

PRODUCCION LIMNOLOGICA EN ESTANQUES PARA EL LEVANTE DE LARVAS Y POSTLARVAS DE ESPECIES ICTICAS NATIVAS Y FORANEAS. CALDAS, COLOMBIA.

C. M. HAHN VON-H.?[?];A.GRAJALES Q*^{*};D. R. TORO C.**^{**}; A. F. HENAO C.**^{**}

Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola
año II, vol. 2, 2007. ISSN 1909 - 8138

RESUMEN

Uno de los factores limitantes para la producción de la mayoría de las especies nativas y algunas foráneas en cautiverio es la alimentación de larvas y postlarvas. Para obtener una sobrevivencia significativa de las mismas se debe producir alimento específico para los mismos a unos costos elevados. El trabajo se realizó en la Estación Piscícola de la granja Montelindo (propiedad de la Universidad de Caldas), para evaluar el comportamiento de producción de los estanques intervenidos con polímeros (invernaderos). Se registraron y evaluaron los organismos planctónicos que habitan en cada uno de los tratamientos. La temperatura del agua fue mayor en los tratamientos que tenían cubierta plástica (invernadero) comparados con los que no la tenían, marcándose una diferencia de 3,8°C y 2,2°C, en el ciclo 1 y 2 respectivamente. Los organismos planctónicos identificados fueron: Chroococcus sp 1, Chroococcus sp 2, Botryococcus, Closterium, Coelastrum, Coelastrum, Golenkinia sp, Pediastrum sp 1, Pediastrum sp 2, Scenedesmus sp 1, Scenedesmus sp 2, Spirogyra sp, Staurastrum, Ulothrix sp, Navícula sp, Synedra, Tabellaria, Asplachna sp, Brachionus sp, Filinia sp, Keratella sp, Lecane sp, Philodina sp, Trichocerca sp, Daphnia sp, Huevos de Daphnia, Copépodos inmaduros, Copépodos maduros, Copépodos maduros + huevos, Huevos de copépodos, Ferrissia sp, y Epistylis sp. Estos organismos en su gran mayoría indican eutrofia y buena calidad de agua considerándose buen alimento para larvas y postlarvas, pudiendo disminuir costos de producción en explotaciones piscícolas.

INTRODUCCION

Según González, 1988. El plancton constituye la unidad básica de producción de materia orgánica en los ecosistemas acuáticos. Las zonas de mayor riqueza pesquera en el mundo, son aquellas donde el plancton es abundante, ya que es parte esencial en la dieta de los peces; todo pez recién nacido es filtrador de plancton. El hombre recibe un beneficio indirecto del plancton. El agua es el elemento esencial para la vida y para la producción piscícola, siendo el hábitat de los animales, el medio de transporte y un suministro de alimento constante. La conservación de las fuentes de agua se convierte en el centro de atención en todo el mundo, de este modo el uso que se le dé, garantizará la alimentación de la población y la reutilización del recurso.

En la Acuicultura, uno de los factores limitantes es la obtención y producción de alimentos que cubran todos los requerimientos para las especies de cultivo y que resulten costeables. El plancton es esencial durante el desarrollo larvario de peces, crustáceos y moluscos. En la actualidad la investigación orientada hacia los microorganismos como fuente de alimentación está en pleno desarrollo. En países como Japón, donde se practica con éxito la Maricultura, los cultivos masivos de microalgas, rotíferos, copépodos y cladóceros son la base de la producción comercial (FAO, 1989a).

Dado el interés que existe por la Acuicultura en Latinoamérica y el Caribe, dirigido principalmente a las especies de importancia comercial de peces, moluscos y crustáceos en condiciones controladas para la producción y alta supervivencia de semillas en sistemas de cultivo semi-intensivo e intensivo, se hace necesario el conocer las diferentes alternativas de producción de alimento vivo a gran escala, ya que es difícil sustituir el alimento natural, pues las dietas artificiales generalmente provocan altas mortalidades por deficiencias nutricionales cuando no están balanceadas. En la última década se ha tratado de sustituir los alimentos vivos por dietas microencapsuladas o por técnicas que permitan el almacenamiento por congelado o liofilización por tiempo indefinido de estos alimentos y en términos generales no resuelven el problema real que es la demanda constante de alimento vivo y resultan incosteables (FAO, 1989a). Una buena parte de las especies de peces se puede alimentar en fase larvaria y de alevinaje con materiales artificiales (microencapsulados), sin embargo no se conocen bien los requerimientos de todas las especies y este tipo de alimento puede causar un déficit en la nutrición para algunas de ellas, presentando el inconveniente para algunos productores costos elevados, además, de que muchas larvas prefieren el alimento en movimiento. El alimento artificial u organismos muertos y conservados pierden con el tiempo su valor nutritivo (Wedler, 1998). Como en el caso de la carpa común, (*Cyprinus Carpio*), se requiere para las larvas y postlarvas alimento vivo (artemia, plancton), que es reemplazado en ocasiones por papilla de huevo. (Landines, 2005).

Para el levante de larvas de *P. Fasciatum* y *P. hemioliopterus*, requieren de alimento vivo (insectos), algunos bagres son alimentados con papilla de peces o aquellos que son omnívoros son liberados directamente en estanques para el levante en la etapa de alevinaje. Se requiere la utilización de *Artemia salina*, *Spirulina*, y a partir de la tercera semana *Artemia* con plancton colectado de los estanques directamente, el cual debe ser tamizado evitando copépodos ciclopoideos que pueden llegar a ser predadores de larvas. (Rodríguez y Mojica, 2005).

En la alimentación de las postlarvas de peces marino, es la mayor preocupación la alimentación de estos con una muy buena calidad de microalgas, rotíferos, *Spirulina*, para garantizar así la sobrevivencia de las crías. (Botero, 2005) En presencia de nutrientes adecuados y suficientes, los componentes vegetales del plancton (fitoplancton) son capaces de acumular energía lumínica solar en forma de compuestos químicos energéticos dispuestos para la fotosíntesis. El oxígeno que genera este proceso representa una parte sustancial del que utilizan organismos acuáticos para su respiración (González, 1988).

El fitoplancton es importante por ser los productores primarios del medio acuático. De la misma manera que en el medio terrestre, la hierba y los vegetales, son los alimentos primarios del ecosistema, el fitoplancton realiza la misma función. Se encarga de fijar el CO₂ atmosférico de manera que el carbono pasa a ser parte de la cadena alimenticia, y por tanto, fuente de energía. Progresivamente la cadena trófica va enriqueciéndose, pues el fitoplancton es consumido por el zooplancton que a su vez puede ser consumido por determinados peces (Calderón, 2002).

Los rotíferos son los componentes del zooplancton más utilizados para alimentar larvas peces o como base de la cadena alimenticia para el cultivo de otras especies como los cladóceros y copépodos debido a su tamaño microscópico (100 – 300 u), su movimiento en el agua, su fácil y económica alimentación con diferentes especies de fitoplancton, y su alta velocidad de reproducción. Tienen un ciclo de vida corto y un alto valor nutritivo. Los peces de consumo humano como *Piaractus brachypomus* “cachama blanca”, *Colossoma macropomum* “cachama negra”, *Prochilodus nigricans* “bocachico” y *Pseudoplatystoma fasciatum* “bagre rayado” se alimentan prioritariamente, en su fase

larval, de rotíferos; por lo que es necesario desarrollar cultivos masivos eficientes que ofrezcan alimentos de calidad y en cantidad adecuada para asegurar una buena sobrevivencia (Ismiño, 2002).

Entre Diciembre de 2001 y Mayo de 2002, en la Estación PESGLASA de Ecuador, se realizaron dos series de experimentos para evaluar el efecto de las temperaturas altas en la sobrevivencia y el crecimiento del camarón. Los invernaderos, que consisten en estructuras simples (madera y cabos) fueron construidos en estanques de 580 m² (promedio) de espejo de agua. El agua en los estanques fue filtrada a través de tres mallas, 600, 400 y 120 μ m. No se realizó recambio de agua durante el cultivo. La temperatura del agua en los estanques se mantuvo alrededor de los 33°C durante todo el experimento, y fue entre 3 y 4°C mayor que la de los estanques que no tienen cubierta plástica (Calderón, 2002).

El presente estudio se realizó en la Estación Piscícola, propiedad de la Universidad de Caldas, la cual en el año 1.965 estableció el programa de piscicultura con el fin de establecer tecnología en el cultivo de peces, y poder cumplir con el objetivo de llevar alimento de alto valor biológico, al menor costo posible, a personas de escasos recursos económicos, elevando así el nivel nutricional de estas, además en desarrollar tecnologías de conservación de especies ícticas. (Grajales, Hahn, Ospina).

Con la recolección de muestras y análisis de datos se pretende establecer la gama de microorganismos presentes en los estanques de la Estación Piscícola, determinar la importancia de los mismos en la producción y fijar las condiciones controladas aptas para la mayor producción de alimento vivo.

El conocimiento y control de los parámetros ambientales óptimos en los cultivos de fitoplancton y zooplancton es muy importante, ya que no sólo permiten la supervivencia y desarrollo de los organismos en cultivo, sino además factores como la temperatura y la salinidad regulan la concentración y calidad de nutrientes esenciales como son las vitaminas, los aminoácidos y los ácidos grasos (FAO, 1989b).

ANTECEDENTES Y ESTADO GENERAL DEL PROBLEMA

El pescado no sólo es un alimento vital, sino que además da trabajo e ingresos a millones de personas en el mundo. Se calcula que en 1996, 30 millones de personas obtenían ingresos de la pesca. De éstos, el 95% vivían en los países en desarrollo además también están participando cada vez más en el comercio internacional de pescado y sus derivados. Si bien las exportaciones proporcionan valiosas divisas, la comercialización del pescado y sus derivados lejos de las comunidades productoras en las regiones en desarrollo puede privar a las personas que lo necesitan, como mujeres en embarazo, niños, y ancianos de un alimento tradicionalmente económico y muy nutritivo (FAO, 2003).

La acuicultura comparte con todas las demás actividades productoras de alimentos los problemas del desarrollo sostenible. Casi todos los acuicultores, como los agricultores, constantemente buscan formas y medios para mejorar sus prácticas de producción, hacerlas más eficaces y rentables. Se están realizando esfuerzos para mejorar la capacidad humana, el aprovechamiento de recursos y la gestión ambiental en la acuicultura. El Comité de pesca de la FAO (COFI) há insistido en mejorar la pesca continental a través de sistemas agrícolas que incorporen la acuicultura y la agricultura, mediante la utilización integral de masas de agua pequeñas y medianas para garantizar la producción de proteína animal a bajo costo (FAO, 2003).

Una solución a este problema se fundamenta en el conocimiento y optimización de los sistemas de cultivo de fitoplancton y zooplancton, para llevarlos a niveles masivos de

producción semicontinua o continua. Se logra optimizar un cultivo conociendo la concentración adecuada de nutrientes, buscando una coordinación entre el crecimiento y la utilización de estos nutrientes, estandarizando una tasa de dilución o cosecha óptima a intervalos periódicos para lograr una producción alta y sostenida a largo plazo (FAO, 1989b).

El conocimiento de las diferentes comunidades de fito y zooplancton en los estanques es de vital importancia, ya que se podrán identificar los valores nutricionales de cada una de las dietas que se utilicen en la producción acuática (Kwei, 1977).

La Eutrofización o Eutrofización es el enriquecimiento del medio acuático con nutrientes, ocasionando crecimiento excesivo de plantas acuáticas (Welch, 1996).

Cuando ocurre eutrofización por fitoplancton, se observan concentraciones de oxígeno superiores a los niveles de solubilidad (sobresaturación) durante las horas del día, por lo que gran parte de este oxígeno escapa a la atmósfera (Wedler, 1998). Según Roldán, 1992, la eutrofización es un proceso que resulta de un aumento de nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos, que proporcionan un desarrollo exagerado de fitoplancton y plantas acuáticas

En los modelos de productividad general desarrollados para ecosistemas de zonas templadas, el fitoplancton aparece como el principal responsable de la producción primaria en las aguas, a partir del cual se desenvuelven las cadenas tróficas más importantes que sustentan los ecosistemas (zooplancton, zooplanctófagos, peces, aves). (Bowen, 1983).

Los estudios limnológicos en zonas templadas de Europa y Norteamérica – principalmente- se conocen ampliamente desde la segunda mitad del XIX; por ello, no es frecuente encontrar libros modernos preocupados por presentar la historia de la Limnología. Sin embargo, la Limnología en el trópico americano, aun es una ciencia nueva, poco conocida en el mundo científico y de escaso desarrollo en la mayoría de los países neotropicales (Roldan, 1992). Lewis (1987), hace un extenso análisis acerca de la necesidad de estudiar la Limnología en los lagos tropicales.

