



2.10.1.10 PLANCTON


Aspectos Generales de los Humedales.

Los humedales se definen como ecosistemas, naturales y artificiales, que se caracterizan por estar permanente o temporalmente inundados, ya sea por aguas dulces, estuarinas o salinas, las cuales pueden estar estancadas o corrientes e incluyen las regiones ribereñas, costeras y marinas que no excedan los seis metros de profundidad con respecto a nivel medio de las mareas bajas (Abarca, 2002). De acuerdo con esto los humedales son zonas donde el agua es el principal factor que controla el medio físico y la vida, tanto animal como vegetal. Mitsch y Gosselink (2000, citado por Abarca 2002) consideran que los elementos más importantes de los humedales son el agua, el sustrato y las comunidades biológicas bien establecidas.

De acuerdo con lo anterior, es obvio que los humedales existen en todo el mundo. Se ha estimado que estos ecosistemas cubren un área comprendida entre los 7 y 9 millones de km², es decir cerca del 4 a 6% de la superficie terrestre. De este total, el 60% está cubierto por comunidades con vegetación arbórea (Abarca, 2002). Debido a la gran cantidad de materia orgánica que aportan los ecosistemas terrestres y acuáticos asociados a los humedales, éstos son considerados como uno de los ecosistemas más productivos a nivel mundial. Adicionalmente, los humedales por sus características ecológicas son considerados como transformadores de materiales biológicos, químicos y genéticos (Abarca, 2002).

Los humedales desempeñan un importante papel como hábitat únicos, la gran diversidad de organismos que allí habitan se convierten en fuentes importantes de ingreso para las poblaciones humanas aledañas. Estos ingresos se ven reflejados en la extracción de recursos biológicos y minerales, la explotación del turismo recreativo y científico. Se estima que en el continente americano cerca del 50% de las especies que se consideran amenazadas o en peligro (Abarca, 2002), presentan alguna dependencia en su ciclo de vida con un tipo de humedal.

Como uno de los resultados del curso de entrenamiento desarrollado en el 2000 por el Ministerio del Medio Ambiente, se obtuvo la descripción preliminar de los humedales de Colombia (Lozada, C. A. 2000; Sedano Cruz R. E. 2003). De acuerdo con esto se estiman para el Magdalena Medio antioqueño 362 humedales, los cuales ocupan un área aproximada de 439.28 km² (Guerrero, E. (Ed.) 1998, Naranjo, L. G., G. I. Andrade & E. Ponce de Leon. 1999; Restrepo, 2002); la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM considera la presencia de tres grandes humedales: el embalse de Betania con 8000 has, la laguna del Juncal con 100 has y el Macizo Colombiano, en este último se localiza un complejo lagunar entre los departamentos de Huila y Cauca, su extensión estimada es de




362.400 has, y está compuesto por 8 lagunas mayores y 65 lagunas adicionales (Vidal, 2002). Para el departamento del Tolima, Carvajal (2002) considera que los humedales más importantes son: el complejo lagunar de alta montaña, ubicado en el Parque Nacional Natural Los Nevados, con un área aproximada de 365.73 has; el embalse de río Prado (Prada, J. E. 2005), en las Tierras Bajas de la cordillera oriental, con un área de 2.700 has, y la zona del Valle del Alto Magdalena, donde se ubican el complejo lagunar del Chorrillo, varias lagunas artificiales en la meseta de Ibagué y el humedal de Coya, entre los municipio de Purificación y Coyaima.

Entre los años 1999 y 2000 CORTOLIMA elaboró un diagnóstico de los humedales existentes en la zona amortiguadora del P.N.N. Los Nevados. Este diagnóstico siguió la metodología internacional de RAMSAR, lo cual permitió concluir que las aguas de estos humedales se clasifican como de baja mineralización, dureza blanda, alcalinidad baja, pH neutro y con baja carga de materia orgánica e inorgánica. Es decir que las aguas son aptas para consumo humano, doméstico, agrícola, pecuario y recreativo. Igualmente, se logró establecer que las turberas se encuentran localizadas principalmente en las zonas planas y entre valles de alta montaña (Carvajal, 2002).

De acuerdo con la clasificación propuesta por Duque (2002) los humedales del Valle del Alto Magdalena, en el departamento del Tolima, se ubicarían en la región de Tierras Bajas y estarían representados por las lagunas Zancudal, Botello, El Relicario y El Carmen, el Lago San Isidro, la represa La Violanta, la laguna de Coya y el embalse del río Prado (Carvajal, 2002), a estos habría que sumarle pequeñas lagunas permanentes y esporádicas ubicadas entre los municipios de Natagaima y Coyaima, y las áreas de arrozales inundados (Ministerio del Medio Ambiente, 2002). Con excepción del embalse de río Prado (Villa y Reinoso, 2001) y la evaluación ecológica de los humedales de la Granja de Armero (Camargo y Lasso, 2002), ninguno de éstos ecosistemas ha sido estudiado o descrito de tal forma que permita a las entidades regionales y nacionales elaborar proyectos encaminados a su recuperación y conservación.

Los humedales son todos los ecosistemas cuyo componente fundamental es el agua, en torno a la cual se forman ambientes intermedios que varían entre permanentemente inundados y normalmente secos, estos sistemas incluyen, desde luego, todos los niveles de diversidad biológica que allí se puedan sustentar (Helfrich *et al.*, 2005, Castellanos, 2006). Los humedales pueden ser encontrados en todos los continentes, excepto Antártica, y en todos los climas. Debido a la amplia distribución y las condiciones ambientales en las cuales pueden ocurrir los humedales, el termino “humedal” puede significar diferentes cosas para diferentes contextos. Existen, sin embargo, tres características principales que son generalmente consideradas para caracterizar un humedal: la presencia de agua estancada o suelos saturados por al menos partes del año. Condiciones únicas del suelo que varían de las encontradas en tierras altas adyacentes. La presencia de



vegetación y/o organismos únicos adaptados a dichas condiciones húmedas. Zonas húmedas sin vegetación pueden ser también definidas como humedales, sin embargo los humedales con vegetación proporcionan más servicios a la fauna asociada como por ejemplo los peces (Delgado y Stedman, 2005).


2.10.1.10.1 Importancia de los Humedales.

Los humedales se encuentran entre los ecosistemas más importantes de sobre la tierra, representando atributos, productos y funciones que proporcionan una gran variedad de servicios a la naturaleza y al ser humano, lo cual los hace de gran valor desde el punto de vista tanto ecológico como socioeconómico. Dichas funciones son *Físicas*: regulación del ciclo hídrico superficial y de acuíferos, retención de sedimentos, control de erosión y estabilización microclimática; *Químicas*: regulación de ciclos de nutrientes (retención, filtración y liberación) y descomposición de biomas terrestre como base de la productividad de los ecosistemas acuáticos; *Bioecológicas*: proveen hábitat alimento y protección a un gran número de especies animales como peces, aves, mamíferos, reptiles e invertebrados, incluyendo especies de peces, camarones, cangrejos y moluscos en peligro o de importancia comercial, además retienen el dióxido de carbono; *Socioeconómico*: sistemas productivos y socioculturales (economías extractivas, pesca artesanal, caza, recolección, pastoreo y agricultura en épocas de estiaje), recursos hidrobiológicos y soporte de acuicultura. Algunos humedales sustentan procesos comerciales, tales como la explotación y la industria forestal (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 1998, Delgado y Stedman, 2005).

2.10.1.10.2 Los Humedales y sus Alrededores.

Los humedales no son ecosistemas aislados, más bien se encuentran bajo una interacción activa y constante con sus alrededores. Debido a que éstos están a menudo ubicados en una zona de transición entre las tierras altas y cuerpos de agua, se pueden ver afectados por actividades y condiciones provenientes tanto de la zona terrestre como de la zona acuática. Esta doble interacción es parte de lo que hace a los humedales ambientes tan productivos y dinámicos (Delgado y Stedman, 2005).

La zona de transición entre el humedal y las tierras altas es importante como una zona de intercambio para especies de plantas y animales que usan ambos ecosistemas. La proximidad del humedal a las tierras altas lo hace, sin embargo, vulnerable a impactos humanos relacionados con el desarrollo poblacional y la agricultura. Aún cuando los sedimentos y nutrientes transportados en escorrentía superficial son importantes para el crecimiento y desarrollo de los humedales, la sedimentación excesiva y una alta intrusión de contaminantes y nutrientes pueden



causar impactos negativos. Por ejemplo, una acumulación alta de sedimentos en los humedales como resultado de actividades agrícolas o tormentas puede asfixiar o enterrar las plantas, causando su muerte. Efectos más directos ocurren cuando el desarrollo poblacional en terrenos adyacentes de elevación más alta se extiende a los humedales por medio de rellenos o deforestación de estos ecosistemas (Delgado y Stedman, 2005).

2.10.1.10.3 Biodiversidad de los Humedales.

Cuando las condiciones ecológicas de los ambientes acuáticos no han sufrido alteraciones drásticas e irreversibles, se presenta en ellos una compleja red trófica, producto de su desarrollo evolutivo a través del tiempo y el espacio; la base de tal red se apoya en la existencia de una singular composición florística, situación que resulta atractiva para diversos grupos de fauna silvestre que aprovechan la oferta de refugio y concentración constante de alimento en la zona. Es muy probable que en cada uno de estos sistemas se encuentre algún nivel de endemismo biológico (organismos cuya distribución geográfica es restringida) aún sin descubrir, condición que aumentaría significativamente la importancia de ecosistemas de humedales (Castellanos, 2006).


Biota de los Humedales.

