



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**Revisión de los Estudios Sobre Producción del Zooplancton para su Uso Posterior en Efluentes  
de Agua Residuales Tratadas**

**T E S I N A**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A**

**ALEJANDRO BAHENA ALEMAN**

**DIRECTOR DE TESINA: DR. PEDRO RAMÍREZ GARCIA**

**2005**



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.

**SI SE PUEDE MEDIR,  
SE PUEDE MEJORAR  
BAHENA**

## DEDICATORIA.

A MI ESPOSA LETY POR SU APOYO INCONDICIONAL Y COMPARTIR CONMIGO ESTE DESEO DE CONCLUIR LO PENDIENTE.

A MIS HIJOS ALEXANDER Y YAEL POR SER EL IMPULSO PARA LOGRAR MIS OBJETIVOS, ESTE TRABAJO SE LOS DEJO COMO UNA HERENCIA MORAL; PORQUE EL CONSEJO GUÍA, PERO EL EJEMPLO ARRASTRA.

A MI MADRE Y HERMANOS POR FORMAR PARTE IMPORTANTE DE MI VIDA.

A MIS PRIMOS Y AMIGOS POR LAS VIVENCIAS COMPARTIDAS.

A MIS MAESTROS DE LA FES IZTACALA QUE ME TRASMITIERON SUS CONOCIMIENTOS.

**AL SR. MANUEL, TIA JULIA Y MI PADRE QUE ESTÁN VIENDO DESDE LAS ESTRELLAS.**

A MI GRAN ILUSIÓN POR ESTA CARRERA QUE INICIO HACE 20 AÑOS Y QUE POR PROBLEMAS ECONÓMICOS NO HABÍA PODIDO CONCLUIR.

## AGRADECIMIENTOS.

A LOS SIGUIENTES PROFESORES, POR EL APOYO RECIBIDO CON SUS ACERTADAS OBSERVACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, PERO SOBRE TODO POR SU EJEMPLO.

AL DOCTOR PEDRO RAMÍREZ G., POR DARME LA OPORTUNIDAD DE PARTICIPAR EN ESTE PROYECTO Y SER EL DIRECTOR DEL MISMO, ADEMÁS DE SER UN HOMBRE INTELIGENTE Y BRINDARME SU AMISTAD.

A LA DOCTORA NANDINI SARMA, POR SER UNA GRAN INVESTIGADORA Y UNA EXCELENTE PERSONA.

AL PROFESOR NICOLÁS RODRÍGUEZ H., PORQUE NO A PERDIDO AUN LA CAPACIDAD DE ASOMBRO CIENTÍFICO Y LA DEDICACIÓN A SUS ALUMNOS.

A LA BIOL. MARIA DOLORES HURTADO B., POR SU GRAN CAPACIDAD DE TRABAJO Y HACER SUYO EL TIEMPO.

A LA BIOL. BLANCA NIEVES MARTÍNEZ R., POR SU PERSEVERANCIA Y SENCILLEZ.

A LA DGAPA POR EL APOYO AL PROYECTO IN205900 DENTRO DEL CUAL SE DESARROLLO LA PRESENTE TESINA.

A TODOS MUCHAS GRACIAS...

# INDICE

Págs.

1. INTRODUCCION .....	1
1.1. Presentación	
1.2. La importancia de las aguas dulces	
1.3. El origen y composición biológica de las aguas residuales	
1.4. Como es el proceso natural de depuración de aguas residuales (auto-depuración)	
1.5. Proceso artificial “lodos activados” para depurar aguas residuales	
1.6. Lagunas de estabilización	
1.7. Características generales de los rotíferos	
1.8. Características generales de los cladóceros	
2.ANTECEDENTES.....	6
3.OBJETIVOS.....	11
4.MATERIAL Y METODOS.....	12
5.DESARROLLO DEL CONTENIDO.....	14
6. DISCUSIÓN ....	50
7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	53
8. APÉNDICE.....	56

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Presentación**

La presente tesina posee la siguiente modalidad (reglamentada por el H. Consejo Técnico de la carrera de Biología, Mayo 2001): Ensayo de tipo reflexivo o aproximativo para el estudio de un tema específico con perspectivas que apoyen al conocimiento del campo biológico.

En la presente tesina, se abordará bibliográficamente el comportamiento alimenticio que tienen los rotíferos y cladóceros, con base en esa información se analizará la factibilidad de utilizarlos para depurar o complementar en ciertas etapas del tratamiento de aguas la eliminación de bacterias presentes en los efluentes de estos sistemas o en determinados cuerpos de agua contaminados. Asimismo se considerará la posibilidad que ofrece su utilización para el objetivo mencionado, para lo cual se desarrollara teóricamente un sistema de procesos con la perspectiva de apoyar en el futuro la obtención del costo unitario de una reproducción masiva de rotíferos o cladóceros.

### **1.2. La importancia de las aguas dulces**

El 49% de las regiones de América Latina y el Caribe tiene servicio de alcantarillado colectándose diariamente 40 millones de metros cúbicos de aguas residuales que se vierten a los ríos, lagos y mares, menos del 10% de éstas aguas residuales reciben algún tipo de tratamiento previo a su descarga en un cuerpo de agua superficial y antes de su disposición final se utilizan para riego agrícola.

Se estima que en la región existen alrededor de 58 millones de habitantes localizados a lo largo de la costa marina o de estuarios, las descargas de éstas aguas residuales sin ningún tratamiento contaminan las playas turísticas y los productos pesqueros que crecen en las áreas cercanas. Esta situación ocasiona un grave impacto económico sobre las exportaciones de los productos de origen hidrobiológico y el turismo (León, 1995).

La disposición de las aguas residuales sin tratamiento previo en las aguas superficiales afecta su uso posterior ya que muchos de los ríos y lagos se utilizan como fuente de abastecimiento de agua y esto origina altos niveles de contaminación microbiológica. El nivel al que está expuesta la población a este tipo de contaminación es alta considerando que menos del 50 % de los servicios de agua potable en la región produce agua microbiológicamente confiable. Otro uso de las aguas superficiales es el que va dirigido al riego de cultivos agrícolas para consumo humano, principalmente hortalizas y verduras

que se consumen crudas, lo que incrementa los factores ambientales de riesgo para la salud de los consumidores y que originan situaciones endémicas de diarreas, parasitismo, fiebre tifoidea, salmonelosis y cólera (León, 1995).

El impacto económico derivado de la contaminación lo experimentan directamente las plantas potabilizadoras de agua que incrementan sus gastos debido a la alta carga orgánica y otros contaminantes del agua que procesan, ya que requieren aplicar mayor cantidad de compuestos químicos en el proceso de potabilización y desinfección para garantizar la calidad final del agua para consumo humano (Allhands y Overman, 1989).

### **1.3. El origen y composición biológica de las aguas residuales**

El origen de este tipo de aguas es diverso y su composición se debe a residuos domésticos, infiltraciones, arrastres de lluvia, excretas de animales y residuos industriales (Brebion, 1987 en Seoanez, 1995).

La composición biológica de las aguas residuales es importante debido a que sobre ellas se presenta una gran actividad metabólica, misma que realizan algas, hongos, bacterias, protozoarios, algunos metazoarios y crustáceos, que son un factor potencial para la transformación de los residuos químicos, orgánicos y físicos.

Las bacterias como otros organismos, para su desarrollo, encuentran un medio rico en nutrientes en las aguas residuales que son vertidas a los diferentes cuerpos de agua (arroyos, lagos, ríos y estanques), esta circunstancia provoca una perturbación generalizada en el ecosistema acuático, tanto en el aspecto físico-químico como en el biológico (Seoanez, 1995).

### **1.4. Como es el proceso natural de depuración de aguas residuales (auto-depuración)**

A pesar de la presencia de aguas residuales las poblaciones y comunidades en los ecosistemas tratan de contrarrestar el desequilibrio producido reaccionando mediante un proceso llamado de auto-depuración, y el resultado es una serie de reacciones de los factores bióticos y abióticos que facilitan que el cuerpo de agua vuelva al equilibrio ecológico previo; si existe suficiente aporte de oxígeno sobre el cuerpo de agua, tarde o temprano se recuperará el equilibrio inicial, si el aporte de oxígeno no es suficiente, las degradaciones pasan a ser anaeróbicas, por lo que las perturbaciones provocadas difícilmente son atenuadas por el margen ecológico natural que posee el cuerpo de agua que ha sido



contaminado (Hickey y Reist, 1975).

### **1.5. Proceso artificial de “lodos activados” para depurar aguas residuales**

El proceso de auto-depuración depende del grado de contaminación y del tipo de contaminantes por lo que durante un cierto tiempo pueden presentarse olores desagradables y problemas sanitarios en un cuerpo de agua natural. Debido a estos inconvenientes el proceso suele ser mas lento que la rapidez con que se vierten los desechos. Tomando en cuenta la gran demanda de depuración de aguas residuales para reutilizarlas como aguas de riego y en algunos procesos industriales, se ha visto la necesidad de acelerar su recuperación, por lo que actualmente sé esta aplicando un proceso artificial de depuración de aguas residuales, denominado de lodos activados (Seoanez, 1995; Hickey y Reist, 1975).

Este es un proceso aeróbico, que consiste en la aireación de las aguas residuales durante cierto tiempo, observándose la formación de un precipitado coposo, seguido de una rápida clarificación por acción de las bacterias aeróbicas y el oxígeno; posteriormente la materia orgánica desaparece, mientras que las bacterias nitrificantes transforman parte del nitrógeno en nitratos, el precipitado constituye un lodo activado, y una vez retirado es capaz de purificar muy rápidamente nuevas cantidades de aguas negras, su color es menos oscuro y su olor menos desagradable que las aguas negras, debido a que posee una gran cantidad de microorganismos asociados a flóculos, y esto facilita la absorción y metabolización de los contaminantes, así como la decantación de los lodos, los cuales son entonces eliminados o reciclados fácilmente (Fatma et al., 1998; Seoanez, 1995).

El floculo bacteriano está constituido por partículas coloidales, cuyo tamaño varía de algunas micras a algunos milímetros; se decanta rápidamente cuando cesa la turbulencia por la aireación (Metcalf y Eddy, 1985) cada partícula está formada por una masa de microorganismos, muertos o vivos, asociados a partículas minerales u orgánicas y encerradas en una sustancia mucosa, constituyendo el conjunto de las zoogleas. En éstas estructuras las bacterias son los organismos más abundantes, pero aún así cierta cantidad de bacterias de tipo infeccioso permanecen dispersas en el medio. Por lo que, para complementar el proceso de lodos activados en lo que se refiere a la limpieza o depuración de las aguas residuales, en el efluente se utilizan dos métodos, la cloración y la aplicación de ozono, ambos tratamientos son muy eficientes al reportar rendimientos muy elevados de purificación pero a un costo elevado (Seoanez, 1995).

Por lo que, como un método alternativo de bajo costo sería la utilización de microorganismos del Filo Rotífera y Cladóceras, para bajar aún más la carga bacteriana al final del proceso de lodos activados aprovechando la capacidad filtradora y depredadora de bacterias que tienen ambos grupos.

### **1.6. Lagunas de estabilización**

Uno de los métodos de reúso de las enormes cantidades de aguas residuales que se generan constantemente, son los estanques de estabilización. Estos son ecosistemas hipertróficos creados en los sesenta, siendo estructuras simples para embalsamar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias, se construyen de poca profundidad (de 2 a 4 mts.) y con periodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días), algunas veces con aireación y mezclado constantes para promover el crecimiento de las algas; los parámetros más utilizados para evaluar su comportamiento y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100 ml.), que caracteriza la contaminación microbiológica. También tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos. (León, 1995).

La estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo a través de la acción de organismos aerobios cuando hay oxígeno disuelto, estos aprovechan el oxígeno originalmente presente en las moléculas de la materia orgánica que están degradando. Los organismos que constituyen el zooplancton de las lagunas de estabilización están conformados por cuatro grupos mayores: ciliados, copépodos, rotíferos y cladóceros, ocasionalmente se presentan amebas de vida libre, larvas y pupas de dípteros, etc. La mayoría de los individuos de estos grupos sólo están presentes en las lagunas de estabilización durante alguna etapa de su desarrollo. Los rotíferos predominan durante los meses de verano, donde el género *Brachionus* se presenta con mayor frecuencia, siendo el más resistente aun en condiciones extremas, en cuanto a los géneros predominantes de cladóceros se encuentran *Moina* y *Daphnia*. (León, 1995).

Las lagunas de estabilización representan una buena opción tecnológica para la remoción de parásitos (huevos de helmintos y quistes de protozoos), virus y bacterias patógenas, incluyendo el *Vibrio cholerae*. En éstas el agua residual no se clarifica como en las plantas de tratamiento convencional pero se estabiliza y la hace susceptible para ser desinfectada con cloro. Sin embargo el efluente de las lagunas de estabilización, por sí sólo puede llegar a tener calidades microbiológicas

aceptables. (León 1995; Laws, 1993).

### **1.7. Características generales de los rotíferos**

Los rotíferos están distribuidos principalmente en las aguas dulces, casi las tres cuartas partes, son sésiles y están asociados a substratos litorales, son los invertebrados de cuerpo blando más importantes del plancton de los ríos y lagos (Ruttner-Kolisko, 1974), son metazoarios microscópicos de 50 a 200 $\mu$ , existen 2,000 especies estudiadas en el mundo, de las cuales 1,500 pertenecen a la clase Monogonta y aproximadamente 500 taxa a la clase Bdelloidea (Thorp, 1991).

Debido a que su tasa de reproducción es alta, son importantes en los sistemas acuáticos y ocupan la mayoría de estos; pueden poblar nichos vacantes con extrema rapidez (Odum., 1988). Algunos son depredadores de algas y bacterias aunque la mayoría son más bien omnívoros; el extremo anterior o corona de los rotíferos es ciliado, el movimiento de estos cilios crea una corriente direccional de partículas vivas o de materia orgánica detrítica hacia el interior de la boca, el aparato digestivo consta de una compleja estructura denominada mastax que le sirve para trozar las partículas de alimento; las partículas que consumen por lo general son menores a 12 micras, aunque algunas veces atrapan algunas otras de aproximadamente 50 $\mu$ , rompiéndolas e ingiriendo sus partes. La forma y movimiento de las espinas que poseen, intervienen de alguna manera para no ser capturados o para capturar a sus presas (Wetzel, 1981).

Su estudio se ha incrementado debido a su uso en la acuicultura como alimento para larvas de peces (Sarma, 1991) así como ser indicadores de la calidad del agua (Sládecék, 1983). Dentro de los sistemas acuáticos son esenciales en los ciclos de producción secundaria pues son cosmopolitas y gran cantidad de especies se alimentan principalmente de bacterias, permitiéndoles esta característica, el ser independientes de la producción fitotrófica (Ruttner-Kolisko, 1974). Además actualmente se están utilizando para estudios ecotoxicológicos, monitoreo ambiental, indicadores de contaminación y calidad del agua (Sarma, 2000).

### **1.8. Características generales de los cladóceros**

Los cladóceros pertenecen a una subclase de los Crustáceos, tienen un tamaño comprendido entre los 0.2 y los 3.0 mm; se encuentran en las aguas dulces y marinas, se conocen alrededor de 600 especies, en 11 familias, de las que más del 90% son dulceacuícolas (De la Fuente, 1994).

En ellos se distingue una boca bien definida, que consta de unas mandíbulas grandes y quitinizadas para triturar el alimento, un par de pequeñas maxilas que se utilizan para empujar el alimento a través de las mandíbulas y un labro medio que cubre las otras piezas bucales, en la parte ventral del tórax generalmente se encuentran cinco pares de patas, éstas son foliáceas, llevan numerosos pelos y largas sedas, los complejos movimientos de estos peines crean una corriente constante de agua a través de las valvas, oxigenando la superficie del cuerpo y forzando una corriente de partículas alimenticias hacia la parte anterior del cuerpo. Las partículas de alimento filtradas por las sedas son recogidas en un canal ventral localizado en la base de las patas y son impelidas hacia la boca donde se mezclan con las secreciones bucales. Algunos cladóceros tienen patas prensiles con las que se alimentan seleccionando el tamaño de sus presas, entre las que figuran protozoos, rotíferos y bacterias (Wetzel, 1981).

