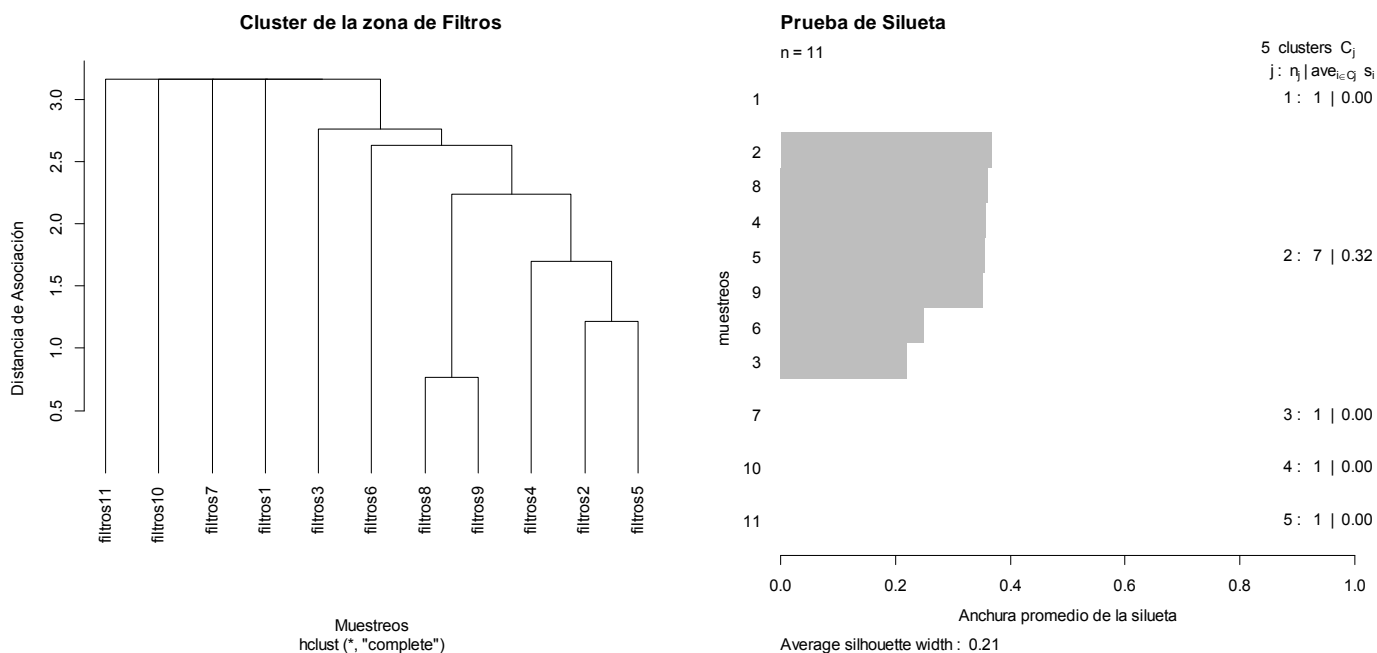


Figura 6. Clúster de la zona del filtro y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.

Zona de salida

En el afluente se presentó un total de 10 especies, siendo *Vermamoeba vermiformis* la mayor representada en un 81%, seguido de *Vannella platypodia* con 63% y *Vexillifera bacillipedes* con 45% (Cuadro 14).

Cuadro 13. Riqueza y abundancias de gimnamebas en la zona de salida.

Especie/ MUESTREO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ENE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
<i>Acanthamoeba hatchetti</i>	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	70
<i>Acanthamoeba polyphaga</i>	0	40	30	0	40	40	0	0	0	40	60
<i>Korotnevela stella</i>	0	0	30	0	150	0	40	0	40	140	0
<i>Vermamoeba vermiformis</i>	0	100	30	100	70	150	0	40	40	100	70
<i>Mayorella cultura</i>	0	0	40	0	90	100	40	0	0	0	70
<i>Vahkampfia avara</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	40
<i>Vannella lata</i>	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vannella platypodia</i>	70	0	40	0	70	0	0	0	40	40	40
<i>Vannella simplex</i>	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vexillifera bacillipedes</i>	30	40	0	0	70	0	0	0	0	140	70
Índice de diversidad H	1.318	1.291	1.599	0	1.712	0.983	0.693	0	1.609	1.64	1.920
Promedio anual de índice H					1.30						
Diversidad máxima H' max					2.302						
Equitatividad	0.573	0.561	0.693	0	0.744	0.427	0.301	0	0.699	0.712	0.834
Promedio de equitatividad					0.504						

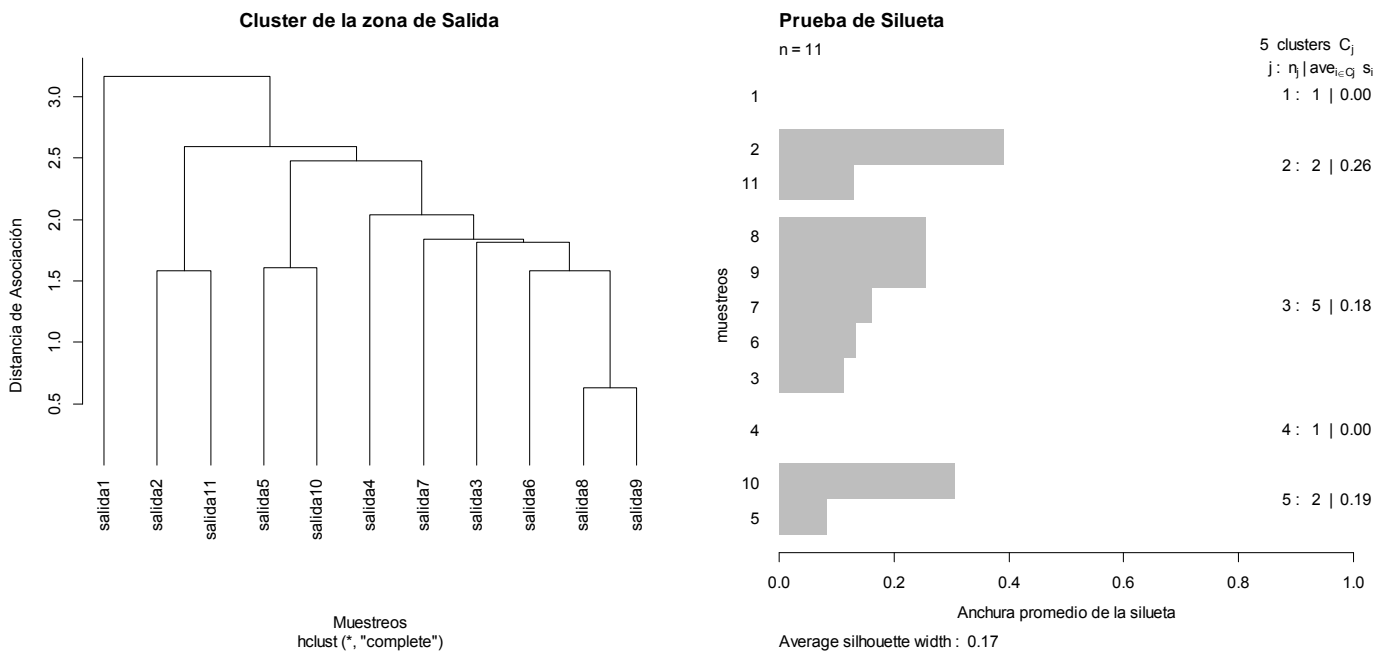


Figura 7. Clúster de la zona de salida y prueba silueta que expresa el grado de relación y acomodo entre los muestreos.

Es importante mencionar que *Acanthamoeba polyphaga* y *Acanthamoeba hatchetti* con frecuencias de 54% y 18% respectivamente, tuvieron presencia en esta etapa final del tratamiento. En la relación de los muestreos en la zona de salida, la prueba de silueta expreso 5 grupos. El grupo que está más asociado corresponde a los muestreos 8, 9, 7, 6 y 3; los muestreos 2 y 11; los muestreos 10 y 5 tienen una relación par; los muestreos 1 y 4 presentaron independencia. La prueba de correlación fue de 0.857 (Figura 7).

Índices de diversidad

Con respecto a los índices de diversidad de Shannon-Wiener señalados en cada una de las zonas (cuadros 10-14), los promedios anuales señalan que la entrada presentó un valor de 0.764 *nits/ind*, el reactor biológico de 1.078 *nits/ind*, el decantador de 1.282 *nits/ind*, filtros 0.880 *nits/ind* y salida 1.307 *nits/ind*, expresando diferencias en cada uno de ellos.

Con el fin de comprobar estadísticamente si existían diferencias entre las 5 zonas, se realizó el análisis de ANOVA; el cual expresó que existen diferencias en las medias de cada zona (ya que el valor de F_0 fue de 2.255, siendo mayor que el valor crítico de 0.0762). Posteriormente la prueba de Tukey (HSD) señaló que todas las medias tienden a diferenciarse (cuadro 15). Los valores más bajos se señalaron entre las zonas de la entrada, decantador, filtros y salida. La zona del reactor presentó una semejanza con las demás zonas. Finalmente considerando el promedio total de todo el sistema de tratamiento este se encuentra en 1.062 lo que señala un valor bajo de diversidad.

Cuadro 14. Valores de significancia de la prueba de Tukey (HSD), en las zonas del sistema de tratamiento

	Entrada	Reactor	Decantado	Filtros
Reactor	0.6357359			
Decantador	0.1641958	0.8950172		
Filtros	0.9854668	0.9041368	0.3975153	
Salida	0.1319528	0.8499517	0.9999684	0.3381675

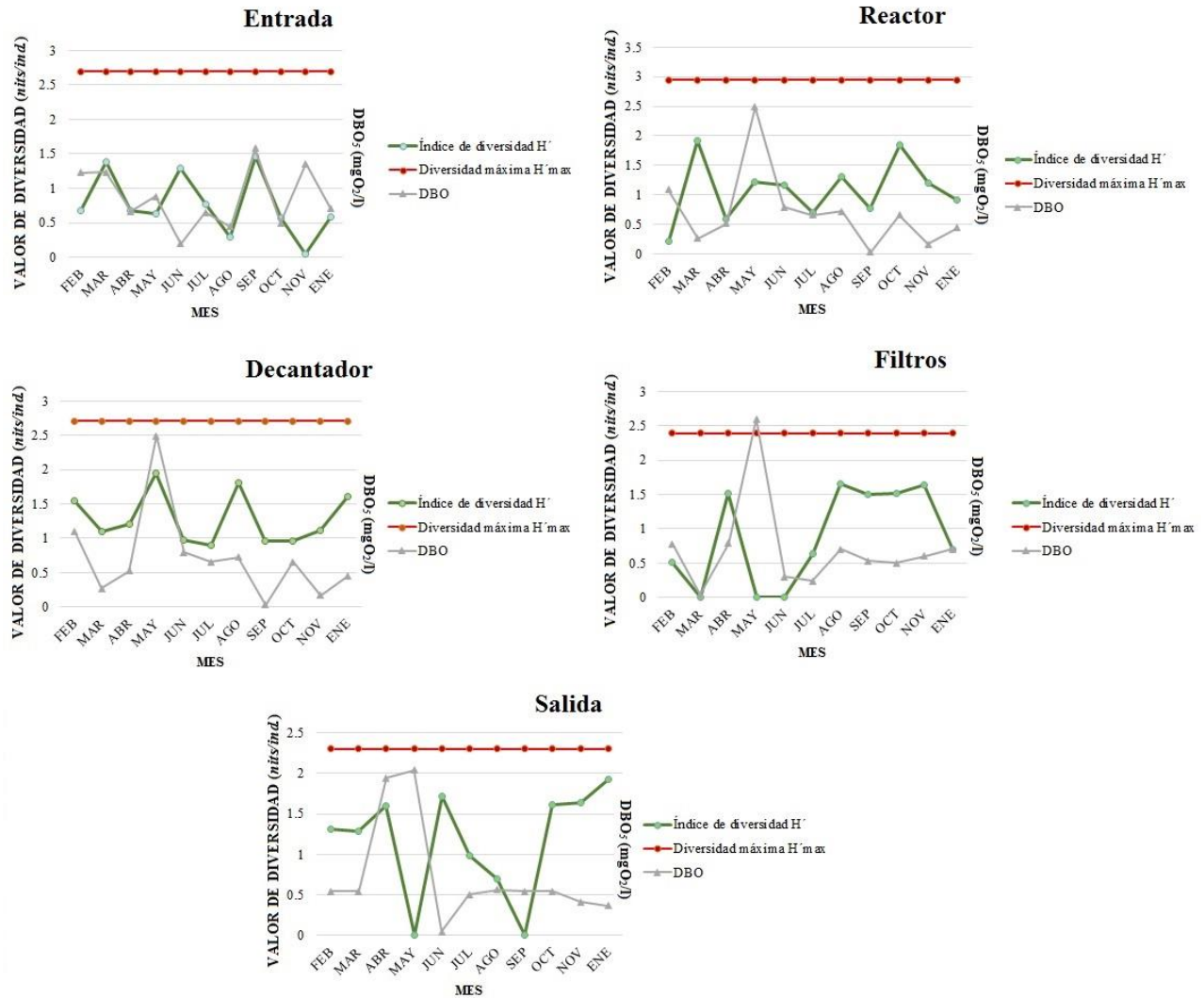


Figura 8. DBO₅ (estandarizado) para su comparación con los valores de Diversidad observada H', diversidad máxima H'max.

Se hizo la comparación de la H' y H'max en la figura 8, se observó que en todas las zonas y meses de muestreo el valor de H' estuvo muy por debajo del H'max. De igual manera en los gráficos se comparó el valor de H' con los valores de la DBO₅, señalando que no existe una relación entre la cantidad de oxígeno que requieren los organismos descomponedores con los valores de diversidad. En el caso del valor de equitatividad la zona de entrada presentó un valor de 0.280, siendo el valor más bajo de homogeneidad, seguido del reactor biológico con 0.366, los filtros con 0.368, decantador con 0.474 y finalmente la zona de salida con un valor de 0.504,

señalando en esta zona que el número de individuos de la especies presentes fue el más equitativo.

Frecuencias acumuladas

Al considerar los registros de abundancias de cada una de las especies a lo largo de todo el sistema de tratamiento, se contabilizó un total de 475,195 individuos de todos los muestreos, y se realizó la relación porcentual para ver la proporción que representa cada especie en el sistema. En la figura 11 se puede observar que las especies *Acanthamoeba polyphaga*, *Korotnevella stella*, *Vermamoeba vermiformis*, *Mayorella cultura* y *Vexillifera bacillipedes* presentan las mayores frecuencias (por ende mayores abundancias y registros de datos), el porcentaje restante del 3% corresponde a especies con frecuencias bajas.

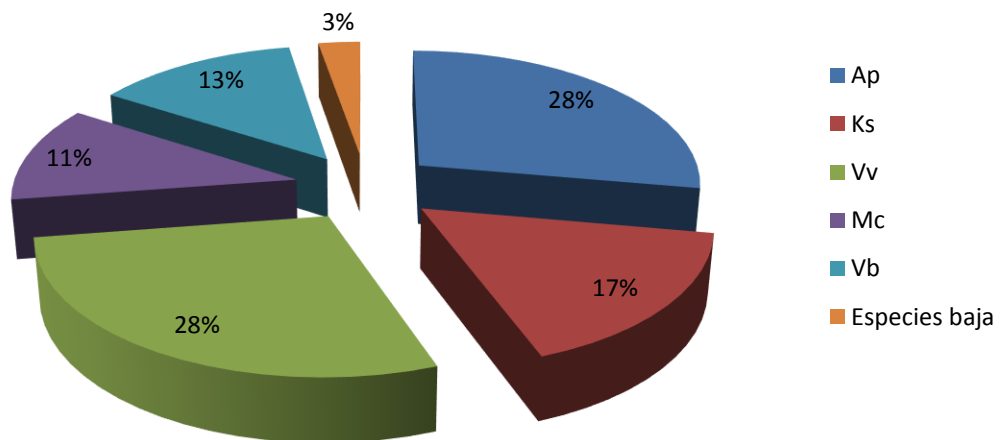


Figura 9. Frecuencias acumuladas de las especies de gínnamebas del sistema de tratamiento. *Acanthamoeba polyphaga* (Ap), *Korotnevella stella* (Ks), *Vermamoeba vermiformis* (Vv), *Mayorella cultura* (Mc) y *Vexillifera bacillipedes* (Vb), especies con bajas abundancias (Especies baja).

Relación entre las especies de gimnamebas con los parámetros fisicoquímicos

Al realizar el análisis de correlación canónica, los dos primeros componentes (CCA) expresaron el mayor porcentaje de explicación de los parámetros fisicoquímicos y las amebas:

Cuadro 15. Componentes (CCA) expresados en el análisis de correlación canónica

	<u>CCA1</u>	<u>CCA2</u>	CCA3	CCA4	CCA5	CCA6	CCA7	CCA8	CCA9	CCA10
Valor propio	0.4758	0.1905	0.1207	0.1146	0.08878	0.02967	0.01213	0.006859	0.004795	0.001009
Proporción explicativa	0.4545	0.1820	0.1101	0.1046	0.08102	0.02708	0.01107	0.006260	0.004380	0.000920
Proporción acumulada	<u>0.4545</u>	<u>0.6366</u>	0.7647	0.8693	0.95030	0.97738	0.98844	0.994700	0.999080	1.000000

De acuerdo al fundamento de este método multivariado señala que en un 63.66% los dos primeros componentes explican que las variaciones fisicoquímicas presentes en las aguas residuales tienen efecto en las poblaciones de gimnamebas y establece aquellas especies que se encuentran relacionadas, el porcentaje restante (36.56%) podría estar en función a otras variables fisicoquímicas que no fueron consideradas y/o a relaciones con otros microorganismos que influye en las especies.

El análisis expresó las correlaciones entre todas las variables, que considerando a cada variable como un vector, su extensión en el plano dimensional expresa la varianza; las variables fisicoquímicas tienen una menor proyección debido a que tienen registros constantes, y las especies tienen una proyección más extensa, debido a que sus abundancias tienen mayor fluctuación ya que están sujetas a factores bióticos y abióticos, por lo que solo señala ciertos patrones a los que están sujetas las especies en ese medio (Figura 10).

Se puede observar cuatro tipos de correlaciones:

1.- Las especies “Vp”, “Ts”, “Vs”, “N”, “Mp”, “Vv” y “Mv” presentaron una posible relación con nitritos, nitratos, conductividad, sólidos sedimentables, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos totales, temperatura y oxígeno disuelto.

2.- Las especies “Tst”, “Ap”, “Pu” y “F” presentaron relación con el oxígeno disuelto, temperatura y nitratos y en menor relación con los sólidos suspendidos y fosfatos totales; las últimas especies “Pu” y “F” tuvieron un patrón igual en la correlación de los parámetros fisicoquímicos y una variación mayor debida a los pocos registros que se presentaron en ambas especies.

3.- Las especies “Ss”, “Hc”, “Aa”, y “Es”, formaron el segundo grupo y tuvieron relación con los sólidos suspendidos y en menor medida con el pH, oxígeno disuelto, nitritos y nitratos. La especie “Es” presentó una mayor proyección en los ejes canónicos por los pocos registros en los muestreos.

4.- Las especies “Vb” “Mc”, “Cm”, “VI”, “Ri”, “Ks”, “Ah”, “Va”, formaron un grupo, en el cual los nitritos, pH y sólidos suspendidos tuvieron correlación con estas especies. Se puede observar que las especies “Mc” y “Va” tuvieron una proyección mayor a las demás especies, lo cual estuvo dado por los pocos registros que se tuvieron de las mismas, lo que indicaría que están sujetas a otros factores ambientales.