Hasta la década de los 80's, los estudios limnológicos en Colombia eran prácticamente inexistentes (Roldan, 1992). El primer reporte limnológico para Colombia se debe a los trabajos realizados por el doctor Joaquín Molano Campuzano, quien por contrato con el Ministerio de Agricultura realizó una serie de observaciones y estudios en varias lagunas y ríos de Colombia. Sus estudios se centraron en mediciones fisicoquímicas del agua y observación del plancton (Molano, 1954).

Según lo encontrado, los reportes existentes en los trabajos relacionados a la producción limnológica en nuestro país son escasos, se centran en estudios de medios acuáticos naturales y no en producciones comerciales. Adquiere gran importancia la identificación y caracterización de poblaciones planctónicas existentes en los lugares de cultivo y medios intervenidos, para lograr su aprovechamiento en los sistemas de producción.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Producción limnológica en estanques intervenidos con polímeros para el levante de larvas y postlarvas de especies ícticas nativas y foráneas. Caldas, Colombia.

OBJETIVO GENERAL

Identificar el plancton en estanques de tierra

Identificar el plancton en estanques con piso de polímeros
Identificar el plancton en estanques con piso de polímeros y cubierta de agroclear XF
Identificar el plancton en estanques de tierra y con cubierta de agroclear XF
Análisis de los parámetros especificados y comparados con las variables de temperatura, ph, y oxígeno.

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA

La disponibilidad de agua es de suma importancia para el desenvolvimiento económico de cualquier región del mundo. Sin embargo, la cantidad de los recursos disponibles cambia, dependiendo del clima y de las posibilidades de obtener cantidades adicionales de agua. (Hoyos, 2003).

Existen algunos aspectos fisicoquímicos, medioambientales, económicos, sociales y de orden público que causan problemas irremediables a las fuentes de agua; según Samper et al, 1993, el mal uso de los recursos naturales, el crecimiento de la población mundial, el desplazamiento forzado de las personas del campo hacia la ciudad, los cultivos ilícitos y los desastres ambientales han provocado un desorden en la organización territorial.

Entre los gases disueltos en el agua el oxígeno es el más importante y es uno de los factores limitantes para la vida acuática. El oxígeno se produce como subproducto de la fotosíntesis realizada por plantas subacuáticas y fitoplancton; el contenido de oxígeno disuelto en el agua, depende en gran parte de la biomasa y la actividad (producción primaria de estas plantas), los peces respiran en promedio al día 15 mg de oxígeno por gramo corporal (Wedler, 1998).

Cuando se toma una muestra de agua para análisis fisicoquímico se está evaluando el ecosistema en un determinado punto y hora; por el contrario el estudio de la comunidad de bioindicadores permite tener una visión retrospectiva de lo sucedido tiempo atrás (Alba, 1996).

La producción de materia orgánica dentro de un ecosistema acuático depende de la presencia del plancton. En presencia de nutrientes adecuados y suficientes, los componentes vegetales del plancton son capaces de acumular energía lumínica solar en forma de compuestos químicos energéticos merced a la fotosíntesis. El oxígeno que genera este proceso representa una parte sustancial del que utilizan organismos acuáticos para su respiración. Las zonas de mayor riqueza pesquera en el mundo, son aquellas donde el plancton es abundante, puesto que esta forma parte esencial de la dieta de muchos peces (González, 1988).

Uno de los problemas ambientales en Colombia y el mundo es el deterioro de la calidad de agua por contaminación provocada por el vertimiento de residuos domésticos, industriales y de otros usos, los cuales por lo regular son arrojados a las corrientes de agua sin tratamiento alguno, debido a que la infraestructura sanitaria (alcantarillados y plantas de tratamiento) son insuficientes, pero sobre todo por la falta de conciencia y educación ambiental en buena parte de la población (Sánchez, 1999).

En 1921 el río Magdalena transportaba 60 millones de toneladas de sedimentos en Puerto Berrío (Foro: Contaminación del río Magdalena y sus alternativas de solución, 1986). En el puerto de Calamar entre 1940 y 1983 el volumen de sedimentos transportados por el río fue 184.007.450 toneladas por año (Kapetsky, 1978) (Urán et al, 1996).

El alimento y los costos de alimentación, generalmente constituyen la fracción más significativa dentro de los costos de operación en las empresas dedicadas al cultivo de organismos acuáticos a nivel semi-intensivo e intensivo (FAO, 1989b).

El animal escoge su alimento según estructura, tamaño de los trozos, sabor, olor y color. Sin embargo puede variar la preferencia entre estas características según la especie. El mejor tamaño para los trozos es referido al tamaño de la boca (FAO, 1989b).

Entre los componentes de los alimentos encontramos las proteínas, las cuales, están consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente. El fitoplancton seco, posee un 50-60% de proteína. Las macrofitas acuáticas, son recursos pobres en proteína dietética (de 0.7 a 3.5% de proteína) y lípidos, pero son vistos como un buen recurso de carbohidratos digeribles y minerales (calcio, potasio y magnesio). El zooplancton vivo es un buen recurso proteico, lípidos, minerales, vitaminas y pigmentos carotenoides (FAO, 1989a).

Los copépodos poseen un contenido de proteína de 44 a 52% con un buen perfil de aminoácidos, a excepción de metionina e histidina (Velásquez et al, 2001).

El Alimento vivo es uno de los principales problemas en la acuicultura es la alimentación de las larvas y alevinos en su primera fase de vida. Los animales requieren, en esta etapa de desarrollo, una dieta con partículas pequeñas constantes, abundante, con alto valor nutritivo y bien balanceada (Wedler, 1998).

El fitoplancton, Según Kwei, 1977, está conformado principalmente por algas y algunas bacterias fotosintetizadoras; constituye el componente principal en la productividad primaria en los embalses y sus organismos se utilizan como indicadores de la calidad del agua.

El fitoplancton es quizás el grupo de organismos acuáticos mejor conocido y estudiado. Los grupos fitoplanctónicos principales presentes en el agua dulce comprenden dos reinos: el procariótico y el eucariótico.

La composición de especies de las comunidades de fitoplancton en estanques piscícolas es importante porque la diversidad taxonómica de algas planctónicas presenta diferentes valores de dietas para varios estados de desarrollo de zooplancton o peces. Esta composición varía de pocas a un gran número de especies, siendo las algas verdes y verdeazules las más abundantes en estanques piscícolas de aguas cálidas.

Las plantas acuáticas vasculares o macrofitas constituyen potencialmente un recurso valioso de nutrientes dietéticos para especies de cultivo tanto omnívoros como herbívoros. Sin embargo, el alto contenido de agua de las macrofitas acuáticas (rango de 75-95%) puede ser indeseable desde el punto de vista económico cuando son usados para animales de granja (altos costos de secado), esto no deberá ser el caso para especies utilizadas en acuicultura bajo condiciones de cultivo semi-intensivo en estanques donde estos productos deberán ser utilizados en su estado fresco, enteros o picados, como alimentos suplementarios. En general, las macrofitas acuáticas son recursos pobres en proteína (rango de 0.7-3.5% de proteína, en base fresca) y lípidos, pero son vistos como un buen recurso de carbohidratos digeribles y minerales (calcio, potasio, magnesio y elementos traza) (FAO, 1989a).

Principales grupos taxonómicos del fitoplancton (según Roldán, 1992):

REINO PROCARIOTA, División Cyanophyta Conocida con el nombre de Nostocophyta o Cianobacterias, su nombre común es algas verdeazules o azul verdosas. Las cianofíceas se desarrollan tanto en agua dulce como en agua marina, se presentan normalmente en medios alcalinos, aunque algunos géneros pueden ocurrir en medios ácidos. Su reproducción es asexual, por hormogonios, esporas y aquinetos. Algunos representantes producen toxinas que causan síntomas de intoxicación en el ganado, diarreas en el hombre, muerte de otras algas, invertebrados planctónicos, peces y aves. Los géneros más comúnmente hallados en Colombia corresponden a *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Chroococcus*, *Coelosphaerium*, *Microcystis*, *Synechococcus*,

Gomphosphaeria, Merismopedia, Spirulina, Nostoc, Pseudoanabaena, Hapalosiphon, Chamaesiphon, Borzia y Cyanocatena.

REINO EUCARIOTA, División Chlorophyta Se denominan algas verdes, almacenan almidón en pirenoides. Al igual que las cianofitas, se desarrollan bajo una variada gama de condiciones por lo que muchas de ellas se han utilizado como indicadores de contaminación. Existen tres grupos principales en el agua dulce, los cuales, según Hutchinson (1967), son:

a) Miembros planctónicos: conformados por los Ordenes: Volvocales y Chlorococcales que abundan preferencialmente en lagunas o en pequeños lagos productivos. Algunos de ellos son heterótrofos facultativos.

b) Botryococcus: abundante en condiciones muy variadas por lo que resulta difícil determinarlo ecológicamente. Parece ser un fotótrofo que no requiere ningún tipo de vitaminas para su crecimiento.

c) Desmidiaceae: pertenecientes al Orden Conjugales. Se desarrollan en aguas ácidas, bajas en calcio y magnesio, pero algunos géneros, como Staurostrum, pueden dominar en el plancton de aguas duras y productivas.

División Chrysophyta

Se denominan también pardo amarillentas o pardo doradas. Nunca almacenan almidón. En el agua dulce existen tres clases:

Chrysophyceae: las formas planctónicas más importantes se agrupan en los órdenes Ochromonadales (Chrysoomonadales) y Chromulinales. Para Colombia se han reportado Dinobryon y Phalansterium, ambos del orden Ochromonadales.

Las crisofíceas, en general, se relacionan con aguas pobres en nutrientes y algunas especies como Dinobryon crecen aun en concentraciones muy bajas de ortofosfatos (< 20 mg/l). En su mayor parte viven en aguas puras y oligotróficas. Se reproducen asexualmente por división longitudinal o por quistes silíceos; sexualmente por isogamia, aunque esta forma de reproducción es poco frecuente.

Bacillariophyceae: se denomina comúnmente diatomeas. El desarrollo de estas elimina el sílice de la zona fótica, el cual se acumula en las capas mas profundas con las diatomeas que se sedimentan. Pueden reproducirse vegetativamente o por división celular, o sexualmente mediante auxosporas.

Xanthophyceae: también conocidas como heterocontes y se caracterizan por su color verde amarillento. Almacenan lípidos como sustancias de reserva.

División Euglenophyta

Organismos flagelados, desnudos y grandes. Predominan generalmente en agua dulce, aunque pueden ser hallados también en estuarios. Son abundantes en charcas y lagunas temporales con abundante contenido de materia orgánica. Son poco importantes en la mayoría de los lagos con excepción de Trachelomonas y Euglena. Su reproducción es asexual y se lleva a cabo por fisión binaria longitudinal.

División Pyrrophyta

En esta división es muy importante la clase Dinophyceae, la cual se encuentra ampliamente distribuida en aguas dulces, marinas y estuarinas. El color de los plástidos es pardo o amarillo y almacenan almidón y grasas. La reproducción asexual se lleva a cabo por fisión binaria longitudinal y sexualmente por conjugación de aplanogametos o mediante zoogametos. En Colombia es ampliamente conocido el género Peridinium.

División Cryptophyta

La célula presenta cloroplastos de colores variados, desde verdes hasta pardos y aun rojos y verdeazules. Almacenan principalmente almidón contenido en pirenoides. Se reproducen solo asexualmente, por fisión binaria longitudinal.

ZOOPLANCTON

Según Roldán, 1992. El zooplancton esta constituido por pequeños animales microscópicos como protozoos, rotíferos y microcrustáceos los cuales juegan un papel muy importante en la productividad secundaria de los cuerpos de agua. Sobre este tema se ha trabajado muy poco en embalses colombianos y aun a nivel neotropical. Los pocos estudios existentes, indican que la fauna zooplanctónica mas abundante en los embalses tropicales está conformada por microcrustáceos (Cladóceros y copépodos, principalmente), lo que en parte indica el estado oligotrófico de un buen número de estos embalses.

El zooplancton esta conformado por organismos microscópicos de origen animal que flotan libremente en el agua, principalmente protozoarios, rotíferos y microcrustáceos. Comparados con el fitoplancton, la diversidad del zooplancton es inmensamente menor. En numerosos sistemas de acuicultura el zooplancton (rotíferos, copépodos y nauplios de *Artemia salina*), es comúnmente utilizado como alimento vivo para la propagación masiva de larvas de peces y crustáceos. Este alimento generalmente es producido a densidades altas, en unidades especializadas, separadas de los tanques de cultivo de peces y camarones. Sin embargo, el valor nutritivo del zooplancton dependerá del tamaño físico, línea genética, y origen de desarrollo del animal en cuestión (FAO, 1989b).