Actualmente se conoce que los Cladóceros forman parte del sistema biológico que existe para depurar aguas residuales, porque pueden actuar activamente en la eliminación de bacterias, como ejemplo esta *Daphnia* que es la responsable de la disminución de la biomasa en un cuerpo de agua; de protozoarios, algas y bacterias (Aguilera, 2002; Callieri et al., 1999) también algunos cladóceros se comportan como los principales depredadores secundarios de bacterias, cuando su población llega a una densidad máxima, pudiendo adaptarse a las aguas residuales urbanas, sean éstas tratadas o no (Vaqué y Pace, 1992). *Alona rectángula* y *Daphnia pulex* son dos especies de cladóceros que presentan una mayor adaptabilidad y tolerancia a las aguas residuales porque su alimentación consta principalmente de detritus, bacterias, algas y partículas de materia orgánica en general (Aguilera, 2002).

## 2. ANTECEDENTES

El uso del agua residual para la agricultura doméstica o agro-industrial puede representar una fuente de materia orgánica y nutrimentos para la producción del zooplancton (De Pauw et al., 1981). El tratamiento de esta agua en los sistemas de estabilización, implica el crecimiento de bacterias y algas, que son convenientemente utilizados como alimento por los organismos del zooplancton, esto implica una importante remoción de materia orgánica y nutrientes en los efluentes de los sistemas, trayendo consigo un mejoramiento en la calidad del agua (Tamas, 1979).

Varios autores han demostrado la importancia de los rotíferos por su tamaño y fácil cultivo, como alimento para las larvas de los peces de agua dulce (Sarma, 1991; Stefert, 1972; Hale y Carlson, 1972), sin embargo sólo algunos autores (Pavon, 1993; Snell y Hoff, 1989; Groeneweg y Schluter, 1981) han reportado técnicas, para realizar un cultivo masivo de rotíferos de agua dulce con el fin de utilizarlos como alimento para los alevines de peces de agua dulce o tropicales y para la depuración de aguas residuales.

Los rotíferos del género *Brachionus* son un alimento aprovechable para los peces y otros animales acuáticos (Honell, 1974, Theilacker y Master, 1971, todos tomados de Schluter, 1980) así en general la mayoría de los rotíferos además de ser un buen nutriente, presentan un alto nivel de producción diaria (Lubzens, 1987), para *B. plicatilis*, la producción diaria esta por arriba de los 122,000 rotíferos/l con una máxima densidad de 790 rotíferos/ml. Por otro lado Groeneweg y Schluter, (1981) sólo han reportado densidades por arriba de los 400 rotíferos/ml para el rotífero de agua dulce *B. rubens*. Por su parte Snell y Hoff, (1989) han reportado una máxima producción de 168,200 rotíferos/l día<sup>-1</sup> para *B. calyciflorus* con una densidad de 891 rotíferos/ml.

Los rotíferos son más eficientes a bajas concentraciones de alimento, esto es una ventaja puesto que consumen alimento fresco. Se ha encontrado que una de las razones al obtener una producción escasa, es la falta de aclimatación de los rotíferos a las altas densidades de alimento (Snell y Hoff, 1989).

Otro de los factores que influye en el comportamiento alimenticio de los rotíferos es el medio ambiente donde se encuentran, seleccionando estos por conveniencia microhábitat específicos y profundos (Resetarits y Wilbur, 1989 en Walsh, 1995), ocasionando con esto el incremento de una gran variedad de asociaciones entre los rotíferos y sus depredadores; para muchos rotíferos la selección

de su microhábitat proporciona una fuente rica de nutrientes, un incremento positivo de la interacción social entre los habitantes de la comunidad, un aumento del intercambio para la reproducción sexual o el refugio para evitar a los depredadores (Wallace, 1977 op. cit. ).

La elección del hábitat influye continuamente en la interacción depredador y presa, pero Jeffries y Lawton, 1984 (en Walsh, 1995) proponen que la distribución de la presa esta basada principalmente en la viabilidad del hábitat mas que la falta o escasez de los depredadores. La estructura compleja de las plantas de la comunidad de la zona, presentan un gran potencial de sitios en donde refugiarse de los depredadores, por que la depredación decrece cuando se incrementa el tiempo de búsqueda de los depredadores para cazar a la presa.

Los rotíferos y cladóceros forman parte del zooplancton de las lagunas de estabilización, ambos grupos son importantes para transferir energía a niveles troficos superiores debido a que transforman a los productores primarios (algas y bacterias) en energía aprovechable para los consumidores secundarios (larvas de insectos y de peces, etc.) llevando a cabo la transformación con gran eficiencia. Los rotíferos llevan a cabo el 30% de la transformación total de la biomasa del plancton (Serranía, 1996; León, 1995). Los estanques de sedimentación primaria reciben agua cruda con bajos niveles de oxígeno (< 1ppm) por lo que raramente pueden progresar en ellos poblaciones de rotíferos y cladóceros, en cambio los estanques de sedimentación secundaria en un sistema de estabilización, tienen altos niveles de oxígeno, por lo que se pueden desarrollar altas densidades de fitoplancton y zooplancton. (León 1995; Laws, 1993).

El fitoplancton y el zooplancton se desarrollan naturalmente durante el proceso de tratamiento de aguas residuales en las lagunas de estabilización en densidades de 300 individuos/l, dentro de los géneros del zooplancton que comúnmente se encuentran y que corresponden a los cladóceros son: *Moina micrura* y *Asplanchna intermedia*; y a los rotíferos: *Brachionus angularis*, *B. budapestinensis*, *B. calyciflorus*, *Filinia longiseta* y *Hexarthra mira* (Nandini, 1999).

Existen algunos trabajos de laboratorio para la investigación del comportamiento de los rotíferos y cladóceros en las lagunas de estabilización, como por ejemplo los siguientes:

-Sarma, et al., (2001) estudiaron la diferencia del crecimiento poblacional alcanzado por dos especies de rotíferos del género *Brachionus*, *B. calyciflorus* y *B. patulus*, alimentados con *Chlorella vulgaris*, *Saccharomyces cerevisiae* (levadura de cerveza) y la mezcla de ambas.

Encontrando que *B. patulus* alcanzó la mayor densidad de desarrollo con los tres tipos de alimento a diferencia de *B. calyciflorus* que alcanzó su mayor desarrollo sólo con *C. vulgaris*. esta resultó ser un mejor alimento para ambas especies de rotíferos, en comparación con *S. cerevisiae* y la mezcla de ambas.

-Nandini, (1999) Estudios las variaciones físico-químicas de los parámetros de la estructura planctónica de las lagunas de estabilización en Delhi (India), los parámetros estudiados fueron, la temperatura, el pH, oxígeno disuelto, fósforo reactivo soluble, fósforo total, nitrógeno como nitrato y clorofila  $\alpha$ ; analizo cuantitativamente al fitoplancton de las lagunas de estabilización e identifico y cuantificó al zooplancton, particularmente a los rotíferos, cladóceros y copépodos.

Encontró que las variaciones de la concentración de el fósforo reactivo soluble, el fósforo total y el nitrógeno como nitrato dentro de un determinado rango, no representa diferencias significativas en la concentración de nutrientes entre diferentes cuerpos de agua.

-Arévalo et al., (1998) Estudiaron el desarrollo poblacional de *Brachionus calyciflorus* utilizando el agua residual de la industria de la masa y la tortilla, conocida como agua de nixtamal o de nejayote, también se experimento con la presencia o ausencia de *Chlorella*. El agua de nejayote se utilizó a diferentes concentraciones (del 2 al 32% ) con la presencia o ausencia de el alga *Chlorella*, esta a una concentración fija de  $2 \times 10^6$  cells ml<sup>-1</sup>.

Con la presencia de *Chlorella* se observó un aumento en la población de *Brachionus calyciflorus* en las diferentes concentraciones del agua de nejayote, particularmente a una concentración del 8%, donde la población de *B. calyciflorus* alcanzó su máximo desarrollo. Por lo que es posible que el alga ayudara en la absorción de las sustancias toxicas del agua residual o disolviendo el amonio y otros compuestos nitrogenados.

También sin la presencia de *Chlorella* la población de *B. calyciflorus* alcanzó su máximo desarrollo en la concentración del 8% del agua de nixtamal, aunque a menor escala.

Sin embargo la población de *B. calicyflorus* no se desarrollo en ausencia de *Chlorella* y a concentraciones por arriba del 8% del agua de nejayote, porque *B. calicyflorus* no pudo aprovechar la materia orgánica disuelta en este tipo de agua. Estos estudios sugieren la posible utilización del agua residual de la industria de la tortilla para el cultivo masivo de esta especie de rotífero y poderlo utilizar como alimento para la acuicultura.

-Seaman, et al., (1986) Observaron la presencia de 12,500 rotíferos *Brachionus calicyflorus* en una muestra de 10 ml de una laguna de estabilización y que la concentración de *E. coli* de  $2.7-6.9 \times 10^8$  cells ml<sup>-1</sup> es la óptima para la filtración e ingestión por esta especie de rotífero, para *Chlorella* la concentración óptima para ser ingerida es de 10<sup>6</sup> Cel/ml , también observaron que en una concentración de *E. Coli* de  $2.0 \times 10^8$  el coeficiente del peso de *B. calicyflorus* aumenta serca del 10% .Ind.<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. esto indica una pobre ingestión de *E. coli* cuando esta bacteria se encuentra a esta concentración.

La producción máxima de huevos por hembra de *Brachionus calicyflorus* es alcanzada cuando existe una alimentación mixta de *E. Coli* a 10<sup>6</sup> cells ml<sup>-1</sup> y *Chlorella* a 10<sup>6</sup> cells ml<sup>-1</sup>, obteniendo en promedio dos huevos por hembra transcurridas 24 horas. Los resultados también demostraron que *B. calicyflorus* tiene dificultades metabólicas cuando su principal fuente de alimentación es sólo de *E. Coli* aunque su rango de asimilación sea alto. Consecuentemente una dieta mixta de *Chlorella* y *E. Coli* parece ser que mejora su reproducción.

Se puede decir que *B. calicyflorus* presiona para bajar el nivel de las algas, partículas orgánicas y bacterias, por lo que sería adecuado utilizar a esta especie de rotífero y a otro zooplancton como alimento de los peces y para bajar la carga de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. también para mejorar la calidad del agua y al mismo tiempo disminuir los gastos para su administración.

-Daborn, et al., (1978) Estudiaron el comportamiento poblacional de *Daphnia pulex*, en dos lagunas de estabilización de aguas residuales, conectadas en serie, desde Mayo a Septiembre de 1975 y de Octubre a Enero de 1976. Observaron que en Mayo se daba una alta fecundidad produciendo en promedio 70 Huevos por camada y que en junio se daba la máxima densidad de individuos alcanzando 932 *D. pulex*/ml. encontraron una relación inversa entre la abundancia de individuos con respecto al nivel de saturación del oxígeno y la disminución de la fecundidad de las hembras. Compararon tamaño de las



camadas y la producción de embriones o huevos, de las dos lagunas de estabilización, observando en la primera laguna camadas más grandes y una mayor producción de embriones.

En el desarrollo de esta tesina se hace referencia a *Brachionus rubens*, debido a que previamente existe un trabajo de servicio social en la FES-Iztacala (Bahena, 2001) en donde se obtuvieron en laboratorio conteos completos de bacterivoría de esta especie de rotífero, utilizando diferentes concentraciones de bacterias de los tanques de sedimentación, lodos activados y desinfección. de una planta de tratamiento de aguas residuales, de la ciudad de México. Observando que *B. rubens* posee una capacidad intermedia de remoción bacteriana, estos resultados coinciden con los obtenidos por Mendoza en el 2004. Además de que esta especie de rotífero resulta apropiada para cultivarse en forma masiva, ya que su sistema de filtración soporta de manera adecuada el crecimiento de las algas, el aumento de las sales y nitratos, los valores del pH son tolerados en un amplio rango y a bajas concentraciones de O<sub>2</sub> (de 1 a 2 mg /L) no afecta la reproducción de este organismo (Schluter, 1980).

*B. rubens* se utilizó como modelo para desarrollar la metodología para calcular su costo-producción, pero este también se puede obtener independientemente de la especie de rotífero o cladóceros elegida.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivos Generales.**

- > Estudiar bibliográficamente el comportamiento alimenticio de los cladóceros y rotíferos, además de la reproducción y el porque pueden ser utilizados estos últimos como alimento por las larvas de peces (acuacultura).
- > Analizar bibliográficamente las características de algunos de los sistemas principales o complementarios que son utilizados para depurar aguas contaminadas.
- > Desarrollar y explicar un Sistema de Costos (teórico) para la obtención a gran escala del rotífero *Brachionus rubens*.

#### **3.2. Objetivos Particulares.**

- > Revisión en forma general de los procedimientos normales de separación, cultivo y reproducción del alga *Chlorella vulgaris* y el rotífero *Brachionus rubens*.
- > Explicación de los conceptos teóricos de la valuación del tiempo y elaboración del formato “Estimación de avance de proceso conforme al tiempo”
- > Definición y explicación de los conceptos más utilizados en la Contabilidad de Costos
  - > Elección del Sistema de Costos mas adecuado para obtener el costo unitario de una producción masiva del rotífero *B. rubens*.
  - > Estimación de la producción mensual y estructuración de una empresa ficticia (no real) para poder desarrollar un sistema de costos teórico para *B. rubens*.
  - > Cálculo de la depreciación fiscal del Activo Fijo y diseño de formatos para el Cálculo de los elementos del costo
  - > Diseño, desarrollo y explicación del funcionamiento de un Programa de Cálculo (hoja electrónica de Microsoft Excel automatizada) para obtener, finalmente el costo unitario de cada pieza producida (garrafón de 20 l. con medio EPA y *B. rubens*)

#### 4. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se hará una selección y revisión bibliografía de algunos libros y artículos científicos que tratan el tema del comportamiento alimenticio de los cladóceros y rotíferos para tener un soporte documentado que avale la disminución de la carga bacteriana que se observa en un estanque con agua residual al emplear a estos microorganismos.

En el laboratorio de Zoología Acuática de la FES- Iztacala, se analizará el procedimiento general que se emplea frecuentemente para el aislamiento y cultivo del alga *Chlorella vulgaris* y del rotífero *Brachionus rubens*, de esta forma se obtendrá un cuadro detallado de estos procesos y estimar su grado de avance, siendo este último de gran utilidad para desarrollar el sistema de costos.

Con un criterio particular contable y con la consulta de algunos libros para obtener un soporte bibliográfico, se definirán y explicarán de manera sencilla los principales conceptos que se emplearán para la valuación del tiempo de proceso y los principales elementos del costo.

Se aplicará la experiencia laboral y la consulta de libros necesaria para escoger y desarrollar un sistema de costos adecuado operativamente y que se justifique administrativamente para la producción masiva del rotífero *B. rubens*; además de estructurar por departamentos y proporcionar los datos de una empresa ficticia, para que posteriormente se diseñen los formatos necesarios que se utilizarían para el cálculo de los elementos del costo.

Con la consulta de tesis, se investigará bibliográficamente la cuota teórica del crecimiento poblacional del rotífero *B. rubens* con *C. Vulgaris* con la finalidad de estimar su crecimiento para obtener un volumen mayor y poder así asignar una unidad de producción (garrafón) para este organismo y obtener el costo unitario de dicha unidad al poder desarrollar un sistema de costos, en particular también se investigará bibliográficamente, la capacidad teórica de remoción de bacterias que tiene *B. rubens*, para estimar el costo unitario de este organismo con respecto a su capacidad teórica de remoción para un determinado volumen de agua tratada.

Se utilizará una hoja electrónica de Microsoft Excel en ambiente Windows 98, para detallar los pasos y operaciones que se tienen que efectuar para los procesos "A" (aislamiento y cultivo de *C. vulgaris*) y "B" (aislamiento y cultivo de *B. rubens*) en un sistema de costos por procesos. La mencionada hoja electrónica nos solicitará los datos e importes que le son necesarios para que determine automáticamente la producción equivalente, la valuación de la producción estimada y en proceso, el costo transferido de un proceso a otro y el costo unitario por pieza (garrafón), además de

reflejarnos el comportamiento del sistema de costos por procesos para el mes inicial y siguiente mes de producción.