Plancton. El plancton comprende los organismos que viven suspendidos en las aguas y que, por carecer de medios de locomoción o ser estos muy débiles, se mueven o se trasladan a merced de los movimientos de las masas de agua o de las corrientes. Generalmente son organismos pequeños, la mayoría microscópicos; el plancton compuesto por vegetales recibe el nombre de fitoplancton y el que está formado por animales se denomina zooplancton (Marcano, 2006)

Fitoplancton. Esta conformado principalmente por algas y algunas bacterias fotosintetizadoras; constituye el componente principal en la productividad primaria, en los ecosistemas lénticos, y la mayoría de sus organismos son utilizados como indicadores de la calidad de agua (Roldan, 1992).

Las cianobacterias y las algas constituyen los organismos dominantes del fitoplancton en los ecosistemas acuáticos, su metabolismo controla enormemente el flujo de energía y el ciclo de nutrientes en los ecosistemas, por sus niveles poblacionales y la variedad de tipos metabólicos (Salazar, 2001).

Una de las características más importantes del fitoplancton es la capacidad de mantenerse en suspensión con el fin de permanecer dentro de la zona fótica. Para mantenerse en suspensión, los organismos desarrollan adaptaciones




indispensables dado que la mayoría de ellos tienen una densidad de 1.01 a 1.03 veces superior a la del agua; diferencia que aunque pequeña determina su hundimiento (Ramírez, 2000).

- **Divisiones algales más representativas del agua dulce.** Se trata de las siguientes seis divisiones: Cyanophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta y Chlorophyta.

- **División Cyanophyta (Nostocophyta)** Las algas verdeazules se han denominado también Myxophyta, Schizophyta y en fechas más recientes, Cianobacteria, dada su afinidad con las bacterias respecto a la organización procarionta, sin embargo el tamaño es su diferencia fundamental, pues las algas verdeazules son de mayor tamaño que aquellas (Ramírez, 2000). La forma más común de reproducción de las algas es la asexual, bien sea mediante hormogonios, aquinetos, endosporas, exosporas o heterocistos. Los hormogonios son pequeños pedazos de tricoma que contienen entre tres y diez células, y que se originan por muerte de células llamadas necridios o discos de separación en medio del tricoma. Después de liberados, los hormogonios pueden crecer y originar nuevas plantas (Ramírez, 2000).

Los aquinetos o aquinetes son esporas inmóviles comunes al orden Hormogonales, a excepción de la familia Oscillatoriaceae del mismo orden. Su formación se inicia con el aumento en el tamaño de una célula, la formación de una pared espesa y la acumulación de material de reserva o gránulos de cianoficina, por lo que pueden verse oscuros. Pueden presentarse aislados en pares o en series y permiten al alga sobrevivir en períodos desfavorables; cuando retornan las condiciones favorables, el aquineto germina y origina un nuevo individuo (Ramírez, 2000).

Las endosporas son comunes en la familia Dermocarpaceae. Son pequeñas y se originan en gran número en el interior celular por divisiones endógenas del protoplasto. Las exosporas se forman basipetalmente en el extremo distal del alga por divisiones transversales del protoplasto. Los heterocistos o heterocitos se presentan en la mayoría de las cianofitas filamentosas, a excepción de Oscillatoriaceae. Son aparentemente células vegetativas metamorfoseadas, diferentes al resto de las células del filamento; poseen pared celular gruesa, citoplasma generalmente hialino y uno o dos nódulos polares. Los heterocistos pueden estar aislados o intercalados, o pueden ser aislados terminales. Además de servir para la reproducción sexual, representan un punto débil en el tricoma ante la agitación del medio y sirven para la fijación de nitrógeno molecular, N₂ (Ramírez, 2000).




La temperatura óptima para el desarrollo de estas algas oscila entre 35 y 40 °C, por ello se considera que hay mayor abundancia de cianofíceas, en los meses más calientes del año, crecen normalmente en medios alcalinos, en los cuales se desarrollan mejor por cuanto utilizan el ión bicarbonato como fuente de carbono para la fotosíntesis. Las cianofíceas se desarrollan especialmente cuando las condiciones ambientales se desvían notablemente de las relaciones habituales; así, todo cambio en la relación de concentración del nitrógeno y el fósforo acaba manifestándose en un avance o en un retroceso en el desarrollo de las mismas (Ramírez, 2000).

Clasificación. Las algas verdeazules unicelulares, coloniales y filamentosas han sido clasificadas de varias maneras por diferentes autores. Geitler (1932) las agrupó en tres órdenes; Fritsch (1942), Desikachary (1959) y Bourrelly (1970), en cinco órdenes; Fott (1971) cita sólo cuatro órdenes; Smith (1950) reconoce únicamente tres órdenes —Chroococcales, Chamaesiphonales y Oscillatoriales—; y Drouet (1981) clasifica todas las formas unicelulares y coloniales en el orden Chroococcales y las filamentosas en el orden Hormogonales. Como se deduce, una clasificación enteramente satisfactoria es hasta el momento difícil de lograr, ya que los puntos de vista sobre los criterios taxonómicamente válidos y sobre cómo éstos deben ser reconocidos son ampliamente divergentes (Bold y Wynne, 1985) tomado de Ramírez, 2000.

Entre 1985 y 1990, el checo Jiri Komárek y el griego Konstantinos Anagnostidis publicaron una serie de cinco artículos en los cuales plantean un nuevo sistema de clasificación para las cianofitas. En su sistema proponen los órdenes Chroococcales, Oscillatonales, Nostocales y Stigonematales (Anagnostidis y Koárek, 1985; 1988; 1990; Komárek y Anagnostidis, 1986; 1989) (Ramírez, 2000).

- **División Euglenophyta, clase Euglenophyceae.** Puede decirse que los organismos pertenecientes a esta división son casi enteramente dulceacuícolas, aunque unos pocos representantes son de ambientes estuarios y marinos. Los euglenoides se encuentran normalmente en pequeños cuerpos de agua ricos en materia orgánica y, en general, son organismos unicelulares solitarios, a excepción del género colonial llamado *Colacium*. (Ramírez, 2000).

La forma celular puede variar: cilíndrica, fusiforme, discoide, triangular, entre otras. Pueden tener una forma fija, como en *Phacus*, o variable, como en *Euglena*. Pueden estar incluidos dentro de una lorica mucuaginosa impregnada con sales de hierro, lo cual les da una coloración rojiza, como en *Trachelomonas* y *Strombomonas* (Ramírez, 2000).



Poseen diferentes formas de nutrición: holofítica, holozoica o saprofítica. En todos los casos, el material de reserva se denomina paramilon y se almacena en corpúsculos, llamados pirenoides, de forma característica para cada especie dada. Muchas especies tienen uno o dos pirenoides, otras poseen en la parte delantera de la célula una mancha ocular llamada estigma, la cual les sirve en la orientación. Las estructuras típicas de una Euglenophyceae (Ramírez, 2000).

- **División Cryptophyta.** Esta división comprende un pequeño grupo de biflagelados con células asimétricas y dorsiventralmente aplanadas y rodeados por un periplasto, el cual consiste en un plasmalema trilaminado. Las células son firmes, pero flexibles. Los dos flagelos se originan dentro de un surco próximo al extremo anterior de la célula. Pueden ser iguales o subiguales en longitud, homodinámicos o heterodinámicos. Generalmente ambos son pleuronemáticos pantanemáticos, lo cual es un rasgo distintivo de esta división, aunque en *Cryptomonas* y *Hemiselmis* hay un flagelo mayor pantonemático y uno pequeño esticonemático. La mayoría de estos biflagelados contienen eyectosomas que se ven a la luz del microscopio como pequeños puntos refractivos y se sitúan especialmente a los lados del surco anterior. Estos eyectosomas son análogos a los tricocistos de los dinoflagelados y ciliados, pero se les ha dado ese nombre porque poseen estructura diferente (Ramírez, 2000).

Reproducción. La reproducción de las criptofitas es asexual de tipo longitudinal. Presentan un amplio rango de pigmentación: las células pueden ser rojas, azules, amarillo-oliva, cafés o verdes, pero se conocen algunas formas incoloras. Además presentan un potencial de cambio de pigmentación con la edad; esta inestabilidad cromática se constituye en un rasgo taxonómico importante, particularmente con respecto a los géneros. Estas algas almacenan almidón en grupos de dos a cuatro gránulos grandes o dentro de muchos gránulos pequeños, formando comúnmente una cubierta alrededor del pirenóide dentro del espacio periplastidial. En éste hay también vesículas, ribosomas, núcleos, mitocondrias y una estructura distintiva llamada nucleomorfo, la cual está limitada por una doble membrana y se ha pensado que representa posiblemente el núcleo de un endosimbionte primitivo (Ramírez, 2000).

En algunos criptomonadinos se presentan manchas oculares situadas dentro del cloroplasto. Tales manchas ocupan casi siempre una posición media dentro de la célula, es decir próxima al núcleo y en la periferia del cloroplasto (Ramírez, 2000).

Las criptofitas poseen clorofilas *a* y *c*, abundantes carotenos y xantofilas. Además, una ficobifina, una ficocianina o una ficoeritrina también están presentes. Aunque raramente alcanzan concentraciones altas, los miembros de este grupo taxonómico están casi universalmente presentes en los lagos tropicales (Ramírez, 2000).




• **División Chrysophyta.** Las crísofitas se conocen también como algas pardo-amarillas. Son organismos unicelulares, coloniales o filamentosos, y sus células pueden estar incluidas dentro de una pared celular a veces rodeada de silicio o pueden permanecer desnudas. Almacenan una serie de sustancias de reserva: crisosa, crisolaminarina, leucosina y lípidos, pero nunca almidón. De las seis clases que posee la división, Chryso-phyceae y Bacillariophyceae son las más importantes, desde el punto de vista cuantitativo, en los ecosistemas lacustres dulceacuícolas (Ramírez, 2000).

Las Chrysophyceae o algas doradas son, en su mayoría, flageladas, y pueden existir solas o en colonias. El grupo como tal predomina en aguas dulces y se presenta poco en aguas salobres o saladas. La mayoría son fototróficas, pero algunas pueden ser mixotróficas y holozoicas (Ramírez, 2000).