A pesar de las tendencias generales que quedaron señaladas en la correlación canónica, indudablemente cada variable fisicoquímica tiene un efecto en cada especie, por lo que se realizaron los análisis de regresión logística para evaluar el efecto en la presencia-ausencia y la regresión Poisson para ver el efecto en la abundancia de cada especie. Para esto se considera que aquellas especies que tienen valores bajos de coeficiente estimado (inferiores a cero) son especies a las que el parámetro tiene un efecto negativo y aquellas que presentan valores por encima del mismo, el efecto es positivo, las que se encuentren sobre el límite del coeficiente no presentan ningún efecto en la especie. Finalmente señala el grado de tolerancia que puede presentar a los rangos de variación del mismo parámetro.

Ambos análisis expresaron el rango de cada especie ante cada variable y acomoda por *default* de mayor a menor las tendencias.

Analisis de Correlacion Canonica de AVL de la Industria Textil

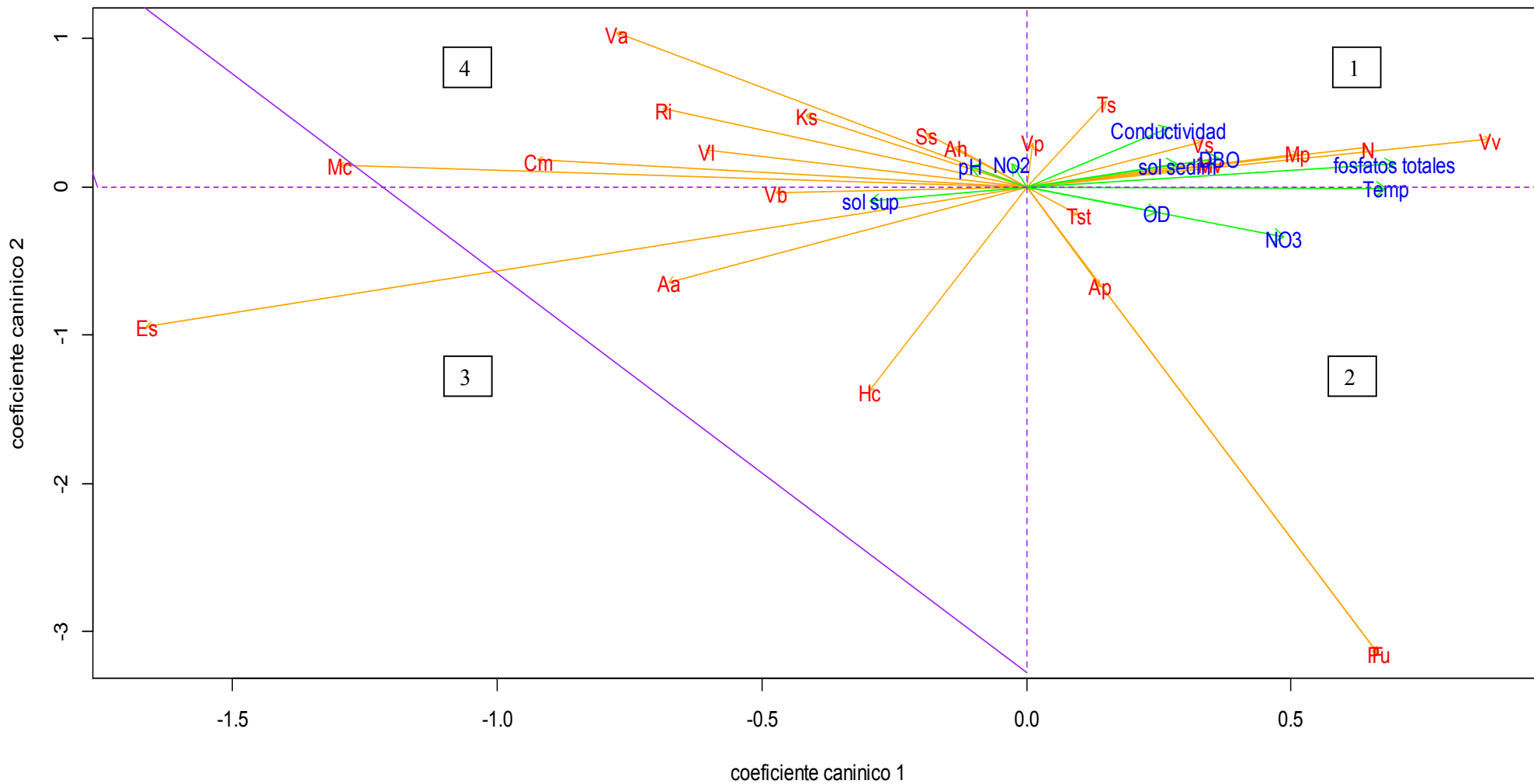


Figura 10. Correlación entre especies y parámetros fisicoquímicos.

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH constituye un parámetro con diferentes efectos de tolerancia en cada especie, las cuales presentan diferentes rangos positivos y negativos de influencia. Asumiendo que desde la zona de entrada hasta los filtros el pH se encuentra entre los rangos de 5.4 a 7.48 la mayor parte de las especies se ajustan a estas condiciones. En la zona de salida, el pH tiende a ser más variable, desde 3.8 hasta los 8.14, por lo que se puede denotar que sea un factor importante para muchas especies.

Las especies *Paravahlkampfia ustiana* (Pu) y *Filamoeba nolandi* (F) presentaron los mismos valores en la presencia-ausencia y abundancia, y su presencia se encontró en los muestreos donde los pH fueron poco alcalinos (7.4). Además, este parámetro constituyó un efecto con menor grado de variación en las especies para sus abundancias.

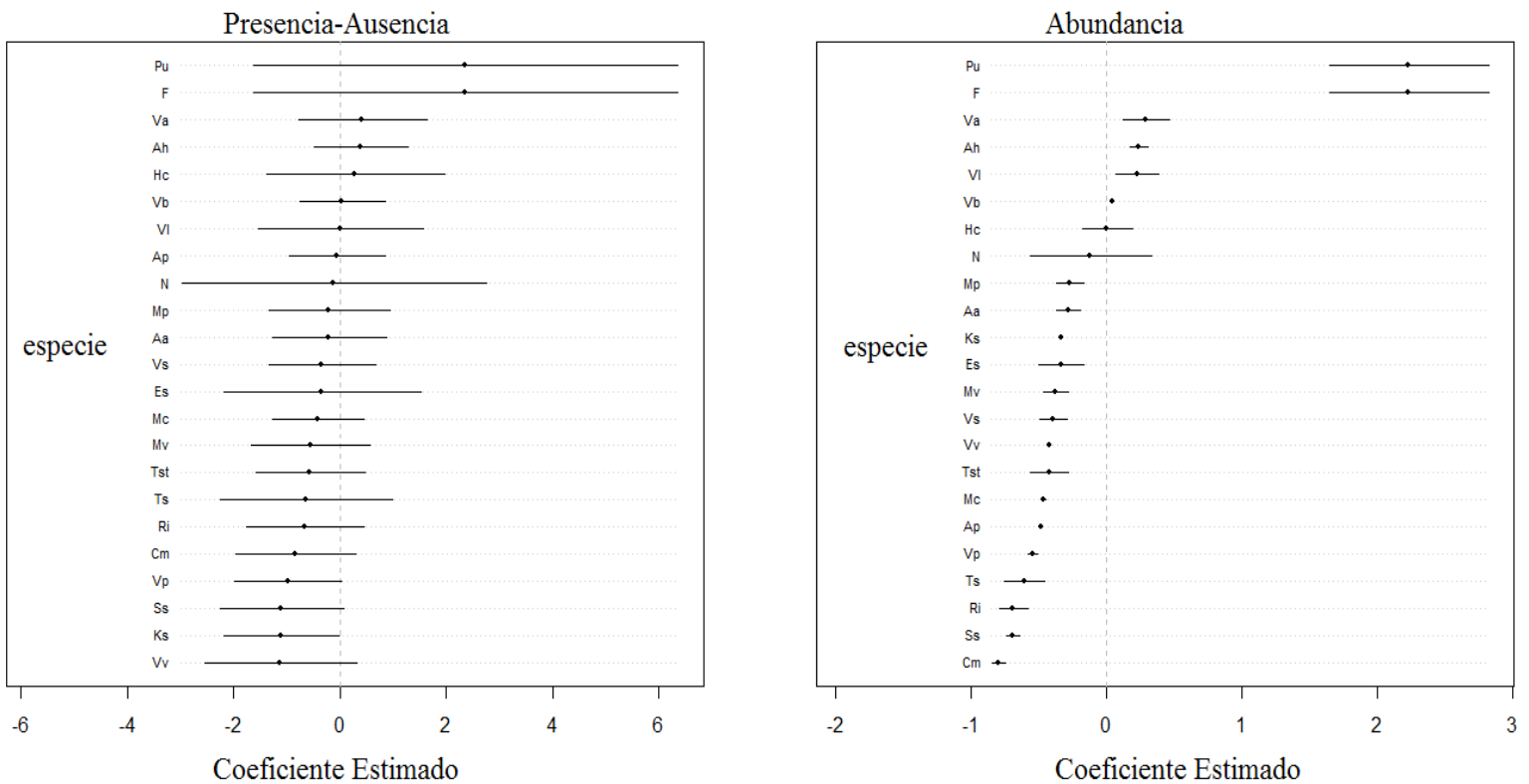


Figura 11. Efecto del potencial de hidrógeno en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Temperatura (°C)

De igual manera que el pH, la temperatura constituye un parámetro que determina la dinámica de las especies en el sistema de tratamiento. En el caso de la presencia-ausencia la mayor parte de las especies presentaron valores próximos al cero.

En el caso de las abundancias, la variación de la temperatura tuvo más influencia en el número de individuos presentes, en el caso de las especie *Paravahlkampfia ustiana* (Pu) y *Filamoeba nolandi* (F) sus registros se presentaron cuando en la zona de entrada los rangos de temperatura fueron elevados.

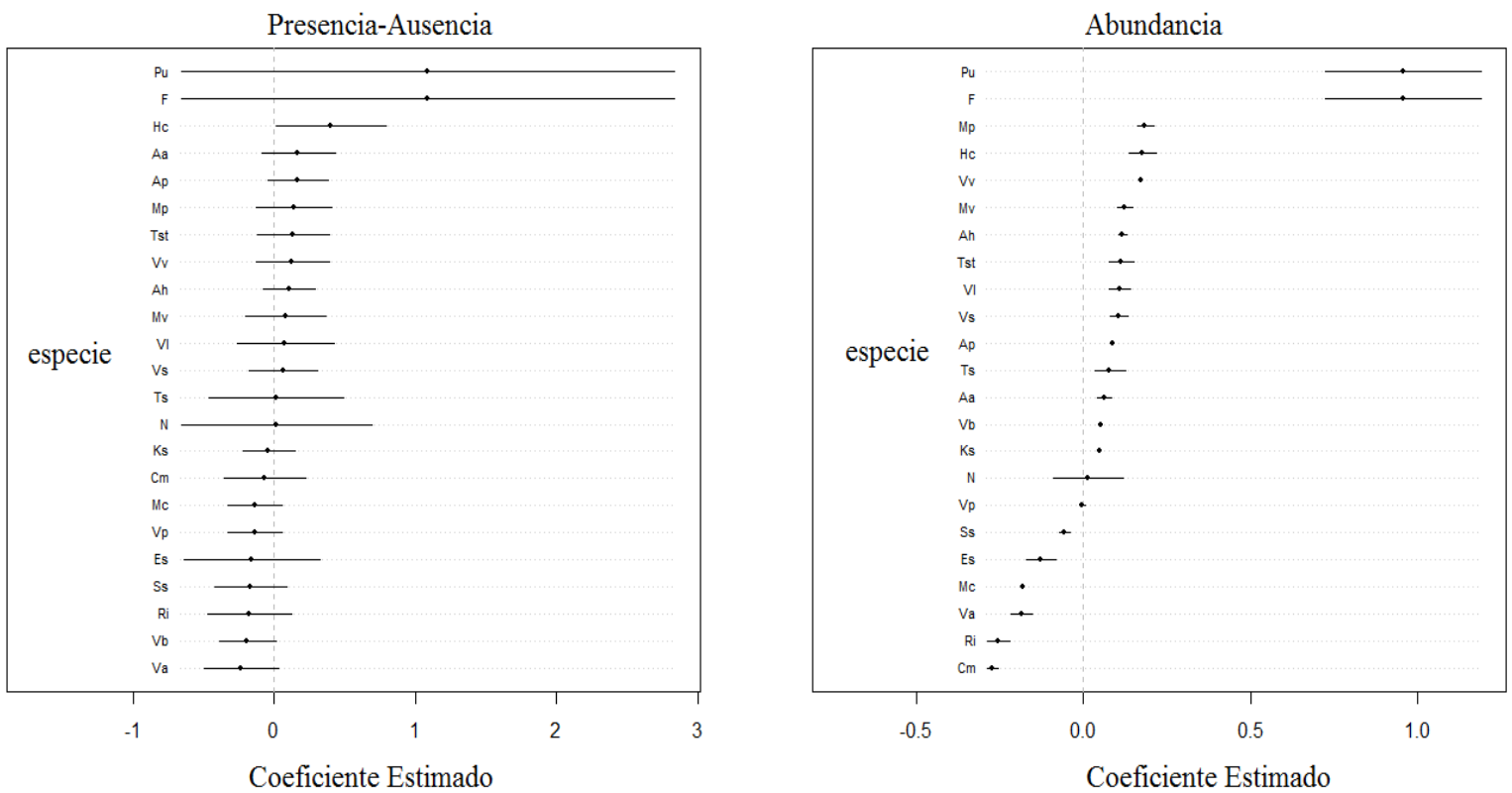


Figura 12. Efecto de la temperatura en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Oxígeno disuelto (OD)

Considerando que para las especies de gimnamebas la disponibilidad de oxígeno es importante para sus procesos metabólicos, el análisis expresó que cada especie tiene diferentes tolerancias a este parámetro, por lo que la mayor parte presentan valores negativos.

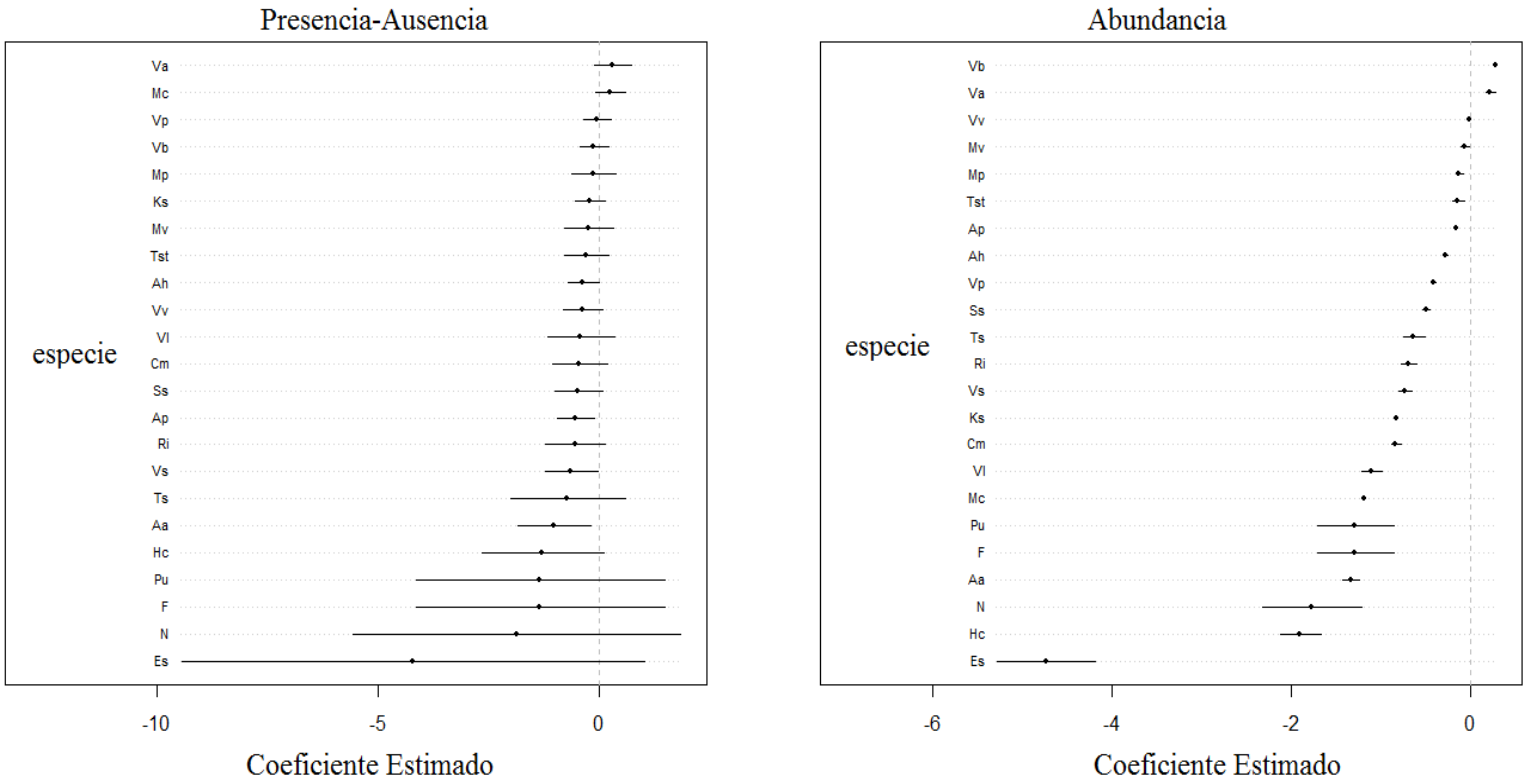


Figura 13. Efecto del oxígeno disuelto en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅)

Ninguna especie estuvo sujeta a la variación de este parámetro fisicoquímico. Solo en el caso de las especies *Paravahlkampfia ustiana* (Pu), *Filamoeba nolandi* (F) y *Naegleria* sp. (N) tuvieron una variación en rangos negativos y positivos.