## 5. DESARROLLO DEL CONTENIDO

### > Comportamiento alimenticio de cladóceros y rotíferos, reproducción y utilización en la acuicultura de estos últimos.

La tesina es un trabajo escrito en donde se desarrolla un tema relacionado con el ámbito profesional y la acción de investigación, la cual debe cumplir con una sistematización y coherencia metodológica. Por lo que de acuerdo con los lineamientos emitidos por la carrera de biología para presentar una tesina como opción de titulación; el desarrollo de la parte biológica así como la producción masiva de *Brachionus rubens* y la obtención de su costo unitario (garrafón de 20 litros) se harán tanto bibliográficamente como operativamente con el desarrollo de la metodología para calcular su costo-producción.

Existen trabajos de investigación acerca de la bacterivoría o capacidad de alimentarse con bacterias que tiene los cladóceros y los rotíferos, como por ejemplo los siguientes: (ordenados cronológicamente de acuerdo a la fecha de publicación del artículo revisado)

-Pace et al., (1983) analizaron la interacción trófica que existe entre dos especies de cladóceros potencialmente competitivas *Daphnia pátvula* y *Ceriodaphnia lacustris* y las bacterias en el lago de Erken. Observando que la especie más grande (*Daphnia pátvula*) creció y se reprodujo conforme al aumento de la fracción bacteriana, aunque las bacterias sin embargo no son su principal recurso alimentario.

Caso contrario se presentó con el pequeño cladócero *Ceriodaphnia lacustris* que era capaz de aumentar su población en bajas concentraciones de bacterias como alimento; estos resultados demuestran que éstas dos especies de cladóceros tienen una eficiencia diferente de utilización de las bacterias, mas experimentaciones indicaron la naturaleza dinámica de la interacción trófica entre los cladóceros y las bacterias a través de su abundancia estacional, la edad, su distribución y el tipo de especie de cladócero consumidor.

-Vaqué y Pace, (1992) mencionan que existe una diferencia significativa en la bacterivoría que presentan *Daphnia pulex*, *Bosmina longirostris* y *Daphnia pátvula*, debido a la diferente estructura alimentaría que tiene el lago "Paúl" con respecto al lago "Martes" (GQgebic County. MI). Ambos

lagos son similares en su morfología, los dos son pequeños aunque el lago "Martes" es más profundo, sólo diferenciándose en su composición orgánica y biomasa.

El lago "Paúl" era dominado por largos peces piscívoros y virtualmente ningún pequeño pez planctívoro, encontrándose en forma dominante el gran cladóceros *Daphnia pulex*; en el lago "Martes" había poblaciones densas de peces planctívoros, mientras que los piscívoros estaban ausentes y encontrándose en forma dominante los pequeños cladóceros *Bosmina longirostris* y *Daphnia pátvula*.

Al realizar conteos mensuales de bacterias en cada estratificación de ambos lagos, durante los meses de Mayo a Agosto de 1989, no se encontraron diferencias significativas en la bacterivoría de las tres especies de cladóceros observadas.

-Roche, (1997) hace referencia al potencial de crecimiento que tiene *Daphnia magna*, en un sistema de tratamiento y estabilización de aguas residuales, en donde se estudió individualmente el crecimiento medio y la variación de la reproducción de esta especie de cladóceros, en dos tanques del sistema durante cada estación del año 1992; encontrándose un valor final máximo de crecimiento del cuerpo de 3.8 mm en el tanque sedimentador primario "A" y 5.2 mm en el tanque de aeración "B".

Observándose un incremento del largo de cuerpo respecto a las muestras control de 0.28 mm en el estanque "A" y de 0.38 mm en el estanque "B". Estos Resultados se pueden comparar también con otros estudios realizados por Myrand y De la None 1982, Rocha 1983 y Koperlainen 1986. Esto hace suponer que el afluyente de agua residual es una fuente de nutrición importante para *D. magna*. (tomado de Roche).

-Karabin y Pontín, (1995) realizaron cultivos de los rotíferos *Brachionus quadridentatus* y *Brachionus plicatilis* para investigar sus requerimientos alimenticios y su habilidad para seleccionar las partículas alimenticias con base en el tamaño. En el experimento se observó que las algas Chlorophyceas, *Nannochloris* sp. y *Chlorella vulgaris* poseen un buen valor nutrimental para estos rotíferos y que cualquier *B. quadridentatus* baja su desarrollo con *Microcystis firma*, detritus de *Enteromopha* sp. o bacterias del género *Pseudomonas* cuando éstas son su única fuente de alimentación. Por otro lado Arndt, (1985) detectó que existe una posible correlación entre el rango de crecimiento de *Brachionus quadridentatus* y las cianobacterias filamentosas *Oscillatoria limnetica* y *Lyngbya contorta* durante

estudios realizados en el estuario de Darss-Zingst. también menciono que en experimentos de laboratorio se ha observado que *Brachionus quadridentatus* son capaces de ingerir a las cianobacterias, mientras que *Brachionus calyciflorus* puede desarrollarse con el alga azul-verdosa *Anabena flos-aquae* como única fuente de alimento.

También se observó en el experimento que *B. quadridentatus* tiene una eficiencia para ingestar pequeñas partículas de 1 a 2  $\mu$ , estos valores coinciden con los resultados de Rothhaupt, (1990) sobre *Brachionus rubens*, *Brachionus angularis* y *Brachionus calyciflorus*. Esto limita a los rotíferos para vivir en un cuerpo de agua abierto debido a que su estructura digestiva se bloquearía con las partículas de mayor tamaño que en general se presentan en mas número en un medio ambiente abierto; de acuerdo a Pourriot, (1977), los rotíferos seleccionan pequeñas células con un diámetro cerca de 2  $\mu$  o menos.

La selección de su alimento sólo es posible cuando el rotífero es capaz de atrapar partículas de desecho con base en su estructura anatómica bucal; de acuerdo a esta estructura Gilbert y Starweather, (1977) han realizado estudios del comportamiento que tienen *Brachionus calyciflorus* y *Philodina roscola*, con respecto a las partículas de desecho, y se ha observado que los mecanismos que utilizan para aceptar y envolver las partículas de desecho son los cilios, el embudo bucal y el mastac (mandíbula).

En este experimento la utilización de un Látex microscópico para éstas dos especies de rotíferos indica que la respuesta para los diferentes tamaños de partículas, sigue diferentes caminos *B. quadridentatus* tiene un alto índice de selectividad para partículas alimenticias de 3 a 5  $\mu$ , mientras que *B. plicatilis* tiene un índice de selectividad de 2  $\mu$ . (todos tomados de Karabin y Pontín)

-Walsh, ( 1995) estudia la susceptibilidad que existe del rotífero de litoral *Euchlanis dilatata* en un hábitat específico con la presencia de tres macrófitas acuáticas (*Myriophyllum exalbescens*, *Elodea canadensis* y *Ceratophyllum demersum*) y dos predadores (*Enallagma carunculata* y *Enidarians – Hydra*). En este trabajo de Investigación se menciona que el rotífero *E. dilatata* vive en asociación con la vegetación sumergida de la zona de litoral de los lagos de agua dulce y estanques. observando que la supervivencia de dicho rotífero fue mayor con la presencia de *M. exalbescens* y a la inversa con la presencia de las otras dos especies de macrófitas, en ambos casos estuvo presente el depredador *E. carunculata*. Al disminuir artificialmente la complejidad relativa de la estructura de las macrófitas acuáticas, resultaba en una baja supervivencia del rotífero *E. dilatata* al estar más a la vista de su

depredador *E. carunculata*. Encontrándose la misma situación con *E. canadensis* y *C. demersum* debido a que no proporcionan al mencionado rotífero un espacio de refugio adicional.

En cambio no existe una diferencia en la supervivencia del rotífero *E. dilatata* en presencia del depredador *E-Hydra* y las macrófitas acuáticas arriba mencionadas debido a que *Hydra* es un depredador estacionario, su habilidad para capturar al rotífero depende de su localización específica sobre la planta o el número de encuentros con el rotífero o de ambas circunstancias. *E. dilatata* esta enteramente en asociación con *M. exalbescens*, como fue observado por Walsh, 1992 (en el lago de Delvis), esta relación puede en parte ocurrir como un estímulo a la puesta de huevecillos del rotífero por el tipo de plantas que se encuentran en su hábitat. (tomado de Walsh)

-Schluter, (1980) experimento con cultivos masivos de *Brachionus rubens*, utilizando ocho especies de algas verdes como alimento para este rotífero, con el fin de encontrar la concentración óptima del medio con algas, tolerable para *B. rubens*, y la influencia del nitrato de sodio, cloruro de sodio, los valores extremos del ph y la baja concentración del oxígeno.

Los rotíferos *B. rubens* fueron alimentados con algas verdes y cultivados en 200 ml. de nitrato inorgánico N8 (Soeder et al., 1967), incubando 5 rotíferos/ml. durante 5 días a una temperatura de 20 °C. con iluminación constante. Finalmente en el experimento se obtuvo una mayor densidad de rotíferos con *Kirchneriella contorta*, *Chlorella fusca* y *Scenedesmus costato-granulatus* que con respecto a *Chlamydomonas sp.*, *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acuminatus*.

En forma general los resultados demuestran que *B. rubens* es un organismo que resulta apropiado para cultivarse en forma masiva, debido a que varias especies de fitoplancton pueden ser utilizadas como fuente de alimentación, consistiendo el medio en 80% de algas con un 20% de rotíferos, esta concentración soporta suficientemente el crecimiento de las algas. Y que la reproducción de *B. rubens* no se ve afectada conteniendo el medio 12 ppm de Nitrato de Sodio ( $\text{NaNO}_2$ ), de 0 a 0.8g/l de Cloruro de Sodio ( $\text{NaCl}$ ) y un rango de concentración de Oxígeno de 1.15 a 8.1 mg  $\text{O}_2$ /l, la sobrevivencia de esta especie de rotífero esta entre los valores de pH de 4.5 a 9.5, alcanzando su máximo desarrollo a un pH de 6.8. (tomado de Schluter)



### **> Sistemas para el tratamiento de las aguas residuales.**

La disposición satisfactoria de las aguas residuales, depende del tratamiento o tratamientos necesarios a los que se haya sometido así como del grado de calidad requerida para diversos fines y de lo cual depende el término de calidad del agua: lavar materiales o herramientas, riego, uso culinario, potable, etc. El tratamiento de las aguas residuales es el conjunto de recursos por medio de los cuales es posible verificar las diferentes etapas que tienen lugar en la auto purificación de una corriente, dentro de una área apartada, limitada y bajo condiciones controladas (Fair et al., 1997).

El propósito del tratamiento de las aguas residuales, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos. Los sólidos que se eliminan son principalmente orgánicos pero se incluyen también sólidos inorgánicos, debe procurarse un tratamiento para los sólidos y los líquidos que se eliminan como lodos y puede también necesitarse un tratamiento para controlar los olores, para retardar las actividades biológicas o para destruir los organismos patógenos (Fair et al. 1997; Falcón, 1990).

A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas residuales, todos pueden incluirse dentro de los cuatro procesos siguientes: tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario.

El tratamiento preliminar cuenta con una serie de dispositivos (rejas, desmenuzadores, desarenadores y tanques de pre-aeración) para eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes (Anón, 1990), además de eliminar los sólidos inorgánicos pesados y cantidades excesivas de aceites y grasas. Algunas veces se emplea, posterior a este tratamiento, el proceso de la cloración para desinfectar el agua residual, pero debido a que la cloración se puede emplear de manera independiente en cualquier etapa de un tratamiento de depuración de aguas se le considera como un método independiente.

El tratamiento primario tiene como propósito fundamental el disminuir la velocidad de las aguas negras para dar tiempo a la sedimentación de los sólidos en los tanques de sedimentación (Falcón,

1990). En donde se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras, aproximadamente del 40 o 60 por ciento, este porcentaje se ve incrementado del 80 al 90 por ciento cuando se agregan ciertos productos químicos, logrando con esto eliminar casi todos los sólidos coloidales. En este proceso la actividad biológica en las aguas negras, tiene escasa importancia (Fair et al., 1997; Falcón, 1990).

El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables (Laws, 1993), este tratamiento en parte es comparable a la zona de recuperación de la auto purificación de una corriente, como se mencionó en la introducción de la presente tesina. También el funcionamiento de este tratamiento secundario se vio en detalle en la introducción de la tesina.

Los dispositivos que se utilizan para el tratamiento secundario pueden dividirse en los cuatro grupos siguientes: filtros percoladores con tanques de sedimentación secundaria, tanques de aireación (lodos activados con tanques de sedimentación simple y aireación por contacto), filtros de arena intermitentes y tanques de estabilización (Falcón, 1990).

El tratamiento terciario (al que se le conoce también como tratamiento avanzado), es la serie de procesos destinados a conseguir una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario, algunos de estos son:

- 1). separación de sólidos en suspensión
- 2). absorción en carbón activo (separación de compuestos orgánicos)
- 3). intercambio iónico
- 4). ósmosis inversa
- 5). electrodiálisis
- 6). oxidación química (cloración y ozonificación)
- 7). proceso Sonozone

1). Los **sólidos en suspensión** que no han sido eliminados en las operaciones convencionales de tratamiento primario y secundario, pueden ser separados del agua mediante el procedimiento de microtamizado, este está constituido por una serie de microtamices que se construyen sobre tambores

rotativos, donde el agua residual se vierte de forma continua en la parte interior del tambor y fluyendo hasta una cámara de almacenamiento de agua clara en la parte exterior; con el microtamizado se consiguen eliminaciones del 70 al 90% de los sólidos en suspensión (Anón, 1990). Adicionalmente al procedimiento de microtamizado se utiliza normalmente la filtración para conseguir mayor rendimiento en la eliminación de los sólidos de hasta el 99%. Los materiales de relleno de los filtros más empleados son arena, antracita y tierra de diatomeas o se realiza una coagulación utilizando sulfato de alúmina, polielectrolitos, cal y otros reactivos químicos, para obtener también un alto porcentaje de eliminación de sólidos (Ramalho, 1996; Fahim et al., 2001).

2). El **Carbón activo** es un sólido que actúa como absorbente de un soluto que se denomina adsorbato, la capacidad de absorción del absorbente esta en función de su superficie total ya que cuanto mayor sea ésta, se dispondrá de mayor número de fuerzas no equilibradas para atrapar moléculas del agua residual (soluto), este fenómeno se denomina adsorción física o de Van der Waals (Ellis, 1980 ).

El porcentaje de eliminación de contaminantes del agua, depende fundamentalmente del tiempo de contacto entre el agua residual y el carbón activo, cuando el agua contaminada fluye a través de una columna de carbón activo los contaminantes se separan gradualmente y el agua residual se va purificando progresivamente conforme desciende a través de la columna.

El carbón activo tiene una estructura muy porosa con grandes áreas superficiales, tan elevadas como 1,000 m<sup>2</sup>/g., la gran ventaja del carbón activo como absorbente descansa en la posibilidad de su reactivación (hasta 30 veces o más) sin pérdida apreciable de poder de adsorción (Ramalho, 1996; Laws, 1993).

3). El **intercambio iónico** es un proceso en que los iones que se mantienen unidos mediante fuerzas electrostáticas a grupos funcionales sobre la superficie de un sólido, se intercambian por iones de una especie diferente en disolución (Ramalho, 1996). Para esto se utilizan resinas sintéticas tales como estireno y divinil-benceno (DVB). La cantidad de resinas determina la capacidad de intercambio, mientras que el tipo de grupo funcional determina la selectividad iónica y la posición del equilibrio de intercambio. Las partículas de las resinas tienen diámetros de 0.5 mm aproximadamente y se emplean en columnas rellenas utilizando caudales de aguas residuales de 200 a 500 l/(min.)(m<sup>2</sup>), (Tebbutt y Hugh, 1998).