En las Chrysophyceae solitarias la reproducción asexual se efectúa por división longitudinal o por medio de quistes silíceos de forma y ornamentación características. La reproducción sexual puede ser por isogamia. Los organismos de la clase Bacillariophyceae son más conocidos como diatomeas. Generalmente son algas unicelulares, aunque pueden ocurrir formas coloniales y filamentosas. Su característica más sobresaliente es la presencia de una pared celular impregnada de silicio en cantidades variables. Esta pared se denomina frústula y está constituida por dos mitades o tecas que se unen la una a la otra como la tapa y el fondo de una caja de petri. En la frústula se definen una serie de ejes, utilizados en la taxonomía de los organismos de esta división, las superficies distales de las frústulas son las valvas: una mayor o epivalva y una menor o hipovalva. Localizado entre las márgenes y formando dos porciones que se sobreponen, epicíngulo e hipocíngulo, está el cíngulo. La epivalva y el epicíngulo conforman la epiteca, y la hipovalva y el hipocíngulo la hipoteca. Cuando la célula, observada al microscopio, tiene la valva hacia arriba, se dice que está en posición valvar; cuando es el cíngulo el que se muestra hacia arriba, se dice que está en posición cingular, pleural o de lado (Ramírez, 2000).

• **División Pyrrhophyta, clase Dinophyceae.** Estas algas son llamadas dinoflageladas y se presentan en aguas marinas, salobres y dulces. La forma prevaleciente de la división es la biflagelada, pero también se presentan formas no móviles. Poseen nutrición diversificada: fotosintética, he-terotrófica, saprofitica, parasítica, simbiótica y holozoica; además, muchas son auxotróficas para varias vitaminas. El núcleo presenta características inusuales de procariotes y eucariotes, llamándose por ello mesocariótico. Los flagelos siguen un patrón típico, son heterodinámicos y desiguales. En esta clase los dos flagelos se sitúan en depresiones: uno, dirigido posteriormente, se localiza en una hendidura longitudinal llamada sulcus; otro se localiza en una fisura transversal denominada cingulum o



cíngulo, la cual circunda la célula en la región ecuatorial o próxima a uno u otro polo. El flagelo del cíngulo ondula y hace rotar la célula; el del sulcus, bate y desplaza al organismo, al mismo tiempo que orienta el movimiento (Ramírez, 2000).


Reproducción. La reproducción de los organismos de la clase Dinophyceae puede ser asexual, por división celular longitudinal, transversal u oblicua o por medio de diferentes tipos de esporas. La reproducción sexual ha sido reportada sólo para el género *Glenodinium* y ocurre por isogamia. Algunos géneros, como *Noctiluca*, *Gonyaulax*, *Pyrocistis* y *Pyrodmium*, producen bioluminiscencia. Otros géneros, como *Proocentrum*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax* y *Ceratium*, pueden producir florecimientos que se denominan mareas rojas. Algunos de esos blooms se asocian con la producción de toxinas (Ramírez, 2000).

- **División Chlorophyta.** Estos organismos constituyen uno de los mayores grupos de algas, si se tiene en cuenta su abundancia en géneros y especies, al igual que su frecuencia y ocurrencia. Crecen en aguas de amplio rango de salinidad; pueden ser planctónicos o bentónicos, o pueden presentarse en hábitat subaéreos. Es común que posean talos unicelulares, coloniales cenóbicos o no cenóbicos, filamentosos ramificados o no, membranosos, de forma laminar o tubular. Las células son, en su mayoría, uninucleadas, pero existen formas multinucleadas o cenocíticas. Su organela más conspicua es el cloroplasto el cual, aunque posee una gran variedad, casi siempre adopta dos formas básicas: 1) Axial. Puede ser estelado o adoptar forma de banda o de placa. 2) Parietal. Puede tener forma de copa, anillo completo, malla de apariencia esponjosa o cinta (Ramírez, 2000).

En cuanto a la flagelación, puede decirse que estas algas presentan flagelos lisos y plumosos de diferente inserción, origen y número, generalmente 1, 2, 4 u 8. En algunos casos, poseen un flagelo adicional llamado haptonerna, el cual nace entre dos flagelos largos y comúnmente está oculto (Ramírez, 2000).

Para las algas verdes el punto óptimo de temperatura se encuentra entre 30 y 35°C, lo que hace que durante el verano se presenten florecimientos de algunas como *Ankistrodesmus*, *Chlamydomonas*, *Oocystis lacustris* y *Scenedesmus quadricauda*, entre otras. El pH óptimo para cada especie es variable, dada la complejidad del grupo como tal. Pueden hallarse organismos que crecen en gran número bajo un pH ácido, como en el caso de las desmidiáceas, cuyo pH está entre 5,4 y 6,8; o con un pH básico, como en las pertenecientes al orden Chlorococcales (Ramírez, 2000).

Reproducción. La reproducción sexual puede ser isogámica, anisogámica u oogámica, según el organismo; pero también puede ser por conjugación, como en el caso de las desmidiáceas. La reproducción asexual ocurre normalmente por mitosis




y división celular, aunque en muchas especies coloniales puede llevarse a cabo por fragmentación o por formación de esporas móviles —zoosporas— o no móviles —aplanosporas y autosporas—. Puede ocurrir, además, por formación de auto-colonias, en algunas formas cenólicas, o por disociación de filamentos.

Zooplancton. El zooplancton está representado por especies de varios phyla: *protozoarios*, *celenterados*, *rotíferos*, *briozoarios* y, sobre todo, por algunos grupos de *crustáceos* como los *cladoceros*, los *copépodos* y los *ostracodos*. Cabe citar también las larvas de muchos insectos y los huevos y larvas de peces. La mayoría de los organismos que pertenecen al zooplancton se alimentan de otros animales más pequeños. El zooplancton está compuesto, desde el punto de vista trófico, por *consumidores primarios* o *herbívoros* y *consumidores secundarios* (Marcano, 2006).

Se acepta generalmente en base a investigaciones bien fundadas, que las aguas tanto continentales como marinas de las regiones tropicales son menos productivas que las de regiones templadas o frías. Las razones que se aducen para explicar este hecho son las temperaturas bajas que retardan la acción dentrificante de las bacterias y por esta razón los nitratos no son destruidos tan rápidamente y, al permanecer en el agua, son aprovechados por el fitoplancton para la producción de alimentos; las temperaturas bajas retardan el metabolismo de los organismos, por tanto éstos viven más tiempo, lo cual produce una acumulación de generaciones. En los trópicos, el metabolismo de los organismos es alto y, por tanto, su desgaste es mayor y como consecuencia viven menos tiempo; se ha comprobado también que las aguas frías tienen mayor capacidad de saturación para el oxígeno que las aguas cálidas, lo cual contribuiría a una mayor producción del fitoplancton (Marcano, 2006).

Con respecto a las especies que habitan las aguas dulces, se ha observado una característica muy peculiar es que la mayoría son *cosmopolitas*; por tanto, es frecuente encontrar algunas especies en latitudes y climas muy diferentes. Así se ha comprobado que existen muchas especies en los lagos de Europa que se encuentran también en los lagos de Norteamérica. Muchas especies de aguas dulces templadas se encuentran en aguas dulces tropicales. Los grupos de seres vivos que presentan especies con mayor grado de cosmopolitismo son: las *diatomeas*, los *dinoflagelados*, las *clorofíceas*, los *protozoarios* y los *copépodos* (Marcano, 2006).

- **Producción secundaria del zooplancton.** La producción secundaria de los cuerpos de agua esta sustentada por el zooplancton, el zoobentos y los peces. Participan en ella tanto vertebrados como invertebrados que interactúan de manera compleja en el aspecto trófico porque sus relaciones pueden cambiar durante el



ciclo de vida o de un lugar a otro. La producción secundaria puede definirse como la biomasa acumulada por las poblaciones heterotróficas por unidad de tiempo. Así, es el crecimiento agregado (incluyendo las mudas y los productos sexuales) de todos los individuos por unidad de tiempo. Esta definición no tiene en cuenta las pérdidas por excreción y respiración; se refiere a la producción neta. El incremento puede medirse como número y biomasa, o puede expresarse como energía o cantidad de un elemento constituyente, por lo general el carbono. La medición exacta de biomasa es básica para calcular la producción secundaria, lo que se hace es estimar el volumen tomando las dimensiones del animal y calculando el volumen de la figura geométrica sencilla que mejor corresponda a la forma de este animal. Por último para la biomasa el volumen se expresa como peso (González, 1988).

- **Rotíferos.** Los rotíferos son un filo de animales metazoarios invertebrados, microscópicos, con simetría bilateral, segmentación aparente, porción caudal ahorquillados y cubiertos las hembras de una cutícula endurecida, la loriga. Lo más llamativo de estos animales es un órgano distorcional en el extremo anterior, con muchas pestañas o cilios, que produce un movimiento aparentemente rotatorio y que utilizan para nadar o atraer el alimento. Al estómago glanduloso precede otro masticador a manera de molleja. Son unisexuales; los machos carecen de loriga, son diminutos o degenerados o faltan, en cuyo caso la reproducción es partenogenética estacional. Abundan en las aguas estancadas y atraviesan, cuando las condiciones son desfavorables, estados de enquistamiento y vida latente.

- **Cladóceros.** Se han denominado comúnmente pulgas de agua y son predominantemente dulceacuícolas. Abundan en la zona litoral de los lagos, pero también ampliamente representados en el plancton. Se reproducen partenogenéticamente por desarrollo directo a partir de un número variable de huevos (de 1 o 2 hasta 40 o más). También poseen uno o varios períodos de reproducción sexual. Presentan dimorfismo sexual, ciclomorfosis muy evidentes y gran capacidad migratoria (González, 1988).