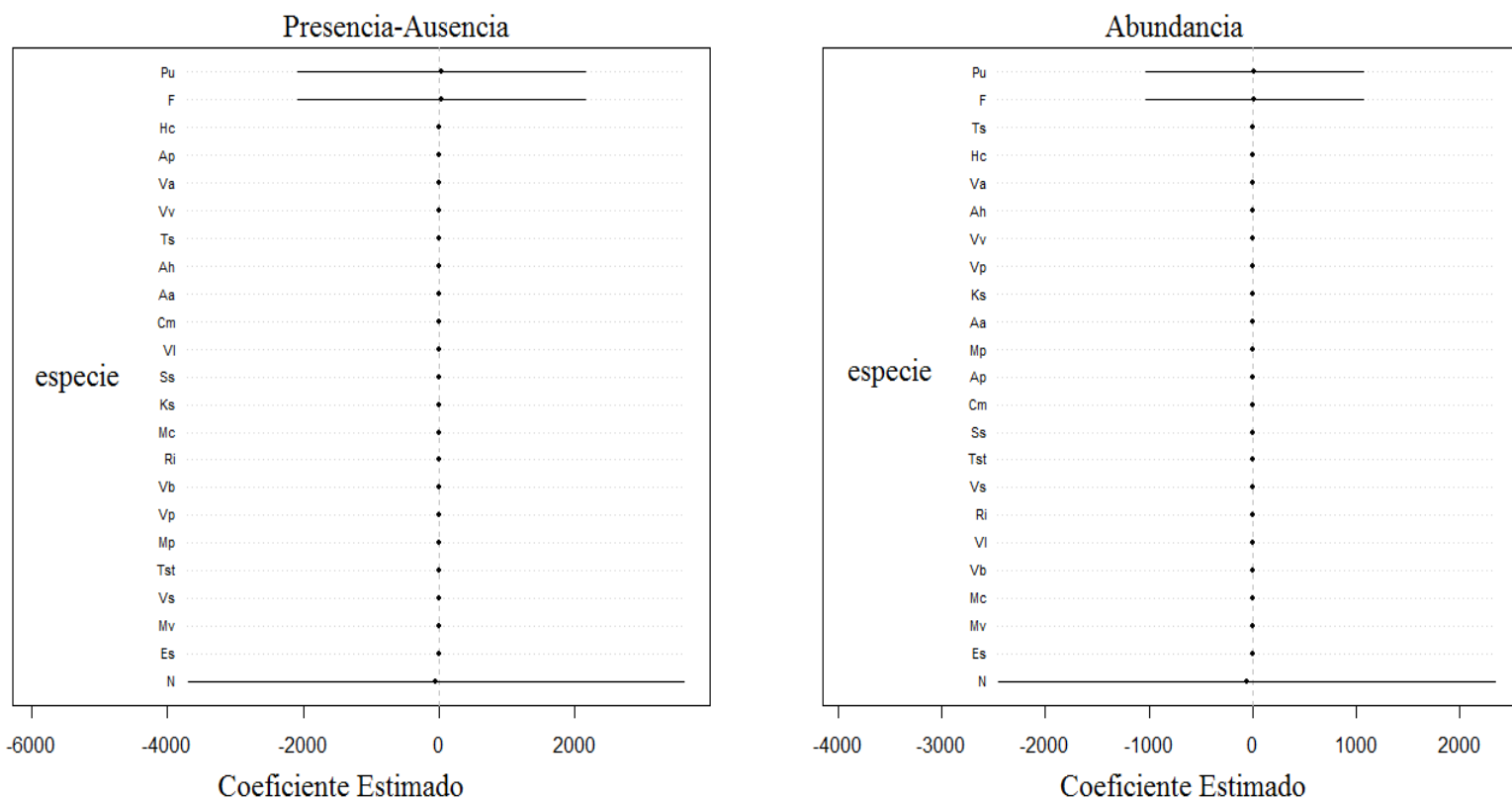


Figura 14. Efecto de la demanda bioquímica de oxígeno en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Nitratos (NO₃)

Como ya se había mencionado los nitratos son un parámetro que explica la constancia, mantención y estabilización de los contaminantes en las aguas en aguas residuales, por lo que no representaron ningún efecto en las especies. En el caso *Naegleria sp.* se puede hacer mención que su variación esta en relación a su único registro de los datos en la zona del decantador, donde su abundancia se presentó cuando los niveles nitratos fueron muy altos de 33.89 mg/l, pero en los meses subsecuentes los niveles descienden muy por debajo de este valor (29.60 a 1.22 mg/l) donde no hubo registros de esta especie.

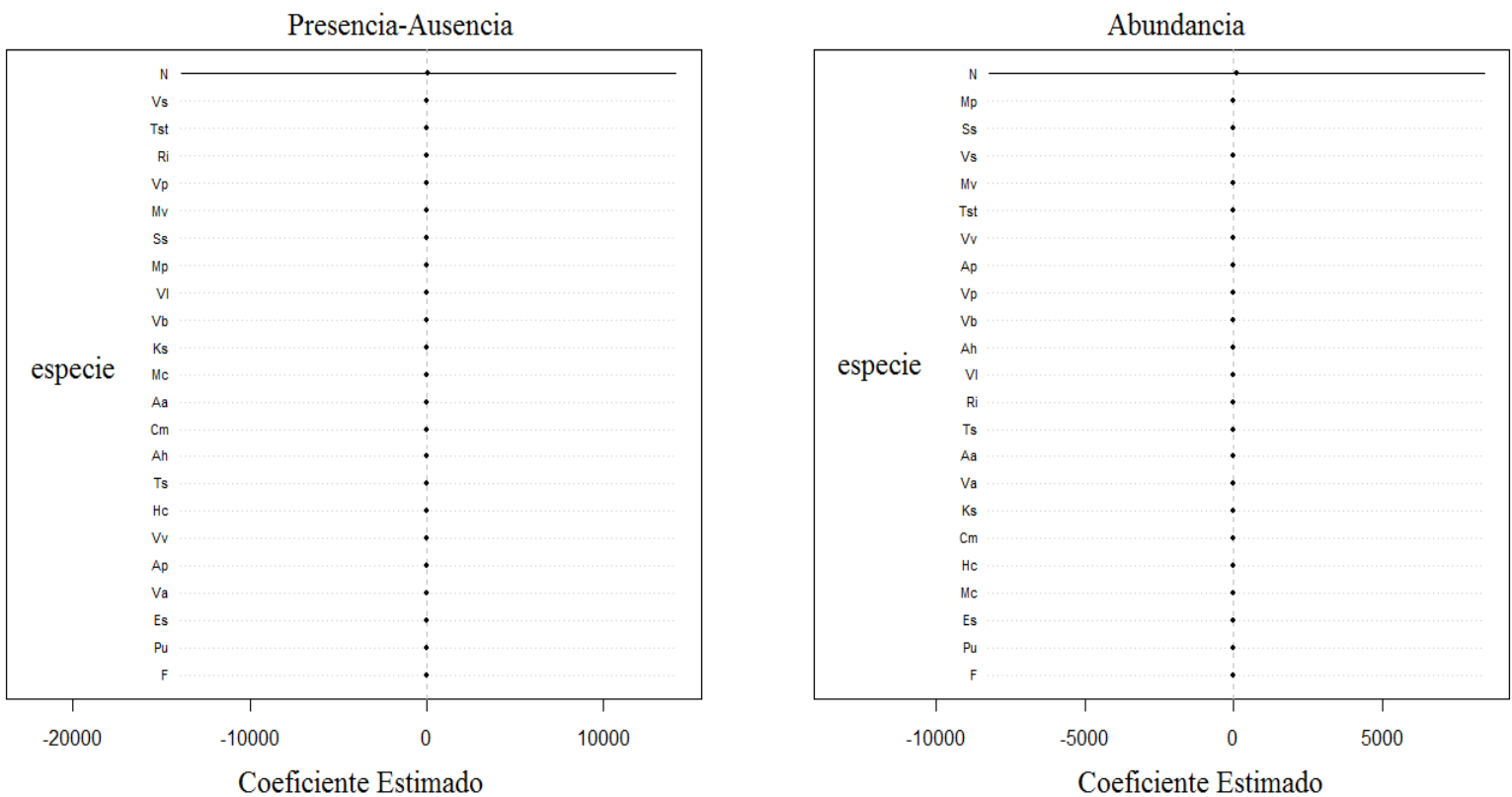


Figura 15. Efecto de los nitratos en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Nitritos (NO₂)

Los niveles de nitritos son muy bajos en todas las zonas, ya que se oxidan rápidamente a nitratos, la mayor parte de las especies presentan un efecto negativo a este parámetro. Se puede observar que en efecto las variaciones median su presencia-ausencia, pero dicha variación tiende a afectar la abundancia en diferentes grados y a más especies.

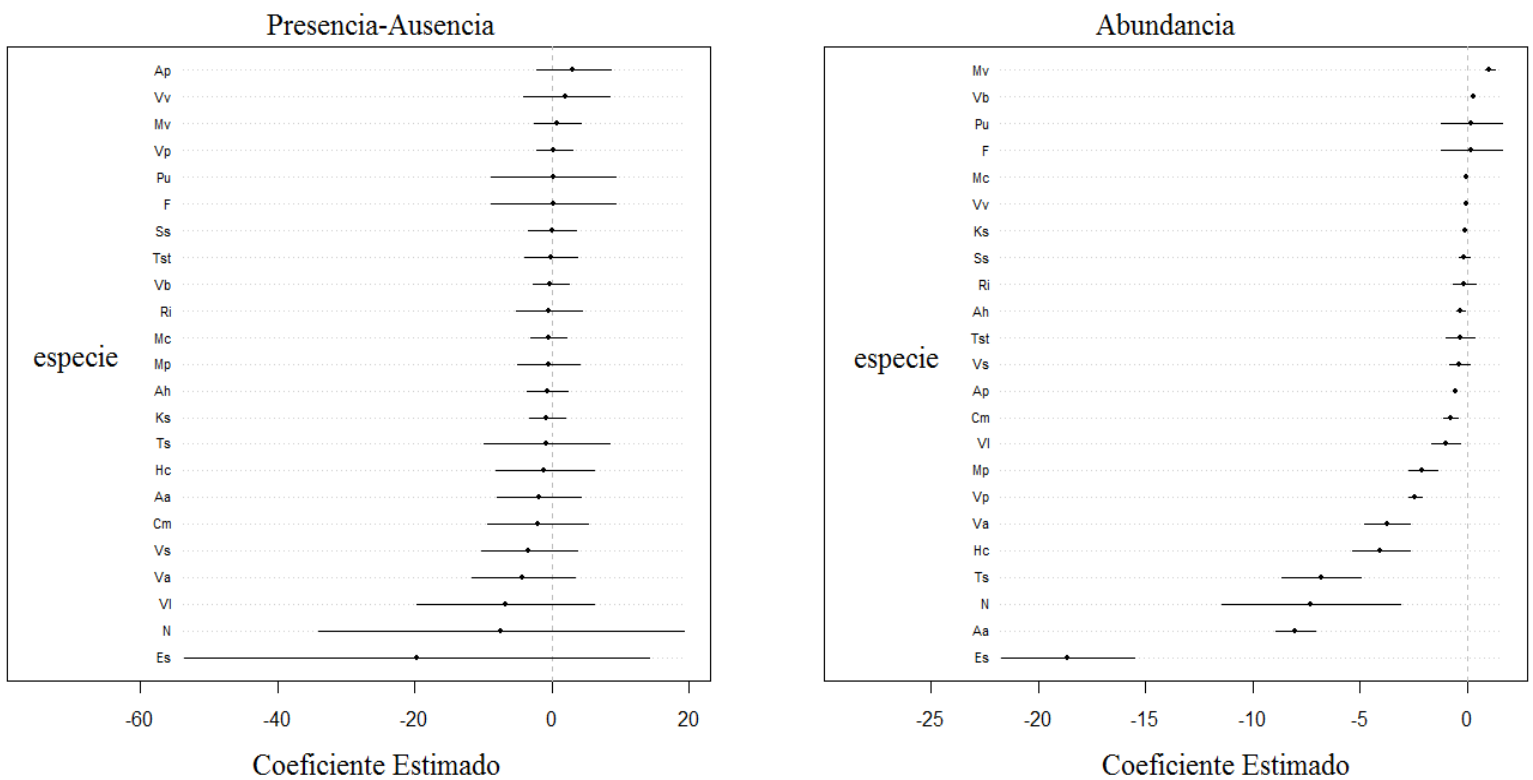


Figura 16. Efecto de los nitritos en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Conductividad ($\mu\text{S/l}$)

La conductividad representa un parámetro en que la presencia-ausencia de las especies tiene una variación de diferentes rangos pero muy cercanos al límite del coeficiente. Sin embargo, en cuanto a la abundancia, el efecto que presenta es muy diferencial; señala que las especies *Naegleria sp.* y *Thecamoeba similis* tendieron a estar más favorecidas con conductividades altas.

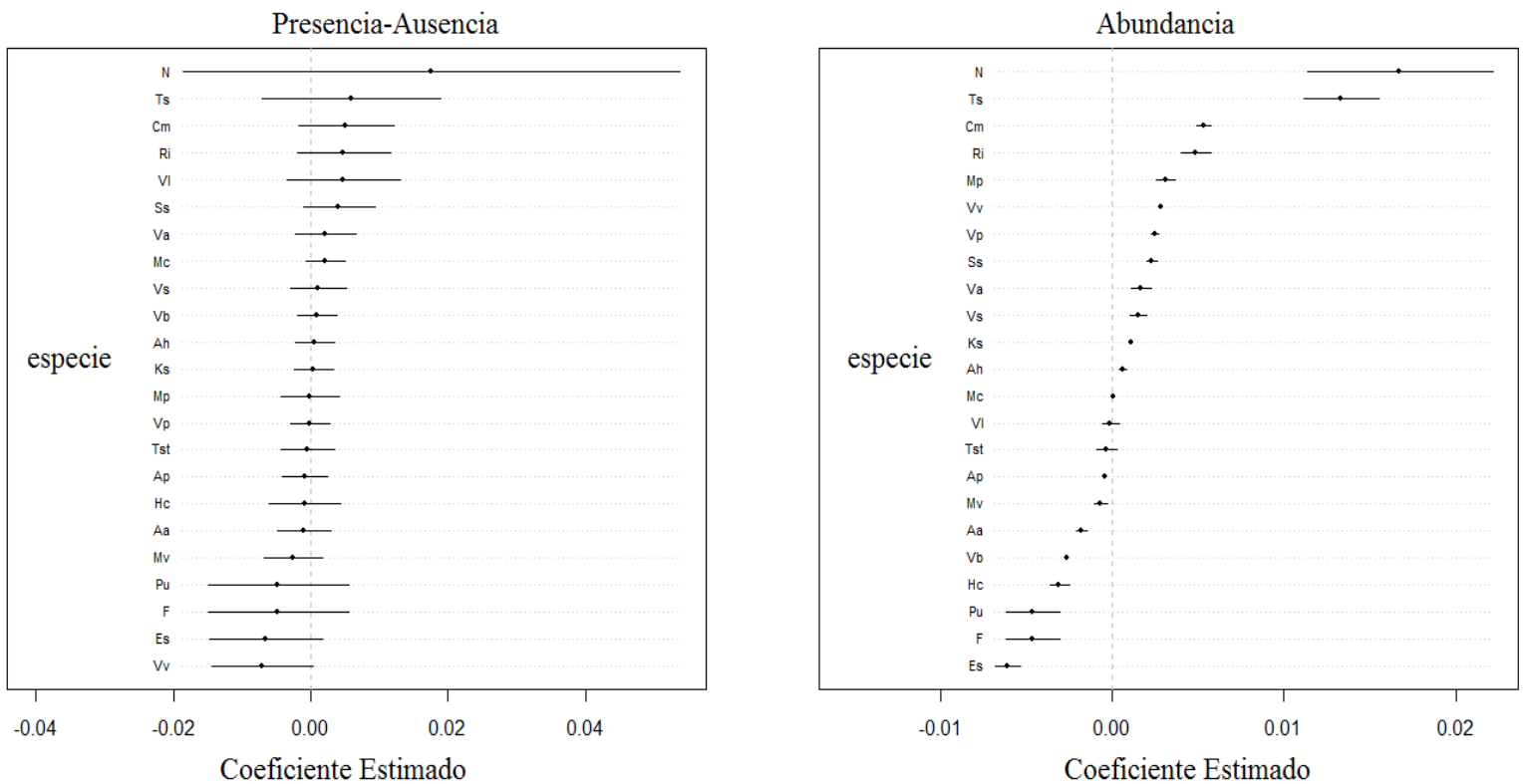


Figura 17. Efecto de la conductividad en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Fosfatos totales (PO₄)

Este parámetro tiene un efecto variado en cada especie, pero en el caso de las abundancias el rango de variación establece un amplio margen de tolerancia a sus variaciones.

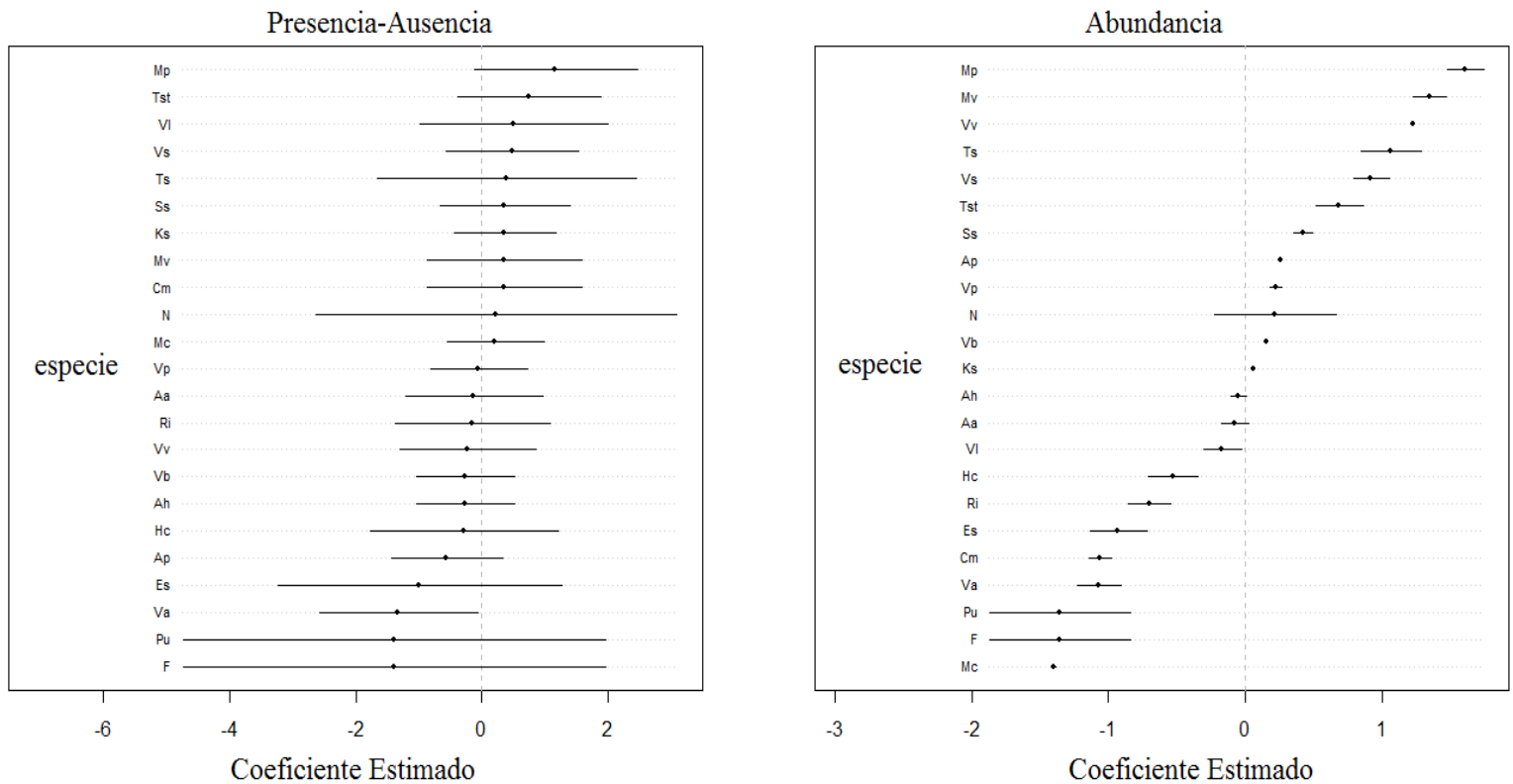


Figura 18. Efecto de los fosfatos totales en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables constituyen un parámetro en el que la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas no tuvieron efecto, ya que en todos los casos los niveles de sólidos sedimentables fueron bajos. Solo en el caso de las especies *Paravahlkampfia ustiana* y *Filamoeba nolandi* se expresa una tendencia en rangos negativos y positivos, ya que ambas especies solo fueron encontradas en la zona de entrada.