Las resinas de intercambio catiónico separan los cationes de una solución, intercambiándolos por iones sodio (ciclo de sodio) o por iones hidrogeno (ciclo del hidrogeno). Los iones Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>,

$\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  quedan retenidos sobre la resina y se produce un efluente ablandado (Laws, 1993 y Ramalho, 1996).

Las resinas de intercambio aniónico separan aniones de una solución, intercambiándolos por iones oxidrilo, de esta forma aniones tales como  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ , *etc.*, se eliminan de la solución. (Ramalho, 1996; Laws, 1993).

Normalmente las resinas catiónicas y aniónicas se emplean en serie, mediante su elección adecuada se pueden resolver la mayoría de los problemas de naturaleza inorgánica en las aguas residuales (Tebbutt y Hugh, 1998). Sin embargo cuando la capacidad de intercambio de la resina se agota, la resina debe regenerarse (Tebbutt y Hugh, 1998; Ramalho, 1996).

4). En el tratamiento de las aguas residuales mediante **ósmosis inversa**, el efluente contaminado se pone en contacto con una membrana adecuada a una presión superior a la presión osmótica de la solución que se encuentra del otro lado de la membrana, en este tipo de tratamiento se emplea un sistema tubular que consiste en un tubo interno colocado en el centro de un tubo con un diámetro mayor; en el tubo interno se encuentra la entrada del agua residual cruda que al aplicarle presión elevada se distribuye y difunde a través de sus paredes, hacia el tubo externo (que se encuentra a presión atmosférica) que recibe al agua ya purificada. Las paredes del tubo interno están formadas por un material semipermeable (acetato de celulosa) y proyectado para soportar presiones elevadas, mientras que el tubo externo esta formado por material ordinario (Anon, 1990).

5). La **electrodiálisis** es un método que se emplea para la eliminación de nutrientes inorgánicos (fósforo y nitrógeno) de las aguas residuales, empleando para esto celdas de electrodiálisis, Los componentes básicos de una celda de electrodiálisis son una serie de membranas hechas de resinas de intercambio iónico. Las membranas son relativamente selectivas de un tipo específico de iones (Ramalho, 1996).

Las membranas catiónicas poseen una carga fija negativa, permitiendo a los cationes (iones positivos) pasar a través de ellas y las membranas aniónicas poseen una carga positiva fija permitiendo sólo el paso de los aniones (iones negativos). El paso de los iones a través de las membranas se acelera por la aplicación de una tensión eléctrica constante. (Tebbutt y Hugh, 1998). En este sistema el agua residual cruda se alimenta continuamente en los compartimientos de concentración y el agua residual tratada se extrae continuamente de los compartimientos de dilución.

Para un funcionamiento adecuado de la celda de electrodiálisis se necesita parar la planta

periódicamente para limpiar y disminuir la saturación de la membrana., o aplicar previamente a las aguas residuales, coagulantes, filtros o absorción en columnas de carbón activo para disminuir la oclusión de la membrana de electrodiálisis, pero esto ocasiona que el costo se eleve mucho (Ramalho, 1996; Ellis, 1980).

#### 6). Procesos de oxidación química (Cloración y Ozonización)

Con respecto a la **Cloración**, este es un proceso muy usado en el tratamiento de las aguas residuales industriales y urbanas, fundamentalmente el cloro es un desinfectante muy utilizado debido a su fuerte capacidad de oxidación y su poder residual, por lo que destruye o inhibe el crecimiento de bacterias y algas, produce una reducción de la DBO por la oxidación de los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales (Laws, 1993; Metcalf y Eddy, 1985), la capacidad oxidante del cloro se emplea para el control del olor y la eliminación del color en muchos tratamientos industriales (azúcar de caña, industrias de conserva, centrales lecheras, pasta y papel, textiles, etc.). los iones metálicos que están presentes en forma reducida en las aguas residuales, se oxidan por la acción del cloro (por ejemplo, el ion ferroso a férrico y manganeso a mangánico). También el cloro interviene en la oxidación de los cianuros a productos inocuos.

La cantidad inicial de cloro añadido se reduce por los compuestos que reaccionan rápidamente con él (por ejemplo,  $Fe^{2+}$  y  $Mn^{2+}$ ), la adición continua de cloro conduce a la presencia de cloro residual en forma de compuestos orgánicos clorados o cloraminas (Tebbutt y Hugh, 1998), añadiendo mas cloro los compuestos órgano-clorados se oxidan, es decir la molécula se rompe y se libera cloro, esto conduce a la disminución de cloro residual (Falcón, 1990). Las dosis típicas de cloro para desinfección son las siguientes (Ramalho, 1996):

Efluente de :	Intervalo de Dosificación (mg/l)
Aguas residuales sin tratar (precloración)	6-25
Sedimentación primaria	5-20
Planta de precipitación química	2-6
Filtro precolador	3-15
Lodo activo	2-8
Filtro múltiple seguido de planta de lodos activos	1-5

Aunque el empleo de la cloración esta muy extendido, debe anotarse que el cloro es un producto químico relativamente caro, por lo que si el costo de la depuración de las aguas residuales es importante, se deben de evaluar otros métodos (Tebbutt y Hugh, 1998). Además, cuando se clora el agua éste se combina con sustancias orgánicas del agua, formando los tri-halometanos y al unirse con las aminas da origen a las cloraminas, ambos compuestos son cancerígenos reconocidos (APHA, 1985)

También la oxidación química con **Ozono**, es un método efectivo para tratar las aguas residuales, debido a que el ozono reacciona fácilmente con los productos orgánicos no saturados presentes en las aguas residuales y la tendencia a la formación de espuma de las aguas residuales se reduce después del tratamiento con ozono, la ruptura de los anillos y la oxidación parcial de los productos aromáticos deja a las aguas residuales más susceptibles de tratamiento convencional biológico (Tebbutt y Hugh, 1998). El ozono presente en el efluente se convierte rápidamente a oxígeno una vez que ha servido a sus fines de descontaminación del agua, este oxígeno es beneficioso para las corrientes receptoras y ayuda a mantener la vida acuática (Ramalho, 1996). Así mismo el ozono puede sustituir al cloro en el tratamiento de las aguas residuales que contienen cianuro.

7). El **proceso Sonozone** este proceso combina los ultrasonidos con el tratamiento con ozono, incluye tres etapas de las cuales las dos iniciales son unidades de pretratamiento.

a) Sección físico-química. En donde el lodo se separa mediante una serie de unidades de tratamiento primario utilizando la coagulación (adición de coagulantes químicos para formar masas de lodo y facilitar su filtración), seguida de la clarificación (sedimentación de los sólidos orgánicos e inorgánicos para su separación).

b) Sección de filtración. Aquí se eliminan los sólidos de tamaño microscópico y los productos orgánicos procedentes del agua residual clarificada.

c) Sección Sonozone. Esta consiste de un pequeño disco metálico vibratorio localizado en el fondo de un tanque a través del cual fluye el agua residual, donde se envía una corriente estable de ondas ultrasónicas mediante este disco vibratorio y simultáneamente se hace burbujear ozono dentro del tanque. Las ondas de alta frecuencia rompen las bacterias y las partículas en disolución en otras de tamaño submicronico (Ramalho, 1996). De esta forma se hacen muy susceptibles al fuerte efecto oxidante del ozono, con lo cual el consumo de este producto es menor que el requerido en otras

circunstancias. Los compuestos de carbono se oxidan dando lugar a la formación de  $CO_2$  y  $O_2$ , mediante la siguiente reacción química :  $2O_3 + C \Rightarrow CO_2 + 2O_2$

En menos de 60 segundos de tratamiento con el procedimiento Sonozone se destruyen el 100% de las bacterias y virus fecales, el 93% de los fosfatos y el 72% de los compuestos nitrogenados, la calidad del efluente es casi exclusivamente la misma a la que podría conseguirse mediante destilación del agua. En el efluente el ozono se descompone rápidamente en oxígeno, este disuelto es beneficioso a la corriente receptora y ayuda a mantener la vida acuática. Una característica importante del sistema sonozone es su compatibilidad debido a que requiere un 20% de la superficie de los sistemas convencionales de aireación o balsas de sedimentación debido a que no utiliza equipo de aireación (Tebbutt y Hugh, 1998), el oxígeno necesario se obtiene de la superficie natural de aireación y de las algas que producen oxígeno por fotosíntesis, pero finalmente resulta un sistema muy caro.

Antes de desarrollar y explicar el sistema de costos teórico para la obtención a gran escala del rotífero *Brachionus rubens*, tenemos que abordar los objetivos particulares para tener las bases teóricas, los datos e importes necesarios para alcanzar dicho fin.

### **>Revisión en forma general del proceso de separación, cultivo y reproducción del alga *Chlorella vulgaris* y el rotífero *Brachionus rubens*.**

En general, *B. rubens* es una de las especies dulceacuícolas que se ha logrado aislar y mantener con fines de cultivo (Rico y Dodson, 1992 , Bennet y Boroaas, 1988, Ríos y Ramírez, 1987; todos tomados de Pavón 1993 ; Schluter, 1980); se ha reportado su localización en pequeños cuerpos de agua en la Colonia Aragón del Estado de México, además de que se ha observado que *Chlorella vulgaris* posee un buen valor nutrimental para esta especie de rotífero (Trujillo, 2002).

Para desarrollar el proceso de aislamiento y cultivo del alga *Chlorella vulgaris*, así como del rotífero *Brachionus rubens*, se tomo como guía los procedimientos que frecuentemente se llevan a cabo en el laboratorio de Zoología Acuática de la FES- Iztacala, los que se mencionan a continuación:

#### **Aislamiento del Alga *Chlorella vulgaris*.**

Se selecciona un cuerpo de agua donde se sospecha la presencia de *C. vulgaris*, de este a una profundidad de 30 cm. se obtiene una muestra de 20 l. posteriormente se filtra esta muestra a través de

una malla o red de plancton (tubo de PVC de 2" de diámetro con malla de 50 ò 60 micras), formándose en la malla del filtro un deposito de algas y bacterias, dicho filtro se voltea y se enjuaga con agua limpia, hasta obtener un volumen final de 600 ml de agua, algas y bacterias. Este volumen posteriormente se transporta al laboratorio, para que se diluya parte del material filtrado en 20 ml de agua destilada y poder así observar y aislar al microscopio mas fácilmente 60 individuos de la especie *Chlorella vulgaris*, estos se colocan en un recipiente de 1 l. con agua destilada (se seleccionan y colectan con una pipeta Pasteur).

#### Cultivo del Alga *Chlorella vulgaris*.

Se le adiciona 1 ml de medio Bold al litro de agua destilada que contiene las 60 individuos y se le aplica aireación constante, a una velocidad aproximada de 1 burbuja por segundo y temperatura de 20 a 25 C<sup>0</sup> (a temperaturas mayores no crecen) con un fotoperíodo constante las 24 hrs., cada tercer día se le adicionan 0.2 grs. de Bicarbonato de Sodio durante 2 semanas. Posteriormente del cultivo de algas, se separan 200 ml para guardarlos como reserva y los 800 ml restantes se distribuyen en 5 botellas de 1litro de capacidad, a las que se les adiciona agua destilada y medio Bold; a las tapas de éstas botellas previamente se le hacen dos agujeros; un orificio es para conectar la manguera de aireación y el otro es para que fluya el aire que entra, hacia afuera de la botella, esta aireación también debe de ser constante pero mas fuerte y a una temperatura de 20 a 25 C<sup>0</sup> y fotoperíodo constante las 24 hrs. Cada tercer día se le adiciona a éstas botellas 0.5 grs. de Bicarbonato de Sodio y se les repone el volumen inicial de 1 l. de agua destilada; transcurridos 5 días se reduce la aireación manualmente hasta desconectar; posteriormente a las botellas se les coloca una tapa cerrada y se ponen en refrigeración a 4 C<sup>0</sup> procurando no agitarles mucho; se alimenta frecuentemente al alga con medio EPA para que después de 7 días se obtenga un concentrado y se tire el agua sobrante de cada botella, posteriormente se verifica en el microscopio estereoscópico si el deposito no tiene ciliados (debido a que se alimentan de *C. vulgaris*), después se reúnen los concentrados de las 5 botellas en uno sólo, para que se cuenten las algas en una cámara de Neubauer a intervalos de 24 hrs. durante 14 días y poder así determinar el tamaño de la población finalmente obtenida.

#### Aislamiento del rotífero *Brachionus rubens*.

De una botella de 1 litro obtenida de un cuerpo de agua donde se sospecha la presencia de esta especie



de rotífero, se filtran 20 ml usando el mismo filtro arriba descrito, posteriormente se voltea este filtro y se enjuaga con 5ml. de agua destilada, se llevan estos 5 ml a una caja de petri para identificar y separar a varios rotíferos de la especie *B. rubens*.

#### Cultivo del rotífero.

Se coloca 1 rotífero (*B. rubens*) en 20 ml de agua destilada y 1 ml. del alga *C. vulgaris*, con éstas características se obtienen 5 muestras, posteriormente se incuban a medio ambiente, se rotulan con: la fecha de obtención, especie del rotífero y lugar de origen de la muestra, durante 15 días aproximadamente se observan las 5 muestras para determinar en éstas cuantos rotíferos son juveniles, huevecillos o están en etapa reproductiva. Finalmente de las 5 muestras se selecciona la más exitosa (la que tiene mayor cantidad de rotíferos), y se pasa la muestra a un matraz de 250 ml adicionándoles más algas y medio EPA. Posteriormente se obtienen 3 alícuotas de 1 ml, contándose los rotíferos que contiene cada una de éstas alícuotas, para obtener su media aritmética, con la finalidad de calcular mediante la utilización de la regla de tres, cuantos rotíferos de la especie buscada se encuentran en 1 ml y partiendo de este dato estimar el número de *B. rubens* que habrá en un determinado volumen.

### > **Conceptos teóricos de la valuación del tiempo y elaboración del cuadro denominado**

#### **“Estimación de avance de proceso conforme al tiempo”.**

Respecto a lo anterior y conforme a un criterio muy particular podemos determinar dos procesos, el “A” que correspondería al aislamiento y cultivo del alga de la especie *C. vulgaris* y el proceso “B” que sería el aislamiento y cultivo del rotífero *B. rubens*. Para poder estimar el avance de estos procesos (Cuadro 1) es necesario su valorización en tiempo, esto se refiere a la medición del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operario para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado, el objetivo inmediato de la medición del trabajo es la determinación del tiempo, o sea, medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en términos de un tipo o patrón que es el tiempo (García, 1997), en otras palabras la valorización del tiempo mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, por el personal que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día, debido a su capacitación en la actividad a desarrollar.

En la descripción real de un trabajo para el estudio de tiempos, generalmente resulta conveniente dividir el trabajo en pasos denominados **elementos del estudio de tiempos** (Marvin y

Mundel, 1978), esto facilita la medición del tiempo y la valorización de los datos para el cálculo posterior de los tiempos y los costos; para medir un elemento debe de preferencia ser fácilmente detectable, con inicio y término claramente definidos y debe de ser todo lo breve posible. Una unidad mínima del tiempo generalmente aceptada es de 0.04 min. o sea 3 segundos (García, 1997).

Para medir el tiempo, generalmente se usan cronometro digitales, por su precisión y facilidad de manejo. en el cuadro 1, denominado “Estimación de avance de proceso conforme al tiempo”, se determinaron los tiempos de cada elemento utilizando el método de medición repetitiva o de retroceso intermitente, en este el reloj o cronómetro se pone en marcha al inicio del primer elemento del primer ciclo cuyo tiempo se va a medir y se lee simultáneamente volviéndolo a cero al terminar este, y así cada elemento subsiguiente. La valoración del tiempo de cada elemento generalmente la realiza un supervisor o el trabajador con más experiencia. (Marvin y Mundel, 1978).

En nuestro caso, para registrar los datos de los tiempos del proceso “A” y “B”, se utilizó el procedimiento de “**tiempos directos - muestreo intensivo**”, este es un procedimiento en el cual los resultados de una tarea se observan directa y continuadamente durante un periodo limitado de tiempo (Marvin y Mundel, 1978), para posteriormente registrar los datos relativos al tiempo de trabajo asociado a una etapa del proceso productivo. Todos estos datos se usan para calcular el tiempo total de cada proceso.