El zooplancton es un alimento rico en proteínas (sin embargo, la proteína es a menudo deficiente en aminoácidos sulfurados), lípidos, minerales, vitaminas y pigmentos carotenoides. Además del uso de los zooplancton como alimento larval, también existe interés en el uso de macroinvertebrados acuáticos (tanto vivos como sus formas procesadas o subproductos), como alimento para peces y camarones (FAO, 1989a).

La acuicultura se lleva a cabo en una serie de encierros y estructuras: jaulas flotantes y balsas, rejillas adheridas a pilotes, canales, piletas, arroyos artificiales, sistemas de recirculación y acuarios; sin embargo, la estructura mas común y versátil, particularmente para el cultivo de agua dulce, es el estanque (Bardach, 1982).

Principales grupos taxonómicos del zooplancton:

Protozoarios

Los protozoarios se dividen en tres grupos: los flagelados (son tratados generalmente como algas), los ciliados y los sarcodinos.

Los sarcodinos se denominan también sarcodarios o rizópodos. Se caracterizan por emitir pseudópodos como medio de locomoción y alimentación. Reproducción asexual por fisión binaria transversal. Los organismos mas frecuentes hallados son *Arcella*, *Diffugia* y *Centropyxis*.

Los ciliados son los protozoarios mas avanzados; poseen un macro y un micronúcleo. El macronúcleo cumple funciones vegetativas, como: respiración y metabolismo general. El micronúcleo es responsable de funciones reproductivas.

Poseen un medio de locomoción rápido, por medio de cilios y un sistema de reproducción: sexual (fisión binaria transversal) y asexual (conjugación). Los protozoos son, generalmente, los mas frecuentes en el zooplancton; toleran bajas concentraciones de oxígeno e incluso anoxia, por lo que pueden vivir en aguas contaminadas y ricas en

materia orgánica (González, 1988). Algunos ciliados como *Nassula* ayudan a controlar las poblaciones excesivas de *Oscillatoria* (Margalef, 1983; Esteves, 1988).

Rotíferos

Grupo que exhibe gran multiplicidad de individuos en agua dulce. La gran mayoría son planctónicos y han sido considerados como una clase de los Aschelminthes y actualmente, como un phylum aparte (Rotatoria). El cuerpo está cubierto por una cutícula delgada y está conformado por tres zonas ligeramente diferenciadas: cabeza, tronco y pie. En la cabeza, la región oral está rodeada por una o dos coronas de cilios que sirven para la locomoción y captura del alimento. En el tronco se halla el mástax u órgano masticador en forma de bolsa. El pie es la parte del cuerpo que se prolonga más allá del ano y que presenta generalmente dos dedos cónicos y glándulas que segregan sustancias adherentes. Su desplazamiento ocurre generalmente en línea recta, con movimientos rotatorios del cuerpo o a saltos en algunos casos.

Se clasifican generalmente con base en su sistema reproductivo: los que poseen un solo ovario se ubican en la clase Monogonta (*Polyarthra*, *Keratella*, *Brachionus*, *Platyas*, *Lecane*, *Euchlanis*) y los que presentan dos ovarios en la clase Dinogonta (*Adineta*, *Rotaria*, *Phylodina*), (González, 1988). Su capacidad migratoria es reducida, por lo que se considera que su distribución vertical es homogénea. Se reproducen asexualmente por partenogénesis, es decir, desarrollándose directamente a partir de un huevo.

EVALUACIÓN DE ORGANISMOS

La mayoría de los índices que se han desarrollado son para evaluar la calidad de agua desde el punto de vista de la contaminación, dentro de la cual se incluye la eutroficación.

ÍNDICES DE EVALUACIÓN

Índice de diversidad

Otro tipo de presiones sobre los organismos acuáticos, diferentes de la contaminación, tales como la estratificación, la anoxia y las condiciones químicas del agua. Sin embargo se ha utilizado para tratar de establecer el grado de contaminación ya que se presume que un ambiente no contaminado contiene un gran número de especies distintas sin que ninguna de ellas sea especialmente abundante. Cuando existen procesos de contaminación desaparecen las especies más sensibles y aumenta la población de las que pueden resultar favorecidas. De acuerdo a este índice, un valor de diversidad superior a 3 indica que el agua está limpia, los valores entre 1 y 3 son característicos del agua ligeramente contaminada y los inferiores a 1 corresponden al agua intensamente contaminada.

El índice de diversidad que más se emplea, es el basado en la teoría de la información (Shannon – Weaver, 1949, en Roldán, 1992) y han sido aplicados por Wihm y Dorris (1968, en Mason, 1984), estos autores concuerdan que un valor de diversidad superior a tres (3) indica que el agua está limpia, los valores entre uno y tres (1 - 3) son características del agua ligeramente contaminada y los inferiores a uno (1) corresponden al agua intensamente contaminada.

Existen varios índices para medir la diversidad, cada uno ligado al tipo de información que se desea analizar:

Riqueza de especies: número de especies por sitio de muestreo.

Índice de Margalef: Relaciona el número de especies de acuerdo al número total de individuos (abundancia).

Índice de Margalef

Llamado también de riqueza, se basa en la presunta relación lineal entre el número de especies (S-1) dividido por el logaritmo natural (ln) (Roldan, 1992).

$$D = \text{Índice}$$

$$S = \text{Número de especies}$$

$$D = \frac{S - 1}{\ln N} \quad \text{ln} = \text{logaritmo natural} \quad N = \text{número total de individuos de toda la comunidad}$$

Índice de Shannon-Weaver

$$H' = \text{índice de diversidad}$$

$$n_i = \text{número de individuos por especie en una muestra de una población}$$

$$n = \text{número total de individuos en una muestra de una población}$$

$$\ln = \text{logaritmo natural}$$

Tratamientos	Perfiles	Número de estanques	Estanques utilizados	Área de espejo total en m ²
1	Piso y taludes en tierra	3	C6 – C7 – F2	1025,31
2	Piso en geomembrana N° 15	3	C1 – C2 – C3	1211,62
3	Piso en tierra con cubierta plástica	3	C5 – F3 – F4	1206,55
4	Piso en geomembrana N° 15 con cubierta plástica	3	C4 – F5 – F6	976,41

Llamado también índice de diversidad, se ha utilizado para tratar de establecer el grado de contaminación, tales como la estratificación, la anoxia y las condiciones químicas del agua. Los valores obtenidos van de 0,0 a 5,0. valores de 0,0 a 1,5 indican aguas muy contaminadas; de 1,5 a 3,0 medianamente contaminadas y de 3,0 a 5,0 aguas muy limpias.

SIGNIFICADO AMBIENTAL

Los ambientes naturales o no intervenidos por el hombre poseen una dinámica que por un proceso de sujeción natural ha llegado a su clímax y ha encontrado un grado de equilibrio, este grado de equilibrio se ve reflejado en su diversidad, en otras palabras a ambientes estables le corresponde una alta diversidad.

INTERPRETACIÓN

Cuando los impactos antrópicos (realizados por el hombre) afectan un ecosistema, por ejemplo el agua, ingresan al cuerpo de agua unas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que estimulan el crecimiento desmesurado de algunos individuos que antes

estaban en equilibrio, ocasionando grandes abundancias, altas dominancias y poca riqueza de especies.

CADENAS TRÓFICAS

En ecosistemas acuáticos, cuando la diferencia de tasa de renovación entre dos niveles tróficos sucesivos es muy grande, no se produce reducción de la biomasa.

Así sucede en algunos sistemas planctónicos en los que la masa de fitoplancton se puede duplicar en 24 horas y 1 kg de fitoplancton puede alimentar a más de 1 Kg de zooplancton.

En los ecosistemas acuáticos abundan las bacterias. Los hongos son muy importantes en la biología del suelo. Su biomasa supera frecuentemente la de los animales del ecosistema. La biomasa bacteriana de los ecosistemas terrestres está comprendida habitualmente entre 0,2 y 15 g /m² (la de los animales raramente sobrepasa 2 g /m²), y en los ecosistemas acuáticos oscila entre 0,1 y 10 g /m².

Los descomponedores tienen gran importancia en la asimilación de los restos del resto de la red trófica (hojarasca que se pudre en el suelo, cadáveres, etc.). Son agentes necesarios para el retorno de los elementos, que si no fuera por ellos se irían quedando acumulados en cadáveres y restos orgánicos sin volver a las estructuras vivas. Gracias a su actividad se cierran los ciclos de los elementos.

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

La microcuenca “El Berrión”

El presente estudio se realizó en la granja Montelindo propiedad de la Universidad de Caldas ubicada en la microcuenca “El Berrión”, municipio de Palestina, Departamento de Caldas – Colombia, a 30 km al occidente de Manizales; sus elevaciones varían entre los 1000 y 1400 m.s.n.m. Posee 541,3282 ha, se localiza sobre la margen derecha de la cuenca del río Cauca, e izquierda del río Chinchiná,

Estanques

Los estanques que se utilizaron en el estudio hacen parte de dos de las series de la Estación Piscícola de la Granja Montelindo los cuales tienen un área entre 220.74 m² y 612.00 m² y se acondicionaron según los tratamientos (Grajales, 2004):

Tabla 2. Condiciones de los estanques.

Tratamientos	Perfiles	Numero de estanques	Estanques utilizados	Área de espejo total en m ²
1	Piso y taludes en tierra	3	C6 – C7 – F2	1025,31
2	Piso en geomembrana N° 15	3	C1 – C2 – C3	1211,62
3	Piso en tierra con cubierta plástica	3	C5 – F3 – F4	1206,55
4	Piso en geomembrana N° 15 con cubierta plástica	3	C4 – F5 – F6	976,41

El primer ciclo productivo se desarrollo desde el 21 de Febrero de 2006 hasta el 27 de Abril del mismo año; a su vez la toma de muestras se realizó dos veces por semana

(martes y viernes) .El segundo ciclo tuvo inicio el 10 de Mayo y finalizó el 3 de Agosto de 2006, el inicio de la recolección de muestras comenzó el 12 de Mayo y culminó el 3 de Agosto del año citado; la toma de muestras se realizó en horas de la mañana (9,0 am a 12:0 m).

Durante el trabajo de investigación se desarrollaron dos ciclos productivos de alevinaje de tilapia nilótica (*O. niloticus*) los cuales eran alimentados con alimentos concentrados, con pesos promedios de 70g .

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para la toma de las muestras se utilizaron: Balde plástico con capacidad para 20 litros, Recipiente plástico de 2 litros de capacidad, Cinco (5) filtros o mallas planctónicas, con ojo de malla de 120 a 250 micras, las cuales se utilizaron para realizar filtraciones, Pincel con cerdas sintéticas para recolectar micro organismos, Frascos de vidrio de 2,5 ml, Solución “fijadora” A (1 litro): 900 ml de alcohol al 90% + 100 ml de formol al 40 % + 8 gotas de cristal violeta, Solución “fijadora” B (1 litro): 892 ml de agua destilada + 2 gotas de lugol + 108 ml de formol al 40% + 2 gotas de cristal violeta + 1 cucharadita de ácido bórico, para la conservación de los micro organismos (Toro, 2005), Formato para evaluación de placas en laboratorio.

Métodos/TD>

El muestreo se realizó en dos ciclos productivos, en cada uno de los estanques se recolectaron en total 20 litros de agua de 9 sitios diferentes, los cuales se filtraron con las mallas planctónicas. A los organismos que quedaron en los últimos dos filtros se recolectaron con el pincel y se guardaron en los frascos de vidrio previamente rotulados (estanque, fecha, hora). Después de recolectar las muestras de los doce estanques del estudio se pasaron al laboratorio para agregar la solución fijadora a cada uno de los frascos.

A cada uno de los organismos se le realizó una evaluación microscópica, identificación taxonómica, registro fotográfico, y se realizó su reseña bibliográfica. Además, registrándose la abundancia de cada organismo en cada una de las fechas de muestreo y se hizo un análisis por tratamiento de las muestras, utilizando índices de diversidad (Shannon – Weaver, 1949) y abundancia realizando curvas de presentación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la recolección y el análisis de las muestras durante los dos ciclos, los organismos encontrados en la Estación Piscícola fueron los siguientes:

Tabla 3. FITOPLANCTON

CIANOFÍCEAS / CYANOPHYTA

Su nombre común es algas verdeazules o azul verdosas; poseen un amplio rango de tolerancia a muchos factores, lo que permite adaptarse a condiciones difíciles. (Roldan, 1992).