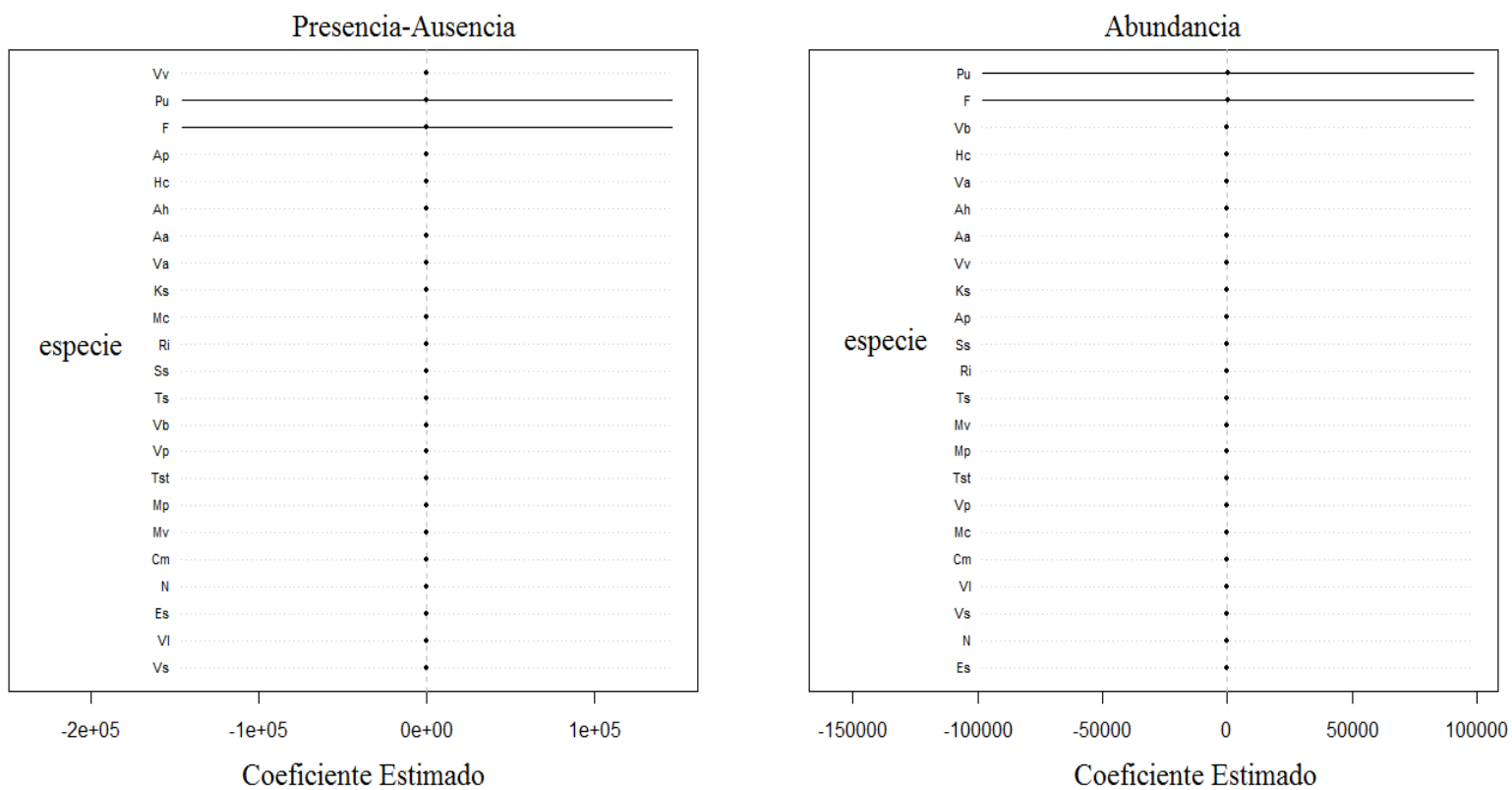


Figura 19. Efecto de los sólidos sedimentables en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos no tuvieron un efecto muy importante para las 19 especies. Para *Naegleria sp.* que expresó un factor con poco efecto en su presencia-ausencia y resultó ser más importante en su abundancia cuando sus niveles son bajos de acuerdo a los resultados obtenidos. En el caso de *Acanthamoeba polyphaga*, *Acanthamoeba hatchetti* y *Vermamoeba vermiformis* presenta un efecto poco favorable este parámetro.

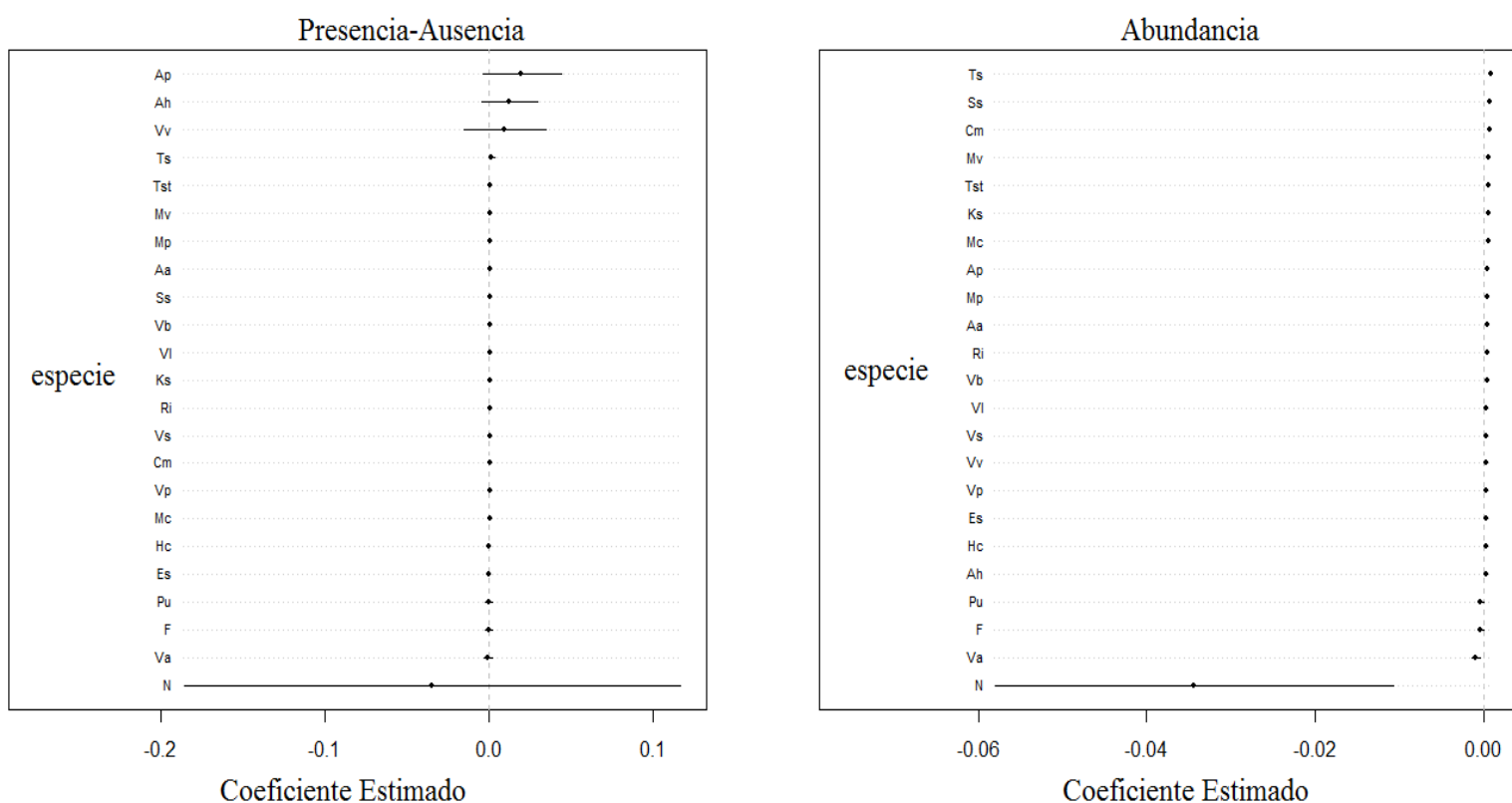


Figura 20. Efecto de los sólidos suspendidos en la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas.

De los parámetros analizados, la demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y sólidos sedimentables no tuvieron efecto. Los parámetros restantes presentaron diferentes efectos en cada población, lo que indica diferentes tolerancias a las variaciones de cada uno de ellos (Cuadro 17).

Cuadro 16. Efecto de los parámetros fisicoquímicos en las gimnamebas. Presencia-ausencia (p.a.) y abundancia (Abu), entre más elevado sea el valor tanto positivo como negativo señala dicho efecto. Valores obtenidos mediante las regresiones logística y Poisson.

	pH		Temp		O. D.		Nitritos		Conduc		Fos. to		Sol sup	
	p.a.	Abu	p.a.	Abu	p.a.	Abu	p.a.	Abu	p.a.	Abu	p.a.	Abu	p.a.	Abu
Ah	0.389	0.242	0.101	0.115	-0.356	-0.288	-0.693	-0.310	0	0	-0.274	-0.056	0.012	0
Ap	-0.061	-0.479	0.165	0.087	-0.526	-0.162	3.114	-0.528	0	0	-0.563	0.259	0.019	0
Aa	-0.206	-0.279	0.165	0.061	-1.018	-1.344	-1.910	-8.006	0	-0.001	-0.133	-0.080	0	0
Cm	-0.841	-0.793	-0.069	-0.272	-0.439	-0.839	-2.090	-0.769	0.005	0.005	0.344	-1.062	0	0
Ks	-1.109	-0.330	-0.042	0.047	-0.204	-0.834	-0.718	-0.087	0	0.001	0.353	0.060	0	0
Es	-0.340	-0.334	-0.161	-0.130	-4.212	-4.743	-19.76	-18.61	-0.006	-0.006	-1	-0.933	0	0
Fn	2.357	2.231	1.085	0.956	-1.337	-1.292	0.197	0.193	-0.004	-0.004	-1.395	-1.355	0	0
Hc	0.282	0.004	0.400	0.175	-1.279	-1.907	-1.110	-4.031	0	-0.003	-0.283	-0.530	0	0
Vv	-1.126	-0.420	0.126	0.171	-0.372	-0.022	2.059	-0.013	-0.007	0.002	-0.231	1.219	0.009	0
Mc	-0.421	-0.458	-0.140	-0.183	0.251	-1.192	-0.493	-0.001	0.002	0	0.205	-1.398	0	0
Mp	-0.204	-0.272	0.135	0.182	-0.118	-0.133	-0.509	-2.085	0	0.003	1.160	1.601	0	0
Mv	-0.551	-0.375	0.077	0.121	-0.227	-0.071	0.761	1.051	-0.002	0	0.346	1.342	0	0
N	-0.118	-0.116	0.013	0.012	-1.867	-1.776	-7.427	-7.295	0.017	0.016	0.218	0.214	-0.034	-0.034
Ri	-0.662	-0.686	-0.178	-0.256	-0.539	-0.697	-0.458	-0.147	0.004	0.004	-0.155	-0.704	0	0
Ss	-1.101	-0.690	-0.169	-0.059	-0.466	-0.505	0.031	-0.142	0.004	0.002	0.356	0.416	0	0
Ts	-0.642	-0.605	0.013	0.077	-0.716	-0.640	-0.769	-6.802	0.005	0.013	0.380	1.057	0	0
Tst	-0.561	-0.422	0.131	0.111	-0.281	-0.146	-0.156	-0.328	0	0	0.744	0.680	0	0
Va	0.419	0.292	-0.238	-0.186	0.304	0.212	-4.269	-3.740	0.002	0.001	-1.331	-1.073	0	0
Pu	2.357	2.231	1.085	0.956	-1.337	-1.292	0.197	0.193	-0.004	-0.004	-1.395	-1.355	0	0
VI	0.012	0.227	0.074	0.106	-0.421	-1.109	-6.776	-0.990	0.004	0	0.490	-0.171	0	0
Vp	-0.982	-0.545	-0.140	-0.005	-0.049	-0.416	0.296	-2.443	0	0.002	-0.055	0.219	0	0
Vs	-0.337	-0.391	0.060	0.104	-0.632	-0.741	-3.376	-0.365	0.001	0.001	0.469	0.916	0	0
Vb	0.040	0.045	-0.195	0.051	-0.112	0.279	-0.200	0.304	0	-0.002	-0.270	0.154	0	0

Relaciones entre las especies de gimnamebas

La figura 21 señala la distribución de las especies en todas las zonas y la varianza que presentan. La zona de entrada constituyó el sitio más homogéneo con 14 especies ya que en cada muestreo los registros fueron muy similares, en la mayor parte de ellas su frecuencia y abundancias no presenta mucha varianza (0.008). En el caso del reactor biológico donde se presentaron 19 especies y con un valor de varianza de 0.396 y del decantador con 15 especies con un valor de varianza de 0.244. Finalmente, las últimas dos zonas filtros con 11 especies y salida con 10 especies, presentaron las mayores variaciones (filtros con un valor de 0.671 y salida con 0.418).

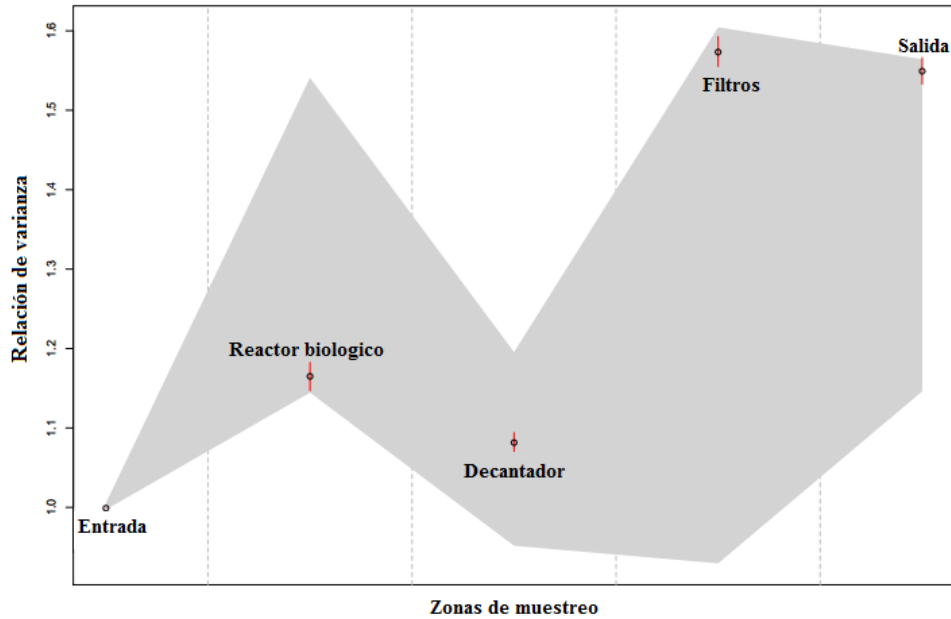


Figura 21. Varianza de especies en cada zona del tratamiento.

En la figura 22 se expresa la relación de varianza-covarianza, las campanas señalan la probabilidad en la que las especies de gimnamebas puedan formar una comunidad. Las rectas punteadas de color rojo marcan la probabilidad esperada y las rectas de color negro expresan el valor obtenido, y ya que al presentarse 3 modas en las campanas y estar en dispersión con el valor esperado resulta complicado observar un patrón en el que posiblemente las especies de gimnamebas interaccionen.

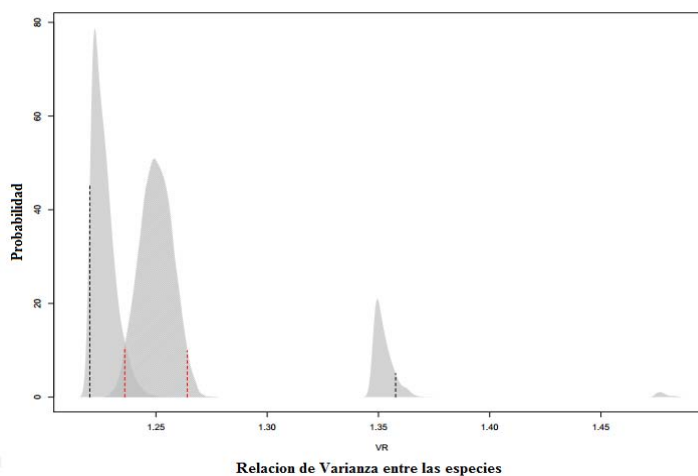


Figura 22. Relación de Varianza-Covarianza para establecer comunidades entre las especies de Gimnamebas.

DISCUSIÓN

Riqueza y distribución

Las 23 especies de gimnamebas encontradas en este estudio han sido reportadas en diferentes sistemas de tratamiento de agua residual doméstica; en todas las investigaciones y en especial este estudio, la presencia de determinadas especies está en función a la adaptación de cada uno de sus atributos a las condiciones bióticas y abióticas que se presenten en el sistema de tratamiento (Rivera *et al.*, 1985; Rivera *et al.*, 1993; Ramírez *et al.*, 1993; Gudiño, 2002; Ramírez *et al.*, 2005; Toledo, 2007; Jean *et al.*, 2010), que por lo regular está ligada a las altas concentraciones de materia orgánica, que incrementan las poblaciones microbianas (bacterias, ciliados y flagelados) que sirven de recurso alimenticio primordial para las amebas (Ramírez *et al.*, 1993).

Todas las especies estudiadas presentaron diferencias en su presencia-ausencia y abundancias. Las abundancias se incrementaron en las zonas donde hubo una mayor cantidad de materia orgánica y en sentido contrario las abundancias eran bajas conforme disminuía la materia orgánica, aunado a las variaciones de otros parámetros físico-químicos como lo ha señalado Hoffmann, *et al.*, 2001 y Thomas *et al.*, 2008. La zona de entrada constituyó un medio selectivo para muchas especies, ya que ciertas condiciones fisicoquímicas mediaron la estancia de las mismas como lo fueron la temperatura y nitritos. Las zonas del reactor biológico y del decantador fueron las que presentaron la mayor riqueza y abundancias por la gran cantidad de recursos disponibles. Mientras que las zonas de filtros y salida presentaron la menor riqueza con 11 y 10 especies respectivamente, ya que existe una menor cantidad de recursos.

Acanthamoeba polyphaga, *Korotnevella stella*, *Vermamoeba vermiformis*, *Mayorella cultura* y *Vexillifera bacillipedes*, presentaron las mayores frecuencias, abundancias y una distribución en todo el sistema. El resto de las amebas se presentaron en un menor número de individuos y sólo en algunos sitios del sistema, por lo que sus frecuencias fueron bajas, que al sumarlas representaron el 3% del total, por lo que se podría decir que existen condiciones selectivos para ciertas especies.

Las especies *Acanthamoeba astronyxis*, *Acanthamoeba polyphaga* y *Acanthamoeba hatchetti* tuvieron importante presencia en el sistema de tratamiento, siendo las dos últimas, las más distribuidas en todas las etapas del sistema. Diversos autores reportan que el género

Acanthamoeba tiene una amplia distribución y abundancias muy elevadas en el ambiente, posiblemente relacionado a las características que presenta su quiste (ectoquiste que contiene lípidos y proteínas y el endoquiste con celulosa), lo que le confiere la propiedad de resistir condiciones extremas (Gudiño, 2002; Visvesvara *et al.*, 2007). Cabe señalar que las tres especies han sido reportadas como patógenas, y las dos últimas se registraron en las etapas finales, por lo que podrían constituir un riesgo sanitario (Rodríguez *et al.*, 2009; Visvesvara, *et al.*, 2007; Visvesvara, 2010); también en este caso, las amebas del género *Acanthamoeba* y *Vermamoeba vermiformis* se han reportado como vectores de bacterias patógenas o de algunos virus, lo que representa un riesgo adicional (Jean, *et al.*, 2010).