Son también al igual que los rotíferos, filtradores y se considera que en aguas eutróficas hay más cladóceros y rotíferos que copépodos. En los cladóceros adultos el número de mudas es más variable que en los estadios juveniles, variando desde unas pocas mudas hasta más de veinte (Wetzel, 1981).

- **Copépodos.** Se distribuyen tanto a nivel litoral como pelágico y bentónico. Presentan metamorfosis completa: huevo, larva naupliar con tres pares de apéndices y que sufre mudas sucesivas (diez en los ciclopoideos). Los cinco o seis primeros estadios larvales se denominan nauplios y los restantes copepoditos, siendo el último de ellos el adulto (González, 1988). Los organismos de éste orden



se pueden dividir en tres subórdenes: Calaniodes, Ciclopóides y Harpacticoides, estos tres subórdenes se distinguen por la estructura del primer par de antenas, por el urosoma y por el quinto par de patas (Wetzel, 1981).

• **Ostracodos. Ciclopoideos.** Aunque se agrupan principalmente en especies bentónicos litorales, algunas de ellas son predominantemente planctónicas y formas importantes componentes de la fracción del zooplancton (Wetzel, 1981). No filtradores, se alimentan de partículas animales y vegetales. Pueden ser carnívoros atrapando presas de mayor tamaño que ellos mismos. En las hembras las primeras antenas son más cortas que el cefalotórax, y en el macho ambas están acodadas. El cefalotórax es abultado en su parte media y un poco más largo que el abdomen. La hembra posee dos sacos, uno a cada lado durante la época reproductiva (Roldán, 1992).

2.10.1.10.4 Materiales y Métodos

Descripción del Área de Estudio.

El presente proyecto se desarrolló en seis humedales ubicados en diferentes zonas del departamento del Tolima, el primero localizado en zonas bajas en el municipio de Piedras vereda Manga de Los Rodríguez (Humedal Toqui-Toqui) y los tres restantes en el municipio de Anzoátegui en la vereda la Cascada (Humedal Bombona y Humedal Las Mellizas I y II) localizados en zonas de páramo alrededor de los 3500 m, (Fotos 2.87, 2.88, 2.89 y 2.90), en el municipio de Santa Isabel se realizó un muestreo adicional en el cual se evaluaron dos humedales El Aguila y El Danubio a 3954 y 3785 m respectivamente (Fotos 2.91 y 2.92) (Tabla 2.152).

Tabla 2.152. Localización de los Humedales.

No.	ALT (m)	FUENTE	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADAS					
					N			W		
1	276	Humedal Toqui-Toqui	Manga de Los Rodríguez	Piedras	4°	36'	4"	74°	50'	58"
2	3642	Humedal Bomboná	La Cascada	Anzoategui	4°	39'	00"	75°	14'	32"
3	3636	Humedal Las Mellizas I	La Cascada	Anzoategui	4°	39'	41"	75°	13'	4"
4	3636	Humedal Las Mellizas II	La Cascada	Anzoategui	4°	39'	41"	75°	13'	4"
5	3954	Humedal El Aguila	El Aguila	Santa Isabel	4°	43'	49"	75°	19'	16"
6	3785	Humedal El Danubio	La Estrella	Santa Isabel	4°	45'	14"	75°	15'	01"

Fuente: Autores (2007).

Estos humedales se seleccionaron teniendo en cuenta las sugerencias de la Corporación Autónoma Regional del Tolima, CORTOLIMA.

Foto 2.87. Humedal Toqui-Toqui.



© Jorge García- GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ZOOLOGÍA

Fuente: Autores (2007).

Foto 2.88 Humedal Bombona.



© Jorge García - GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ZOOLOGÍA

Fuente: Autores (2007)



Foto 2.89 Humedal Las Mellizas I.



© Jorge García- GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ZOOLOGÍA

Fuente: Autores (2007)



Foto 2.90 Humedal Las Mellizas II.



© Jorge García- GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ZOOLOGÍA

Fuente: Autores (2007)



Foto 2.91 Laguna El Águila



Fuente: Autores

CORTOLIMA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA

Foto 2.92 Laguna El Danubio.



Fuente: Autores



De Campo.

• **Zonas de Muestreo.** Se seleccionó una estación para cada humedal abarcando un área representativa. Los muestreos se realizaron en los días 4 (humedal Toqui-Toqui), 12 (humedal El Bomboná), 13 (humedal Las Mellizas I) y 14 de mayo de 2007 (humedal Las Mellizas II), el muestreo adicional se realizó el 12 de julio (Humedales El Aguila y El Danubio) En cada estación de muestreo se caracterizó el tipo de fondo, presencia y tipo de vegetación; márgenes, profundidad, ancho y flujo de los cuerpos de agua; el tipo de corriente se determinó de acuerdo a la escala de Roldán-Pérez (1992).

• **Colecta de Organismos.** Para la toma de las muestras se utilizó una red de malla fina y de poro definido exclusiva tanto para el fitoplancton y el zooplancton, la cual permite de una manera cualitativa, observar las comunidades de fitoplancton existentes en la zona. Con la red los organismos se obtienen por filtración y la selección se realiza según sea el tamaño de los poros. Esta red es un tronco de cono fácil de manipular, con un diámetro de aproximadamente 25 cm. y una longitud de 1 m, el poro de la red es de 50 micras y un vaso receptor de 1 litro de capacidad. La red se mantiene a nivel subsuperficial por un tiempo de 5 minutos y a una velocidad constante y arrastres lineales (Foto 2.93), cada muestra fue almacenada en frascos de 500 ml y fijada con formol al 10% para su transporte al laboratorio de zoología. Además se elaboró una ficha de campo con los datos de la localidad, nombre de la estación, hora de colecta, altitud, coordenadas geográficas, fecha, colector y una descripción detallada de la zona.

Foto 2.93. Método de muestreo utilizado en la colecta del plancton.



© Jorge García - GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ZOOLOGÍA

Fuente: Autores (2007).

De Laboratorio. Para el conteo de los organismos se utilizaron cámaras de sedimentación las cuales aunque son un poco demoradas, son excelentes ya que el plancton se precipita en el fondo y su observación es mejor. Se utilizaron cámaras con un diámetro de 19mm, una altura de 30,8mm y el volumen utilizado dentro de la cámara fue de 10ml.

Antes de agregar la muestra a la cámara de sedimentación, esta debe agitarse por lo menos 70 veces para que los organismos obtengan una distribución aleatoria o de Poisson dentro de la columna, en algunas estaciones las muestras estaban muy concentradas y para ello se procedió a hacer diluciones 1/10, 1/100 y 1/1000.

El método utilizado para el conteo consistió en contar el número de campos necesarios hasta obtener cien individuos del taxón más abundante, al tiempo que se registran las abundancias de los demás taxones en la muestra. En algunas ocasiones se presenta una especie dominante, rápidamente se completaran los cien individuos de la misma; por ello se debe contar hasta completar también cien individuos del siguiente taxón mas abundante.

Los organismos fueron observados bajo microscopio invertido *Nikon* TMS-F 0.2 e identificados taxonómicamente utilizando las claves de Ramírez (2000), Prescott (1970), Lopretto (1995), Kudo (1980), Yacobson (1969) y la ayuda de algunos trabajo realizados como Salazar (2001).

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA

De Análisis. Para el análisis de datos se determinaron diversos índices ecológicos y el porcentaje de abundancia relativa para cada uno de los cuatro humedales evaluados, igualmente para las clases registradas durante todo el muestreo, además de los taxones hallados en cada humedal. Se determinó la abundancia relativa, a partir del número de individuos encontrados de cada taxón y su relación con el número total de individuos por cada muestra. Ésta se utiliza con el fin de establecer la proporción en la que se encuentra cada especie con respecto a la comunidad.

Abundancia relativa (AR %).

Abundancia relativa:

$$AR = (n_i / N) \times 100$$

Donde: AR= Abundancia relativa de la especie 1
 n_i =El numero de individuos capturados u observados de la especie
N=El numero total de individuos capturados u observados

Índices ecológicos. Por medio del paquete estadístico PastProgram® 2004 fueron evaluados los siguientes índices:

Se calculó la riqueza específica por medio del Índice de riqueza de Margalef (D) en los humedales y en cada una de las estaciones evaluadas en los mismos.

- **Índice de Riqueza de Margalef (D):**

$$D = S - 1 / \ln(N)$$

Donde: D=Índice de riqueza
S=número de especies
N=tamaño de la muestra

- **Índice de diversidad de Shanon-wiener (H')**:

$$H' = \sum (p_i \ln p_i)$$

Donde: $P_i = n_i/N$
 n_i = número de individuos de la especie i
N= número total de individuos en la muestra

- **Índice de Simpson:**

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde: p_i = es el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

La dominancia de especies fue calculada por medio del índice de Simpson en los humedales.

- **Índice de similaridad de Jaccard:**

$$I_j = C / (a + b - c)$$

Donde: a=número de atributos presentes en la unidad taxonómica (OTU a).
b=número de atributos presentes en la unidad taxonómica (OTU b).

c =numero de atributos presentes en ambos OTU's (a y b).

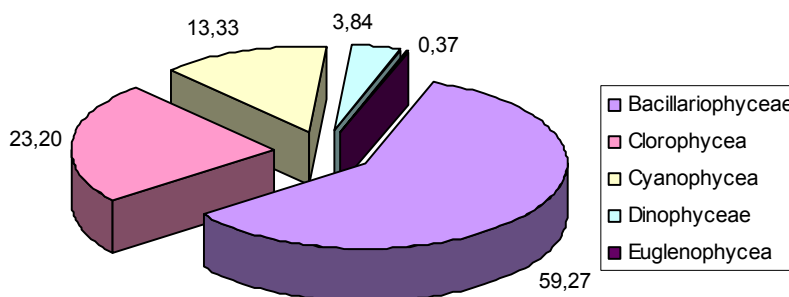
El índice de similitud de Jaccard fue calculado a partir de matrices de presencia-ausencia, para los cuatro humedales.