Chroococcus sp1: este género es predominantemente planctónico, puede ser dominante en aguas muy blandas, pero nunca en abundancia suficiente para producir florecimientos (Smith, 1920).



Chroococcus sp2: son indicadoras de aguas estratificadas y de etapas avanzadas de sucesión. Cuando son abundantes, puede deberse a la estratificación del agua y al empobrecimiento de la misma o a alguna forma de contaminación (Márquez y Guillot, 1987).

CLOROFICEAS / CHLOROPHYTA

Son las conocidas como algas verdes, almacenan almidón, se desarrollan bajo gran gama de condiciones, por lo que algunas han sido utilizadas como indicadores de contaminaciones (Roldan, 1992).



Botryococcus: son algas planctónicas de superficie y pueden aparecer en embalses de abastecimiento público (Branco, 1986). Comunes y abundantes especialmente en aguas semiduras (100 ppm en la concentración de iones de Ca^{++} y Mg^{++}).



Closterium: género de algas frecuentes en aguas duras (más de 100 ppm). Son particularmente resistentes a los desechos ricos en cromo (Branco, 1986).



Coelastrum: habita con frecuencia ambientes de alta concentración de sales minerales resultantes de la descomposición de materia orgánica o ambientes eutróficos (Ramírez, 2000).



Golenkinia radiata: Indicador de hipereutrofia (abundancia de nutrientes que favorecen el crecimiento de las algas y otros organismos) (Duque y Donato, 1993).

	<p><i>Pediatrum sp1</i>: presentan células marginales alargadas, con forma triangular y las células centrales se encuentran unidas de forma compacta. Indicador de eutrofia, aguas ricas en SO₄ (ácido sulfúrico) y NaCl (cloruro de sodio).</p>
	<p><i>Pediatrum sp2</i>: son algas de superficie que pueden producir sabor y olor a pescado cuando son abundantes. Se desenvuelven bien en aguas contaminadas por desechos industriales de papel, que son tóxicos para la mayoría de las algas (Branco, 1986).</p>
	<p><i>Scenedesmus sp1</i>: son algas de superficie, pueden darle al agua olor y sabor a pepino. Presenta resistencia a pesticidas (Donato, 1987).</p>
	<p><i>Scenedesmus sp2</i>: dominan cuando las concentraciones de fósforo son altas; su tamaño es influenciado por la temperatura del agua superior a 30 °C (Margalef, 1983).</p>
	<p><i>Spirogyra sp</i>: género constituido por una de las algas filamentosas más frecuentes en aguas quietas, le producen olor a pepino al agua, es indicador de oligotrofia (Branco, 1986).</p>
	<p><i>Staurastrum sp</i>: uno de los géneros de algas más comunes que habitan en la superficie de los lagos y represas; algunas especies producen olor y sabor a pepino, indicador de eutrofia (Ramírez, 2000).</p>
	<p><i>Ulothrix</i>: los organismos de este género se pueden encontrar en aguas corrientes o quietas, algunas especies son de superficie. Pueden taponar filtros y producir olor a pepino en el agua (Ramírez, 2000).</p>

BACILAROFICEAS / BACILLARIOPHYCEAE

Son microalgas unicelulares o coloniales, de plastos marrones o amarillos. Las células se encuentran impregnadas en sílice formando valvas que suelen situarse a modo de caja, y que pueden presentar una ornamentación característica de cada especie.

	<p><i>Navicula sp</i>: este género se encuentra formando parte del bentos y el plancton; además puede hallarse cubriendo, en forma de capa de color pardo, piedras sumergidas al borde de manantiales. Algunas especies son prácticamente sedimentarias (Ramírez, 2000). Presenta</p>
---	--

	resistencia a pesticidas, turbulencia y sedimentos (Donato, 1987).
	<i>Synedra sp.</i> : obstruyen filtros y algunas, a veces producen olor y sabor a pepino o a tierra cuando están en mayor cantidad. Cuando las aguas están cloradas, estos organismos producen olor a jarabe (Ramírez, 2000).
	<i>Tabellaria</i> : constituida por células que forman cadenas en "zig-zag". Vistas de lado las células son casi cuadradas, con numerosas bandas intercalares. Los organismos de este género obstruyen filtros, y algunas especies producen olor a pescado (Ramírez, 2000).

Tabla 4. ZOOPLANCTON

ROTÍFEROS	
Son organismos pluricelulares, de pequeño tamaño, visibles a través de microscopía óptica. Presentan un órgano rotatorio, con cilios, de movimiento giratorio, creando fuertes corrientes de agua que le sirven para captar su alimento	
	<i>Asplanchna sp.</i> : es un organismo de gran talla (500-2500 µm), su cuerpo es transparente, poseen una cutícula delicada, cuerpo en forma de saco, ano ausente, son característicos de eutrofia y estratificación del agua.
	<i>Brachionus sp.</i> : pH alcalino (por encima de 9), altos contenidos de Ca, cloruros, sulfatos y carbonatos (Roldán, 1992). Indicadores de aguas altamente eutroficadas. Organismo con forma característica, cuya cutícula desarrolla un caparazón torácico. El pié presenta anillos y no se encuentra dividido en elementos. El borde anterior del caparazón se prolonga en espinas.
	<i>Filinia sp.</i> : rotífero carente de caparazón y pié. Presenta tres apéndices setiformes saltadores. Los individuos de este género se mueven de forma deslizante. Tiene dos ojos rojos. El órgano rotatorio se encuentra constituido por una corona marginal de cilios.
	<i>Keratella sp.</i> : rotífero carente de pié, con caparazón dividido en campos, abombado por el lado dorsal, aplanado o ligeramente curvado hacia dentro en el lado ventral. Las formas primaverales presentan largas espinas posteriores, indicadores de eutrofia.
	<i>Lecane sp.</i> : microorganismo que presenta caparazón con dos placas; pié corto y ancho, con un solo elemento libre, que surge del lado ventral del caparazón. Presenta uno o dos dedos. Con frecuencia se fija con los dedos y nada alrededor del punto de fijación.

	<p><i>Phylodina sp</i>: individuo que se caracteriza por presentar dos manchas oculares detrás del palpo dorsal, sobre el cerebro. La cutícula torácica es fina y lisa. El pié tiene cuatro dedos.</p>
	<p><i>Trichocerca sp</i>: Cuerpo cilíndrico, con torción espiral; tiene dos proyecciones anteriores, desiguales en la longitud; posee un pie prominente; los dedos son como espinas.</p>

CRUSTACEOS

CLADÓCEROS

En general son indicativos de eutrofia y estratificación de las columnas de agua.

	<p><i>Daphnia sp</i>: se utilizan como indicativos de eutroficación (Márquez y Guillot, 1988).</p>
	<p><i>Huevo de Daphnia</i>: llamados huevos latentes o permanentes, Es un huevo resistente y adherente que puede viajar incluso en las plumas de las aves de una charca a otra, lo que da lugar a que aparezcan las daphnias 'como llovidas del cielo'.</p>

COPEPODOS

Son indicativos en general de eutrofia, pH con tendencia alcalina, estratificación del agua y son tolerantes a hipoxia

	<p><i>Copépodos inmaduros</i>: se conocen como nauplios y pueden presentar cuatro estados diferentes.</p>
	<p><i>Copépodos maduros</i>: tienen el cuerpo cubierto por una cutícula quitinosa. Está constituido por segmentos: la cabeza, el tórax y el abdomen (Pallares, 1968).</p>
	<p><i>Copépodos maduros + huevos</i>: los huevos se encuentran adheridos al abdomen por dos ovisacos, uno a cada lado.</p>



Huevos de copépodos: son considerados huevos pequeños y se encuentran apiñados en los ovisacos

MOLUSCOS

Cumplen un proceso indicativo de aguas ricas en carbonato de Ca y materia orgánica.

ANELYDAE



Ferrissia sp: generalmente requiere altos niveles del oxígeno, prefiriendo las condiciones donde el oxígeno se satura en el agua, no es muy tolerante a la contaminación orgánica

CILIADOS

Toleran bajas concentraciones de oxígeno e incluso anoxia, por lo que pueden vivir en aguas contaminadas y ricas en materia orgánica



Epistylis sp: se reconoce por tener forma de campana invertida en cuyo extremo hay ciliias en continuo movimiento en el mismo sentido de las manecillas del reloj, la campana se encuentra en el extremo distal de los tallos bifurcados (Conroy, 2002).

EVALUACIÓN CICLO 1 DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos metereológicos recolectados fueron obtenidos en la estación meteorológica de Santágueda, bajo supervisión de CENICAFE.

	Máxima	Mínima	promedio	diferencia
Temperatura ambiental	24.7 °C	19.95 °C	22.9 °C	4.75 °C
Precipitación	94 mm	3.5 mm	Acumulado 31.5 mm	Acumulado 365.9 mm
Humedad relativa	95.66%	74%	81.5%.	
Horas de sol	8.4	1.1	5.3	

PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EVALUADOS EN LOS ESTANQUES. TEMPERATURA

Gráfica 1. Promedio diario de temperatura del agua durante el Ciclo 1.

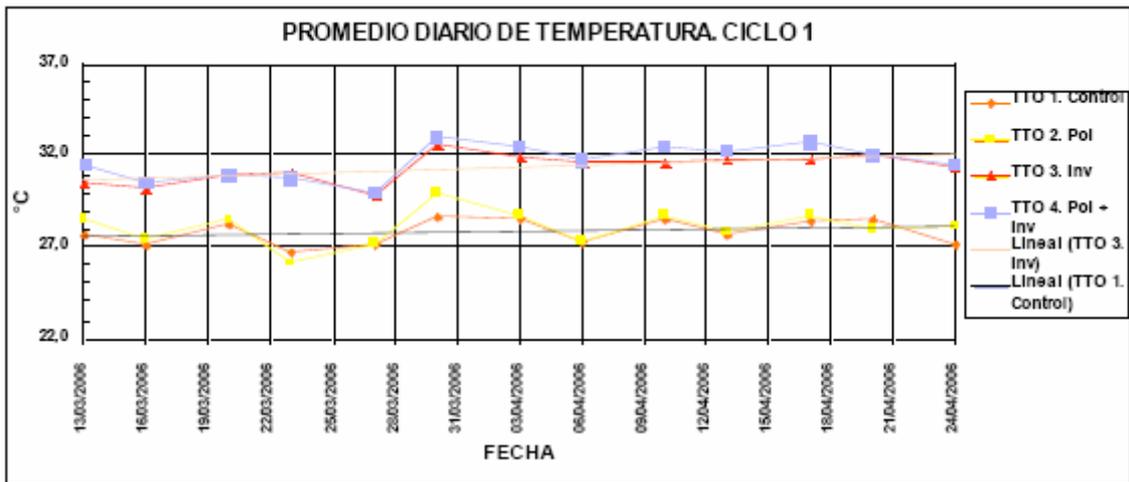


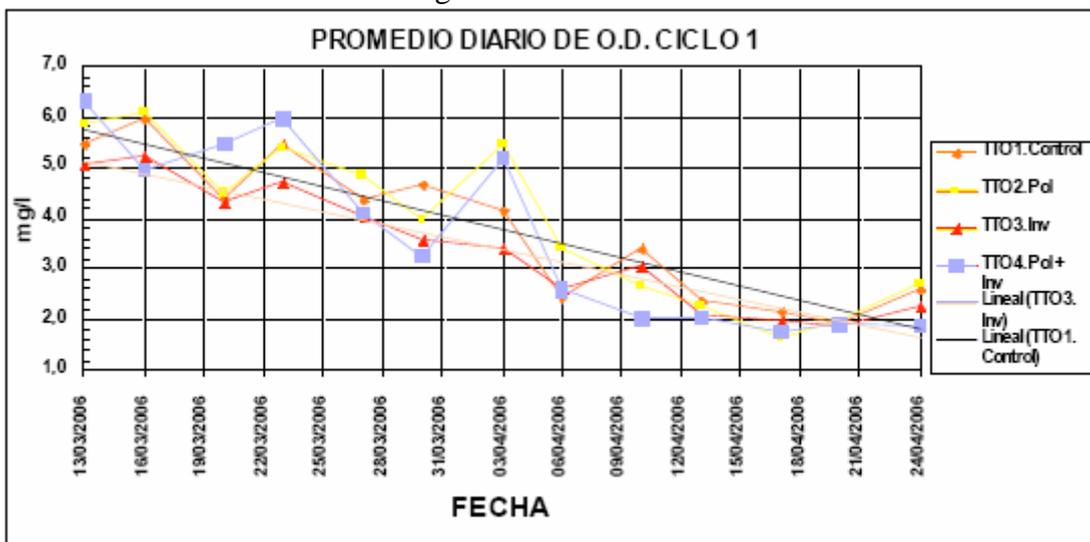
Tabla 1. Análisis de la temperatura del agua durante el ciclo 1

Análisis de Temperatura Ciclo 1			
Tratamiento	Temperatura en °C		
	Mínima	Máxima	Diferencia
1. Control	26,8	28,7	1,9
2. Piso cubierto con geomembrana N° 15	26,2	30	3,8
3. Piso en tierra con cubierta plástica	29,8	32,7	2,9
4. Piso cubierto con geomembrana N° 15 y cubierta plástica.	30	33	3

Los datos recolectados muestran una temperatura que varía entre 26.2 y 33.0 °C, con un promedio de 29.7 °C, teniendo en cuenta los valores de los cuatro tratamientos. El tratamiento que presentó el valor mas bajo en la temperatura del agua fue el tratamiento dos (piso cubierto con geomembrana N° 15), mientras que el mayor valor se registró en el tratamiento cuatro (piso en polímero con cubierta plástica).