Las especies de los géneros *Vermamoeba*, *Echinamoeba*, han sido reportadas frecuentemente en aguas epicontinentales (Kyle *et al.*, 1986), lo que podría señalar su estancia en cualquier tipo de aguas dulces. También las especies de los géneros *Naegleria*, *Vahlkampfia* y *Paravahlkampfia* han sido señaladas parte de diversas comunidades acuáticas sensibles a cambios químicos, lo cual está relacionado con la presencia en determinadas zonas del sistema, y podría estar solucionado por la dispersión a otras zonas por medio de su estadio amebo-flagelar, además de su quiste que también le permite resistir ciertas condiciones (Page 1988; Smirnov *et al.*, 2004; Visvesvara *et al.*, 2007).

Los géneros *Mayorella*, *Vannella*, *Vexillifera*, *Korotnevella* y *Thecamoeba* no presentan estructuras de resistencia (quiste), pero se menciona que son capaces de aprovechar al máximo el incremento de recursos alimenticios en ambientes naturales para aumentar el número de individuos de sus poblaciones (Anderson *et al.*, 1988), lo que podría explicar su presencia en el sistema de tratamiento, siendo la única restricción las variaciones físico-químicas que se dan en el sistema, ya que por ejemplo las especies de *Thecamoeba* y *Mayorella vespertiloides* solo se encontraron en una sola zona de estudio.

Se ha reportado que las amebas tienden a incrementar su abundancia en ciertos meses y/o estaciones del año (relacionada con la temperatura ambiental), principalmente en verano (Kyle *et al.*, 1986; Ettinger *et al.*, 2003), pero en este estudio no presentaron ninguna temporalidad a través del año de estudio, ni las abundancias, ni mucho menos la diversidad (el índice de Shannon-Wiener) se vieron incrementadas en alguna temporada, esto se puede deber a que el

sistema de tratamiento es un ambiente artificial y las variables que las afectan en un ambiente natural, no lo hacen en estos sistemas.

Como ya se mencionó las abundancias relativas se incrementaron en las zonas donde el recurso alimenticio se encontraba en mayor cantidad (entrada, reactor biológico y decantador), disminuyendo en donde el alimento era más limitado. Las 7 especies que presentaron distribución en todo el sistema, mostraron diferentes abundancias en las tres primeras zonas, pero conforme disminuyó la materia orgánica, las abundancias y la riqueza específica se vieron reducidas (Hoffmann *et al.*, 2001; Thomas *et al.*, 2008).

En el artículo de revisión realizado por Jean *et al.*, en el 2010, señalaron que ciertas amebas pueden encontrarse presentes en etapas finales de los tratamientos, esta característica se presentó de igual manera en las etapas de filtración de este trabajo, en particular hacen mención en que una especie común en estas etapas es *Vermamoeba vermiformis* (especie presente en este sistema). Esto indica que, independientemente de la planeación del tratamiento, la presencia de ciertas especies de amebas estará relacionada con sus características biológicas que le permitan tolerar condiciones tales como de filtración, cloración, entre otras específicas del tratamiento terciario de cada sistema (Thomas *et al.*, 2008).

Con respecto a utilizar a las gimnamebas como posibles especies indicadoras, se observó que 15 de ellas tuvieron una distribución en la mayor parte del sistema, por lo que se pueden catalogar como organismos euribiontes; por tal motivo estas no podrían ser consideradas como indicadoras de calidad del agua. En el caso de *Vahlkampfia avara*, *Vannella lata* y *Mayorella penardi* su distribución fue discontinua, ausentándose en una zona intermedia, este hecho se podría adjudicar a que en esa zona existieron condiciones que afectaron a su población. Las 8 especies restantes serían catalogadas como organismos estenobiontes debido a su restricción espacial, pudiendo ser una alternativa como indicadores de calidad de agua (Luna, *et al.*, 1988, Luna, *et al.*, 1990, Luna 2006).

Sin embargo, las especies amebianas antes mencionadas presentaron abundancias relativas muy bajas, lo que podría afectar de manera importante la propuesta como especies indicadoras. También es importante mencionar que no existe información de las gimnamebas como indicadoras de calidad del agua, ya que existen problemas en el conteo directo de las amebas y en

la identificación. Por último debido a las restricciones que se presentan en este índice, es conveniente solo caracterizar propiamente a ese sistema sin ser comparado con otros, ya que las variaciones que se presentan en las aguas y las distribuciones de estos organismos afectan la comprensión del mismo (Sládecek, 1964). Por tal motivo esta solo fue una propuesta para considerar a estas especies como un indicador de calidad.

Cuadro 17. Propuesta de especies de gimnamebas en el sistema saprobio, comparando los valores de DBO₅ obtenidos en los muestreos con la referencia de Luna, *et al.*, 1988.

Espece	Tipo de sistema saprobio al que puede ser indicador	DBO ₅ en el sistema mgO ₂ /l	DBO ₅ (Luna, <i>et al.</i> , 1988) mgO ₂ /l
<i>Filamoeba nolandii</i>	Isosaprobio	152-350	40-400
<i>Paravahlkampfia ustiana</i>			
<i>Hartmannella cantabrigiensis</i>	Isosaprobio α-Mesosaprobio	152-350 y 1.9-12.7	40-400 y 5-10
<i>Mayorella vespertiloides</i>	α-Mesosaprobio	1.9-12.7	5-10
<i>Thecamoeba similis</i>			
<i>Thecamoeba striata</i>			
<i>Naegleria sp</i>			
<i>Echinamoeba silvestris</i>			

Parámetros físico-químicos y su efecto en las especies de gimnamebas

Como ya se mencionó las condiciones productivas en la empresa son variables en todo el año, por tal motivo los contaminantes vertidos en las aguas fluctúan constantemente, reflejándose en los parámetros de las aguas que ingresan al sistema de tratamiento, los valores de cada parámetro tienden a tener una desviación estándar muy dispersa, lo que confirma lo antes mencionado.

Se había supuesto que si la misma empresa mantenía los procesos productivos y/o cantidades de reactivos controlados, los mismos parámetros físico-químicos presentarían una distribución normal poco variable. Pero se puede observar que la zona de entrada presenta la mayor parte de los parámetros con tendencia normal, solo los sólidos sedimentables no presentaron esta tendencia, probablemente esto se deba a que la muestra se tomó exactamente en la zona donde fluye el agua que ingresa al reactor biológico, por lo que los sólidos contenidos no presentan no son constantes.

En el caso del reactor biológico la temperatura en los meses de diciembre y enero, disminuye considerablemente. En el caso del oxígeno disuelto tampoco se presentó el patrón de normalidad, probablemente debido a su requerimiento para los procesos metabólicos bacterianos influyen en estos valores. En el caso de la materia orgánica (DBO_5) posiblemente sea debido a dos cuestiones, la primera es que el contenido de materia orgánica en las aguas que ingresan al reactor tienden a variar, y en segundo lugar los lodos activados que son retornados del decantador al reactor para mantener la constancia de las condiciones bióticas del licor mezclado, podría influir en este parámetro. Finalmente en el caso de los sólidos sedimentables, los valores de las muestras tienden a oscilar ya que la aeración constante del reactor influye en este parámetro.

Debido a que en el decantador se presentaron valores de pH ácidos es posible que el contenido de materia orgánica sea suficiente para que los organismos descomponedores presenten efecto en la DBO_5 . En las etapas finales del tratamiento existe una diferencia en los parámetros, posiblemente se deba a la misma eficiencia de los filtros ya que eliminan los químicos excedentes del tratamiento primario.

Potencial de Hidrógeno (pH)

En todo el sistema las aguas tienen el carácter de ácidas, aproximándose a ser neutras. En el caso del agua de entrada, los valores fluctúan entre 5.4-7.6. Probablemente esto se deba a que en la empresa textil se emplean colorantes “azo” ácidos, por lo que su fijación se realiza con compuestos de la misma naturaleza (como lo son el H_2SO_4 , HCl , HCH_2COOH entre otros), por esta razón se podría asumir valores ácidos.

En el caso de las zonas del reactor, decantador y filtros, los valores de pH se mantienen poco variables lo cual es normal debido a la acción biológica de las bacterias y otros organismos descomponedores (Metcalf y Eddy, 2003).

El agua de la salida, presentó una mayor variación de pH lo que implica un efecto en las comunidades microbianas, ya que solo las más competentes podrían proliferar en dichas condiciones, por ejemplo en el muestreo número 8 el valor disminuyó a un pH 3.8 y se encontraron 5 especies, todas con bajas abundancias y en el caso del muestreo número 11 se

presentó un pH de 8.14 y se encontraron 6 especies pero todas ellas con diferentes abundancias. Posiblemente esta variación se debe a que los filtros son “retro-lavados” con H₂SO₄ para eliminar los residuos acumulados en los filtros de resina que proceden de los de arena de cuarzo donde se tomaron las muestras; por tal motivo cuando son retro-lavados el exceso de este ácido disminuye el pH y cuando los residuos se acumulan en los filtros el pH puede elevarse, siendo muy alcalinos.

De acuerdo a las pruebas estadísticas el pH es un parámetro con diferentes efectos sobre las gimnamebas, las cuales presentan diversos intervalos de tolerancia a esta variable. Asumiendo que desde la zona de entrada hasta los filtros el pH se encuentra entre los rangos de 5.4 a 7.48 la mayor parte de las especies se ajustan a estas condiciones. En la zona de salida, el pH tiende a ser más variable, desde 3.8 hasta los 8.14, por lo que se puede denotar que sea un factor importante para muchas especies.

Las especies *Paravahlkampfia ustiana* (Pu) y *Filamoeba nolandi* (F) presentaron los mismos valores en la presencia-ausencia y abundancia, y se detectaron a pH poco alcalinos (7.4). Además, este parámetro constituyó un efecto con menor grado en las especies para sus abundancias.

Temperatura (°C)

Metcalf y Eddy, en el 2003 señalaron que las temperaturas de las aguas residuales están acorde a la localización geográfica, temporadas del año y al uso que se le dé. En este caso, ya que las temperaturas utilizadas en la empresa son muy elevadas para los procesos productivos, al entrar al sistema de tratamiento se ajustó a lo mencionado por los anteriores autores, además en los últimos meses se presentó un descenso de temperatura, lo cual podría estar determinado por la temporada del año y que en los muestreos de diciembre y enero la empresa disminuye labores productivas.

De igual manera que el pH, la temperatura constituye un parámetro que determina la presencia de las especies en el sistema de tratamiento. En el caso de la presencia-ausencia la mayor parte de las especies presentan valores próximos al cero, se asume que esta condición se debe a que

regularmente las temperaturas son elevadas en el sistema por lo que no afectan las presencias de las mismas.

En el caso de las abundancias, la variación de la temperatura tiene influencia en el número de individuos presentes, de igual manera que en el caso del pH las especie *Paravahlkampfia ustiana* (Pu) y *Filamoeba nolandi* (F) se presentaron cuando en la zona de entrada los rangos de temperatura fueron elevados, por lo que estas especies se favorecen a mayores incrementos de la misma. En el caso de las demás especies su corto rango estaría en función a que se encuentran a temperaturas menos variables del mismo sistema.

Oxígeno disuelto (OD)

Es claro que en el reactor biológico se presenten niveles bajos, por los requerimientos para el metabolismo bacteriano. Sin embargo en el caso del decantador, los niveles bajos se deben por el contenido de materia orgánica que prevalece y los microorganismos descomponedores, que al consumir la misma, conlleva disminuciones en el pH (Luna *et al.*, en el 1988).

Considerando que para estas especies de gimnamebas la disponibilidad de oxígeno es importante para sus procesos metabólicos, el análisis expresó que cada especie tiene diferentes tolerancias a este parámetro, por lo que la mayor parte presentan valores negativos, indicando que la disminución de oxígeno repercute en sus funciones biológicas.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ disminuyó a lo largo del sistema, se puede mencionar que resulta eficiente el tratamiento de acuerdo a lo mencionado por Luna *et al.*, en el 1988. Indudablemente, al mantener las temperaturas elevadas y disminución del pH por el metabolismo bacteriano se mantuvo el proceso.

Ninguna especie estuvo sujeta a la variación de este parámetro fisicoquímico. Probablemente esto se deba a que independientemente de los requerimientos metabólicos para degradar la materia

orgánica por parte de los descomponedores, estas especies se encontraran adaptadas al sistema de tratamiento, por lo que las especies de gimnamebas estarán ligadas a sus respectivas presas.

También en el caso del DBO_5 se vio que a pesar de que disminuía en cada una de las etapas y que dentro de cada una de ellas se presentaban variaciones, la diversidad (H') de gimnamebas no se veía relacionada con esta disminución. Por ejemplo, la zona de salida tuvo la menor cantidad de materia orgánica pero la mayor diversidad, lo cual puede estar relacionado con lo antes mencionado por Thomas *et al.*, 2008, que estableció que existen especies capaces de tolerar las condiciones finales del tratamiento. Las abundancias de estas especies fueron bajas por la escasa cantidad de recursos disponibles en este medio, pero fueron más equitativas. Con respecto a las zonas restantes los valores de diversidad al no ser afectados por la cantidad de materia orgánica, se puede establecer que los otros parámetros influyen en las abundancias de las mismas.

Solo en el caso de las especies *Paravahlkampfia ustiana* (Pu), *Filamoeba nolandi* (F) y *Naegleria* sp. (N) tuvieron una variación en rangos negativos y positivos, lo que podría expresar cierta afinidad a especies bacterianas consumidoras de materia orgánica en ese sistema o a determinada materia disuelta o suspendida.

Nitritos (NO_2) y Nitratos (NO_3)

Es probable que durante los procesos de teñido el empleo de los colorantes azo al romperse sus enlaces, formen aminas que resultan ser tóxicas para muchos organismos, pero al oxidarse se forman nitritos, lo cual sería un indicio de que se deben de evaluar estos compuestos ya que podrían afectar el mismo proceso depurativo (Shaul *et al.*, 1991). También es importante mencionar que aunque no se consideró determinar los metales pesados en este trabajo, en investigaciones previas se ha determinado el efecto de los mismos por procesos industriales en la nitrificación de lodos activados, por lo que podría ser también un factor para que ciertos valores de nitritos fueran elevados o variaran (Sheng *et al.*, 2009). Por esta razón, la mayor parte de las especies presentan un efecto negativo a este parámetro. Se puede observar que en efecto las diferencias median su presencia-ausencia, pero tiende a afectar la abundancia en diferentes grados y a más especies.

Los nitratos son un parámetro que explica la constancia y estabilización de los contaminantes en las aguas, por tal motivo no representaron ningún efecto en las especies. En el caso *Naegleria sp.* expresa que tiene una relación a su único registro en la zona de del decantador, donde su abundancia relativa se presentó cuando los niveles nitratos fueron muy altos de 33.89 mg/l y debido a que en los meses subsecuentes los niveles descienden muy por debajo de este valor (29.60 a 1.22 mg/l) probablemente en este sistema de tratamiento su presencia se vio afectada en la disminución de nitratos.

Conductividad

La conductividad representa un parámetro en que la presencia-ausencia de las especies tiene diferentes rangos de efecto. Sin embargo, en cuanto a la abundancia, el efecto que presenta es muy diferencial; señala que las especies *Naegleria sp.* y *Thecamoeba similis* tienden estar más favorecidas a valores más elevados.

Resulta complicado evaluar cuales tipos de sales afectan a cada especie, ya que la conductividad solo determina la facilidad que presenta el agua residual al paso de corriente eléctrica (aunado al factor que ocasionan las altas temperaturas presentes en las aguas). Indudablemente, esta prueba expresó el hecho de que estos iones tienen influencia considerable para las especies, mediando su presencia y abundancia, por lo que sería conveniente evaluar cuales afectan a las especies y la manera en que lo hacen.

Fosfatos totales

Aunque este tipo de agua es de origen industrial, estos rangos se encuentran por debajo a los señalados por Metcalf y Eddy, en el 2003 en aguas residuales domésticas que establecen entre los el rango de 4 y 16 mg/l, por lo que se podría asumir que los compuestos de fosforo generalmente son bajos en la producción de las lanas.

De acuerdo a las regresiones lineales este parámetro tiene un efecto en las especies, pero en el caso de las abundancias el rango de variación establece un amplio intervalo de tolerancia las fluctuaciones de los fosfatos en cada mes. Las especies que presentaron el efecto neutral y/o poco positivo son las que tuvieron la distribución total, por lo que se podría especular que estas especies se encuentran en mayor grado adaptadas a las variaciones de los fosfatos presentes, mientras que las especies que tuvieron una distribución restringida algunas de ellas estarían beneficiadas y otras perjudicadas.

Sólidos totales (sólidos sedimentables y sólidos suspendidos)

Los sólidos representan toda la materia biológica y no biológica que se encuentra en el efluente, contiene muchos sólidos trazas que no son eliminados en las cribas antes del tanque de homogenización, y se estabilizan en bajos rangos (sólidos sedimentables entre 0.080-1.60 mg/l y sólidos suspendidos entre 61-129 mg/l). En el caso del reactor biológico los niveles se incrementan por los flóculos presentes, y son en mayor cantidad los suspendidos por la constante aeración mecánica, mientras que los sedimentables disminuyen en mayor proporción. Finalmente, en el tratamiento terciario los niveles disminuyen por las 4 etapas de filtración y por el empleo de coagulantes químicos que concentran los sólidos diluidos.

Los sólidos sedimentables constituyen un parámetro en el que la presencia-ausencia y abundancia de las especies de gimnamebas no tienen efecto, ya que en todos sus casos sus niveles son bajos. Solo en el caso de las especies *Paravahlkampfia ustiana* y *Filamoeba nolandi* se expresa una tendencia a variar en rangos negativos y positivos, ya que ambas especies solo fueron encontradas en la zona de entrada por lo que para estas especies no está definido que efecto tendría este parámetro.

Ya que el reactor biológico se encuentra en constante aeración mecánica, la mayor parte de los microorganismos tienen que estar presentes suspendidos en la columna del licor mezclado, y otras especies adheridas a las zonas litorales de las paredes del reactor. Mientras que en las zonas restantes el flujo del efluente es periódicamente constante por lo que su acumulación de los sólidos es muy escasa.

Los sólidos suspendidos no representan un efecto importante para 19 especies, esto se puede deber a que la materia flotante es del mismo tipo, por lo que las especies se encuentran adecuadas

a estas partículas suspendidas. En el caso de *Acanthamoeba polyphaga*, *Acanthamoeba hatchetti* y *Vermamoeba vermiformis* presenta un efecto poco favorable este parámetro.

Comparando los resultados de esta investigación con trabajos anteriores, donde se han establecido que ciertos parámetros tienen mayores o diversos efectos en las poblaciones de gimnamebas en función a su zona de trabajo (aguas subterráneas, cuerpos de agua lénticos y lóticos, etc.), se puede mencionar que por ejemplo Loret *et al.*, 2008 no encontraron una correlación ante la temperatura para la densidad y riqueza de amebas en un amplio rango de temperaturas (7-28.5°C) en aguas superficiales utilizadas como fuentes de agua potable. Lo cual en este trabajo, a pesar de que las temperaturas fueron mayores y las condiciones de las mismas aguas fueron diferentes, presentaron efectos en las especies presentes. Indudablemente otros trabajos señalan que las mismas especies sí presentan efectos favorables a temperaturas más elevadas, tal el caso de las termófilas como *Naegleria fowleri*; sin embargo eso denota las diferentes adaptaciones locales que presentan dichas poblaciones a las condiciones de cada ecotopo.