2.10.1.10.5 Resultados

Fitoplancton

Composición general. Se colectó un total de 1095 organismos distribuidos en 5 clases y 22 géneros (Tabla 2.153), donde las clases más abundantes fueron Bacillariophyceae y Clorophyceae y las menos abundantes Dinophyceae y Euglenoficeae (Figura 2.116).

Figura 2.116 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

La mayor abundancia de organismos se presentó en el humedal Bomboná, (39.54%), seguido por Las Mellizas I (24.47%), Las Mellizas II (23.20%) y por último Toqui- Toqui (12.79%) (Figura 2.117). Respecto a los géneros determinados para los cuatro humedales, los que mayor numero de organismos registraron fueron *Tabellaria*, *Nitzchia*, y *Microspora* (con 436, 131 y 102 organismos respectivamente), por el contrario los géneros que menor número de organismos registraron fueron *Spirulina*, *Ankistrodesmus*, *Euglena*, *Eudorina*, *Gomphonema* y *Oocystis* (6, 5, 4, 3, 2 y 2 organismos respectivamente) (Tabla 2.153).

Tabla 2.153 Fitoplancton colectado en los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.

PHYLLUM	CLASE	GÉNERO	Toqui-Toqui	Mellizas II	Mellizas I	Bomboná	TOTAL
Chrysophyta	Bacillariophyceae	<i>Cymbella</i>	0	2	4	3	9'
		<i>Fragillaria</i>	13	0	0	3	16
		<i>Gomphonema</i>	0	2	0	0	2
		<i>Navicula</i>	2	26	9	3	40
		<i>Nitzschia</i>	21	52	43	15	131
		<i>Pinnularia</i>	2	4	6	0	12
		<i>Eudorina</i>	0	0	0	3	3
		<i>Tabellaria</i>	0	39	90	307	436
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Closterium</i>	17	0	4	0	21
		<i>Cosmarium</i>	0	6	0	9	15
		<i>Microspora</i>	0	32	52	18	102
		<i>Oocystis</i>	2	0	0	0	2
		<i>Ankistrodesmus</i>	0	2	0	3	5
		<i>Spirogyra</i>	0	0	0	15	15
		<i>Staurastrum</i>	4	49	0	9	62
		<i>Volvox</i>	11	0	0	0	11
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Zygnema</i>	0	6	0	15	21
		<i>Anabaena</i>	34	4	2	12	52
		<i>Oscillatoria</i>	28	6	54	0	88
		<i>Spirulina</i>	2	0	4	0	6
Pirrophyta	Dinophyceae	<i>Peridinium</i>	0	24	0	18	42
Euglenophyta	Euglenophyceae	<i>Euglena</i>	4	0	0	0	4
TOTAL			140	254	268	433	1095'

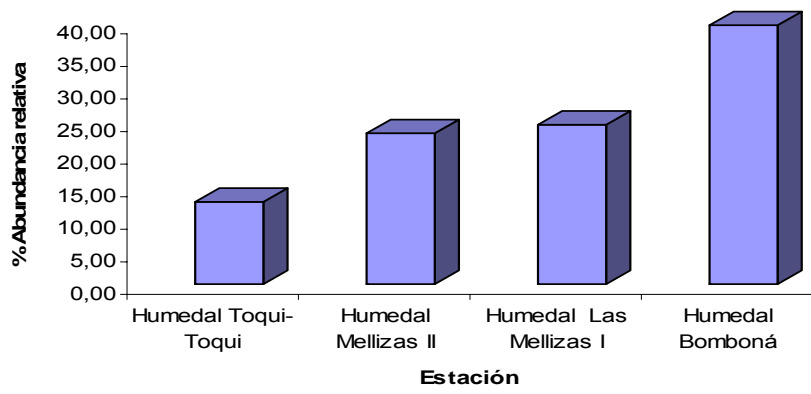
Fuente: Autores (2007).

Índices ecológicos

Riqueza de Margalef. Con relación a este índice, se estableció que el valor mas alto se presentó en el humedal Las Mellizas II (D= 2.348), y el valor mas bajo se presento en el humedal Las Mellizas I (D= 1,61).

- **Diversidad de Shannon-Wiener.** En cuanto a este índice los valores oscilaron entre $H' = 2,158$ y $H' = 1,29$, donde el valor mas alto lo obtuvo el humedal Las Mellizas II, y el más bajo el humedal Bomboná, mostrando una posible relación con el índice de riqueza de Margalef respecto a la primera estación, ya que los valores mas altos fueron obtenidos en este humedal (Figura 2.118).

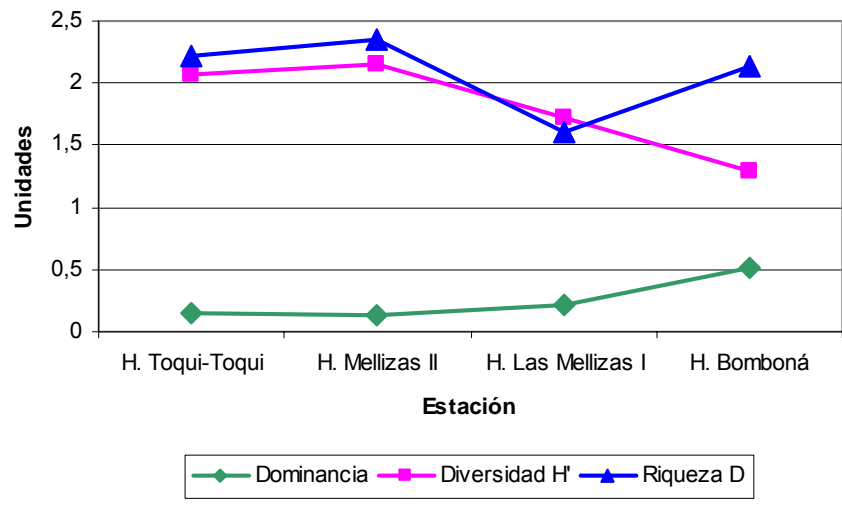
Figura 2.117 Abundancia relativa de los organismos fitoplanctónicas encontrados en los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

- **Dominancia de Simpson.** Contradictorio a lo obtenido en los índices anteriores el valor mas alto de dominancia se presento en el humedal Bomboná $\lambda=0,5116$ y el mas bajo en el humedal Las Mellizas II $\lambda=0,1403$ (Figura 2.118).

Figura 2.118 Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza de Margalef y dominancia de Simpson en los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.

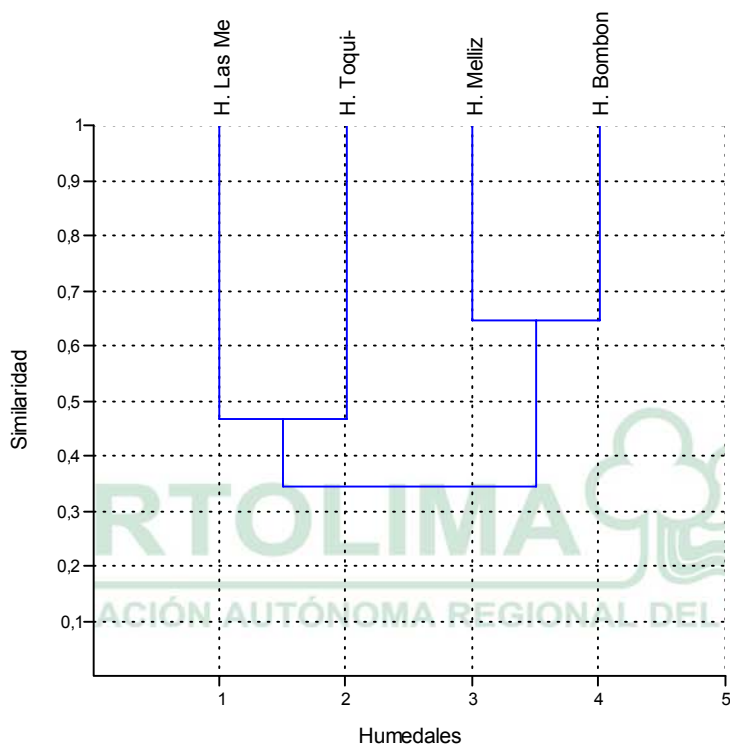


Fuente: Autores (2007).

- **Índice de similaridad de Jaccard.** Los resultados de este análisis mostraron que el valor de similaridad fue bajo (0,34), sin embargo el análisis cluster mostró dos

agrupaciones, una con una similaridad de 0.46 entre los humedales Las Mellizas I y Toqui-Toqui y la otra con una similaridad de 0.65 entre los humedales Las Mellizas II y Bomboná (Figura 2.119).

Figura 2.119. Diagrama de Similaridad para los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.

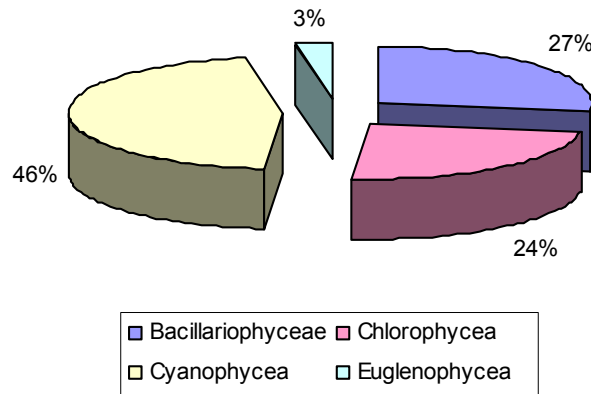


Fuente: Autores (2007).

Humedal Toqui-Toqui. Para este humedal se registro un total de 140 organismos, distribuidos en 4 clases y 12 géneros (Bacillariophyceae y Chlorophyceae con 4 géneros siendo las más diversas, Cyanophyceae 3 géneros y Euglenophyceae 1 género), la clase más abundante fue Cyanophyceae con 45.71%, seguido por Bacillariophyceae (27.14%) y Chlorophyceae (24.29%), la menos abundante fu Euglenophyceae (2.86%) (Figura 2.120).