OXÍGENO DISUELTO

Gráfica 2. Promedio diario de oxígeno disuelto en el Ciclo 1.



El menor valor del oxígeno disuelto fue de 1.6 mg/l, el cual se presentó en el tratamiento dos el 17 de Abril de 2006 y el valor mayor fue de 6.3 mg/l, el día 13 de Marzo de 2006 en el tratamiento cuatro, generando un valor promedio de 3.7 mg/l. Los resultados del oxígeno disuelto disminuyen progresivamente a medida que avanza el ciclo, coincidiendo con el crecimiento de los animales y con la disminución en la precipitación. Según Wedler (1998), el consumo de oxígeno diario de los peces es de 15 mg por gramo de peso corporal.

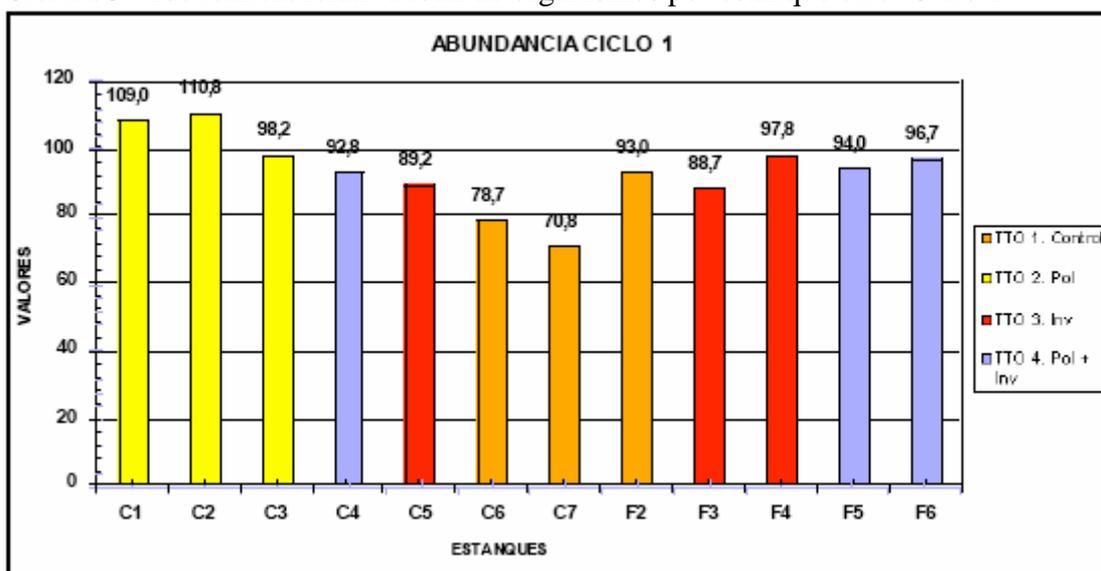
pH

El promedio de los valores de las mediciones de pH en los tratamientos del ciclo 1 y ciclo 2, tomados a las 6:00 am – 2:00 pm y 10: 00 pm dio un resultado de 7,1 con rangos entre 5,5 y 7,9, valores que se consideran aceptables para la producción piscícola de aguas cálidas.

Abundancia, Índice de diversidad de Shannon – Weaver e Índice de Margalef Los datos recolectados se analizaron de acuerdo con los índices de Shannon – Weaver, Margalef y se realizó una evaluación de abundancia relativa.

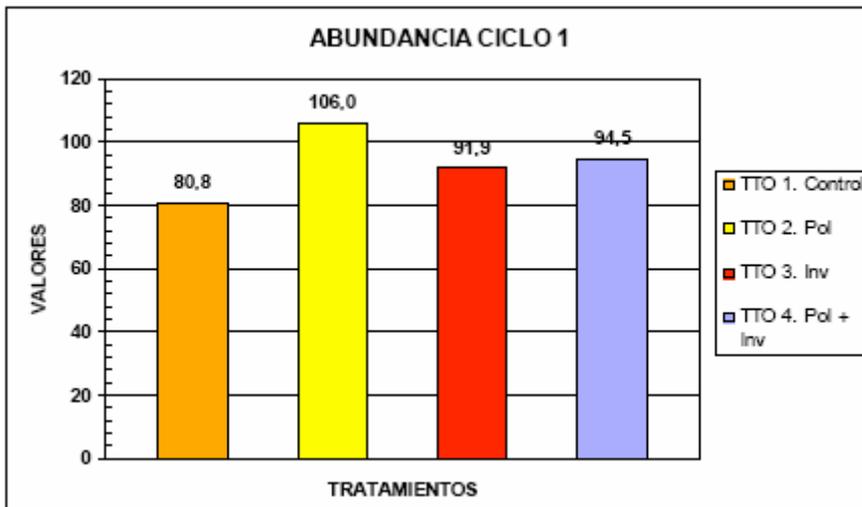
ABUNDANCIA

Gráfica 3. Abundancia relativa total de organismos por estanque en el Ciclo 1



El menor valor de la abundancia relativa se encontró en el estanque C7 (tratamiento control) con un total de 70.8 y el mayor valor se encontró en el estanque C2 (piso cubierto con polímeros) con un total de 110.8.

Gráfica 4. Abundancia relativa promedio por tratamiento en el Ciclo 1

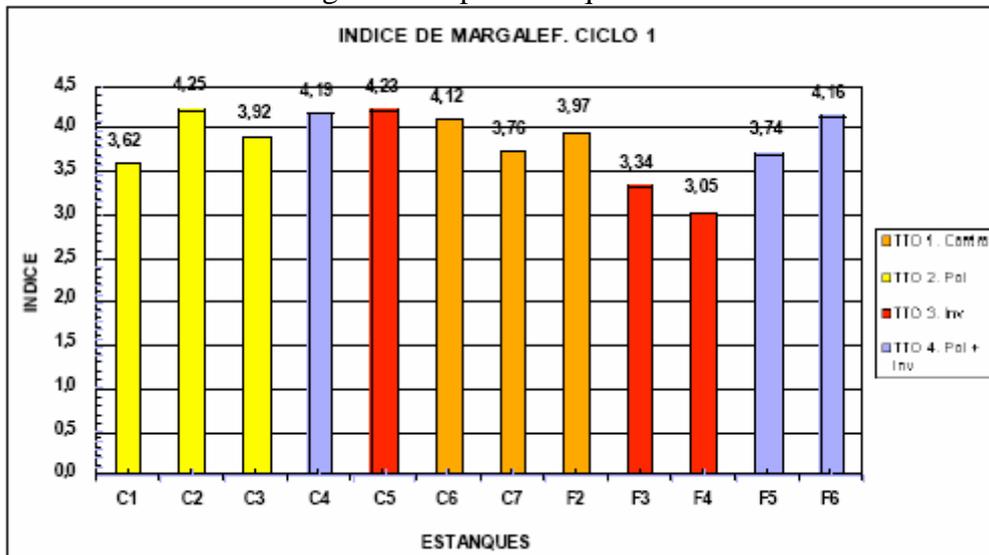


El valor menor de la abundancia relativa se encontró en el tratamiento 1 (Tratamiento control) con un total de 80.8 y el valor mayor se encontró en el tratamiento 2 (Piso cubierto con polímero) con un total de 106.

En el primer ciclo no se observan grandes diferencias entre el tratamiento y los valores de abundancia relativa, aunque los menores valores lo reportaron los estanques control y los mayores los estanques con tratamiento 2 (Piso polímero).

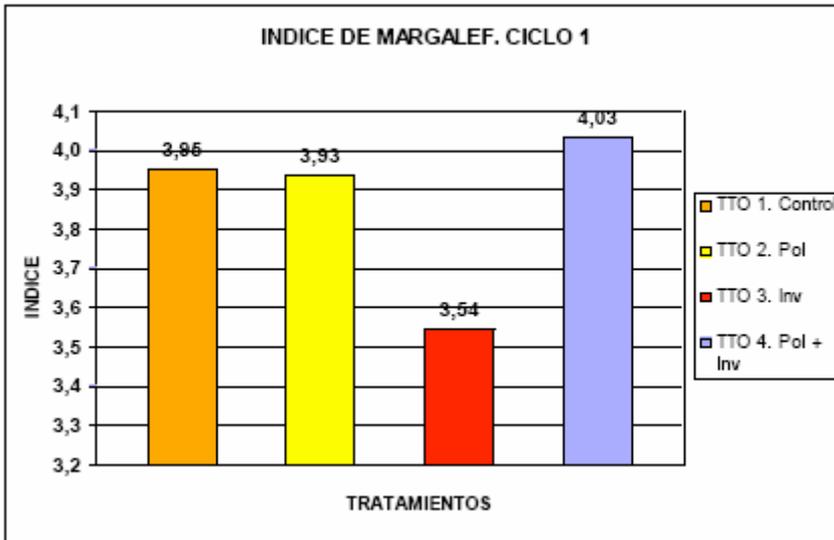
ÍNDICE DE MARGALEF

Gráfica 5. Índice de Margalef total por estanque en el Ciclo 1



El menor valor lo reporta el estanque F4 (piso en tierra y cubierta plástica) con un total de 3.05 y el mayor valor el estanque C2 (piso cubierto con geomembrana N° 15) con un total de 4.25, todos los valores están por encima de tres indicando buena calidad del agua y ausencia de procesos de eutrofización.

Gráfica 6. Índice de Margalef promedio por tratamiento en el Ciclo 1

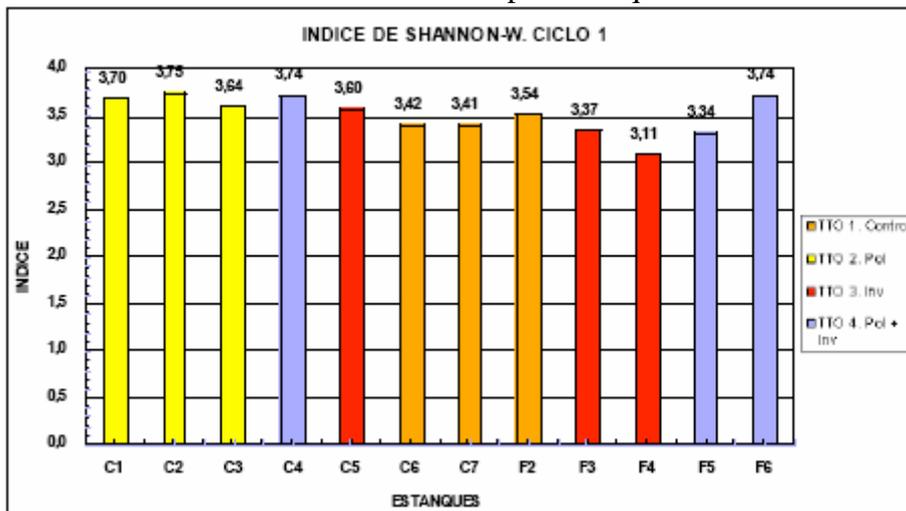


El menor valor de diversidad se encontró en el tratamiento tres (Piso tierracubierta plástica), con 3.54 y el mayor en el tratamiento 4 (Piso polímero y cubierta plástica) con un total de 4.03.

Los valores no indican procesos de contaminación ni eutroficación; tampoco se observan diferencias entre el tratamiento y el valor de diversidad de Margalef.