En el caso del oxígeno disuelto y pH, ambos parámetros son importantes para las comunidades microbianas. Como ya se mencionó, las especies de amebas requieren en su metabolismo el oxígeno para oxidar sus nutrientes y en el caso del pH, que está influenciado por los ciclos biogeoquímicos que presentan ciertas bacterias al degradar la materia, las especies de amebas presentan una gran correlación a las fluctuaciones de este parámetro que por lo regular se han reportado en rangos poco ácidos a neutros.

Se ha señalado que una mayor cantidad de materia orgánica, sólidos presentes influyen de manera importante en la diversidad de especies y abundancias de las amebas (Loret *et al.*, 2010), lo cual está relacionado en este trabajo, ya que estos parámetros presentan una condición neutral en las especies, y a su vez es un indicio que expresa que son recursos sumamente esenciales, que sin ellos la estancia de las amebas no sería posible.

Eficiencia del tratamiento

Con respecto a la eficiencia del tratamiento se puede observar en el cuadro 9, que dependiendo al parámetro, disminuyen eficientemente en el tratamiento como en el caso de DBO₅ (disminuye en

un 90%), NO₂ (en un 60%), sólidos sedimentables (en un 70%) y suspendidos (en un 80%). En el caso de pH los valores se aproximan a la neutralidad y los valores de OD y NO₃ se incrementan por la estabilidad de las aguas. La temperatura, conductividad y fosfatos totales son valores que disminuyen poco dentro del sistema.

Por esta razón se puede mencionar que el sistema de tratamiento mantiene constante la remoción de contaminantes hasta en un 95%, para que el agua final mantenga la misma calidad durante todo el año para su reutilización en los procesos industriales textiles. Sin embargo, en relación a los valores presentados en los parámetros y a lo mencionado en los procesos de esta empresa, las condiciones del agua varían considerablemente, lo cual se ve señalado en los clúster realizados en cada zona, donde se acomodó a los muestreos en relación a las similitudes que presentaron, por tal motivo se puede mencionar que no existe un claro proceso de “lotes” o periodos en los que la empresa destina u orienta una producción en ciertas temporadas del año.

Estos procesos aleatorios, influyen de manera sustancial en las poblaciones de gimnamebas que se encuentran presentes en el sistema de tratamiento, lo cual puede ser observado en las pruebas estadísticas de los efectos que presentan los parámetros en las mismas, lo que sugiere que se encuentra en constante selección a las condiciones de este medio. Aunado a esto, las interacciones biológicas intra específicas que no fueron consideradas en esta investigación, juegan un papel impórtate en la ecología y evolución de las gimnamebas en éste y cualquier sistema de tratamiento, además de cualquier medio contaminado (Soberón, 2011).

Relaciones entre Gimnamebas

Se esperaba que en el índice de diversidad la zona del reactor biológico presentara la mayor diversidad, seguido del decantador, entrada, filtros y salida. Pero el análisis señaló que la salida tuvo el valor más alto de este índice (1.307), seguido del decantador (1.282), reactor biológico (1.078), filtros (0.880) y entrada (0.764), pero se debe de tomar en cuenta que este análisis considera a las especies presentes con abundancias similares para representar el grado de diversidad, lo que sucedió en las zonas de zona del decantador y salida.

El ANOVA realizado en el índice de diversidad expresó que todas las zonas presentan diferencias por las especies que las conforman, pero los mayores valores oscilaron a los señalados en

ecosistemas naturales, que van desde 0,5 y 5 (entre más elevado sea el valor, mayor diversidad presenta el medio estudiado), siendo el promedio general en el sistema de 1.062, lo cual indica que este ecosistema artificial presenta una uniformidad por la distribución de las especies que componen todo el sistema. Esto fue confirmado en la prueba Tukey (LSD) ya que presentaron valores relacionados en cada sitio de muestreo y en particular con el reactor biológico que es donde se presenta la mayor riqueza (Roldán, 1999).

Al compararse el valor mensual de H' y H'_{\max} puede observarse claramente que en ningunos de los muestreos se presentan diversidades tan elevadas, o expresado de otra manera el número de individuos presentes de cada una de las especies es diferente, lo cual se denota en los valores bajos de equitatividad (las abundancias no están igualmente distribuidas). Solo en el caso de la zona de salida presento la mayor equitatividad, ya que en la mayor parte de los muestreos las especies presentaron abundancias similares.

También si se compara los valores de H' con los clúster de cada uno de los muestreos en todas las zonas, se puede apreciar algunas similitudes y explicaciones del porque el aumento y decremento de la diversidad. Por ejemplo en el caso de la salida en el mes de febrero se presentó una diversidad de 1.318 y en el clúster esta zona estuvo independiente al resto de las demás, lo que señala que los factores bióticos y abióticos tuvieron sus propias características, los meses de marzo y enero presentaron una mayor similitud y mayor parecido al mes de febrero, sus valores de diversidad fueron 1.291 y 1.599, esto podría ser interpretado que en el mes de marzo a pesar de presentar condiciones diferentes la diversidad se mantiene con respecto al mes anterior.

Otro ejemplo de igual manera en esa zona en los meses julio, agosto, septiembre y octubre, que tienen la mayor similitud en cuanto las variables, en el caso del valor de diversidad este disminuye, presentándose 0.983, 0.693, 0 y 1.609. Esto puede indicar que del mes de julio al de agosto las condiciones comenzaron a cambiar gradualmente, afectando a las poblaciones de gimnamebas hasta llegar al mes de septiembre en el que posiblemente fueron más extremas, disminuyendo el número de individuos presentes. Finalmente en el caso del mes de octubre el incremento podría ser explicado ya sea porque el agua que ingresaba a esta zona comenzó a tener condiciones menos adversas, o en su defecto las condiciones de agua se mantuvieron poco variables por lo que las especies comenzaron a reproducirse con menos afectaciones.

El análisis de correlación canónica mostró cuales especies se encuentran relacionadas, expresando 4 grupos posibles que se encuentran correlacionados, lo cual podría indicar que es un medio conformado por diversas comunidades que se ajustan a diferentes condiciones, que al estar sujetas cada una de ellas en diferentes medidas a los parámetros, tienden a competir por su nicho en ese sistema. Sin embargo, ya que no se consideraron otros grupos de especies, el análisis de varianza-covarianza señaló que las especies no presentan un patrón comunitario (Schluter, 1984), a lo que se podría interpretar de 3 maneras:

- 1.- El sistema de tratamiento está conformado por una comunidad, en donde las especies de gimnamebas solo constituyen una parte de las mismas (niveles tróficos, consumidores primarios y secundarios), por lo que es necesario considerar a más especies para establecer dicha relación. O en su defecto existen diferentes comunidades independientes las cuales están en constante ajuste por las variables abióticas, y por esa razón las especies gimnamebas no presentan relaciones bióticas.
- 2.- Las especies de gimnamebas que se encontraron en el sistema presentan un patrón independiente a las condiciones abióticas, por lo que se ajustan a un modelo neutral (si las oportunidades son óptimas se encontrarán) y no formaran parte de comunidades microbianas.
- 3.- Las amebas presentan diferentes nichos, los cuales podrían estar en función a la explotación de sus recursos, limitados en relación a la variación-efecto que se observó de los parámetros fisicoquímicos ya que esto influyo de diferentes maneras a las especies en su ambiente, por lo que el análisis de varianza-covarianza expreso esa correlación.

Estas consideraciones deberían de ser tomadas en cuenta para futuras investigaciones, ya que a pesar de que la importancia de este grupo es enorme, el solo centrarse en el mismo, limitaría su comprensión, por lo que las interacciones con otras especies ayudarían a comprender su biología, además de que ayudarían a comprender las interacciones en sistemas artificiales para beneficiar el mismo proceso de tratamiento.

CONCLUSIONES

- I. El sistema de tratamiento de la industria textilera estudiada es eficiente ya que remueve hasta el 95% de los contaminantes, sin embargo el proceso de depuración se ve en gran medida afectado por la falta de control en los procesos productivos de la empresa textil lanera, lo cual se ve señalado en la variación que se presentan en los parámetros físico-químicos.
- II. Las condiciones variables en el sistema de tratamiento, permiten el establecimiento de ciertas especies de gimnamebas. En este estudio se identificaron un total de 23 especies (15 especies euribiontes, 8 estenobiontes) siendo los géneros más representados *Acanthamoeba*, *Vannella* y *Mayorella*, cada uno con tres especies presentes.
- III. De acuerdo a la literatura y a los resultados obtenidos, se puede mencionar que independientemente de la eficiencia del sistema de tratamiento, las mayores poblaciones de gimnamebas se presentaron en las etapas finales del tratamiento. En el caso de esta investigación las especies de gimnamebas se encontraron en estas etapas con el 5% de la DBO₅ que sigue presente en el efluente de salida, los cuales constituyen como sustento para las gimnamebas que se encontraron en estas etapas.
- IV. El sistema saprobio es un método que considera a las especies que pueden adaptarse y vivir en condiciones a determinadas condiciones ambientales, en el caso de las especies de gimnamebas nunca fueron tomadas en cuenta para el mismo, por tal motivo esta solo fue una propuesta al mismo método, considerándose a 8 especies estenobiontes.
- V. Los parámetros físico-químicos presentan diversos efectos en las especies de gimnamebas, lo cual señala diferentes tolerancias a ciertos compuestos y/o variaciones ambientales. En este trabajo los que presentaron más efecto en las especies fueron pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, conductividad y fosfatos totales.
- VI. Debido a que solo se estudiaron a las especies de gimnamebas y no se consideraron a otras poblaciones microbianas (bacterias, ciliados, flagelados, etc.) no se pueden establecer interacciones biológicas en el sistema de tratamiento.

REFERENCIAS

1. ADL S. M., Simpson A. G. B, Lane C. E., Lukes J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., Gall L. L., Lynn D. H., Mcmanus H., Mitchell E. A.D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawlowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnov A. y Spiegel F. W. 2012. The Revised Classification of Eukaryotes. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*. 59(5): 429–493.
2. Aguilera C. L., Díaz L. J., Gil B., B. y Gil M., J. 1997. Un recurso con problemas. Junta de Andalucía, Consejería de Educación y Ciencia Consejería de Medio Ambiente, 3 pág.
3. Aitex. 2003. Colorantes azonicos [versión electrónica]. Recuperado el 1 de diciembre del 2009 de: <http://www.textil.org/extranet/inf/Revista8/colorantes.pdf> Kirk-Othomer. 1993. Azo dyes. *Encyclopedia of chemical Technology*, 3 (4, 8 and 9). Ed. John Wiley and Sons, 74-82, 753-773 y 857-863.
4. Anderson R. O. 1988. *Comparative Protozoology. Ecology, Physiology, Life History*. Springer-Verlag. New York. 482 págs.
5. APHA, AWWA y WEF. 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20th edition. Clesceri LS, Greenber AE, Eaton AD, Editors. USA. 1033 págs.
6. Bair, C. 2001. *Química ambiental*. Editorial Reverte. México. 607 págs.
7. Barker J. y Brown M. R. W. 1994. Trojan horses of the microbial world: protozoa and the survival of bacterial pathogens in the environment. *Microbiol* 140(6): 1253-1259.
8. Bitton G. 2005. *Wastewater microbiology*. 3ra edición. Publicaciones Wiley-Liss. Estados Unidos de América. 225-227 págs.
9. Bonilla P. y Ramírez E. 2011. Amibas de vida libre con potencial patógeno. En *Parasitología Médica* (Ed. Becerril, M.A.). Mc Graw Hill. México. 31-41 págs.
10. Bonilla P., Ramírez E., Ortiz R. y Eslava C. 2004. La ecología de las Amibas Patógenas de Vida Libre en Ambientes Acuáticos. *En: Microbiología Ambiental*. (Rosas, I.; Cravioto, A. y Ezcurra, E., Eds.). INE-SEMARNAT. México. 67 págs.
11. Bonkowski M, Geoghegan I. E, Birch A. N. E, Griffiths B. S. 2001. Effects of soil decomposer invertebrates (protozoa and earthworms) on an above-ground phytophagous insect (cereal aphid), mediated through changes in the host plant. *Oikos*. 95: 441–450.
12. Castillo M. G. 2004. *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas, estandarización, inter-calibración, resultados y aplicaciones*. Instituto mexicano de tecnología del agua. México DF. 31 págs.
13. Castrejón A., Barrios L. A., Jiménez B., Maya C., Rodríguez A. y González A. 2001. *Evaluación de la calidad de lodos residuales de México*. Instituto de Ingeniería. Grupo de Tratamiento y Reúso. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-14 págs.
14. Cicek N., Franco J., Suidan M., Urbain V. y Manem J. 1990. Characterization and comparison of a membrane bioreactor and conventional activated-sludge system in the treatment of wastewater containing high-molecular –weight compounds. *Wat. Environ* 71: 64 70.

15. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2009. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. Edición 2009, México, SEMARNAT, 167 págs.
16. Curtis T.P., Head I.M. y Graham D.W. 2003. Theoretical Ecology for engineering biology *Environmental Science & Technology* 37: 64A-70A.
17. Da Cámara L. y Hernández M., Paz L. 2000. Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias. Departamento de Fenómenos de Transporte. 1-11 págs.
18. Darío D. W. 2004. Microbiología de lodos activados: una herramienta retrospectiva y predictiva de la depuración de efluentes. *AIDIS, Agua latinoamericana*, 16-17 págs.
19. Delée W., O'Neill C., Freda R., Hawkes F. R. y Pinheiro H. M. 1998. Anaerobic treatment of textile effluents: a review. *Journal of chemical technology and biotechnology*. 73: 323-335.
20. Eckenfelder W. W., Goodman B. L. y Englande A. J. 1972. Scale-up of biological wastewater treatment reactor, *Advances in Biochemical Engineering*, 2: 145-180.
21. Elliott E. T., Anderson R. V. Coleman D. C. y Cole C. V. 1980. Habitat pore space and microbial trophic interactions. *Oikos*. 35, 327-335.
22. Ettinger M. R., Webb S. R., Harris S. A., McIninch S. P., Garman G. C. y Brown B.L. 2003. Distribution of free-living amoebae in James river, Virginia, USA. *Parasitology Res.* 89 (1): 6–15.
23. Ferrer J.S.A., 2008, Tratamientos biológicos de aguas residuales, editorial Alfaomega, España, 185 págs.
24. Gallegos N. E. M., Lugo V. A., Calderón V. A., Sánchez R. M. y Mayén E. R. 2014. Biodiversity of free living amoebid protists in México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* supl. 85:S10-S25.
25. Galvis A., Cardona D. y Bernal D. 2004. Modelo conceptual de selección de tecnología para el control de contaminación por aguas residuales domesticas en localidades colombianas menores de 30,000 habitantes, Seltar. Conferencia internacional: de la acción local de las metas globales, Universidad del Valle/Instituto Cianara. 1-10 págs.
26. Garcés G. L. F. y Pañuela M. G.A. 2007. Tratamiento de las aguas residuales de una industria textil utilizando un colector solar. *Revista Lasallista de investigación* 4(2): 24-31.
27. Garcés G. L. y Peñuela M., G. 2007. Tratamiento de las aguas residuales de una industria textil utilizando colector solar. *Revista Lasallista de investigación* 4 (002): 24-31.
28. Geltzer J G. 1962. Soil protozoa and the methods of their recovery. *Progress of the modern biology*. 53, 237-245 (in Russian).
29. Ghoreischi S. y Haghghi R. 2001. Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment non-biodegradable textile effluent. *Chemical Engineering Journal*, 95:163-169.
30. Gudiño G., D. 2002. Estudio cuantitativo de las amibas de vida libre presentes en u sistema de tratamiento del agua residual del tipo del Método de la Zona de la Raíz (MZR) en el poblado de Matilde. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala (UNAM). Estado de México.
31. Hoffman R. y Michel R. 2001. Distribution of free-living amoebae (FLA) during preparation and supply of drinking water. *Int. J. Hyg. Envirom. Healht.* 203:215-219.

32. Hoffmann R. y Michel, R. 2001. Distribution of free-living amoeba (FLA) during preparation and supply of drinking water. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 203(3): 215–219.
33. Ivester L. Y Neefus J. D. 2001. Industrias textiles y de la confección. España. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Volumen III, parte XIV capítulo 89. pp.-89.01-89.35.
34. Jean F. L. y Greub G. 2010. Free-living amoebae: Biological by-passes in water treatment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213: 167–175.
35. Jentschke G, Bonkowski M, Godbold D. L, Scheu S. 1995. Soil protozoa and forest tree growth: Non-nutritional effects and interaction with mycorrhizas. *Biology and Fertility of Soils*. 20: 263–269.
36. Jiménez C. B. 2001. La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Limusa, Colegio de Ingenieros Ambientales de México A. C. Instituto de ingeniería de la UNAM y FEMISCA, México D.F., 33 y 34 págs.
37. Kirk-Othmer. 1993. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th Ed., Vol. 10. *M. Howe-Grant*, John Wiley & Sons, New York 67 (3): 352–353.
38. Kuikman P. J, Jansen A. G, van Veen J. A, Zehnder A. J. B. 1990. Protozoan predation and the turnover of soil organic carbon and nitrogen in the presence of plants. *Biology and Fertility of Soils*. 10: 22–28.
39. Loret J.F., Robert S., Saucedo G., Catalan V., Corsaro D., Greub G. 2010 (pág. 72). Characterization of amoebae and intra-amoebal bacteria in drinking water, and identification of control strategies. In: *Water Quality and Technology Conference, Cincinnati*.
40. Luna P. V M. 2006. Atlas de ciliados y otros microorganismos frecuentes en sistemas de Tratamiento aerobio de aguas residuales. Laboratorio de microbiología experimental del Departamento de Biología de la facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. 33-35 págs.
41. Luna P. V. M., Duran B. C., Mayén E. R., Aladro L. M. A., Olvera V. V. y Saavedra S. J. 1988. Estudio de los protozoarios ciliados para determinar la calidad depurativa de sistemas rotatorios biológicos para el tratamiento de aguas residuales. *Universidad y Cuenca* 5(10):109-132.
42. Luna P. V. M., Mayén R., Olvera V. V., Saavedra J., Durán B. C. 1990. Ciliated Protozoa as Indicators of a Wastewater Treatment System Performance. *Biological Wastes* 32: 81-90.
43. Marciano C. F. 1988. Biology of *Naegleria spp.* *Microbiological Review* 52:114-133.
44. Martínez A., J. y Visvesvara G., S. 1997. Free-living amphizoic and opportunistic amebas. *Brain Pathol.* 7:583-598.
45. Metcalf & Eddy (revised by Tchobanoglous G., Burton F., Stensel D). 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4ta edición. McGraw-Hill Education. New York, E. U A. 1-1848 págs.
46. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México, 1-29 págs.