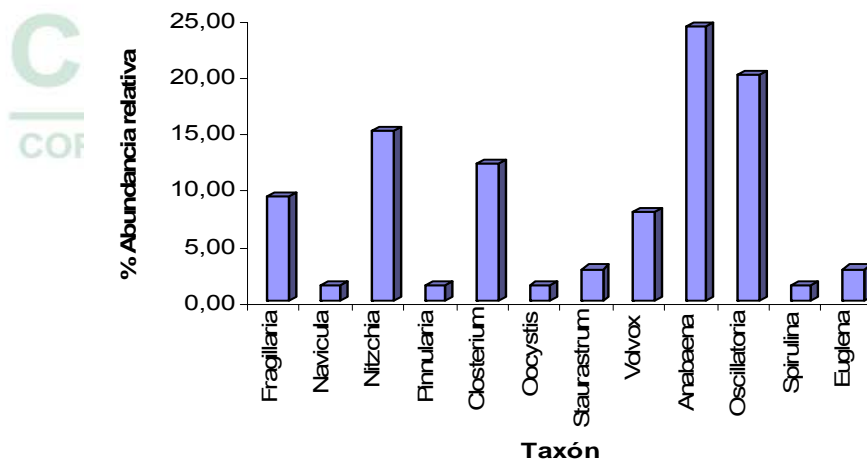
Para este humedal los géneros más abundantes fueron *Anabaena* (24.29%) y *Oscillatoria* (20%), las cuales pertenecen a la clase Cyanophyceae, indicando altos niveles de polución orgánica (Ramírez 2000). Los géneros menos abundantes fueron *Navicula*, *Oocystis* y *Spirulina* con el 1.43% cada uno (Figura 2.121).

Figura 2.120 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en el humedal Toqui-Toqui (Piedras) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Figura 2.121 Abundancia relativa de los géneros del fitoplancton encontrado en el humedal Toqui-Toqui (Piedras) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

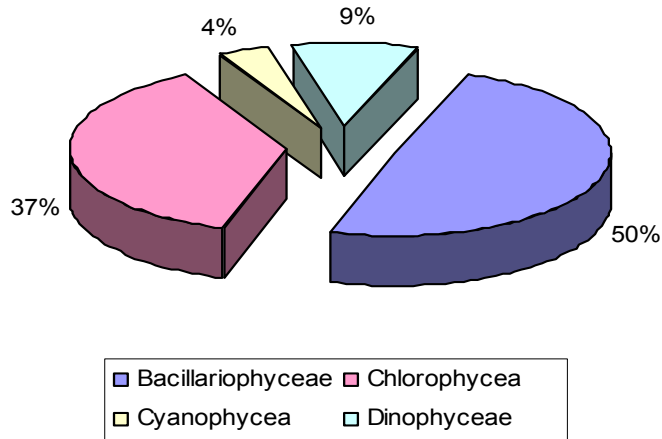
Humedal Las Mellizas II. Se colectó un total de 254 organismos distribuidos en a clases y 14 géneros, donde la clase más abundante fue Bacillariophyceae (50%) y la menos abundante fue Cyanophyceae (4%) (Figura 2.122), en cuanto a diversidad la clase que registró mayor cantidad de géneros fue Bacillariophyceae (6), seguida de Chlorophyceae (5) y la clase Dinophyceae tan solo presentó un género.

Respecto a la abundancia de géneros, *Nitzschia* y *Staurastrum* fueron los más abundantes (20.47 y 19.29% respectivamente) y los menos abundantes fueron



Cymbella, *Gomphonema* y *Ankistrodesmus* (con una abundancia de 0.79% cada una) (Figura 2.123).

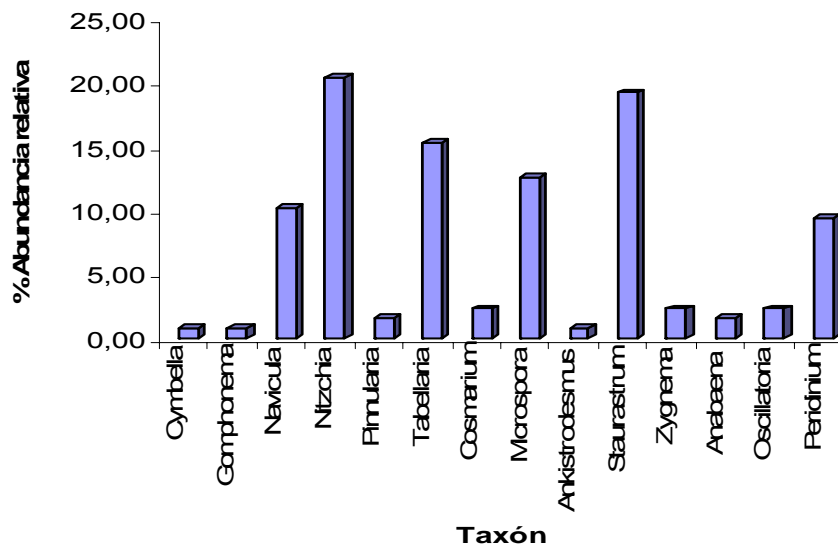
Figura 2.122. Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en el humedal Las Mellizas II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).



Figura 2.123 Abundancia relativa de los géneros del fitoplancton encontrado en el humedal Las Mellizas II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Humedal Las Mellizas I. Se colectó un total de 268 organismos distribuidos en 3 clases y 10 géneros, siendo Bacillariophyceae la clase más abundante (57%) y diversa con 5 géneros determinados, por el contrario la clase menos abundante y menos diversa fue Chlorophyceae (21%), presentando solo 2 géneros (Figura 2.124). El género más abundante fue *Tabellaria* (90%), seguida de *Oscillatoria* (20.15%) y las menos abundantes fueron *Cymbella*, *Closterium*, *Spirulina* (cada una con 1.49%) y *Anabaena* (0.75%) (Figura 2.125).

Figura 2.124 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en el humedal Las Mellizas I (Anzoátegui).

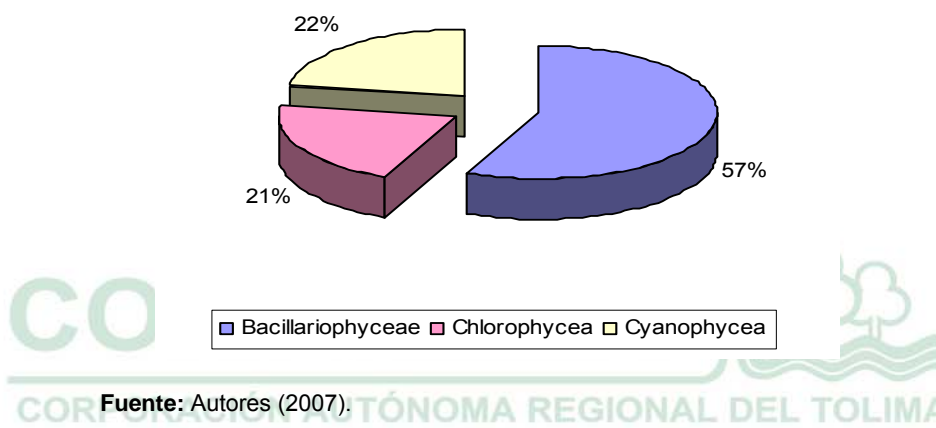
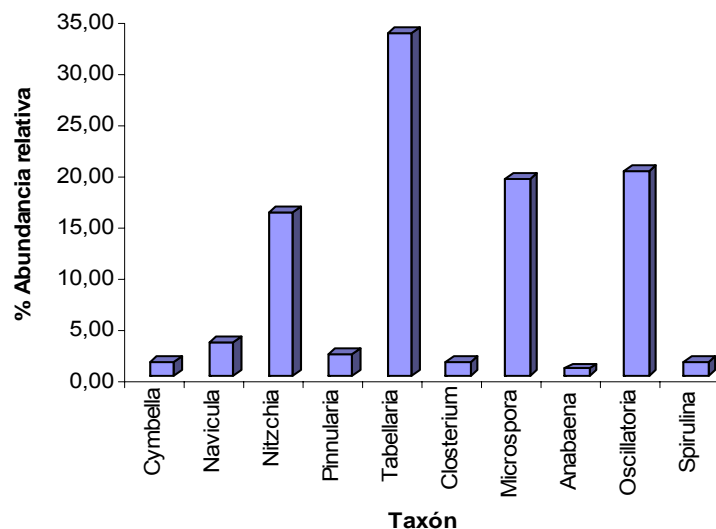


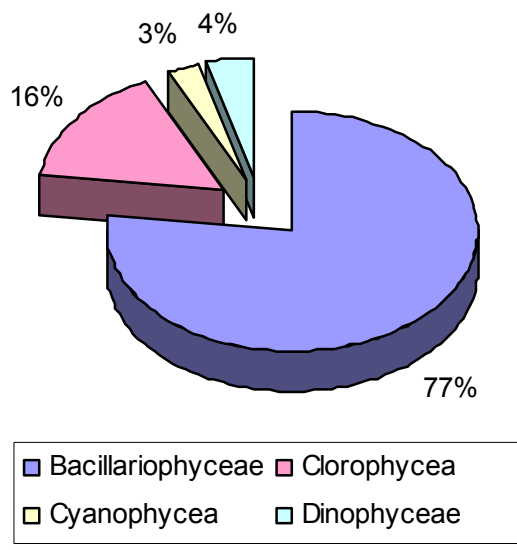
Figura 2.125 Abundancia relativa de los géneros del fitoplancton encontrado en el humedal Las Mellizas I (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Humedal Bomboná. Fue colectado un total de 433 organismos distribuidos en 4 clases y 14 géneros, las clases más abundante fue Bacillariophyceae (77%), igualmente fue una de las más diversas junto con la clase Chlorophyceae con 6 géneros determinados de cada una. Las clases menos abundantes y menos diversas fueron Dinophyceae (4%) y Cyanophyceae (3%), siendo determinados tan solo un género de cada una (Figura 2.126). El género más abundante fue *Tabellaria* (70.9%) y los menos abundantes fueron *Cymbella*, *Fragillaria*, *Navicula*, *Nitzchia*, *Eudorina*, *Tabellaria*, *Cosmarium*, *Microspora*, *Ankistrodesmus* (con 0.69% cada una) (Figura 2.127).