A continuación se muestra el cuadro denominado “Estimación de avance de proceso conforme al tiempo” (Cuadro 1) para los procesos determinados como “A” y “B”. La valuación real de cada una de las etapas se puede hacer en segundos, minutos, horas y días para que posteriormente se realice la conversión a una sola unidad de tiempo, la más usada es en minutos.

## LABMEX, S.A. DE C.V.

Cuadro 1. “Estimación de avance de proceso conforme al tiempo” (propuesta del autor)

Avance	Proceso	Descripción de la Etapa	Cantidad	Unidad
	<b>"A"</b>	<b>Preparativos previos</b>		
	"	PREPARACION DEL MEDIO BOLD	30	min.
	"	PREPARACION DEL MEDIO EPA	10	min.
<b>1/4</b>	"	LAVADO DE MATERIAL DE LABORATORIO	20	min.
	"	<b>AISLAMIENTO DEL ALGA (<i>Chlorella vulgaris</i>)</b>		
	"	TRASLADO DE LABMEX, S.A. C.V. A COL. ARAGON (ELEGIR CUERPO DE AGUA)	120	min.
	"	LANZAR CUBETA AL CUERPO DE AGUA A UNA PROFUNDIDAD DE 30 CM.	10	min.
	"	LLENAR DE AGUA UNA CUBETA DE 20 LTS.	15	min.
	"	PREPARAR EL FILTRO (TUBO DE PVC DE 2 " Y MALLA DE 50 $\mu$ )	20	min.
	"	FILTRAR Y OBTENER UN CONCENTRADO DE MUESTRA DE 600 ML.	5	min.
	"	TRASLADO DE LA MUESTRA DE AGUA OBTENIDA A LABMEX, S.A. de C.V.	120	min.
	"	20 ML. EN PORTAOBJETOS, OBSERVAR AL MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	15	min.
	"	IDENTIFICACION DEL ALGA <i>C. vulgaris</i> , HASTA OBTENER 60 CELULAS	30	min.
<b>2/4</b>	"	COLOCACION DE LAS ALGAS EN UN VASO DE 1 LITRO. CON AGUA DESTILADA	5	min.
	"	<b>CULTIVO DEL ALGA (<i>C. vulgaris</i>)</b>		
	"	ADICIONAR 1 ML. DE MEDIO BOLD AL LITRO CON LAS 60 CELULAS	5	min.
	"	COLOCAR A LA POBLACION CON AIREACION CONSTANTE ( 1 BURBUJA X SEG.)	10	min.
	"	COLOCAR A LA POBLACION A UNA TEMPERATURA DE 20 A 25 C°.	10	min.
	"	COLOCAR A LA POBLACION A FOTOPERIODO CONSTANTE LAS 24 HRAS.	10	min.

	"	ADICIONAR 0.2 GRS. BICARBONATO DE SODIO CADA 3er. DIA (DEMORA)	1,517	min.
	"	DEL LITRO SEPARAR 200 ML. PARA GUARDARLOS COMO RESERVA	10	min.
	"	DEL LITRO SEPARAR 800 ML. PARA DISTRIBUIRLOS EN 5 BOTELLAS DE 1 l.	10	min.
	"	ADICIONAR A LAS 5 BOTELLAS MEDIO BOLD Y AGUA DESTILADA	10	min.
<b>3/4</b>	"	HORADAR LA TAPA DE LAS 5 BOTELLAS	15	min.
	"	APLICAR AIREACION MAS FUERTE Y CONSTANTE A LAS 5 BOTELLAS	25	min.
	"	APLICAR TEMPERATURA DE 20 A 25 C°. A LAS 5 BOTELLAS	25	min.
	"	APLICAR FOTOPERIODO CONSTANTE A LAS 5 BOTELLAS	25	min.
	"	A CADA BOTELLA ADICIONAR 0.5 GRS. BICARBONATO DE SODIO (DEMORA)	1,517	min.
	"	A CADA BOTELLA ADICIONAR AGUA DESTILADA (AFORAR A 1L) (DEMORA)	1,517	min.
	"	BAJAR LA AIREACION DE LAS 5 BOTELLAS (DEMORA)	1,517	min.
	"	CAMBIAR LAS TAPAS AHUJERADAS A LAS 5 BOTELLAS POR TAPAS CERRADAS	10	min.
	"	PONER A REFRIGUERACION A 4 C°. LAS 5 BOTELLAS Y NO MOVER (DEMORA)	1,527	min.
	"	ALIMENTAR AL ALGA CON MEDIO EPA	120	min.
	"	OBTENER EL SEDIMENTO DE CADA BOTELLA Y TIRAR EL AGUA RESTANTE	20	min.
	"	CHECAR CON EL ESTEROSCOPIO QUE EL SEDIMENTO NO TENGA CILIADOS	15	min.
	"	REUNIR LOS SEDIMENTOS DE LAS BOTELLAS EN UNA SOLA	10	min.
	"	CONTAR LAS ALGAS CON LA CAMARA DE NEUBAUER	60	min.
<b>4/4</b>	"	CON REGLA DE TRES DEDUCIR CANTIDAD DE ALGAS EN DETERMINADO VOL.	15	min.
		<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO "A" :</b>	8,400	min.
	<b>"B"</b>	<b>AISLAMIENTO DEL ROTIFERO (<i>Brachionus rubens</i>)</b>		
	"	TRASLADO DE LABMEX, S.A. de C.V. A UN CUERPO DE AGUA	120	min.
	"	OBTENER 1 LITRO DE AGUA COMO MUESTRA ORIGINAL	10	min.
	"	FILTRAR DE LA MUESTRA ORIGINAL 20 ML.	10	min.
	"	ENGUAJAR CON 5 ML. DE AGUA AL FILTRO CON EL SEDIMENTO OBTENIDO	10	min.
	"	TRASLADO DEL CUERPO DE AGUA DE COL. ARAGÓN A LABMEX, S.A. de C.V.	120	min.
<b>1/4</b>	"	IDENTIFICAR ROTIFERO BUSCADO EN EL MICROSCOPIO ESTEREOSCOPICO	30	min.
	"	<b>CULTIVO DEL ROTIFERO (<i>B. rubens</i>)</b>		
	"	COLOCAR UN ROTIFERO EN 20 ML. DE AGUA DESTILADA Y 1 ML <i>C. vulgaris</i>	10	min.
	"	OBTENER 5 MUESTRAS CON LAS CARACTERISTICAS ANTERIORES	30	min.
	"	ROTULAR LAS 5 MUESTRAS ANTERIORES: FECHA, ESPECIE Y LUGAR DE ORIG.	10	min.
	"	CHECAR JUVENILES, HUEVECILLOS Y ETAPA REPRODUCTIVA (DEMORA)	4,170	min.
<b>2/4</b>	"	SELECCIONAR LA MUESTRA MAS EXITOSA (MAYOR CANTIDAD DE ROTIFEROS)	10	min.
	"	PASAR LA MUESTRA A UN MATRAZ DE 250 ML. Y PONER MAS ALGAS Y EPA	10	min.

	"	OBTENER 3 ALICUOTAS DE 1 ML.	10	min.
3/4	"	CONTAR LOS ROTIFEROS DE CADA ALÍCUOTA	25	min.
	"	OBTENER LA MEDIA ARITMETICA DE LAS 3 ALICUOTAS	5	min.
	"	CALCULAR CON REGLA DE TRES CUANTOS ROTIFEROS HAY EN 1 ML.	10	min.
	"	ESTIMAR LA CANTIDAD DE ROTIFEROS QUE HAY EN DETERMINADO VOLUMEN	10	min.
	"	<b>Cierre del proceso</b>		
4/4	"	LAVADO DE MATERIAL DE LABORATORIO	20	min.
		<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO "B" :</b>	4,620	min.

Como se puede observar el tiempo se registró utilizando la unidad de medición en minutos, posteriormente se hace la conversión de minutos a horas para determinar de forma más práctica cuantos días son necesarios para llevar a cabo el proceso, en nuestro cuadro son necesarios 5.83 días para llevar a cabo el proceso "A" y 3.21 para lograr el proceso "B", se puede decir que en un mes de trabajo (22 días laborables) se pueden realizar al mismo tiempo 3.77 veces el proceso "A" y 6.86 veces el proceso "B". Estos dos procesos son secuenciales, es decir primero se realiza el proceso "A", para que posteriormente pase la totalidad o parte de su producción al proceso "B"; (el proceso "A" es más lento que el Proceso "B") y mientras éste no se vea interrumpido no afectará el desarrollo del proceso "B".

En el cuadro 1, la columna "cantidad" representa el tiempo base, este se define como el valor del tiempo que se obtiene después de ajustar los valores de los tiempos observados y obtenido de cada actividad, la "demora" : es el tiempo de espera para que un proceso se lleve cabo y en el cual no puede intervenir el operario para agilizar el proceso, pero sí se debe tomar en cuenta para calcular el tiempo total del proceso.

Cuadro 2. Cálculo de los tiempos en días de los procesos "A" y "B" (propuesta del autor)

<b>PROCESO " A"</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>DATOS</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
TIEMPO TOTAL EN MIN.	8,400	---	8,400
CONVERSION A HRAS.	8,400	8,400 / 60 MIN.	140

CONVERSION A DIAS	140	140 / 24 HRS.	5.83
-------------------	-----	---------------	------

**PROCESO " B"**

DESCRIPCION	DATOS	OPERACIÓN	RESULTADOS
TIEMPO TOTAL EN MN.	4,620	---	4,620
CONVERSION A HRS.	4,620	4,620 / 60 MIN.	77
CONVERSION A DIAS	77	77 / 24 HRS.	3.21

El tiempo que es necesario para llevar a cabo tanto el proceso " A " como el " B", nos servirá de base para estimar el avance de dichos procesos y poder desarrollar un sistema de producción por procesos, como veremos más adelante.

**> Conceptos generales de la Contabilidad de Costos**

Para abordar el desarrollo de un sistema de costos, aplicado a los procesos anteriormente mencionados ("A" y "B"), comenzaremos definiendo los conceptos que comúnmente se manejan en la Contabilidad de los costos.

Los sistemas de costos son estudiados por la **contabilidad de costos**, esta tiene como función principal satisfacer las necesidades de información de la gerencia. Sus objetivos dependen de las necesidades de información manifestadas por la Administración. Pero generalmente se reconocen los siguientes:

- 1.- determinar los costos de producción para efectos de valuación de los inventarios de productos Terminados o Semiterminados.
- 2.- facilitar la planeación y control de las actividades recurrentes (que se repiten).
- 3.- permitir y llevar a cabo análisis especiales para tomar decisiones a corto y largo plazo.

(Anderson y Raiborn, 1988).

La determinación del costo unitario en diversos productos, es el objetivo básico de cualquier **Sistema de Contabilidad de Costos**, estos se diseñan para medir y acumular los costos relacionados con cada uno de los procesos productivos, para determinar los costos unitarios de cada producto fabricado o servicio proporcionado a los clientes (*op. cit.*). En otras palabras un sistema de costos, es un sistema contable basado en un plan cuyo objetivo es la determinación de los costos

unitarios; pueden seguirse varios planes y por esto hay varios sistemas que en el fondo son modificaciones de los sistemas básicos de costos: por ordenes de producción y por procesos (Alatraste, 1994).

El término “**Costo**” se define como el precio pagado o el valor real de cualquier cosa que se entrega a cambio de los recursos o servicios que se adquieren. Los costos tienen como característica básica el ser susceptibles de manipulación aritmética, debido a que las mediciones monetarias de los costos pueden ser sumadas, restadas o divididas, tal como sucede dentro de un proceso para obtener el cálculo del costo unitario, el cálculo de este, implica dividir los costos de producción acumulados (sumados) entre el total de la producción terminada (Anderson y Raiborn, 1988).

Los costos pueden clasificarse de acuerdo con su asociación con los productos, en costos directos e indirectos, los **directos** se refieren a los costos relacionados con los materiales y mano de obra que son claramente identificables con lotes de productos específicos, no así los costos **indirectos** que se aplican en forma general a las unidades específicas de producción. En el costeo de productos, los conceptos de directo e indirecto especifican la facilidad con que los costos se asocian con las unidades producidas. (Anderson y Raiborn, 1988).

Existe otra clasificación de los costos también generalmente utilizada, que consiste en la separación de los costos en tres grandes clasificaciones: **materiales directos, mano de obra directa y gastos de fabricación**; de éstas las dos primeras representan el material y la mano de obra que puedan ser fácilmente identificados con unidades individuales de un producto. Todos los demás costos de manufactura, incluyendo materiales y mano de obra indirecta, son los gastos de fabricación; los costos de materiales y mano de obra directos son fácilmente asignables al producto, en cambio los gastos de fabricación deberán con frecuencia ser asignados al producto sobre una base arbitraria denominada prorrateo; los materiales directos y la mano de obra directa al sumarse y formar un sólo concepto, se les denominan con frecuencia costos primos (Moriarity y Allen, 1990).

El prorrateo es la distribución total de los gastos de fabricación de la empresa entre los diversos departamentos que la integran y que por su naturaleza no pueden asignarse en forma directa al producto, también se puede decir que es un análisis por departamentos del contenido de los costos indirectos. el prorrateo se clasifica en primario y secundario, en el **prorrateo primario** los gastos de

fabricación son en su mayor parte de carácter conjunto, es decir se presentan simultáneamente en diversos departamentos, ocasionando el problema de encontrar la base mas adecuada para su aplicación; el **prorrateo secundario** se refiere al gasto de fabricación de cada departamento de servicio que debe ser asignado a los departamentos de producción en proporción al beneficio recibido de aquellos. Las bases para efectuar los prorrateos pueden ser las siguientes: el espacio ocupado, el número de lámparas, de trabajadores, de kilovatios-hora consumidos de cada departamento, etc. (Alatraste, 1994).

### > Elección del sistema de costos mas adecuado para obtener el costo unitario de una producción masiva del rotífero *B. rubens*

Como se menciona líneas arriba existen dos sistemas básicos de costos: por órdenes de producción y por procesos; en la presente tesina emplearemos teóricamente el **sistema de costos por procesos** para obtener el costo unitario de un garrafón con medio EPA y un población de *B. rubens*; conforme a este sistema de costos, a cada proceso se le acumulan el material, el trabajo y los gastos indirectos de la producción. El **costo unitario** se obtendrá dividiendo el importe de las sumas de los costos de los procesos entre las unidades producidas.

Este sistema se utiliza en aquellas industrias cuyo producto o productos puedan expresarse en unidades como toneladas, barriles, litros, etc. (Alatraste, 1994). Para obtener el costo unitario, como la producción es continua, es indispensable conocer los **inventarios físicos de lo que esta en proceso**, hasta donde las circunstancias lo permitan, a fin de obtener mayor exactitud, advirtiendo que el cálculo de la producción en proceso se hace en un gran número de industrias sobre las bases estimadas y señaladas por el técnico de la producción.

### > Estimación de la producción mensual y estructuración de una empresa ficticia (no real) para poder desarrollar un sistema de costos teórico para *B. rubens*.

Líneas arriba en el cuadro de "Estimación de avance de proceso conforme al tiempo" (Cuadro 1), mencionamos a **LABMEX, S.A. de C.V.** ésta es una empresa ficticia (no real) que nos va a ser útil para desarrollar teóricamente el sistema de costo por procesos para la producción masiva del rotífero



*B. rubens*, aunque su volumen de producción es variable porque depende en que tiempo la población alcanza su máximo desarrollo; por lo que para fines prácticos tomaremos el crecimiento poblacional del rotífero *B. rubens* con *C. vulgaris* (reportado por Trujillo, 2002) y que fue de  $83 \pm 5 \text{ ind. ml}^{-1}$  en 12 días, Con una población inicial de **1 *B. rubens* en 1 ml de medio EPA y  $1 \times 10^6$  de *C. vulgaris*** y con una tasa de crecimiento poblacional de  $0.40 \pm 0.01$  por día, estos datos los podemos estimar para un volumen mayor de *B. rubens*, considerando un grado de error debido al cambio de comportamiento del rotífero *B. rubens* o a una mayor densidad de población del mismo.