47. Oddó B. D., Ciani S. y Vial P. 1965. Encefalitis amebiana granulomatosa por *Balamuthia mandrillaris*, primer caso diagnosticado en Chile. *Revista Chilena de Infectología*, 2:740-2.
48. Oddó B., D. 2006. Infecciones por amebas de vida libre. Comentarios históricos, taxonomía y nomenclatura, protozoología y cuadros anatómo-clínicos. *Revista Chilena de Infectología*. 23 (3): 200-214.
49. Page F. C. 1988. A new key to freshwater and soil Gymnamoebae with instructions for culture. Culture Collection of Algae and Protozoa. Freshwater Biological Association Scientific Publication, Londres. 122 págs.
50. Ramalho R. S., Jiménez B. D. y De lora S. F. 1996. Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverté, España, 8 págs.
51. Ramírez E., Robles E., Bonilla P., Sainz G., López M., De la Cerda M., Warren A. 2005. Occurrence of Pathogenic Free-Living Amoebae and Bacterial Indicators in a Constructed Wetland Treating Domestic Wastewater from a Single Household. *Engineering in Life Sciences*. 5(3): 253-258.
52. Ramírez, E., Rivera, F. Warren, A., Bonilla, P. Calderón, A. Gallegos y E. Ortiz, R., 1993. An Investigation of the Pathogenic and Nonpathogenic Free-Living Amoebae in Activated-Sludge Plant. *Water, Air, and Soil Pollution*, 69: 135-139.
53. Reyes S. A. 2009. Tesis: Análisis y control del abultamiento filamentoso en una planta de tratamiento de efluentes. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, Veracruz, 6-72 págs.
54. Rivera F., García G., Lugo A., Zierold E., Islas J., Ramírez E. y Bonilla P. 1985. Amoebae in a waste stabilization pond system in México. *Water, Air and Soil Pollution*, 28: 185-198.
55. Rivera, F. Rodríguez, S. Warren, A. Bonilla, P. Calderón, E. Ortiz, R. Ramírez, E. 1993. An Investigation of the Pathogenic and Nonpathogenic Free-Living Amoebae from Root Zone Method of Wastewater Treatment. *Water, Air, and Soil Pollution*, 69: 93-98.
56. Rodríguez P., Ayala O. M. y De Jesús. 2009. Amibas de vida libre en seres humanos. *Salud Uninorte*, 25 (2): 280-292.
57. Roldán P. G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Rev. Acad. Colom. Cienc.* 23(88): 375-387.
58. Salazar G. L., Crespi R. M. y Salazar R. 2009. Tratamiento de aguas residuales textiles mediante un biorreactor de membrana. *Ingeniería & Desarrollo*. Universidad del Norte. 26: 83-99.
59. Schluter D. 1984. A variance test for detecting species associations, with some example applications. *Ecology*, 65(3): 998-1005.
60. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, 1995. Norma Mexicana NMX-AA-112-1995-SCFI. Análisis de agua y sedimentos–evaluación de Toxicidad aguda con *Photobacterium phosphoreum* –Método de prueba. México 1-33 págs.
61. Shaul M. G., Holdsworth T. J., Dempsey C. R., Dostal K. A. 1991. Fate of water soluble azo dyes in the activated sludge process. *Chemosphere* 22: 107-119.

62. Sheng J. Y., Yung P. T. y Ru Y. H. 2009. Effect of heavy metals on nitrification performance in different activated sludge processes. *Journal of Hazardous Materials* 165: 987–994.
63. Silva C., Troya V., Inchausty V. y Pazmiño A. 2008. Manual, agua para la Vida: Aportes a la construcción de mejores prácticas en el manejo sustentable del agua y la biodiversidad. Cataluña, IUCN, Regional Office for South América; Agencia Catalana de Cooperación al Desenvolupament, 9 págs.
64. Silva G., S., Muñoz, O. A., De la Isla, De Bauer M. e Infante G. S. 2002. Contaminación ambiental en la región de Atlixco: 1. agua terra latinoamericana, 20 (003): 243-251.
65. Sládecek V. 1964. The Future of the Saprobity System. *Journal Hydrobiology*. 25(3-4): 518-537.
66. Smirnov A. V. y Brown S. 2004. Guide to the methods of study and identification of soil gymnamoebae. *Protistology* 3 (3): 148-190.
67. Smirnov V. A. y Goodkov V. A. 1999. An Illustrated list of basic morphotypes of Gymnamoebia (Rhizopoda, Lobosea). *Protistology*, 1: 20-29.
68. Soberón M. J. 2011. Ecología de poblaciones. Tercera reimpresión de la tercera edición. FCE, SEP, CONACyT, COLECCIÓN DE LA CIENCIA PARA TODOS; 82. 20-24 págs.
69. Sukthana Y. 2004. Free-living Ameba Infections: Rare but Fatal. *The journal of tropical medicine and parasitology*, 27:26-36.
70. Thomas V., Loret J.F., Jousset M. y Greub G. 2008. Biodiversity of amoebae and amoebae resisting bacteria in a drinking water treatment plant. *Environmental Microbiology*. 10 (10): 2728–2745.
71. Toledo T., E. 2007. Presencia y distribución de amibas y ciliados en el sistema de lodos activados de Ciudad Universitaria. Tesis de Maestría en ciencias biológicas (Biología ambiental), Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México DF.
72. Torrescano E. J. 2009. Parámetros de operación en el proceso de tratamiento de agua residual por lodos activados. *Aquaforum*, año 13 No. 52, 14-19 págs.
73. Vilaseca M. M. 2001. Trabajo de divulgación: Observación microscópica de fangos activados en los tratamientos de depuración biológica. Laboratorio de Control de Contaminación Ambiental del INTEXTER, de la Universidad Politécnica de Catalunya (U.P.C.), 119: 67-72.
74. Visvesvara G. S. 2010. Review: Free-Living Amebae as Opportunistic Agents of Human Disease. *Journal of Neuroparasitology* 1: 1-13.
75. Visvesvara G. S., Moura H. y Schuster F. L. 2007. Minireview: Pathogenic and opportunistic free-living amoebae: *Acanthamoeba spp.*, *Balamuthia mandrillaris*, *Naegleria fowleri*, and *Sappinia diploidea*. *FEMS Immunol Med Microbiol*. 50. 1-26.
76. Zwart K. B., Kuikman P. J. y Van Veen J. A. 1994. Rhizosphere protozoa: their significance in nutrient dynamics. In: Darbyshire JF, ed. *Soil protozoa* Wallingford, UK: CAB International, 93-122.

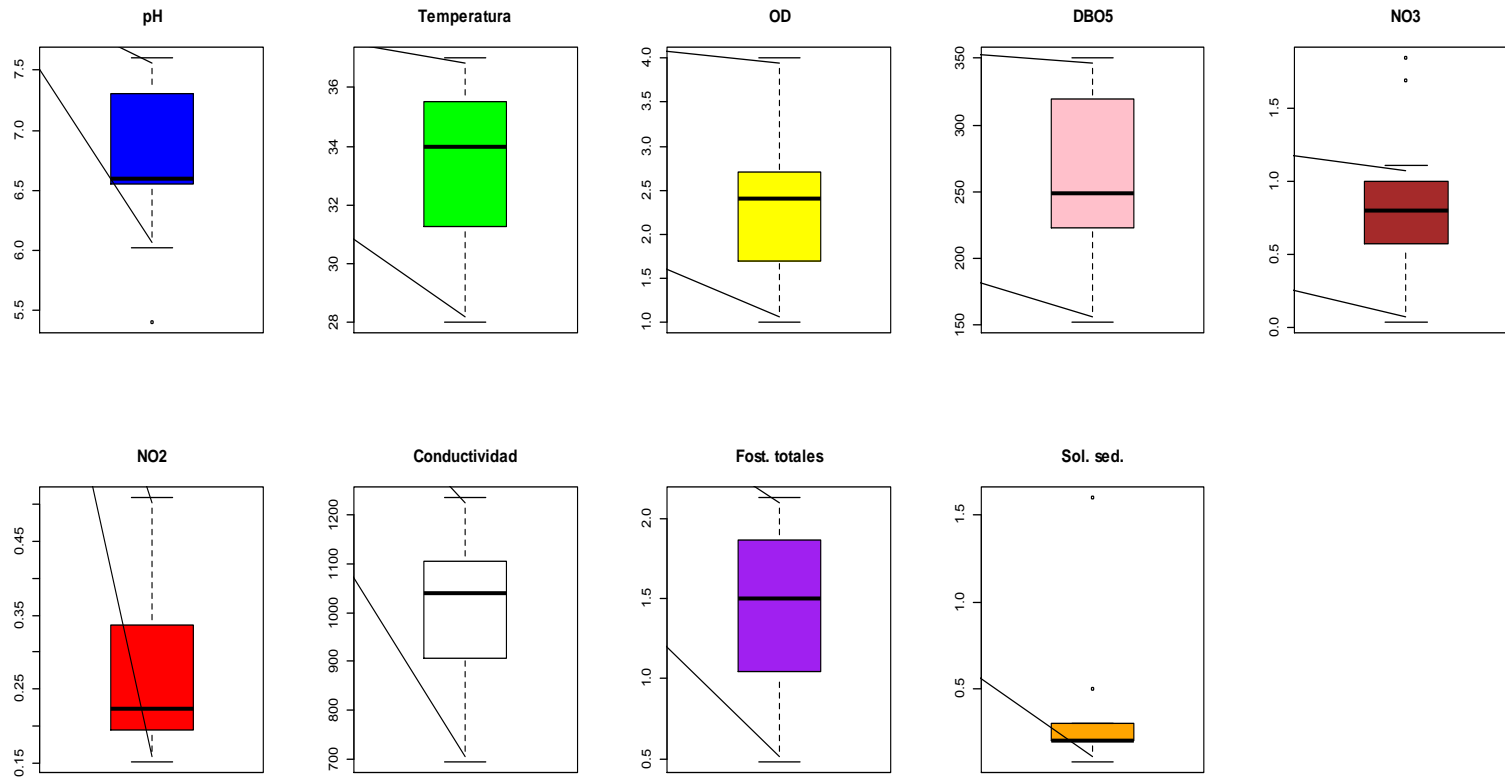
ANEXOS

Anexo 1. Valores de los parámetros físico-químicos de cada una de las zonas y de los muestreos.

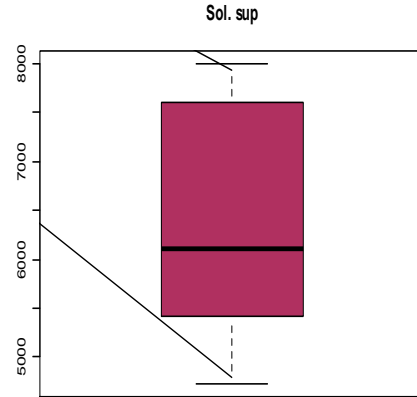
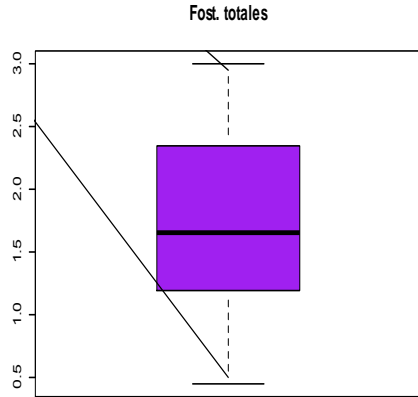
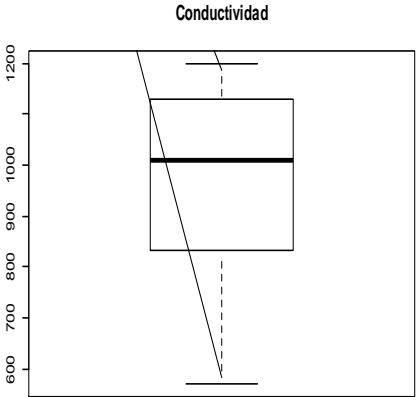
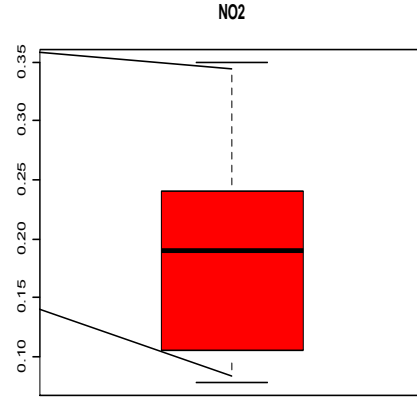
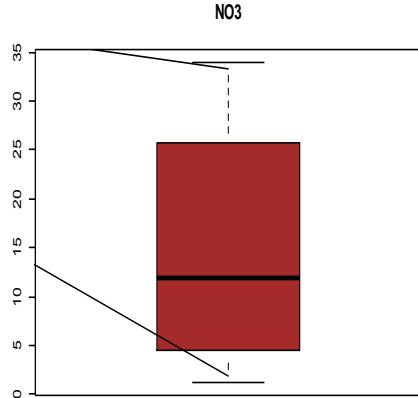
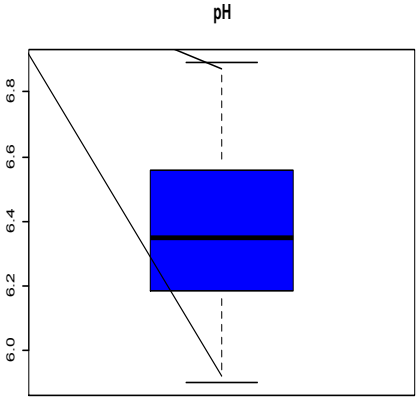
	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	ENE
ENTRADA											
pH	6.70	7.40	5.40	7.60	7.60	7.20	6.60	6.60	6.60	6.02	6.51
TEMPERATURA	36	36	34	34	35	37	34.5	30	32	30.5	28
OD	2.6	1	2.2	2.8	2.6	2.4	3.2	2	1.4	1.3	4
DBO ₅	349	350	310	325	249	217	232	152	228	167.5	313
NO ₃	0.636	0.101	1.84	1.69	0.689	0.8	1.11	0.89	0.86	0.04	0.514
NO ₂	0.299	0.219	0.364	0.508	0.437	0.152	0.169	0.199	0.224	0.31	0.19
CONDUCTIVIDAD	1090	789	694	867	1010	1120	1235	1040	946	1056	1146
FOSFATOS TOTALES	2	0.99	1.1	1.5	1.85	2.13	1.66	1.89	0.981	1.19	0.48
SOL SEDIM	0.08	1.6	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
SOL SUSP	124	129	126	118	64	88	98	76	61	120	88.5
REACTOR BIOLÓGICO											
pH	6.48	6.47	5.99	6.89	6.75	6.64	6.27	6.35	6.1	7.768	5.9
TEMPERATURA	31	29	31	31	31	33	31	32	29	570	25
OD	0.6	0.2	0.6	0.8	8	2.4	1.6	1	2.2	1.2	1
DBO ₅	1.47	2.66	2.3	6.66	4.2	2.1	3.10	3.1	2.1	3.3	3.7
NO ₃	17.26	2.28	1.53	3	12.6	29.6	11.85	20.66	27	0.296	4.41
NO ₂	1.85	0.302	0.3065	0.371	0.329	0.152	0.169	0.349	0.224	7.83	0.19
CONDUCTIVIDAD	1130	763	633	855	916	1139	1217	1060	1006	167.5	1103
FOSFATOS TOTALES	1.85	1.06	1.02	1.4	2.11	2.26	2.33	3	1.66	1.4	0.452
SOL SEDIM	397	387.5	405	370	440	650	650	490	490	29	530
SOL SUSP	6107	5561	5288	5015	4730	5695	7105	7990	7546	6.3	7657
DECANTADOR											
pH	6.6	6.5	5.7	6.5	6.7	6.7	6.2	5.7	6.2	6.8	6.48
TEMPERATURA	30	28	31	31	31	33	30	30	27	29	25
OD	0.8	0.8	0.3	1.2	1.4	3.4	2.2	1.8	2.8	1.8	3.8
DBO ₅	1.47	2.66	2.3	6.66	4.2	2.1	2	3.1	2.1	3.3	3.7
NO ₃	33.89	4.46	1.22	4.3	24.53	29.6	11.85	20.66	27	7.83	4.41
NO ₂	0.121	0.083	0.249	0.233	0.221	0.089	0.078	0.349	0.126	0.296	0.19
CONDUCTIVIDAD	1171	737	571	843	822	1157	1198	1080	1006	1009	1103
FOSFATOS TOTALES	1.7	1.13	0.947	1.27	2.38	2.39	2.23	3	1.66	1.22	0.452
SOL SEDIM	0.08	0.08	0.08	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.09
SOL SUSP	19.2	21	12.5	38	23	25.5	32	25.5	21	21.75	28
FILTROS											
pH	7	7.1	6.4	7.3	7.1	6.7	7.1	6.2	6.6	7.48	7.42
TEMPERATURA	29	28	30	30	30	29	27.5	29	32	27.2	24
OD	4.8	5	3.2	3.8	3	4.8	3.6	4.1	1.4	4.4	5
DBO ₅	1.73	4.11	6.83	12.7	3.3	3.5	2	2.54	5.9	2.3	2
NO ₃	29.32	6.99	7.54	28.2	24.34	30.7	5.29	16.17	9.15	6.11	10.61
NO ₂	0.083	0.046	1.43	0.52	0.186	0.041	0.144	0.221	0.136	0.286	0.026
CONDUCTIVIDAD	1158	772	562	829	816	1158	1140	1094	931	1069	1110
FOSFATOS TOTALES	1.99	1.11	0.862	1.34	2.18	2.67	2.1	2.83	1.41	1.2	0.133
SOL SEDIM	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.2	0.1	0.1	0.09	0.1	0.08
SOL SUSP	17.8	44.2	9.5	33	14.5	26.5	16	19	10.5	24.5	16.25
SALIDA											
pH	7	7.5	6.2	7	7.3	6.8	6.8	3.8	6.9	7.72	8.14
TEMPERATURA	29	29	30	30	30	29	26	28	25	26	22
OD	4.8	2.2	3.8	4.2	4.8	5	4.6	4.2	4.2	3.9	6
DBO ₅	2	2	16.15	16.7	5.38	2.2	1.9	2	2	2.75	3
NO ₃	5.32	3.34	7.88	7.32	33.68	22	8.82	22.41	21.47	8.63	11.86
NO ₂	0.076	0.086	0.073	0.392	0.154	0.087	0.073	0.123	0.103	0.081	0.062
CONDUCTIVIDAD	1131	769	558	849	814	1150	1238	1096	988	1048	1126
FOSFATOS TOTALES	1.97	1.17	0.858	1.41	1.64	2.34	2.3	2.77	1.64	0.887	0.176
SOL SEDIM	0.01	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.08	0.1	0.07
SOL SUSP	9	16.5	8.25	19	11.25	13	10	16	6.5	19	21.5

Anexo 2. Promedios y desviaciones estándar de los parámetros físico-químicos en cada zona que presentaron una tendencia normal.