Figura 2.126 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en el humedal Bomboná (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.

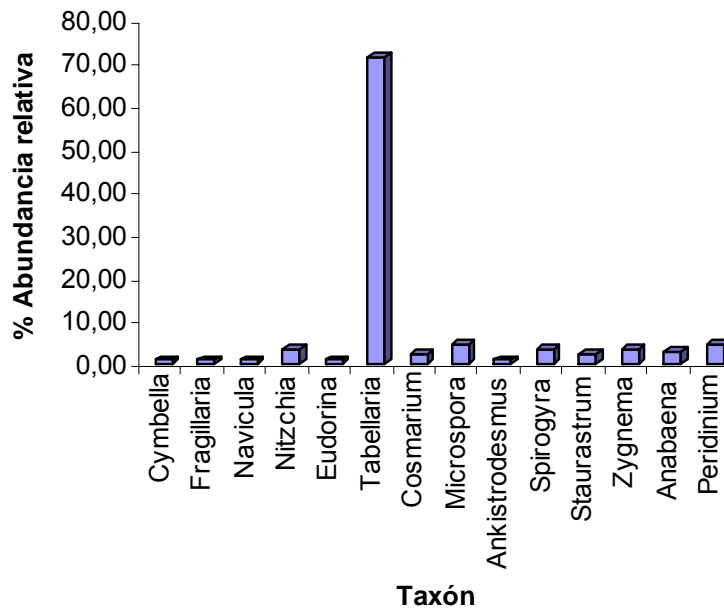


Fuente: Autores (2007).

Zooplancton

Composición general. Se determinó un total de 54 organismos pertenecientes a los filum Rotifera y Artrópoda (Microcrustáceos) en los cuatro humedales muestreados Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima. Estos organismos se distribuyeron en 2 filum, 2 clases, 3 órdenes, 3 familias (2 no determinadas) 4 taxónes (2 no determinados). El orden Cladocera fue el más abundante (72.22%), siendo hallado en los humedales Toqui-Toqui y Bomboná encontrándose en este último la mayor abundancia respecto a este orden, *Brachionus* sp. solo fue hallado en el humedal Toqui-Toqui con el 9%, el orden Ostracoda fue hallado en una proporción de 4 solo en los humedales Toqui-Toqui y Las Mellizas I y *Keratella* sp. Sólo presento una abundancia de 3.7% encontrado solo en el humedal Toqui-Toqui (Tabla 2.154).

Figura 2.127 Abundancia relativa de los géneros del fitoplancton encontrado en el humedal Bomboná (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

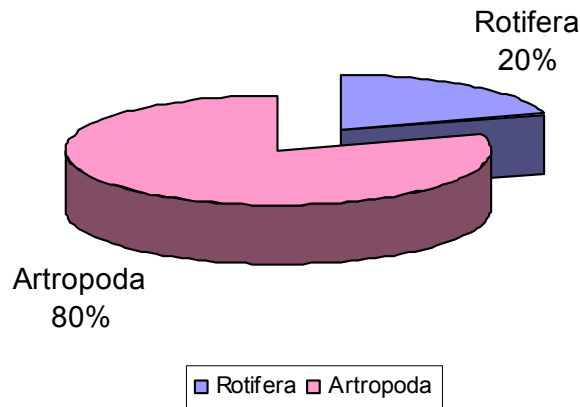
El humedal que mayor diversidad presentó respecto al número de taxones encontrados fue Toqui-Toqui, ya que fueron hallados los 4 taxones determinados para todo el muestreo. A nivel de filum el más abundante fue Artrópoda con el 80%, mientras que Rotífera sólo registró 20% (Figura 2.128).

Tabla 2.154. Ubicación taxonómica y porcentaje de abundancia relativa de los Microcrustáceos y Rotíferos colectados en los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	SUB ORDEN	FAMILIA	TAXÓN	H. Toqui - Toqui	H. Mellizas II	H. Las Mellizas I	Humedal Bomboná	TOTAL	% A. R.
Rotífera	Monogononta	Ploimida		Brachionidae	<i>Brachionus</i> sp.	9	0	0	0	9	16,67
				Brachionidae	<i>Keratella</i> sp.	2	0	0	0	2	3,70
Artrópoda	Crustacea	Cladocera	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	2	0	0	37	39	72,22
		Ostracoda	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	2	0	2	0	4	7,41
TOTAL						15	0	2	37	54	100,0

Fuente: Autores (2007).

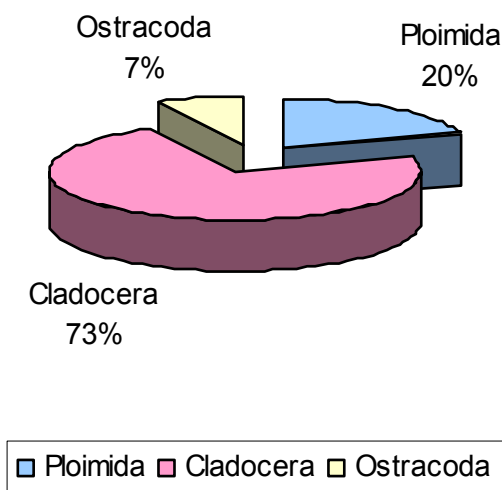
Figura 2.128 Porcentaje de Abundancia Relativa de los filum del zooplancton encontrados en los humedales Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Respecto a los órdenes determinados, el más abundante fue Cladocera (73%), seguido de Ploimida (20%) y el menos abundante fue Ostracoda (7%) (Figura 2.129).

Figura 2.129 Porcentaje de abundancia Relativa de los órdenes del zooplancton encontrados en los humedales El Hato (Armero – Guayabal), El Oval (Ambalema) y Coya (Purificación), en el departamento del Tolima.



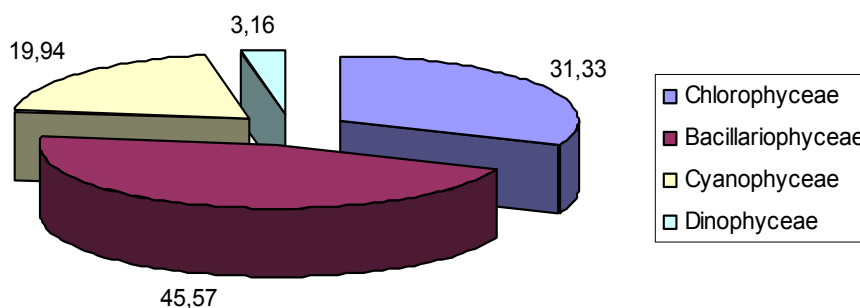
Fuente: Autores (2007).

2.10.1.10.6 Resultados de los dos Humedales Adicionales

Fitoplancton

Composición general. Se colectó un total de 316 organismos distribuidos en 4 clases y 22 géneros (Tabla 2.155), donde las clases más abundantes fueron Bacillariophyceae, Chlorophyceae y la menos abundante Dinophyceae (Figura 2.130).

Figura 2.130 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en los humedales El Danubio y El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

De los dos humedales estudiados durante el muestreo adicional, el humedal El Danubio presentó el mayor porcentaje de abundancia (58,86%) (Figura 2.131).

Respecto a los 22 géneros determinados *Navicula*, *Mycrocystis* y *Tabellaria* se caracterizaron por presentar el mayor número de organismos, mientras que otros como *Oocystis*, *Ankira*, *Closterium* y *Neridium* registraron los valores más bajos de abundancia en los 2 humedales estudiados.

Índices ecológicos

- **Riqueza de Margalef.** Como se observa claramente en la figura 24 los valores de riqueza fueron altos en ambos humedales superando las 2 unidades, sin embargo el valor más alto se registró en el humedal El Aguila.
- **Diversidad de Shannon-Wiener.** En cuanto a este índice los valores oscilaron entre $H' = 2,48$ y $H' = 2,05$, donde el valor mas alto lo obtuvo el humedal El Aguila, y el más bajo El Danubio, sin embargo es importante denotar que los valores de



diversidad fueron altos para ambos humedales.(Figura 2.132).

Tabla 2.155 Fitoplancton colectado en los humedales El Danubio y El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.