Por lo que si consideramos una capacidad teórica estimada de producción mensual de 100 garrafones (c/u de 20,000 ml) conteniendo medio EPA y al rotífero *B. rubens* podemos determinar lo siguiente:

$100 \text{ garrafones} \times 20,000 \text{ ml} = 2,000,000 \text{ ml}$  por lo que con respecto a lo anteriormente mencionado necesitaríamos para este volumen de población inicial; 2,000,000 ml de medio EPA.

Y partiendo de que con 1 *B. rubens* en 1 ml de medio EPA se obtienen  $83 \pm 5 \text{ ind. ml}^{-1}$ , entonces con 2,000,000 ml de medio EPA se obtendrían  $166 \times 10^6$  de individuos de *B. rubens*.

La mencionada empresa **LABMEX, S.A. de C.V.** tendría los siguientes departamentos:

**Oficina:** donde se realizan todas las funciones administrativas, como son compras de materia prima, nóminas, costos, ventas, pago de impuestos, etc.

**Almacén:** donde se guarda la materia prima y los productos terminados

**Departamento de producción “A”** se desarrolla el proceso “A”

**Departamento de producción “B”** se desarrolla el proceso “B”

La oficina ocupa un área de  $45 \text{ mts}^2$  y cuenta con : 2 teléfonos, 2 computadora, 2 impresora, 2 escritorio, 2 sillas, 1 escáner y 1 camioneta pick-up, con capacidad de 1.5 toneladas; 2 lámparas blanco frío de 25 watts. y 1 llave para agua; y trabaja una secretaria y un administrativo.

El almacén ocupa un área de  $55 \text{ mts}^2$  y tiene : 1 teléfono, 1 computadora, 1 impresora, 1 escritorio, 1 silla y 5 racks; 2 lámparas blanco frío de 25 watts. y 1 llave para agua; y trabaja un almacenista

El departamento productivo “A” ocupa un área de  $100 \text{ mts}^2$  y cuenta con: 1 teléfono, 1 computadora, 1 impresora, 1 escritorio, 1 silla, 2 estantes, 4 mesas de trabajo, 1 refrigerador, 2 cámaras de fotoperíodo (cada una con 2 lámparas blanco frío de 25 watts), 1 cámara de conteo

Neubauer, 1 bomba de aireación, y 1 microscopio estereoscopio; 2 lámparas blanco frío de 25 watts. y 2 llaves para agua, y trabaja un jefe de laboratorio y un laboratorista.

El departamento productivo “B” ocupa un área de 100 mts<sup>2</sup> y tiene: 1 teléfono, 1 computadora, 1 impresora, 1 escritorio, 1 silla, 2 estantes, 4 mesas de trabajo, 1 cámara de conteo Neubauer y 1 microscopio estereoscopio; 4 lámparas blanco frío de 25 watts. y 2 llaves para agua y trabaja un jefe de laboratorio un laboratorista y un ayudante general.

### **> Cálculo de la depreciación fiscal del Activo Fijo y diseño de formatos para el cálculo de los elementos del costo**

Para poder desarrollar el sistema de costos por procesos anteriormente mencionado, tenemos que iniciar por el Cálculo los gastos de fabricación ( suma de la materia prima, mano de obra y gastos indirectos) mensuales de **LABMEX, S.A. de C.V.**

Comenzaremos con la depreciación fiscal de los Activos Fijos, debido a que esta forma parte de los gastos indirectos; los Activos fijos son el conjunto de bienes tangibles que utilizan los contribuyentes para la realización de sus actividades y la depreciación de estos activos fijos es la demeritación por el uso en el servicio del contribuyente y por el transcurso del tiempo. Según definición en el Art. 38 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta (SAT, 2004).

**Cuadro 3. Inversión en activos fijos de LABMEX, S.A. de C.V. con su respectiva depreciación  
(propuesta del autor)**

Can tidad	Concepto	Importe Unitario Invertido	Importe Total Invertido	* Porcentaje Deducción Autorizado	Importe Anual Autorizado
2	Microscopio Estereoscopio	\$ 25,000.00	\$50,000.00	35 %	\$17,500.00
2	Cámara de Neubauer	\$ 3,500.00	\$ 7,000.00	35 %	\$ 2,450.00
1	Bomba para Aireación	\$ 11,599.80	\$ 11,599.80	35 %	\$ 4,059.93
2	Cámaras de Fotoperíodo	\$ 4,000.00	\$ 8,000.00	35 %	\$ 2,800.00
1	Refrigerador	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	35 %	\$ 1,575.00
1	Camioneta pick-up 1.5 Ton. 1995	\$28,000.00	\$28,000.00	25 %	\$ 7,000.00
8	Mesa de Trabajo	\$ 360.00	\$ 2,880.00	10 %	\$ 288.00
4	Estantes	\$ 437.50	\$ 1,750.00	10 %	\$ 175.00
5	Raks	\$ 1,200.00	\$ 6,000.00	10 %	\$ 600.00
5	Teléfonos	\$ 1,200.00	\$ 6,000.00	10 %	\$ 600.00
5	Escritorio	\$ 700.00	\$ 3,500.00	10 %	\$ 350.00
5	Silla para Oficina	\$ 135.00	\$ 675.00	10 %	\$ 67.50
5	Computadora H.P.	\$ 4,599.99	\$22,999.95	30 %	\$6,899.99
5	Impresora	\$ 650.00	\$ 3,250.00	30 %	\$ 975.00
1	Escáner	\$ 1,235.00	\$ 1,235.00	30 %	\$ 370.50

**= 52** Unidades de Activos Fijos

**Importe Anual de : \$ 45,710.92**

\* El porcentaje de depreciación autorizado por el Sistema de Administración Tributaria (SAT) para los Activos Fijos esta contemplado en el Art. 40 de la LISR.

El Importe Mensual de su depreciación es de \$ **3,809.24** ( \$ 45,710.92 / 12 meses).

A continuación se presentan los gastos mensuales de la empresa **LABMEX, S.A. de C.V.** para efectuar el **prorrateo primario**.

Cuadro 4. Gastos promedios mensuales para prorratear (propuesta del autor)

Renta	\$ 5,000.00
Luz	\$ 1,200.00
Agua	\$ 200.00
Teléfono	\$ 1,500.00
Gasolina	\$ 2,000.00
Papelería	\$ 350.00
Depreciación	\$ 3,809.24

Cuadro 5. Bases Para Efectuar el Prorrateo Primario (propuesta del autor)

Gastos sujetos al Prorrateo Primario	Bases para el Prorrateo Primario
Renta	Espacio Ocupado
Gasto de Luz	Número de lámparas
Gasto de Agua	Número de llaves para agua
Gasto de Teléfono	Número de teléfonos

Gasto de Gasolina	Número de trabajadores
Gasto de Papelería	Número de escritorios
Depreciación Fiscal	Número de Activos Fijos

Cuadro 6. Bases para efectuar el Prorrateo Primario por Departamento (propuesta del autor)

Base para Prorratear	Oficina	Almacén	Depto. de Producción "A"	Depto. de Producción "B"
300 Metros	45	55	100	100
14 Lámparas	2	2	6	4
6 Llaves	1	1	2	2
5 Teléfonos	2	1	1	1
8 Trabajadores	2	1	2	3
5 Escritorios	2	1	1	1
52 Activos Fijos	12	10	17	13

Cuadro 7. Importe Total del prorrateo primario por Departamento (propuesta del autor)

Gastos para Prorratear	Importe a Prorratear	Ba se	Oficina	Ba se	Almacén	Ba se	Depto. "A"	Ba se	Depto. "B"
Renta	\$ 5,000.00	45	\$ 750.00	55	\$ 916.30	100	1,666.67	100	\$ 1,666.67
Luz	\$ 1,200.00	2	\$ 171.43	2	\$ 171.43	6	\$ 514.29	4	\$ 342,86
Agua	\$ 200.00	1	\$ 33.33	1	\$ 33.33	2	\$ 66.67	2	\$ 66.67
Teléfono	\$ 1,500.00	2	\$ 600.00	1	\$ 300.00	1	\$ 300.00	1	\$ 300.00
Gasolina	\$ 2,000.00	2	\$ 500.00	1	\$ 250.00	2	\$ 500.00	3	\$ 750.00
Papelería	\$ 350.00	2	\$ 140.00	1	\$ 70.00	1	\$ 70.00	1	\$ 70.00

Depreciación	\$ 3,809.24	12	\$ 879.06	10	\$ 732.55	17	1,245.33	13	\$ 952.31
Total por Departamento :			\$ 3,073.82		\$ 2,473.97		\$ 4,362.95		\$ 4,148.50

Para obtener el importe del gasto a prorratear para cada departamento, se divide el importe a prorratear entre cada una de las bases de los departamentos de la empresa.

Después de efectuar el prorrateo primario de los gastos mensuales de la empresa, se procede de forma similar a determinar el prorrateo secundario:

Cuadro 8. Bases Para Efectuar el Prorrateo Secundario (propuesta del autor)

Gastos sujetos al Prorrateo Secundario	Bases para el Prorrateo Secundario
Total prorrateo primario Oficina	Número de Empleados
Total prorrateo primario Almacén	Número de Activos Fijos

Cuadro 9. Bases para efectuar el Prorrateo Secundario por Departamento (propuesta del autor)

Base para Prorratear	Depto. de Producción "A"	Depto. de Producción "B"
5 Trabajadores	2	3
30 Activos Fijos	17	13

Cuadro 10. Importe Total del prorrateo Secundario por Departamento (propuesta del autor)

Gastos para Prorratear	Importe a Prorratear	Base	Depto. "A"	Base	Depto. "B"
Total prorrateo	\$ 3,073.82	2	\$ 1,229.52	3	\$ 1,844.28

primario Oficina					
Total prorrateo primario Almacén	\$ 2,473.97	17	\$ 1,401.82	13	\$ 1,071.98
Total por Departamento :			\$ 2,631.44		\$ 2,916.35

Cuadro 11. Resumen de los Gastos Totales Indirectos de los departamentos productivos  
(propuesta del autor)

Gasto Indirectos	Departamento “ A “	Departamento “ B “
Del Prorrateo Primario	\$ 4,362.95	\$ 4,148.50
Del Prorrateo Secundario	\$ 2,631.44	\$ 2,916.35
Total por Departamento :	\$ 6,994.39	\$ 7,064.85

Procederemos a continuación a determinar la mano de obra y la materia prima indirecta de los procesos “A” y “B”, para poder así obtener los gastos de fabricación de ambos departamentos productivos.

Cuadro 12. Cálculo de la Mano de Obra Indirecta (propuesta del autor)

Departamento	Cargo	Nombre	Sueldo Total Quincenal	Sueldo Total Mensual
Oficina	Administrativo	Alejandro Ramírez Torres	\$ 2,500.00	\$ 5,000.00
Oficina	Secretaria	Cintia Méndez Ovando	\$ 1,800.00	\$ 3,600.00
Almacén	Almacenista	Raúl Hernández Pérez	\$ 2,000.00	\$ 4,000.00
Total de Mano de Obra Indirecta :				\$ 12,600.00

Con un criterio particular podemos asignar el 50% del importe total de la mano de Obra Directa a cada departamento productivo, correspondiéndole la cantidad de \$ 6,300.00 a cada uno.

Cuadro 13. Materia Prima Indirecta para desarrollar el proceso “A” (propuesta del autor)

Cantidad Requerida	Materiales	Unidad	Costo Unitario	Importe
--------------------	------------	--------	----------------	---------

4	Franelas de Algodón	Pza.	\$15.20	\$ 60.80
5	Jabón Antibactericida	Lt.	\$18.00	\$ 90.00
4	Cepillos	Pza.	\$12.00	\$ 48.00

El Costo total de la materia prima Indirecta del proceso "A" es de : \$ 198.80

Cuadro 14. Materia Prima Indirecta para desarrollar el proceso "B" (propuesta del autor)

Cantidad Requerida	Materiales	Unidad	Costo Unitario	Importe
4	Franelas de Algodón	Pza.	\$15.20	\$ 60.80
5	Jabón Antibacterisida	Lt.	\$18.00	\$ 90.00
4	Cepillos	Pza.	\$12.00	\$ 48.00
15	Cinta Canela de 50 Mts.	Pza.	\$18.50	\$ 277.50

El Costo total de la materia prima Indirecta del proceso "B" es de : \$ 476.30

Con los datos anteriores podemos ya determinar los gastos de fabricación de los dos departamentos productivos, debido a que como se menciono líneas arriba, estos están formados por los gastos indirectos, la materia prima indirecta y la mano de obra indirecta.

Cuadro 15. Gastos de Fabricación mensual de los departamentos productivos  
(propuesta del autor)

Elemento del Gto. de Fabricación	Departamento Productivo "A"	Departamento Productivo "B"
Gastos Indirectos	\$ 6,994.39	\$ 7,064.85
Materia Prima Indirecta	\$ 198.80	\$ 476.30
Mano de Obra Indirecta	\$ 6,300.00	\$ 6,300.00
Gastos de Fabricación :	\$ 13,493.19	\$ 13,841.15

Procederemos a continuación a determinar la Materia Prima Directa utilizada en el depto. "A" y en el "B" , pero antes tendremos que calcular el costo por litro del medio EPA, utilizado en ambos procesos.



**Cuadro 16. Cantidad Necesaria de Reactivos para Preparar 2,000,000 ml de medio EPA  
(propuesta del autor)**

Cantidad Requerida	Reactivos	Unidad	Costo Unitario	Importe
190	Bicarbonato de Sodio (NaHCO <sub>3</sub> ), Fco. 250grs Ferm, Nac	grs	\$0.38	\$ 72.20
120	Sulfato de Calcio (CaSO <sub>4</sub> ), Fco. 250 grs. Fermont, Nac	grs	\$0.35	\$ 41.76
120	Sulfato de Magnesio (MgSO <sub>4</sub> ), F. 500 grs. Fermont, Na	grs	\$0.40	\$ 47.76
80	Cloruro de Potasio (KCl), Fco. 500 grs. Fermont, Nac.	grs	\$0.25	\$ 19.84
2,000	Agua destilada	lts	\$1.25	\$ 2,500.00

Subtotal : \$ 2,681.56

El Costo por Litro de medio EPA es de \$1.34 (\$2,681.56 / 2,000 lts.)