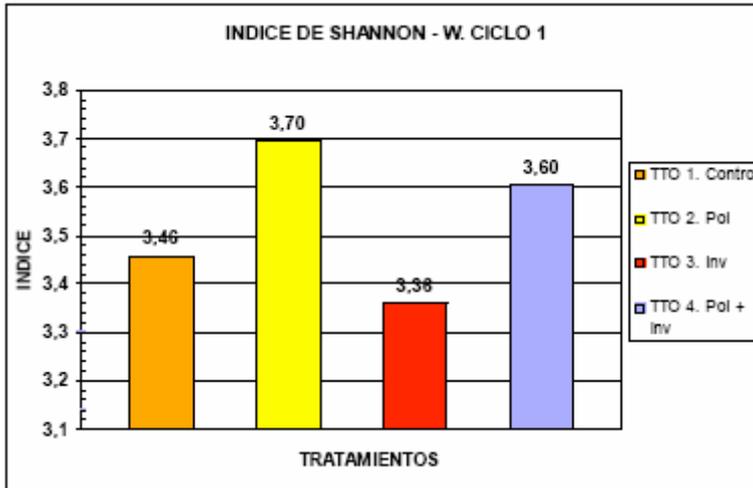
ÍNDICE DE SHANNON – WEAVER

Gráfica7. Índice de Shannon – W total por estanque en el Ciclo 1



El valor menor es para el estanque F4 (piso en tierra con cubierta plástica) con 3.1 y el mayor valor para el estanque C2 (piso cubierto con geomembrana N° 15) con un total de 3.8, estos valores coinciden con el índice de Margalef, los cuales son superiores a tres.

Gráfica8. Índice de Shannon – W promedio por tratamiento en el Ciclo 1



El menor valor lo reporta el tratamiento 3 (Piso tierra y cubierta plástica) con 3.36 y el mayor valor el tratamiento 2 (Piso polímero), con 3.70.

Como lo demuestran las anteriores graficas, todos los tratamientos del presente trabajo presentan índices de diversidad con valores superiores a tres lo que revela una amplia presencia de organismos, indicando al mismo tiempo una buena calidad de agua. El tratamiento que muestra la menor diversidad en los dos índices usados es el tres (Piso en tierra con cubierta en polímero), incluso por debajo del tratamiento uno (control). El tratamiento que muestra los mejores índices son el dos (Piso polímero) y el tratamiento cuatro (Piso polímero y cubierta plástica), aunque los rangos no son de gran amplitud.

EVALUACION

CICLO

2

DATOS METEOROLÓGICOS CICLO2

	Máxima	Mínima	promedio	diferencia
Temperatura ambiental	25.3 °C	20.7 °C	23.6°C	4.6 °C
Precipitación	0.4 mm	26.1 mm	Acumulado 10.7 mm	Acumulado 554.1 mm
Humedad relativa	88.3%,	69.7%	77.6%.	
Horas de sol	0.4	9.2	5.6	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EVALUADOS EN LOS ESTANQUES TEMPERATURA

Gráfica 9. Promedio diario de temperatura del agua durante el Ciclo 2.

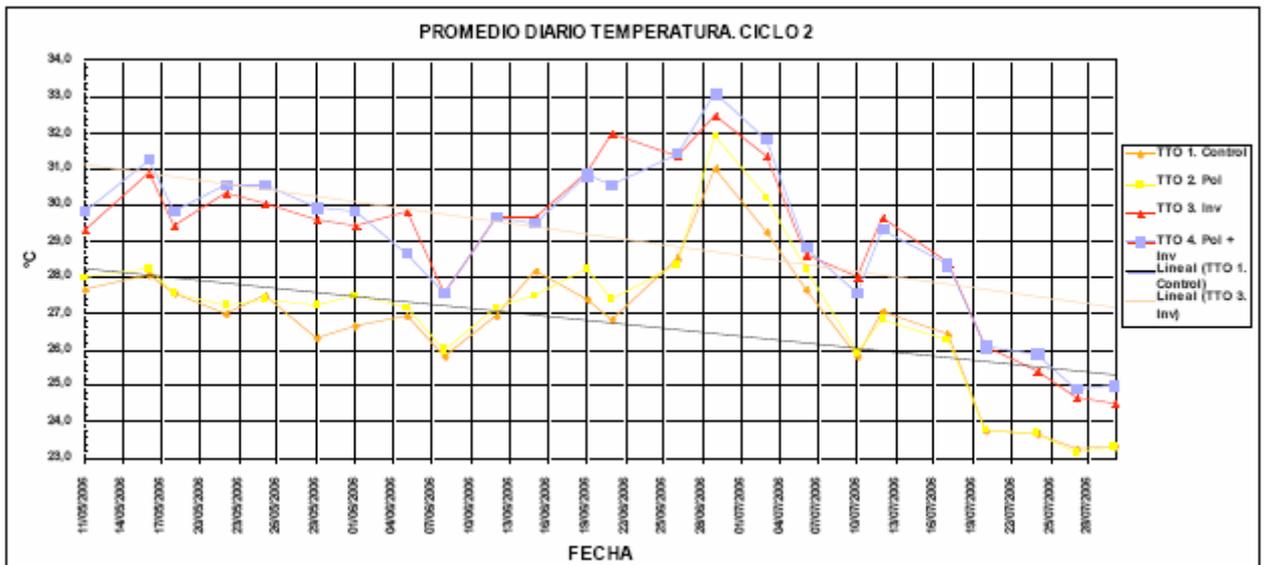


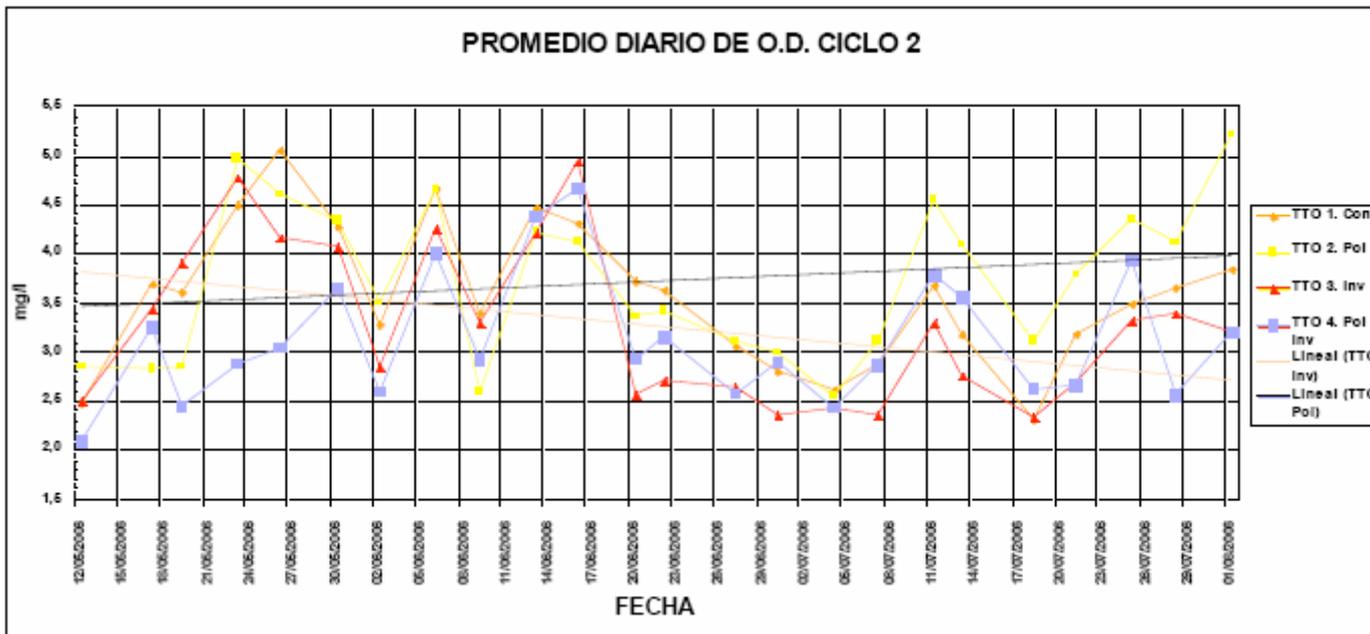
Tabla 2. Análisis de la temperatura del agua durante el ciclo 2.

Análisis de Temperatura Ciclo 2			
Tratamiento	Temperatura en °C		
	Mínima	Máxima	Diferencia
1. Control	23,3	31	7,7
2. Piso cubierto con geomembrana N° 15	23,2	31,9	8,7
3. Piso en tierra con cubierta plástica	24,5	32,5	8
4. Piso cubierto con geomembrana N° 15 y cubierta plástica.	24,9	33,1	8,2

Los datos recolectados muestran una temperatura que varía entre 23.2 y 33.1 °C, con un promedio de 28 °C, valores de los cuatro tratamientos. El tratamiento que presentó el valor más bajo en la temperatura del agua fue el tratamiento dos (piso cubierto con Geomembrana N° 15), mientras que el mayor valor se registró en el tratamiento cuatro (piso en polímero con cubierta plástica). El comportamiento de la temperatura del agua fue similar entre los dos ciclos, encontrando los valores inferiores y superiores en los mismos tratamientos.

OXÍGENO DISUELTTO

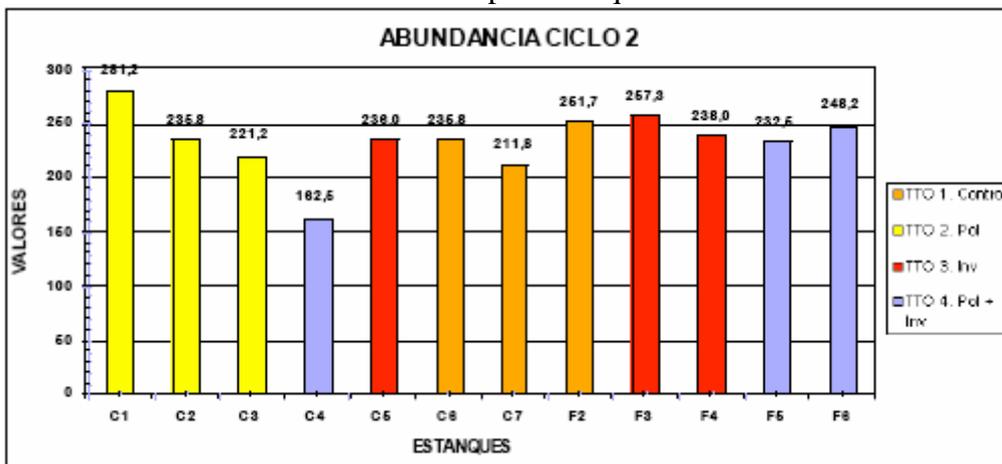
Gráfica 10. Promedio diario de oxígeno disuelto en el Ciclo 2.



Los valores del oxígeno disuelto de este ciclo varían entre 2.1 mg/l en el día 12 de Mayo de 2006 y 5.2 mg/l el 1 de Agosto de 2006, con un valor promedio de 3.3 mg/l. Existe una tendencia a mantenerse constante el oxígeno disuelto durante el ciclo dos en los diferentes tratamientos.

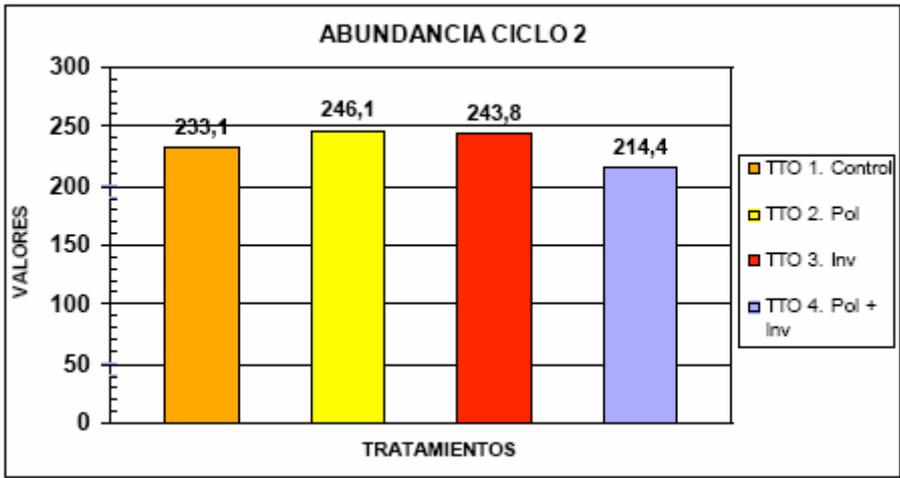
Abundancia, Índice de diversidad de Shannon – Weaver e Índice de Margalef

Gráfica 11. Abundancia relativa total por estanque en el Ciclo



El menor valor de abundancia relativa lo presenta el estanque C4 (piso cubierto con polímeros y cubierta plástica) con un total de 162.5 y el mayor valor el estanque C1 (piso cubierto con polímeros) con 281.2.