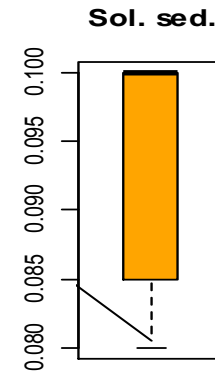
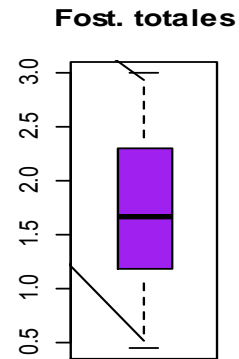
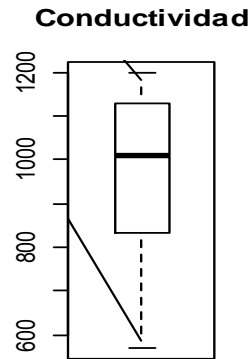
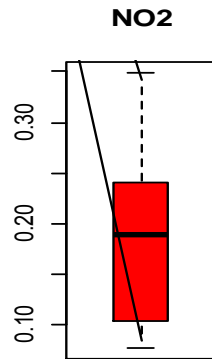
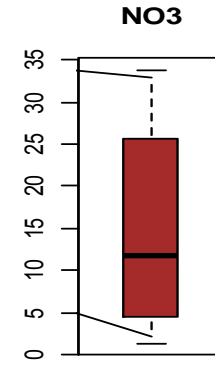
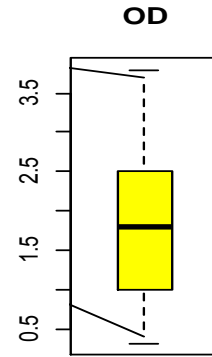
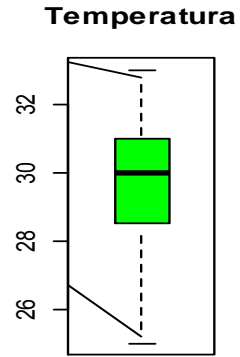
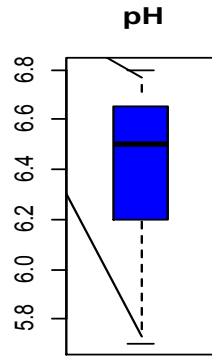
1.-ENTRADA



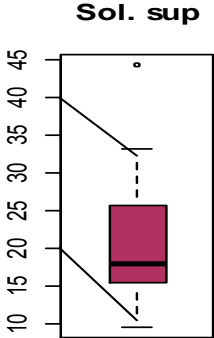
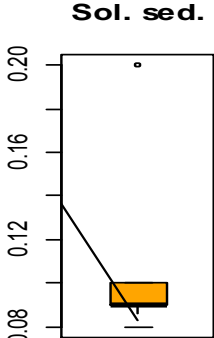
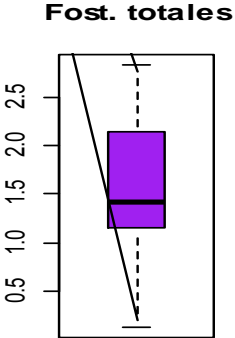
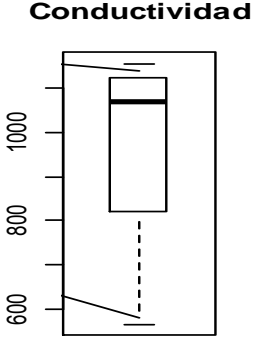
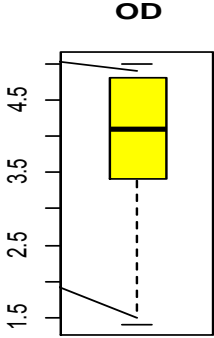
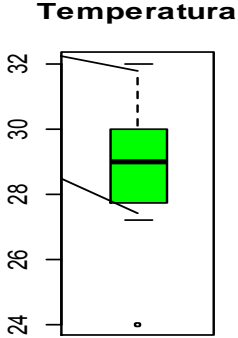
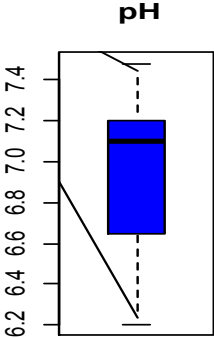
2.-REACTOR



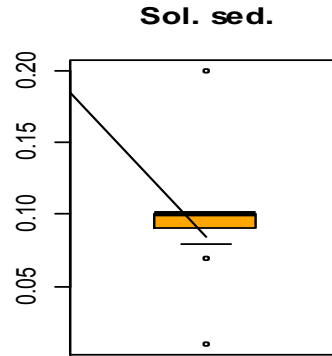
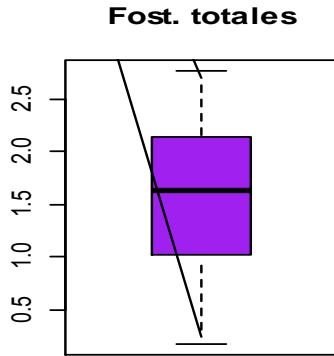
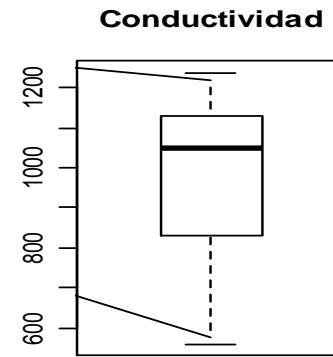
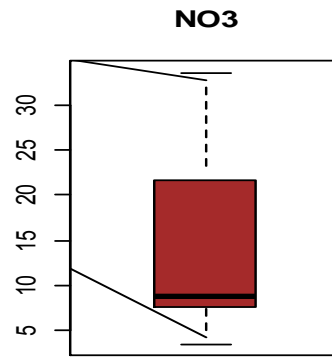
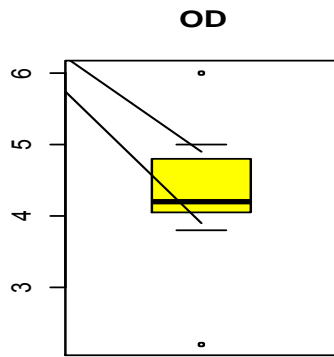
3.-DECANTADOR



4.- FILTROS

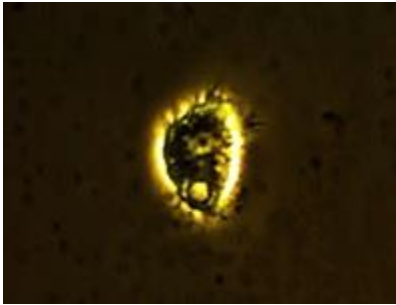


5.- SALIDA



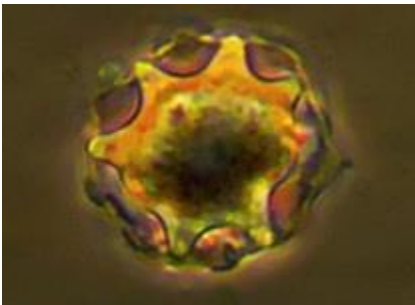
Anexo 3. Fotografías de amebas de vida libre más reportadas en sistemas de tratamiento.

Genero *Acanthamoeba*



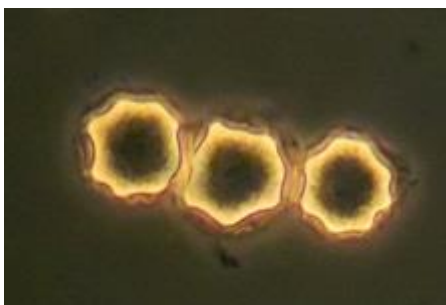
Trofozoítos, usualmente de 15 a 35 μm . Las proyecciones del citoplasma de estas especies presentan numerosas extensiones filamentosas cortas en todo el contorno denominadas “acantopodios”. Los quistes son comunes en este género (presentan un ectoquiste y un endoquiste, claramente diferenciables), cada especie se distingue por la forma del mismo. Estas especies son ubicuas y se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza. Se han aislado de enfriadores de agua, filtros de acondicionadores de aire, agua de mar, agua de charcos, aguas residuales, lagunas, ríos, polvo, estaciones de lavado ocular, incluso de la boca y de la nariz de individuos sanos.

Acanthamoeba astronyxis



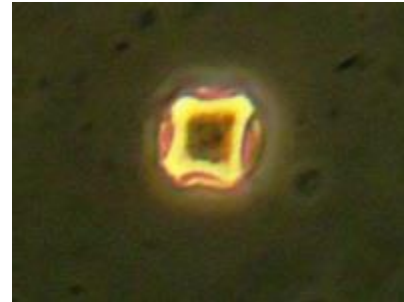
Quiste de 18 a 19 μm , el endoquiste (estrellado hasta con 9 puntas) se une hasta en 9 puntos al ectoquiste (grueso y ligeramente estriado) formando una ligera depresión en sus uniones.

Acanthamoeba polyphaga



Quiste de 14 a 15 μm un poco reticulado, el endoquiste (irregular pocas veces estrellado de 5 a 6 brazos irregulares, aunque a veces más bien esférica u ovoide) está separado del ectoquiste que (en ciertas ocasiones es más grueso o muy delgado).

Acanthamoeba hatchetti



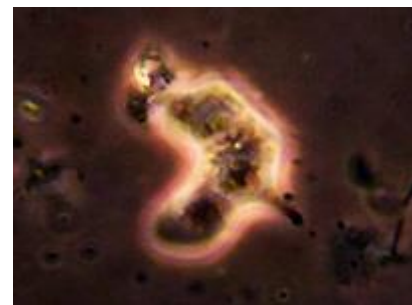
Quiste de 13 a 14 μm , el endoquiste con 3 o 4 brazos unidos al ectoquiste sin formar ninguna depresión.

Las tres especies han sido reportadas causantes de **encefalitis amebiana granulomatosa** (EAG). También se ha reportado que *Acanthamoeba polyphaga* causa **queratoconjuntivitis acanthamebiana** (QA). De igual manera se sabe que estas especies pueden ser reservorios de otros agentes patógenos, entre los cuales están ciertas bacterias, virus y parásitos.

Genero *Mayorella*

Amebas con un pseudopodo que se extiende desde el margen hialino anterior durante la locomoción. El citoplasma contiene un solo núcleo vesicular y cristales. Pueden presentar un uroide morulado o plegado, pero no es un atributo en la identificación. Presenta una forma flotante que irradia pseudópodos. No se han reportado estadios de resistencia. Este género es similar a *Korotnevella* por la presencia de cristales citoplasmáticos.

Mayorella cultura



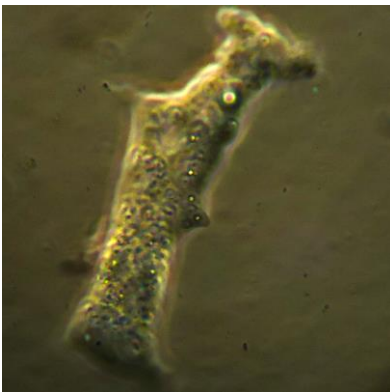
Amebas de 20 a 30 μm , con uno o un par de pseudopodo con un núcleo de 3.5 a 7.5 μm . Cristales por lo general de menos de 1 μm de longitud; forma flotante sin muchos pseudópodos irradiantes.

Mayorella penardi



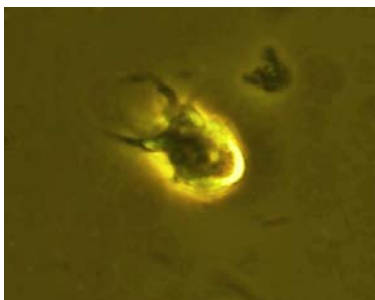
Trofozoito a menudo con un extremo anterior romo con un tamaño de 110 μm , su forma flotante es estrellada con largos, delgados y puntiagudos pseudópodos; núcleo esférico, con un nucléolo central; pequeños cristales, por lo general $<1 \mu\text{m}$; cutícula 180-200 nm de espesor.

Mayorella vespertiloides



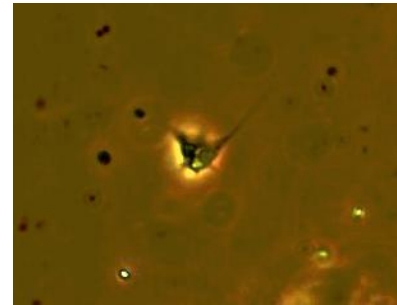
Trofozoito de gran tamaño alcanzando 90 μm , algunas veces en sus patrones morfodinámicos no es apreciable sus dactilopodios y su uroide morulado. El núcleo (de 5.6 a 10.0 μm) y nucléolo (de 6.05 a 8.03 μm) son centrales. Su forma flotante presenta pequeños pseudópodos radiales. Ha sido reportada en aguas residuales de Inglaterra.

Korotnevella stella



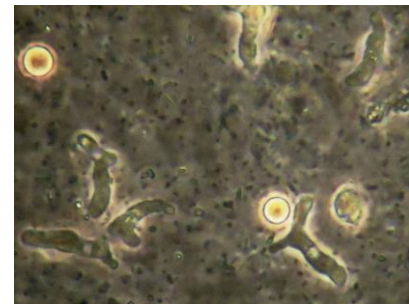
Trofozoito en constante cambio también presenta en el citoplasma cristales irregulares, por lo general ancho de la parte anterior, a veces parecido un triángulo irregular con un borde hialino, sin diferenciarse un uroide. Su forma flotante es radial, con varios pseudópodos. No se han reportado quistes en esta especie. Esta especie ha sido reportada comúnmente en cuerpos de agua.

Vexillifera bacillipedes



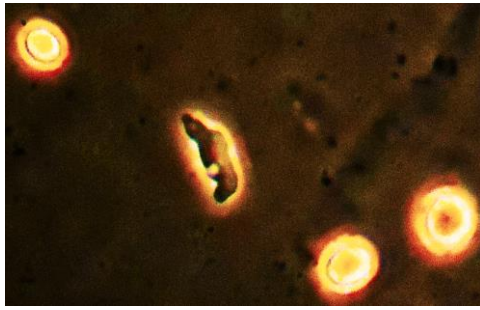
Gimnamebas de apariencia espinosa, sin considerar la extensión de su pseudópodo (que es lineal, extendiéndose hasta 7 μm) oscila entre los 8-24 μm , con un núcleo entre 1.5-4 μm dependiendo al tamaño de la población. Generalmente esta es una de las pocas especies de la familia Paramoebidae reportada en aguas epicontinentales.

Vermamoeba vermiformis



Ameba tipo babosa ya que solo presenta un patrón monopodial con una longitud de 12-37 μm , con un núcleo 2.1-4.1 μm . Sus quistes son esféricos o ligeramente ovoides, con un diámetro de 4-9.5 μm . Esta ameba de vida libre está ampliamente distribuida en el ambiente. Se sabe que puede colonizar diferentes medios acuáticos y pueden ser un depósito de bacterias patógenas, Por tanto representa un riesgo sanitario. En el caso de sistemas de tratamiento puede ser resistente desinfecciones debido al proceso de enquistamiento.

Hartmannella cantabrigiensis



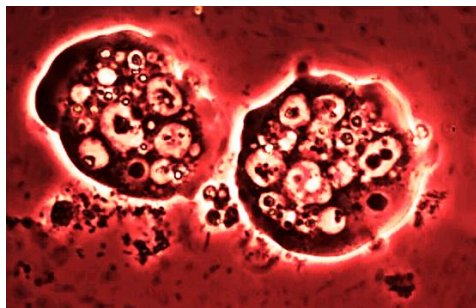
Ameba tipo babosa de 16-33 μm ; núcleo 2.5 a 4.5 μm por lo general varios cristales bipiramidales pequeños, pseudópodos hialino; quistes lisos, esféricos u ovoides, con gruesa capa interna y la capa externa delgada.

Saccamoeba stagnicola



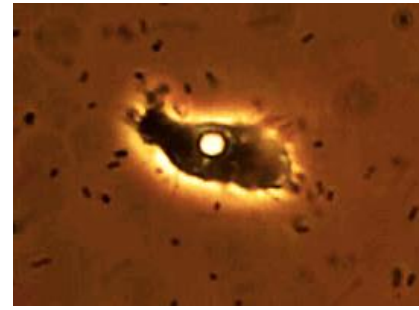
Este género monopodial es uno de las más grandes. Esta especie tiene un uroide (papilado o vellosos) y una vacuola contráctil abultada. Formadores de quistes circulares o ligeramente ovalados, con una capa pegajosa, el diámetro de estos es de 12-19 μm . La longitud del trofozoito es de 30-75, sus núcleos 4.5-8.5 μm . En la mayor parte de las cepas aisladas se han encontrado bacterias endocíticas. Sus formas flotantes presentan irregulares pseudópodos. Esta especie como las del resto de su género ha sido reportada comunes en todo el mundo.

Cochliopodium minus



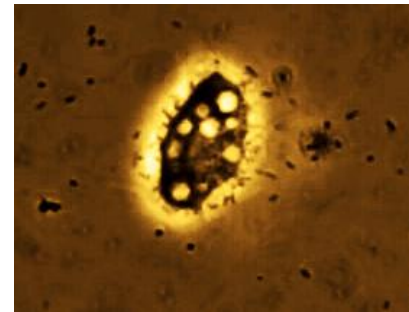
Amebas de 16-72 μm de longitud. Con un amplio hialoplasma anterior con un borde irregular, en ciertas ocasiones produciendo cortos pseudópodos. Núcleo esférico vesicular, 5-10 μm de diámetro, con nucléolo central de 2-5 μm . Esta especie se ha reportado en aguas dulces de Estados Unidos e Inglaterra. Y de igual manera en suelos de pastizales del Reino Unido.

Echinamoeba silvestris



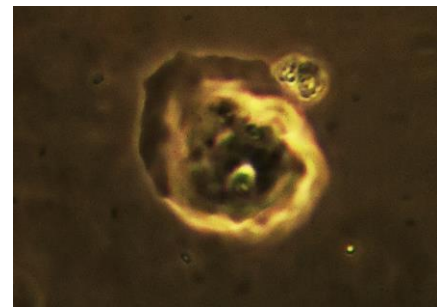
Amebas por lo regular triangulares en forma de abanico o alargada en contorno durante la locomoción, de 6.5-21 μm , su núcleo de 2-2.8 μm . Su quiste con un diámetro de 5.6-10 μm lisos y esféricos. Con algunos pseudópodos espinosos cortos (equinopodios de 1.5 μm de largo). Como Acanthamoeba, tienen aparecía espinosa, sin embargo, los finos pseudópodos se extienden desde el margen de la célula.

Filamoeba nolandi



Estas amebas se extienden mucho más que Acanthamoeba y a veces tienen un extremo posterior largo y estrecho generalmente en forma de abanico, a veces aplanado en lámina delgada; su mayor dimensión de la locomotora. Pueden tener 2 o 3 lóbulos hialoplasmicos expandidos en diferentes direcciones. Este género solo presenta una sola especie. Solo presentan un núcleo 3.5-5.5 μm ; pocos a más de 15 vacuolas contráctiles, sus quistes son suaves, redondos o irregular ovoides o reniformes.

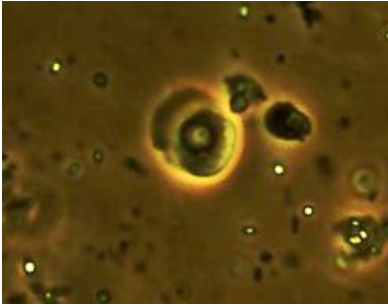
Thecamoeba similis



Ameba con una longitud 30-80 μm , su núcleo 7.7-13.9 μm generalmente ovoide o elipsoidal. En estado de movimiento se hace más suave. Presentan una sola vacuola contráctil, con un diámetro

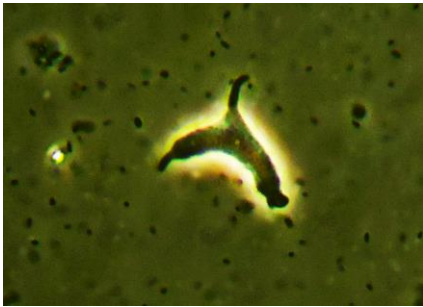
de 13 μm . Han sido aisladas de agua dulce, el suelo y los musgos, siendo esta especie la mayor distribuida. Se ha observado que se alimenta de bacterias, amebas, hongos y diatomeas.

Vannella platypodia



Ameba en forma de abanico, sin uroide, con una longitud en su locomoción de 14-30 μm , con una anchura de 10-17 μm , el núcleo redondeado vesicular con 2 μm de diámetro, con un endosoma central esférico de 1.5 μm de diámetro. Una vacuola contráctil. Esta especie es común en agua dulce.

Vahlkampfia avara



Esta especie no presenta estadio amebo-flagelar como el resto de su género en la familia Vahlkampfiidae. Sus quistes presentan revestimiento gelatinoso distintivo en su pared lisa, ocasionalmente circulares, de 7-14 μm de diámetro; las amebas presentan una longitud de 14.5-33 μm , a menudo en sistemas de arrastre filamentos urodiales; núcleo generalmente 3.4-4.8 μm .