**Cuadro 17. Materia Prima Directa para desarrollar el proceso "A" (propuesta del autor)**

Cantidad Requerida	Materiales	Unidad	Costo Unitario	Importe
2,000	Medio EPA	Lts	\$ 1.34	\$ 2,681.56
200	Bicarbonato de Sodio (NaHCO <sub>2</sub> ) F250 grs. Fermon	Kgs	\$10.00	\$ 2,000.00
100	Agua destilada	Lts	\$ 1.25	\$ 125.00

El Costo total de la materia prima directa del proceso "A" es de : \$ 4,806.56

**Cuadro 18. Materia Prima Directa para desarrollar el proceso "B" (propuesta del autor)**

Cantidad Requerida	Materiales	Unidad	Costo Unitario	Importe
2,000	Medio EPA	Lts	\$ 1.34	\$ 2,681.56
100	Agua destilada	Lts	\$ 1.25	\$ 125.00
2000	Garrafón PVC de 20 lts.	Pza	\$ 0.75	\$ 1,500.00
2000	Tapa Rosca R-55	Pza	\$ 0.15	\$ 300.00
20	Cinta Sello de Seguridad	Mts	\$ 0.80	\$ 16.00

20	Etiqueta Autoadherible	Pza	\$ 3.00	\$ 60.00
----	------------------------	-----	---------	----------

El Costo total de la materia prima directa del proceso "B" es de : \$ 4,682.56

Cuadro 19. Mano de Obra Directa del proceso "A" (propuesta del autor)

Cargo	Nombre	Sueldo Total Quincenal	Sueldo Total Mensual
Jefa de Laboratorio	Biol. Leticia Espinosa Gutiérrez	\$ 3,000.00	\$ 6,000.00
Laboratorista	Biol. Sandra Díaz López	\$ 2,500.00	\$ 5,000.00

Total de la mano de Obra Directa del Depto "A" \$ 11,000.00

Cuadro 20. Mano de Obra Directa del proceso "B" (propuesta del autor)

Cargo	Nombre	Sueldo Total Quincenal	Sueldo Total Mensual
Jefe de Laboratorio	Biol. Carlos García Romero	\$ 3,000.00	\$ 6,000.00
Laboratorista	Biol. Adriana López Medina	\$ 2,500.00	\$ 5,000.00
Ayudante General	Sr. Luis García Moreno	\$ 900.00	\$ 1,800.00

Total de la mano de Obra Directa del Depto "B" \$ 12,800.00

Cuadro 21. Concentrado Mensual de los Elementos del Costo (propuesta del autor)

Elemento	Departamento "A"	Departamento "B"
Materia Prima	\$ 4,086.56	\$ 4,682.56
Mano de Obra	\$ 11,000.00	\$ 12,800.00
Gastos de Fabricación	\$ 13,493.19	\$ 13,841.15

> **Desarrollo y explicación del Sistema de Costos teórico para la obtención a gran escala del rotífero *B. rubens*.**

Con estos datos (Cuadro 21) podemos ya desarrollar un sistema de costos por procesos, considerando que la empresa **LABMEX, S.A. de C.V.** inicio su producción el 2 de Enero del 2005, por lo que procederemos a ingresar los datos é importes que la hoja de Cálculo nos solicite, esta se encuentra anexa a la presente tesina y tiene el siguiente formato (propuesta del autor) :

### LABMEX, S.A. DE C.V.

**COSTO DEL PROCESO**

**" A "**

AL CIERRE DEL :

31-Ene-05
-----------

**COSTO INICIAL PRODUCCION ESTIMADA :**

MATERIA PRIMA	\$0.00	
MANO DE OBRA DIRECTA	\$0.00	
GASTOS DE PRODUCCION	\$0.00	\$0.00

**COSTOS INCURRIDOS EN EL MES :**

MATERIA PRIMA	\$4,806.56	
MANO DE OBRA DIRECTA	\$11,000.00	
GASTOS DE PRODUCCION	\$13,493.19	\$29,299.75
COSTO TOTAL ACUMULADO :		\$29,299.75

**INFORME DEL VOLUMEN DE PRODUCCION :**

VOLUMEN EN PROCESO AL INICIARSE EL MES	0	
VOLUMEN PUESTO EN PROCESO EN EL MES	100	100

VOLUMEN ENTREGADO AL PROCESO " B "	85	
VOLUMEN PERDIDO POR MERMA	1	
VOLUMEN EN PROCESO AL FIN DE MES :	14	
CON UN ACABADO DE : ( 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 )	0.75	100

**PRODUCCION EQUIVALENTE :**

VOLUMEN ENTREGADO AL PROCESO " B "	85	
VOLUMEN EN PROCESO ( X / X DE ACABADO)	11	96

COSTO UNITARIO
\$50.33
\$115.18
\$141.29
<b>\$306.80</b>

COSTOS UNITARIOS DEL MES DE ENERO	INVENTARIO INICIAL	INCURRIDOS EN EL MES	SUMA	PRODUCCION EQUIVALENTE
MATERIA PRIMA	\$0.00	\$4,806.56	\$4,806.56	96
MANO DE OBRA DIRECTA	\$0.00	\$11,000.00	\$11,000.00	96
GASTOS DE PRODUCCION	\$0.00	\$13,493.19	\$13,493.19	96
COSTO UNITARIO TOTAL:	\$0.00	\$29,299.75	\$29,299.75	96
<b>COSTO TOTAL UNITARIO :</b>				<b>\$306.80</b>

**COSTO DEL VOLUMEN ENTREGADO AL PROCESO B**

<b>85</b>	<b>\$306.80</b>	<b>\$26,078.31</b>
-----------	-----------------	--------------------

**VALUACION DE LA PRODUCCION ESTIMADA :**

MATERIA PRIMA	11	\$50.33	\$528.47	
MANO DE OBRA DIRECTA	11	\$115.18	\$1,209.42	
GASTOS DE PRODUCCION	11	\$141.29	\$1,483.54	\$3,221.44

**COSTO TOTAL ACUMULADO :**

**\$29,299.75**

**LABMEX, S.A. DE C.V.**

**COSTO DEL PROCESO**

**" B "**

AL CIERRE DEL :

**31-Ene-05**

**COSTO INICIAL PRODUCCION EN PROCESO :**

**\$0.00**

**COSTO INICIAL PRODUCCION ESTIMADA :**

MATERIA PRIMA

**\$0.00**

MANO DE OBRA DIRECTA

**\$0.00**

GASTOS DE PRODUCCION

**\$0.00**

**COSTO UNITARIO PROMEDIO**

**ANTERIOR**

**\$306.80**

**COSTO TRANSFERIDO DEL PROCESO " A "**

**\$26,078.31**

**\$26,078.31**

**COSTOS INCURRIDOS EN EL MES :**

MATERIA PRIMA

**\$4,682.56**

MANO DE OBRA DIRECTA

**\$12,800.00**

GASTOS DE PRODUCCION

**\$13,841.15**

**\$31,323.71**

**COSTO TOTAL ACUMULADO :**

**\$57,402.02**

**INFORME DEL VOLUMEN DE PRODUCCION :**

VOLUMEN EN PROCESO AL INICIARSE EL MES

**0**

VOLUMEN TRANSFERIDO DEL PROCESO " A "

**85**

**85**

VOLUMEN ENTREGADO AL ALMACEN

**80**

VOLUMEN PERDIDO POR MERMA

**1**

VOLUMEN EN PROCESO AL FIN DE MES :

**4**

CON UN ACABADO DE : ( 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 )

**0.50**

**85**

**PRODUCCION EQUIVALENTE :**

VOLUMEN ENTREGADO AL ALMACEN

**80**

VOLUMEN EN PROCESO ( X / X DE ACABADO)

**2**

**82**

**COSTO UNITARIO**

**\$57.10**

**\$156.10**

**\$168.79**

**\$382.00**

COSTOS UNITARIOS DEL MES DE ENERO	INVENTARIO INICIAL	INCURRIDOS EN EL MES	SUMA	PRODUCCION EQUIVALENTE
MATERIA PRIMA	\$0.00	\$4,682.56	\$4,682.56	82
MANO DE OBRA DIRECTA	\$0.00	\$12,800.00	\$12,800.00	82
GASTOS DE PRODUCCION	\$0.00	\$13,841.15	\$13,841.15	82

COSTO UNITARIO TOTAL:	\$0.00	\$31,323.71	\$31,323.71	82
-----------------------	--------	-------------	-------------	----

**COSTO UNITARIO TOTAL ACUMULADO :** **\$688.80**

COSTO DEL VOLUMEN ENTREGADO AL ALMACEN : **80** **\$688.80** **\$55,104.01**

VALUACION DE LA PRODUCCION EN PROCESO : 4 \$306.80 \$1,227.21

VALUACION DE LA PRODUCCION ESTIMADA :

MATERIA PRIMA	2	\$57.10	\$114.21	
MANO DE OBRA DIRECTA	2	\$156.10	\$312.20	
GASTOS DE PRODUCCION	2	\$168.79	\$337.59	\$763.99

**COSTO TOTAL ACUMULADO :** **\$57,095.22**

### LABMEX, S.A. DE C.V.

**COSTO DEL PROCESO " A "** AL CIERRE DEL : **28-Feb-05**

**COSTO INICIAL PRODUCCION ESTIMADA :**

MATERIA PRIMA	\$528.47	
MANO DE OBRA DIRECTA	\$1,209.42	
GASTOS DE PRODUCCION	\$1,483.54	\$3,221.43

**COSTOS INCURRIDOS EN EL MES :**

MATERIA PRIMA	\$4,806.56	
MANO DE OBRA DIRECTA	\$11,000.00	
GASTOS DE PRODUCCION	\$13,493.19	\$29,299.75
<b>COSTO TOTAL ACUMULADO :</b>		<b>\$32,521.18</b>

**INFORME DEL VOLUMEN DE PRODUCCION :**

VOLUMEN EN PROCESO AL INICIARSE EL MES	14	
VOLUMEN PUESTO EN PROCESO EN EL MES	100	114

VOLUMEN ENTREGADO AL PROCESO " B "	103	
VOLUMEN PERDIDO POR MERMA	1	
VOLUMEN EN PROCESO AL FIN DE MES :	10	
CON UN ACABADO DE : ( 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 )	0.75	114

**PRODUCCION EQUIVALENTE :**

VOLUMEN ENTREGADO AL PROCESO " B "	103	
VOLUMEN EN PROCESO ( X / X DE ACABADO)	8	111

COSTO UNITARIO
\$48.28
\$110.49
\$135.54
<b>\$294.31</b>

COSTOS UNITARIOS DEL MES DE ENERO	INVENTARIO INICIAL	INCURRIDOS EN EL MES	SUMA	PRODUCCION EQUIVALENTE
-----------------------------------	--------------------	----------------------	------	------------------------

MATERIA PRIMA	\$528.47	\$4,806.56	\$5,335.03	111
MANO DE OBRA DIRECTA	\$1,209.42	\$11,000.00	\$12,209.42	111
GASTOS DE PRODUCCION	\$1,483.54	\$13,493.19	\$14,976.73	111
COSTO UNITARIO TOTAL:	\$3,221.43	\$29,299.75	\$32,521.18	111
<b>COSTO TOTAL UNITARIO :</b>			<b>\$294.31</b>	

<b>COSTO DEL VOLUMEN ENTREGADO AL PROCESO B</b>	<b>103</b>	<b>\$294.31</b>	<b>\$30,313.86</b>
---	------------	-----------------	--------------------

**VALUACION DE LA PRODUCCION ESTIMADA :**

MATERIA PRIMA	8	\$48.28	\$362.11	
MANO DE OBRA DIRECTA	8	\$110.49	\$828.69	
GASTOS DE PRODUCCION	8	\$135.54	\$1,016.52	\$2,207.32

<b>COSTO TOTAL ACUMULADO :</b>	<b>\$32,521.18</b>
--------------------------------	--------------------

**LABMEX, S.A. DE C.V.**

**COSTO DEL PROCESO**

**" B "**

AL CIERRE DEL :

**28-Feb-05**

<b>COSTO INICIAL PRODUCCION EN PROCESO :</b>	<b>\$1,227.21</b>
--	-------------------

**COSTO INICIAL PRODUCCION ESTIMADA :**

MATERIA PRIMA	\$114.21
MANO DE OBRA DIRECTA	\$312.20
GASTOS DE PRODUCCION	\$337.59

**COSTO UNITARIO PROMEDIO**

<b>ANTERIOR</b>	<b>\$294.78</b>
-----------------	-----------------

<b>COSTO TRANSFERIDO DEL PROCESO " A "</b>	<b>\$30,313.86</b>	\$32,305.07
--	--------------------	-------------

**COSTOS INCURRIDOS EN EL MES :**

MATERIA PRIMA	\$4,682.56	
MANO DE OBRA DIRECTA	\$12,800.00	
GASTOS DE PRODUCCION	\$13,841.15	\$31,323.71
<b>COSTO TOTAL ACUMULADO :</b>		<b>\$63,628.78</b>

**INFORME DEL VOLUMEN DE PRODUCCION :**

VOLUMEN EN PROCESO AL INICIARSE EL MES	4	
VOLUMEN TRANSFERIDO DEL PROCESO " A "	103	107

VOLUMEN ENTREGADO AL ALMACEN	102	
VOLUMEN PERDIDO POR MERMA	1	
VOLUMEN EN PROCESO AL FIN DE MES :	4	
CON UN ACABADO DE : ( 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 )	0.25	107

<b>COSTO UNITARIO</b>
\$46.57
\$127.30
\$137.66
<b>\$311.53</b>

**PRODUCCION EQUIVALENTE :**

VOLUMEN ENTREGADO AL ALMACEN	102	
VOLUMEN EN PROCESO ( X / X DE ACABADO)	1	103

COSTOS UNITARIOS DEL MES DE ENERO	INVENTARIO INICIAL	INCURRIDOS EN EL MES	SUMA	PRODUCCION EQUIVALENTE
MATERIA PRIMA	\$114.21	\$4,682.56	\$4,796.77	103
MANO DE OBRA DIRECTA	\$312.20	\$12,800.00	\$13,112.20	103
GASTOS DE PRODUCCION	\$337.59	\$13,841.15	\$14,178.74	103
COSTO UNITARIO TOTAL:	\$764.00	\$31,323.71	\$32,087.71	103
<b>COSTO UNITARIO TOTAL ACUMULADO :</b>				<b>\$606.31</b>
<b>COSTO DEL VOLUMEN ENTREGADO AL ALMACEN :</b>		<b>102</b>	<b>\$606.31</b>	<b>\$61,843.37</b>
<b>VALUACION DE LA PRODUCCION EN PROCESO :</b>		4	\$294.78	\$1,179.11
<b>VALUACION DE LA PRODUCCION ESTIMADA :</b>				
MATERIA PRIMA	1	\$46.57	\$46.57	
MANO DE OBRA DIRECTA	1	\$127.30	\$127.30	
GASTOS DE PRODUCCION	1	\$137.66	\$137.66	\$311.53
<b>COSTO TOTAL ACUMULADO :</b>				<u><b>\$63,334.00</b></u>

**ABA 2005**

**(Fig. 1)**

De la figura 1, se puede observar la obtención del Cálculo del costo unitario de un garrafón con medio EPA y *B. rubens* de la empresa LABMEX, S.A. DE C.V. para los meses de Enero y Febrero del 2005, en el mes de Enero, tanto el proceso "A" como el "B" carecen de inventario inicial debido a que ambos inician a diferencia de lo que sucede en el mes de Febrero en donde los dos procesos ya tienen inventario inicial, siempre y cuando exista una producción pendiente de terminar. La producción promedio por mes es de 100 garrafones, de estos los que se producen en el proceso "A" ya terminados pasan al proceso "B" y también del proceso "A" los que están pendientes de terminar o en proceso se valúan con un costo unitario promedio anterior, este mismo procedimiento se aplica también para el proceso "B".

Respecto a los costos incurridos en el mes del proceso "A" y "B", no cambiarán significativamente mientras no se presenten variaciones importantes en relación al número de piezas producidas, así como nuevas inversiones en la empresa, aumentos significativos en la adquisición de materias primas, incrementos de sueldos, etc., cuando hay variaciones se debe de recalcular el importe de éstas respecto al elemento del costo que afectan (materia prima y mano de obra directa o gastos de fabricación), para que al capturar los datos que nos solicita la hoja electrónica automatizada finalmente se obtenga así el costo unitario más actualizado (la clave de

acceso al programa de calculo es : TEZONTEPEC).

La producción equivalente se refiere a la suma de la producción entregada o transferida al siguiente proceso mas el volumen en proceso al final del mes (piezas aún no terminadas) descontando la merma o pérdida de piezas en el proceso, esta merma es absorbida dentro del costo del proceso.

El costo unitario total acumulado se obtiene del costo unitario anterior más el costo unitario actual, lo mismo sucede con el costo total acumulado, este último representa todos los gastos que hasta la fecha se han generado en la producción de un determinado número de piezas; si se divide este costo total acumulado entre el número de piezas producidas se obtendrá el costo unitario de éstas.

Líneas arriba estimamos una población de  $166 \times 10^6$  de *B. rubens* para los 100 garrafones producidos mensualmente, Pero nos falta saber la capacidad de bacterivoría que tiene esta población de rotíferos, para esto tomamos como base el 40.61% (reportada por Mendoza, 2004), observando que una población inicial de 23,048 bac/ml. con la presencia de 10 rotíferos *B. rubens*, después de 30 minutos disminuyó a 13,648 bac/ml.; con respecto a esto podemos estimar que con los  $166 \times 10^6$  de *B. rubens*, podremos depurar  $166,000 \text{ M}^3$  de agua residual, teniendo una capacidad de remoción de bacterias de  $155,708 \times 10^6$  con un costo de \$ 63,334.00; dicho de otra manera podemos depurar  $1 \text{ M}^3$  a un costo de \$ 0.38 con una eficiencia del 40.61 %.