Gráfica 12. Abundancia relativa promedio por estanque en el Ciclo 2

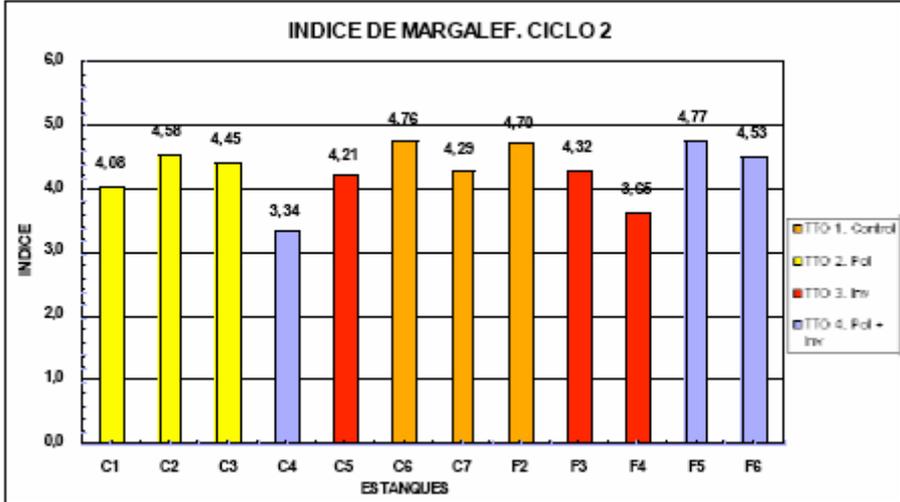


Los resultados de abundancia relativa son muy similares pero el mayor valor lo presenta el tratamiento dos (Piso polímero) con 246.1 y el menor valor el tratamiento cuatro (piso polímero y cubierta plástica) con un total de 214.4 el tratamiento tres (piso tierra y cubierta plástica) presenta un valor muy cercano (243.8) al tratamiento dos.

El segundo ciclo presenta una mayor abundancia relativa que el ciclo uno, esto se debe a que se incremento la captura de organismos de menor tamaño.

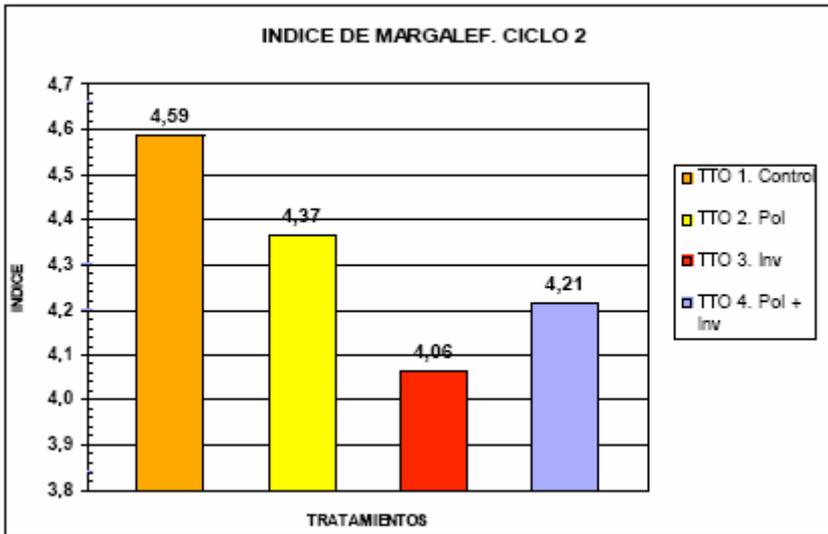
INDICE DE MARGALEF

Gráfica13. Índice de Margalef total por estanque en el ciclo 2



El mayor valor lo presenta el estanque C6 (tratamiento control) y F5 (piso cubierto con polímeros y cubierta plástica) con un valor de 4.8 y el menor valor el estanque C4 (piso cubierto con polímeros y cubierta plástica) con un total de 3.3.

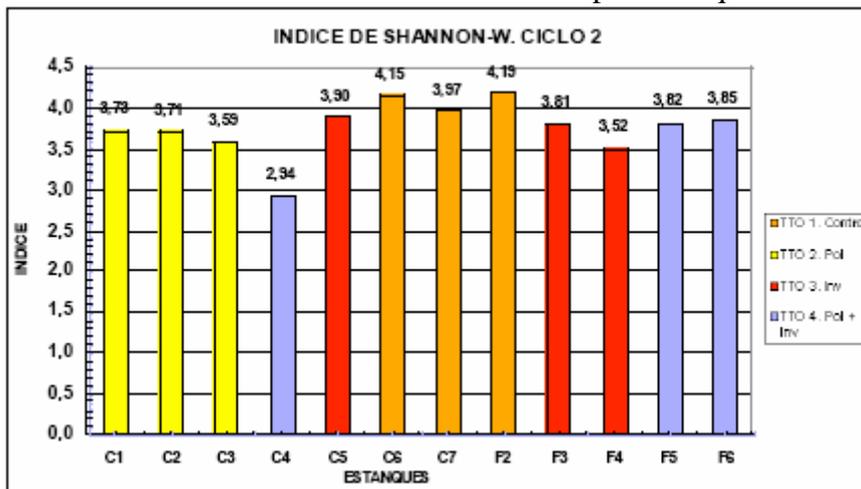
Gráfica14. Índice de Margalef promedio por tratamiento en el Ciclo 2



El mayor valor para el índice de Margalef en el ciclo dos lo presenta el tratamiento uno (control), con 4.59, seguido por el tratamiento dos (piso polímero) con 4.37 y el menor valor el tratamiento tres (piso tierra y cubierta plástica), con un total de 4.06. Todos los valores son superiores a tres, lo cual indica una buena calidad del agua.

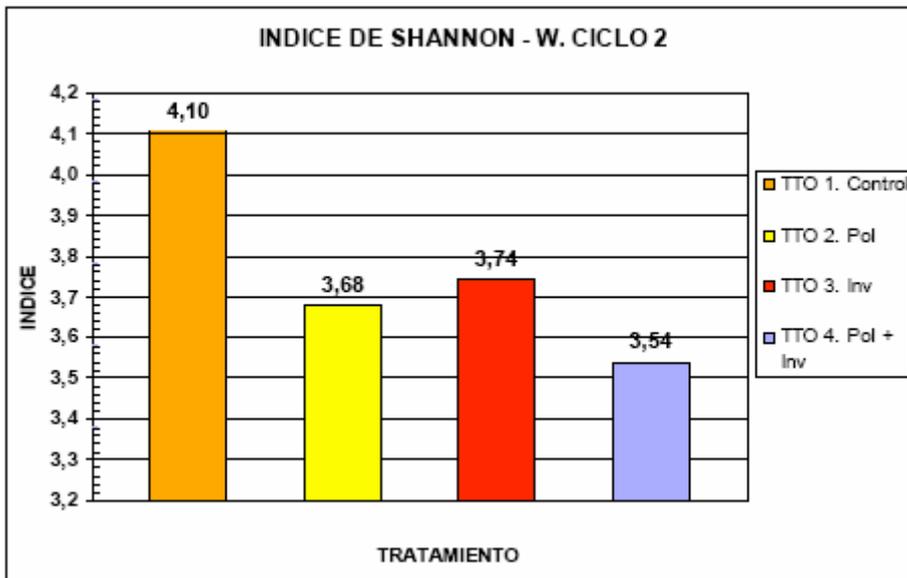
ÍNDICE DE SHANNON – WEAVER

Gráfica15. Índice de Shannon – Weaver total por estanques en el ciclo 2



El menor valor se registro para el estanque C4 (piso cubierto con polímero y cubierta plástica) con 2.9 y el mayor para el estanque F2 (tratamiento control) con un total de 4.2; valores similares al ciclo uno.

Gráfica15. Índice de Shannon – W promedio por tratamiento en el Ciclo 2



Para el índice de Shannon W el menor valor lo presenta el tratamiento cuatro (piso polímero y cubierta plástica) con 3.54 y el mayor valor para el tratamiento uno (control), con un total de 4.10.

Tabla 3. Diferencias entre el ciclo uno y dos en el Índice de Shannon – Weaver

Índice de Shannon - Weaver			
Tratamiento	Ciclo uno	Ciclo dos	Diferencia
1. Control	3,46	4,10	0,64
2. Piso cubierto con geomembrana N° 15	3,70	3,68	0,02
3. Piso en tierra con cubierta plástica	3,38	3,74	0,36
4. Piso cubierto con polímeros y cubierta plástica	3,60	3,54	0,02

Comparando el índice de Shannon-Weaver de los dos ciclos, el ciclo dos (2) presenta condiciones mas favorables de pH para la producción primaria (valores entre 7,10 y 7,78), manifestándose en el tratamiento un valor mas alto que en el ciclo anterior; confirmando así la presencia de un numero alto de organismos y buena calidad de agua en todos los tratamientos.

CONCLUSIONES

La temperatura del agua de los estanques fue mayor en los que tenían cubierta plástica, marcándose una diferencia de 3,8 °C en el primer ciclo y de 2,2 °C en el segundo ciclo frente a los estanques que no estaban cubiertos. Entre los dos tratamientos que tenían cubierta no hubo diferencia pero los valores mas altos fueron registrados en el tratamiento que tenía piso con geomembrana y cubierta, con valores de 33 y 33,1 °C en el ciclo 1 y 2 respectivamente. Los anteriores resultados se asemejan a los reportados por Calderón (2002), cuando manifiesta que los estanques cubiertos con polímeros mantienen una temperatura mas alta que los estanques sin cubiertas y en horas de la noche solo disminuyen entre 3 y 4°C, manteniéndose en mejores condiciones que los estanques que no tienen cubierta plástica.

La implementación de geomembranas y plásticos en la producción piscícola ayuda a controlar las características fisicoquímicas (Temperatura, pH y oxígeno) del agua beneficiando la producción de alimento vivo en los tratamientos piso cubierto con geomembrana, piso en tierra con cubierta plástica, piso cubierto con geomembrana y cubierta plástica (tratamientos 2-3-4), mientras que en el tratamiento control se encontraron condiciones (de temperatura del agua) siempre más bajas.

De acuerdo a los datos obtenidos, las evaluaciones realizadas y las gráficas plasmadas en los dos ciclos, se puede concluir que el tratamiento control (Tto 1), presentó la temperatura del agua más baja (28,1 - 27,3) con un nivel de oxígeno constante (3,9 - 3,6); el tratamiento de piso cubierto con geomembrana (Tto 2), presentó temperatura del agua baja (28,4 - 27,4) y niveles de oxígeno de (3,8 - 3,7); en el tratamiento piso en tierra con cubiertas plásticas (Tto 3), los niveles de temperatura entre medio y alto (31,4 - 29,5) y los menores valores de oxígeno (3,5 - 3,3) y el tratamiento piso cubierto con geomembrana y cubierta plástica (Tto 4), muestra los valores de temperatura mas altos (31,9 - 29,5), pero a su vez el oxígeno disuelto más bajo (3,8 - 3,1). Con un aumento de temperatura los procesos bioquímicos reaccionan mas rápido (regla de Van T. Hoff), todos los procesos fisiológicos se aceleran .

Tabla 4. Análisis de Temperatura y Oxígeno disuelto en los dos ciclos

TRATAMIENTO	CICLO 1		CICLO 2	
	T °	O. D	T °	O. D
1. Control	28,1	3,9	27,3	3,6
2. Piso cubierto con geomembrana N° 15	28,4	3,8	27,4	3,7
3. Piso en tierra con cubierta plástica	31,4	3,5	29,5	3,3
4. Piso cubierto con polímeros y cubierta plástica	31,9	3,8	29,5	3,1

Tabla 5. Análisis de Margalef y Shannon en los dos ciclos

TRATAMIENTO	CICLO 1		CICLO 2	
	MAR	SHA	MAR	SHA
1. Control	28,1	3,9	27,3	3,6
2. Piso cubierto con geomembrana N° 15	28,4	3,8	27,4	3,7
3. Piso en tierra con cubierta plástica	31,4	3,5	29,5	3,3
4. Piso cubierto con polímeros y cubierta plástica	31,9	3,8	29,5	3,1

Aunque los valores de oxígeno encontrados en todos los tratamientos son menores al rango óptimo (por encima de 4.5 mg/l) para la producción de tilapias, las mejores condiciones se hallaron en los tratamientos con cubiertas plásticas, piso cubierto con geomembrana y cubierta plástica (tratamiento 4), el cual tuvo la temperatura del agua más elevada y un nivel de oxígeno alto, con relación a los otros tratamientos.

En el ciclo uno se presentó una disminución en los valores de oxígeno disuelto a lo largo del mismo, situación que no acontece en el ciclo dos, donde los valores de oxígeno disuelto se mantienen constantes en el tiempo; esto se puede explicar en parte por la pérdida de animales en el ciclo uno y la descomposición del alimento que se suministraba.

Los valores del pH (7,1) se encontraron entre los rangos aceptables para una explotación piscícola de aguas cálidas (6,5 - 8,5), permitiendo la producción de alimento vivo para los peces.

Los organismos que se encontraron en el trabajo son en su gran mayoría indicadores de eutrofia y buena calidad de agua, además se consideran como el alimento indicado para

larvas y alevinos, disminuyendo los costos de producción en las explotaciones piscícolas.

Entre los dos ciclos, el mayor índice de abundancia relativa se encontró en el tratamiento piso cubierto con geomembrana (tratamiento 2) y el tratamiento piso en tierra con cubierta plástica (tratamiento 3); mientras que el menor valor de abundancia relativa fue para los tratamientos piso cubierto con geomembrana y cubierta plástica (tratamiento 4), y tratamiento control (tratamiento 1).

Comparando estos dos últimos tratamientos, el mayor índice de abundancia relativa es para el tratamiento control (tratamiento 1), pero una mayor presencia de zooplancton en el tratamiento piso cubierto con geomembrana y cubierta plástica (tratamiento 4).

De acuerdo a la anterior tabla de presentación de organismos por tratamiento y el análisis de temperatura y oxígeno en los dos ciclos, se concluye que los tratamientos con cubierta plástica presentan mejores condiciones que los tratamientos sin cubierta.

Las condiciones mas uniformes para la producción de alimento vivo para postlarvas y alevinos de *Tilapia nilótica* lo brinda el tratamiento piso en tierra con cubierta plástica (tratamiento 3).

BIBLIOGRAFÍA

ALBA TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Departamento de biología animal y ecología. Universidad de Granada. España. 1996. Citado por: INSTITUTO MI RIO. Aspecto biológico y fisicoquímico del río Medellín. Medellín. 1997. 184 p. (Colección Estado Social, Ecológico y Ambiental del río Medellín; Tomo I).

BARDACH, John E; RYTHER, John, MCLARNEY, William O. Acuicultura: Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. México D.F: A.G.T. Editor, S.A, 1986. ISBN 968-463-022-0

BOTERO, J.. Reproducción artificial de peces marinos. 2005 En. Reproducción de peces en el trópico. Incoder, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá,D.C. p.197 – 228. ISBN 958-33-8515-8

BOWEN, S. Detritivory in neotropical fish communities. *Env. Biol. Fish.* 1983. En: *Limnología colombiana.* 1998. Citado por RAMÍREZ, G., Alberto y VIÑA, V., Gerardo. p.12.

BRANCO S, M. Hidrobiología aplicada a ingeniería sanitaria. 3ª ed. Convenio CETESB/ASCETESB. Sao Paulo. Brasil, 1986. Citado por: RAMÍREZ, Jhon Jairo. Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Colombia: Universidad de Antioquia, 2000. p.86. ISBN 958-655-348-1

CALDERÓN V, Jorge. Uso de invernaderos, una alternativa de producción camaronera en Ecuador [En línea]: Ecuador, 2002. [Citado 22 noviembre 2002]. Disponible en <http://www.panoramaacuicola.com/noticia.php?art_clave=59>

CONROY G. Enfermedades encontradas en tilapias de cultivo en Latinoamérica. En: *El acuicultor.* Año VI. Vol 1. 2002. p15-19.

DONATO J. CH. Análisis limnológico y concentración de biocidas en peces de los ríos Ariari, Guayuriba, Humea y Meta. *Revista de la Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana.* Vol I, N° 2 (1987). Citado por PINILLA A. Gabriel A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Colombia: Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano, 1988.

DUQUE S. R. y DONATO J. CH. Estudio del fitoplancton durante las primeras etapas de llenado del embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania, Huila-Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias, Universidad Javeriana* Vol I, N° 2 (1987). Citado

por PINILLA A. Gabriel A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Colombia: Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano, 1988.

ESTEVEZ, F. A. Fundamentos de Limnología. Río de Janeiro. Editora Interciencia Ltda. 1988. Citado por: ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655-081-8

GRAJALES QUINTERO, Alberto. Evaluación de dos tipos de resolución de los SIG, utilizando la variabilidad espacial de la erodabilidad del suelo en la microcuenca “el berrión”, municipio de Palestina, caldas, Colombia. 2004. 147p. Tesis (M. Sc. en Sistemas de Producción Agropecuaria) Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria.

GRAJALES QUINTERO, Alberto; HAHN VON-H., Christine y OSPINA HERRERA, Oscar. La piscicultura como alternativa de desarrollo campesino. s.p.i.

GONZÁLEZ, DE INFANTE, AÍDA. El plancton de las aguas continentales. Secretaria general de la organización de los estados americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington D.C., 1988. Citado por: ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655-081-8

GONZÁLEZ, DE INFANTE, AÍDA. El plancton de las aguas continentales. Secretaria general de la organización de los estados americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington D.C., 1988. En: Proyecto Estación Piscícola San Silvestre, investigaciones, 1989. Citado por: Instituto nacional de los recursos naturales renovables y del ambiente.

HUTCHINSON, G.E. A treatise on limnology. II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. New York, John Wiley and Sons. 1967. Citado por: ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655-081-8

ISMIÑO ORBE, Rosa. Cultivo masivo de alimento vivo para peces. Memorias de Manejo de fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica. 2002.

KAPETSKY, J.M. Final report on fish populations and fisheries of the Magdalena River basin, Colombia. Inland water fishery development programme of Colombia. FI: DP/COL/71/552. Citado por: URÁN, Luís Alberto. Contrat E.U.: C11* - CT94-0032 (DG 12 HSMU) : Definition of the biological bases for the conservation, restoration and culture of highly valuable Characids in the Magdalena river basin, Colombia. 1996.

KWEI LIN, C. Biological principles of pond culture: Phytoplankton and macrophytes. 1977. En: Proyecto Estación Piscícola San Silvestre, investigaciones, 1989. Citado por: Instituto nacional de los recursos naturales renovables y del ambiente.

LANDINES, M.A.; H.O. MOJICA. Manejo y Reproducción de Carácidos 2005. En: Reproducción de peces en el trópico. Incoder, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. p.91 -104 ISBN 958-33-8515-8

LEWIS, W. M. Tropical limnology. Ann. Rev. Escol. Syst. 18: 159-184. Citado por ROLDAN PÉREZ, GABRIEL. Fundamentos de Limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992.

MARGALEF, R. Limnología. Barcelona. Ediciones Omega S.A. 1983. Citado por: ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655-081-8

MARÍN, R. Estadísticas del recurso agua en Colombia. 2 ed. Ministerio de agricultura HIMAT. Bogota. 1992. Citado por Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. 1996. Citado por: MÁRQUEZ CALLE, Germán. Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Santa fe de Bogota: Creando publicidad, 1996. ISBN 958-9129-38-2

MASON, C.F. Biología de la contaminación del agua dulce. Editorial Alambra, 1a edición en español. Madrid. 1984. Citado por: PINILLA A. Gabriel A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Colombia: Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano, 1988.

MÁRQUEZ, G y G. Guillot. Estudios ecológicos de embalses colombianos. Bogota, 1987. Citado por: RAMÍREZ, Jhon Jairo. Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Colombia: Universidad de Antioquia, 2000. p.86. ISBN 958-655-348-1

Memorias del Foro sobre contaminación del río Magdalena y sus alternativas de solución. Universidad del norte, Barranquilla. 5-6 de Junio de 1986. En: Contrat E.U.: C11* - CT94-0032 (DG 12 HSMU): Definition of the biological bases for the conservation, restoration and culture of highly valuable Characids in the Magdalena river basin, Colombia. 1996. Citado por: URÁN, Luís Alberto et al.

MOLANO, Joaquín. Limnología colombiana: lagos lagunas, represas, ríos y quebradas de Colombia. División de recursos naturales del Ministerio de Agricultura de Colombia. 1954. Citado por ROLDAN PÉREZ, GABRIEL. Fundamentos de Limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Aquaculture Newsletter Dec. 2003 – No.30 p.39 [en línea]: <http://www.fao.org/docrep/005/y7300s/y7300s00.htm>, 2004 [18 de octubre, 2004]

_____. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Documento de campo N° 4. Brasil: FAO, 1989 a.

_____. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura, una diagnosis. Documento de campo N° 12. Brasil: FAO, 1989 b.

PALLARES, R. E. Copépodos Marinos de la Ria Deseado CIBIMA. Contribución científica N° 27 [En línea]: 1968. [Citado 1 noviembre 2006]. Disponible en <http://www2.netexplora.com/Goddard/Harpacticoida.htm>

PINILLA A, Gabriel A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliografica. Santa fe de Bogota: litografías Pabón, 1998. ISBN 958-9029-15-9

RAMÍREZ, Jhon Jairo. Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Colombia: Universidad de Antioquia, 2000. p.90. ISBN 958-655-348-1

RAMÍREZ GONZÁLEZ, Alberto y VIÑA VIZCANO, Gerardo. Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogota: Panamericana, 1998. 293 p. ISBN 958-9029-06-X

RODRIGUEZ, J.A.; H.O. MOJICA. Reproducción y Manejo de Silúridos en Cautiverio. 2005. En. Reproducción de peces en el trópico. Incoder, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. p.105 -122 ISBN 958-33-8515-8

ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655- 081-8

_____. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogota: Editorial Presencia Ltda., 1988. ISBN 958-9129-04-8

ROLDÁN PÉREZ, Gabriel y MACHADO CARTAGENA, Tito. Manual de Limnología. Medellín. Centro de publicación Universidad de Antioquia. 1978.

SAMPER, D.;GONZÁLEZ, E.;GUILLOT, G. Colombia: caminos del agua. Banco de occidente credencial. Cali. 1993. Citado por: MÁRQUEZ CALLE, Germán. Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Santa fe de Bogota: Creando publicidad, 1996. ISBN 958-9129-382

SÁNCHEZ VALBUENA, Hugo Alejandro. Enfoque ambiental de los problemas del recurso hídrico. Bogota. 1999. Corporación autónoma regional de Cundinamarca. (Cuadernos técnico-científicos). ISBN 958-96479-5-2

SHANNON, C.E. y W, Weaver. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press, Urbana. 1949. Citado por: ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655-081-8

SMITH G, M. Phytoplankton of the inland lakes of Wisconsin. Wisconsin Geological and Natural History Survey. Wisconsin, 1920. Citado por: RAMÍREZ, Jhon Jairo. Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Colombia: Universidad de Antioquia, 2000. p.86. ISBN 958-655-348-1

TORO P, Daniel Ricardo. Manual para la introducción al laboratorio de microbiología. Manizales: Editorial Universidad de Caldas. 2005. ISBN 958-8231-57-4

URÁN, Luís Alberto et al. Contrat E.U.: C11* - CT94-0032 (DG 12 HSMU) : Definition of the biological bases for the conservation, restoration and culture of highly valuable Characids in the Magdalena river basin, Colombia. 1996.

VELÁSQUEZ, Aidé; ROSAS, Jesús; CABRERA, Tomas; MILLÁN, José y HERNÁNDEZ, Miguel. Efecto de Tetraselmis chuii, Nannochloris oculata y Dunaliella salina sobre el crecimiento poblacional de Apocyclops distans (Copepoda,Cyclopoidae) en diferentes condiciones de temperatura e iluminación. En: Biología marina y Oceanografía, Vol. 36, N° 2, 2001.

WEDLER, Eberhard. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Santa Marta. Editorial Litoflash. 1998. ISBN 958-96207-4-4

WELCH, E.B. Ecological effects of wastewater. Londres: Chapman and Hall, 1996. Citado por: RAMÍREZ GONZÁLEZ, Alberto y VIÑA VIZCANO, Gerardo. Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogota: Panamericana, 1998. 293 p. ISBN 958-9029-06-X

WETZEL, G. R. Limnology. 2nd. edition. Saunders College Publishing, New York. 1983. Citado por: ROLDÁN PÉREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 529 p. (Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia). ISBN 958-655- 081-8