**> Diseño, desarrollo y explicación del funcionamiento de un Programa de Cálculo para obtener la producción equivalente, la valuación de la producción estimada y en proceso; el costo transferido de un proceso a otro y el costo unitario de cada pieza producida (garrafón)**

Se diseño una hoja electrónica de Microsoft Excel automatizada para obtener el costo unitario total acumulado del garrafón (con medio EPA y *B. rubens*), proporcionando únicamente los datos que se nos solicita y registrándolos en las ventanas (con fondo blanco) para que realice los cálculos y así obtener: el costo unitario promedio anterior, la producción equivalente, el costo del volumen entregado al siguiente proceso, la valuación de la producción en proceso, valuación de la producción estimada y el costo total acumulado, además del costo unitario por pieza.

Los datos que nos solicita la hoja electrónica se obtienen del **Concentrado Mensual de los Elementos del Costo** (Cuadro 21), y de la misma hoja electrónica se obtienen los datos del



inventario inicial del mes anterior para el mismo proceso o la transferencia de datos del proceso anterior hacia el proceso actual para el mismo mes.

La estimación del avance de los productos en proceso se puede obtener de la primera columna del cuadro denominado “Estimación de avance de proceso conforme al tiempo” (Cuadro 1), y registrando en la ventana correspondiente de la hoja electrónica, dicho avance pero respetando la forma : 1/4, 2/4, 3/4, 4/4.

La hoja de Cálculo se puede utilizar para los meses siguientes sólo se tiene que copiar el área del mes de Febrero para los procesos “A” y “B”, cambiando posteriormente la fecha para el mes que se quiere costear y actualizando los datos que nos solicita.

## 6. DISCUSIÓN.

De la gran gama de trabajos científicos se obtuvo información de la capacidad de bacterivoria que poseen los rotíferos y cladóceros, para tener la posibilidad de su utilización en la disminución de las cuentas bacterianas de un cuerpo de agua contaminado; así mismo la información acerca de las características principales de los sistemas mas conocidos para la depuración de las aguas residuales, mencionando las ventajas y desventajas de algunos de ellos, con el propósito de complementar su funcionamiento al utilizar la bacterivoria de los rotíferos y cladóceros.

Con respecto a un criterio particular, relacionado con la experiencia laboral del autor, se delineó la estructura departamental y organizacional de una empresa ficticia, se diseñaron diferentes formatos para el cálculo y obtención de los elementos del costo (materia prima, mano de obra y gastos indirectos), para la captura de estos valores en un programa de cálculo del costo unitario (diseñado por el autor) con la finalidad de saber el costo de producir un garrafón de 20 l de agua conteniendo a una población del rotífero *Brachionus rubens*.

La presente tesina es un ensayo de tipo reflexivo o aproximativo del cultivo masivo de una especie de rotífero con capacidad bacterívora, para que al aprovechamiento de esta, se tenga la perspectiva de bajar y eficientar los costos en la depuración de las aguas residuales.

Mediante observación en el laboratorio de Zoología Acuática de la FES-Iztacala, se determinaron los niveles de avance de los procesos “A” y “B” para valorar el importe de los productos semiterminados, y se comparó la velocidad de estos procesos, concluyendo que el proceso “A” es mas rápido que el “B” por lo que al ser simultáneos se deben sincronizar para evitar desfases en la producción.

Con base en la experiencia laboral y a una revisión bibliográfica se determinó utilizar para costear ambos procesos; el sistema de costos denominado “por procesos” debido a que este tipo se utiliza en producciones en serie (producción continua) y en empresas cuyos productos puedan expresarse en litros, kilos, etc. (Alatraste, 1994).

Con respecto a la unidad de producción se determinó utilizar a un garrafón de 20 litros debido a lo práctico de su manejo para manipular un menor número de unidades en la producción, facilitar la transportación y almacenaje. Para reducir las variantes se estimó una producción normal y fácilmente alcanzable de 100 garrafones al mes.

Con la información del trabajo de tesis de Trujillo (2002), se pudo estimar mediante el uso de la regla de tres, la cantidad de *B. rubens* que se encuentran en los 100 garrafones producidos al mes. El mismo procedimiento se aplicó para estimar la capacidad de remoción de bacterias que tiene *B. rubens* para el mismo volumen. En este caso se tomó el porcentaje de eficiencia reportado en la tesis de Mendoza (2004), que es del 40.61%. Con el resultado final de éstas dos estimaciones se puede predecir que con la utilización de *B. rubens* podemos depurar 1 m<sup>3</sup> de agua residual a un costo de \$ 0.38 con una eficiencia del 40.61%, este costo puede ir disminuyendo conforme se reutilice a la población de *B. rubens* para hacer continuo un proceso de disminución de cuentas bacterianas en efluentes de tratamiento de aguas residuales municipales.

El Programa de cálculo (hoja electrónica automatizada) nos dio el costo unitario del garrafón, siendo para el mes de Enero de \$ 688.80 y para Febrero de \$ 606.31, resultando mas elevado para el primer mes, esto es debido a que los procesos "A" y "B" de Enero, carecen de inventario inicial porque ambos empiezan, en cambio ambos procesos en el mes de Febrero ya tienen inventario inicial y el costo acumulado mensual se reparte entre mas unidades resultando un menor costo unitario.

Desafortunadamente la mayoría de los datos tomados como base para calcular el costo unitario del garrafón fueron estimados, sobre todo los que se refieren al tamaño de la población de *B. rubens* y su capacidad de remoción de bacterias, los resultados así obtenidos no se pueden estandarizar (servir de modelo), por lo que se hace necesario establecer un sistema piloto de tratamiento de aguas residuales con diferentes especies de rotíferos o cladóceros con la finalidad de obtener la población real que existe en un determinado volumen, así como su capacidad de bacterivoría.

El programa de cálculo que se desarrollo en la presente tesina y el sistema de costos por procesos, tienen como característica principal el de ser sencillos y prácticos, por lo que pueden ser utilizados en situaciones reales y con diferentes especies de cladóceros o rotíferos, así como con otras unidades y volúmenes de producción.

La importancia del análisis de costos radica en que a futuro se desarrollen las instalaciones suficientes y adecuadas para la producción a gran escala de rotíferos y cladóceros, dada su capacidad de bacterivoría que redundaría en un tipo de depuración natural y de bajo costo de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Asimismo esta posibilidad en la reducción de cuentas bacterianas, podría disminuir los

costos y elevar la eficiencia de cualquier método de desinfección aplicado posteriormente.

Es importante el obtener el costo de producción de una actividad biológica para determinar el costo de venta de un bien o servicio relacionado con la biología, con la finalidad de que esta se encuentre mas en contacto directo con la sociedad y el mercado de trabajo para los egresados de la carrera de biología, participando en los diversos sistemas económicos de país.

## 7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- Aguilera, L.D. 2002. Dinámica poblacional de cuatro especies seleccionadas de cladóceros realizada en aguas residuales urbanas parcialmente tratadas. Tesis Biol. FES-I UNAM. México.
- Alatraste, S. 1994. Técnica de los Costos. Porrúa. México, D.F. pp. 442.
- Allhands M.N. y Overman A.R. 1989. Effects of municipal effluent irrigation on agricultural production and environmental quality. Report for Wastewater Operations Water & Sewer Department of Tallahassee. pp. 377.
- American Public Health Association (APHA). 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA. Washington. DC. pp. 823.
- Anderson, H.R. y Rainborn, M.H. 1988. Conceptos Básicos de Contabilidad de Costos. CECSA. Primera Edición, México, D.F. pp. 802.
- Anón, 1990. Manual de tratamiento de aguas negras. Editorial Limusa Noriega. United States of America. pp. 45.
- Arévalo R.A., Sarma S.S.S. y Nandini S. 1998. Population dynamics of *Brachionus calyciflorus* (Rotifera: Brachionidae) in waste water from food-processing industry in Mexico. Rev. Biol. Trop. 43(6):595-600
- Callieri C., Pugnetti A. y Manca M. 1999. Carbon partitioning in the food web of a high mountain lake : from bacteria to zooplankton. Limnol. 58: 144-151.
- Daborn G.N., Hayward J.A. y Quinney T.E. 1978. Studies on *Daphnia pulex* Leydin in sewage oxidation ponds. Acadia University, Canada: 1392-1401.
- De la Fuente, J.A. 1994. Zoología de los artrópodos. Interamericana-Mc Graw-Hill. pp.805.
- De Pauw N., Laureys P. Y Morales J. 1981. Mass Cultivation of *Daphnia magna*. Stratus on ricebran. Aquaculture. 25:141-152.
- Ellis, K.V. 1980. The tertiary treatment sewages. Effluent and Water Treatment J., 20(9):422-430.
- Fair M., Geyer C. y Okun A. 1997. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. Editorial Limusa. Mexico. pp. 547.
- Fahim F.A., Fleita D.H., Ibrahim, A.M. y Farida M.S. 2001. Evaluation of Some Methods for Fish Canning Wastewater Treatment. Water Air and Pollution. 127:205-226.
- Falcón, 1990. Manual de Tratamientos de aguas negras. Limusa. México. pp. 303
- Fatma A., Fayza A. y Hawaary S. 1998. Performance assessment of a wastewater treatment plant producing effluent for irrigation in Egypt. The Environmentalist. 18:87-93.
- García, C.R. 1997. Estudio del Trabajo (Medición del trabajo). Mc Graw-Hill. México, D.F. pp. 218.
- Groeneweg, J. y Schluter, M. 1981. Mass production of *Brachionus calyciflorus* in a defined medium. Oecologia. 4: 89-101
- Hale, J.G. y Carlson, A.R. 1972. Culture of the yellow perch in the laboratory. Prog. Fish Cult. 34:195-198.
- Hickey J.L.S. y Reist P.C. 1975. Health significance of airborne microorganisms from wastewater treatment processes. J. Water Pollut. Contrl. Fed. 47:2741-2773.
- Jeffries, M.J. y Lawton, J.H. 1984. Enemy free space and the structure of ecological communities. Biol. J. Linn. Soc. 23:269-286
- Karabin, J.E. y Pontin, R.M. 1995. Feeding of two brachionid rotifers: *Brachionus quadridentatus* and *Brachionus plicatilis*, Hydrobiologia 313/314:219-221.
- Laws, E. 1993. Aquatic Pollution. University of Hawaii. Second Edition. pp. 125-156.

- León, S.G. 1995. Seminario Internacional. Lagunas de Estabilización. Santiago de Cali, Colombia. pp. 9
- Lubzens, E. 1987. Raising rotifers for use in aquaculture. *Hydrobiología*. 147:245-255
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega. Madrid. pp. 1010.
- Marvin, E. y Mundel, P.E. 1978. Estudio de Tiempos y Movimientos. CECSA. México, D.F. pp. 799.
- Mendoza, M.S.N. 2004. Bacterivoria de Rotíferos y Cladóceros en Aguas Residuales Municipales. Tesis Biol. FES-I UNAM. México.
- Metcalf & Eddy Inc. 1985. Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y realización de aguas residuales 2a. edición. Editorial Labor. España. pp. 969.
- Moriarty S. y Allen C.P. 1990. Contabilidad de Costos. CECSA. México, D.F. 969 pp.
- Nandini, S. 1999. Variations in physical and chemical parameters and plankton community structure in a series of sewage-stabilization ponds. *Rev. Biol. Trop.* 47:149-156
- Odum, E.P. 1988. *Ecología*. 3a. Ed. Interamericana. Mex. Pp. 639.
- Pace M.L., Porter K.G. y Feig Y.S. 1983. Species and age specific differences in bacterial resource utilization by two co occurring cladocerans. *Ecology*. 64(5):1145-1156.
- Pavón, M. E.L. 1993. Desarrollo de una técnica de cultivo para la producción masiva del rotífero *Brachionus calyciflorus*. Tesis Biol. FES-I UNAM. México.
- Pesson, P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 334
- Ramalho, R.S. 1996. Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverté. España. pp. 705.
- Roche, K.F. 1997. Growth Potential of *Daphnia magna stratus* in the water of dairy waste stabilization ponds. *Wat. Res.* 32(4):1325-1328.
- Ruttner-Kolisko, A. 1974. Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy. Alemania. pp. 307.
- Sarma, S.S.S. 2000. The use of Rotifers for Ecotoxicological studies in Mexico. FES-Iztacala. pp. 8-11.
- Sarma, S.S.S. 1991. Rotifers and aquaculture. *Environ. Ecol.* 9:414-428.
- Sarma, S.S.S., Larios, P.S. y Nandini, S. 2001. "Effect of three food types on the population growth of *Brachionus calyciflorus* and *Brachionus patulus* (Rotifera: Brachionidae)". *Rev. Biol. Trop.* 49(1):75-82.
- Seaman M.T., Gophen M., Cavari B.Z. y Azoulay B. 1986. *Brachionus calyciflorus* as agent for the removal of *E. coli* in sewage ponds. *Hydrobiologia*. 135: 55-60.
- Serranía, S. C.R. 1996. Tesis Diversidad de los rotíferos Monogonontos en algunos sistemas acuáticos del Estado de México. UNAM-Campus Iztacala. Pp. 74.
- Servicio de Administración Tributaria, (SAT). 2004. Fisco Agenda. Ediciones Fiscales ISEF, S.A. 13°. Edición. México, D.F. pp. 224.
- Seoanez, C.M. 1995. Aguas residuales urbanas. Tratamientos Naturales de bajo costo y aprovechamiento. Colección Ingeniería medioambiental. Ediciones Mundi-prensa. Madrid-España. 368 pp.
- Schluter, M. 1980. Mass culture experiments with *Brachionus rubens*. *Hydrobiologia*. 73:45-50
- Siefert, R.E. 1972. First food of larval yellow perch, white sucker, bluegill, emerald shiner and rainbow smelt. *Trans Am Fish. Soc.* 101:219-225
- Sládecék, V. 1983. Rotifers as indicators of water quality. Department of water technology. *Hydrobiologia* 100:169-201.
- Snell, T.W. y Hoff, F. 1989. A new live food for tropical fish. Final report to Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Florida Aquaculture Market Development and Program.

- Tamas, G. 1979. Rearing of common carp fry and mass cultivation of its food organisms in pond. *European Mariculture Society*. 4:281-288.
- Tebbutt, y Hugh. 1998. *Principles of Water Quality Control*. Pergamon Press. England. pp. 280.
- Thorp, J.P. y Covich, A.P. 1991. Ecology and classification of north American Freshwater invertebrates. Academic Press, San Diego. pp. 911.
- Trujillo, H.E. 2002. Tabla de vida demográfica y crecimiento poblacional de especies de rotíferos seleccionadas (Rotífera) en agua de desecho urbano con énfasis en calidad nutricional. Tesis Biol. FES-I. UNAM. Mexico.
- Vaqué, D. y Pace, M.L. 1992. Grazing on bacterial by flagellates and cladocerans in lakes of contrasting food-web structure. *Journal of Plankton Research*. 14(2):307-321.
- Walsh, E.J. 1995. Hábitat-specific predation susceptibilities of a littoral rotifer to two invertebrate predator. *Hydrobiologia*. 313/314: 205-211.
- Wetzel, R.G. 1981. *Limnología*. Omega. Barcelona. pp. 679.

## **8. APENDICES.**

El medio Bold se obtiene mezclando 3 ml de cada uno de los siguientes elementos traza:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , EDTA + KOH,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ , NaCl, y  $\text{NaNO}_3$ . La solución resultante deberá de tener un color azul claro, lo que es indicativo de que la mezcla se realizó correctamente, los elementos se deberán de agregar de preferencia en orden ascendente.

El medio EPA se prepara de la siguiente manera: se disuelven 95 mg de  $\text{NaHCO}_3$ , 60 mg de  $\text{CaSO}_4$ , 60 mg de  $\text{MgSO}_4$  y 4 mg de KCl por litro de agua destilada.