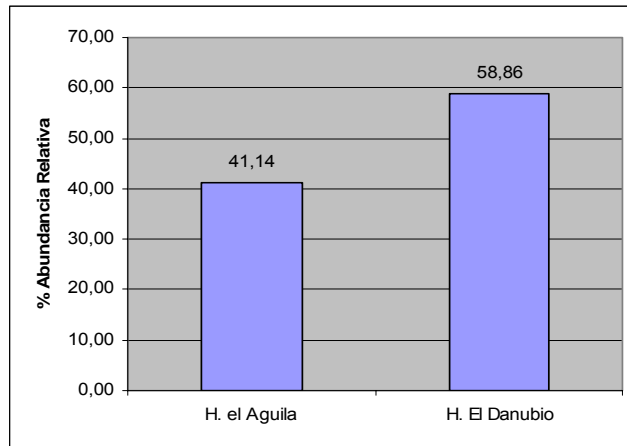
PHIYLUM	CLASE	ESPECIE	H. el Aguila	H. El Danubio	Total		
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Cosmarium</i> sp.	9	0	9		
		<i>Volvox</i> sp.	0	4	4		
		<i>Scenedesmus</i> sp.	0	13	13		
		<i>Korshikoviella</i> sp.	11	0	11		
		<i>Oedogonium</i> sp.	6	0	6		
		<i>Oocystis</i> sp.	0	2	2		
		<i>Ankara</i> sp.	2	0	2		
		<i>Closterium</i> sp.	2	0	2		
		<i>Staurastrum</i> sp.	9	2	11		
		<i>Mougeotia</i> sp.	26	0	26		
		<i>Spirogyra</i> sp.	13	0	13		
		Chrysophyta	Bacillariophyceae	<i>Cymbella</i> sp.	4	2	6
				<i>Navicula</i> sp.	9	54	63
<i>Nitzscha</i> sp.	11			4	15		
<i>Tabellaria</i> sp.	2			34	36		
<i>Gomphonema</i> sp.	0			11	11		
<i>Pinnularia</i> sp.	9			2	11		
<i>Neridium</i>	0			2	2		
Cyanophyta	Cyanophyceae	<i>Oscillatoria</i> sp.	0	13	13		
		<i>Spirulina</i> sp.	13	0	13		
		<i>Microcystis</i> sp.	0	37	37		
Pirrophyta	Dinophyceae	<i>Peridinium</i> sp.	4	6	10		
Total			130	186	316		

Fuente: Autores (2007).

- **Dominancia de Simpson.** los valores de este índice fueron relativamente bajos debido a que no se registraron especies dominantes en ambos humedales, lo que refleja el buen estado de la comunidad fitoplanctónica, sin embargo es importante resaltar que el valor de dominancia más bajo se registro en el humedal El Danubio $\lambda=0,09822$. (Figura 2.132).

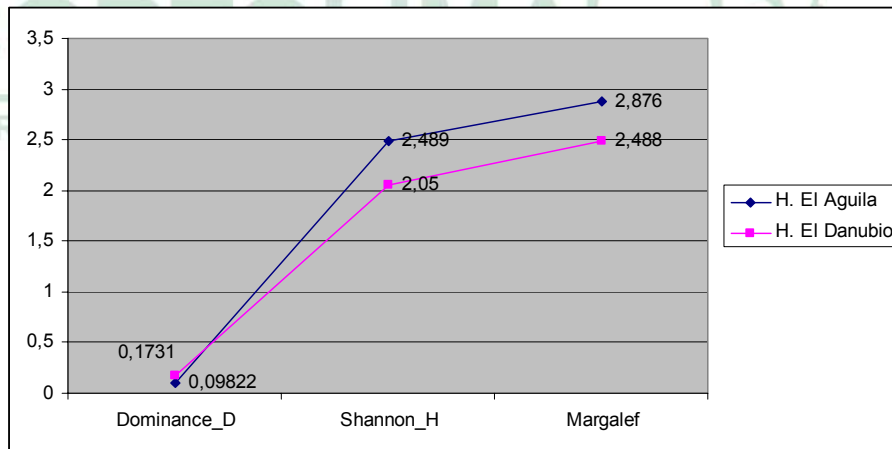
- **Índice de similitud de Jaccard.** Los resultados de este análisis mostraron que el valor de similitud fue muy bajo (0,32), debido al bajo número de taxones que compartían en común (Figura 2.133).

Figura 2.131 Abundancia relativa de los organismos fitoplanctónicas encontrados en los humedales El Danubio y El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autor (2007).

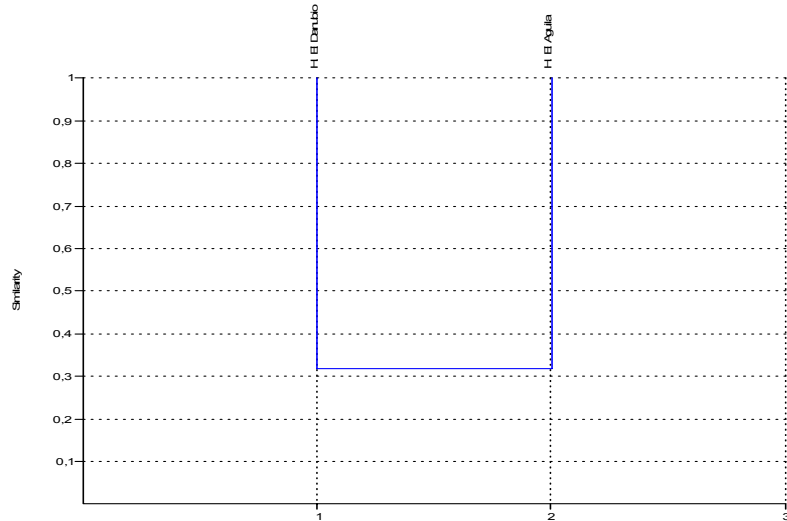
Figura 2.132. Índices de diversidad de Shannon-Wiener, riqueza de Margalef y dominancia de Simpson en los humedales El Danubio y El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

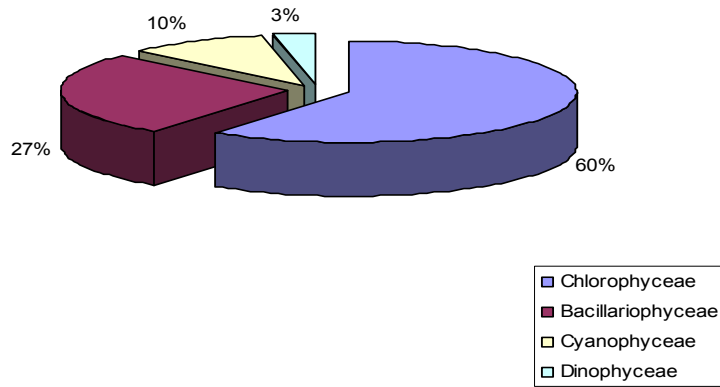
Humedal El Aguila. Se registro un total de 130 organismos distribuidos en 4 clases y 15 géneros. De las 4 clases colectadas Clorophyceae fue la más abundante con el 60 % seguida por Bacillariophyceae con 26,92% y la menos abundante Dinophyceae con 3,08% (Figura 2.134).

Figura 2.133 Diagrama de Similaridad para los humedales El Danubio y El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Figura 2.134 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en el humedal El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.

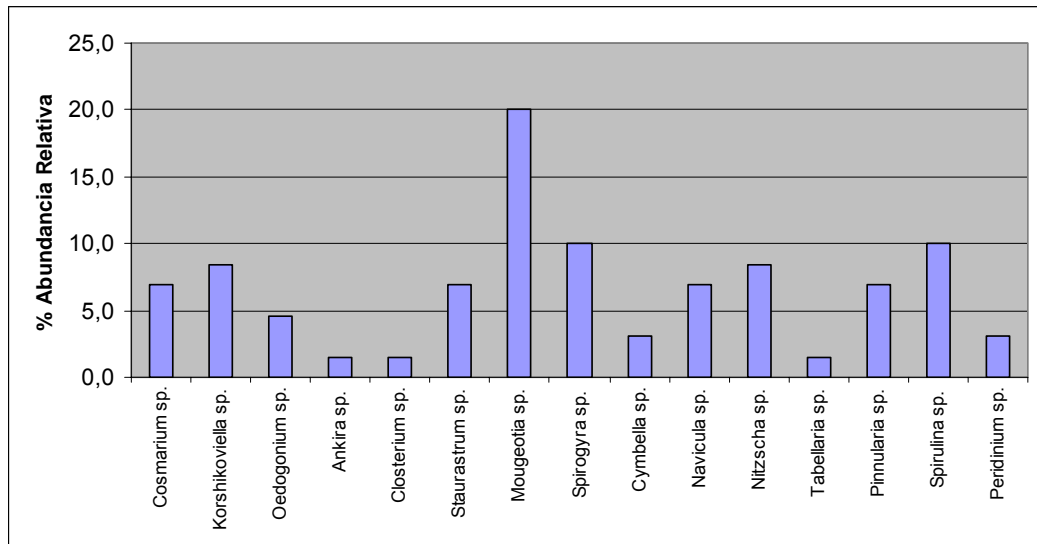


Fuente: Autores (2007).

Para este humedal los géneros más abundantes fueron *Mougenotia* (Clorophyceae) con el 20% seguida por *Spirogyra* (Clorophyceae) y *Spirulina* (Cyanophyceae) cada una con el 10%, por el contrario géneros como *Ankira*, *Closterium* (Clorophyceae) y *Tabellaria* (Bacillariophyceae) presentaron los valores más bajos de abundancia cada uno con el 1,5% (Figura 2.135).



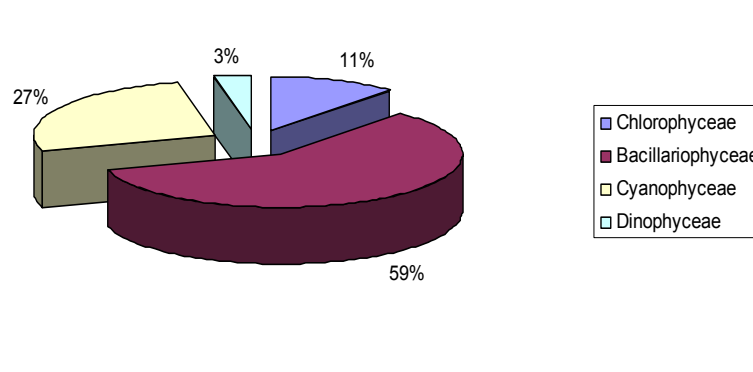
Figura 2.135. Abundancia relativa de los géneros del fitoplancton encontrado en el humedal Toqui-Toqui (Piedras) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Humedal El Danubio. Se colectó un total de 186 organismos distribuidos en 4 clases y 14 géneros, siendo Bacillariophyceae la clase más abundante (58, 60%) y diversa con 7 géneros determinados, por el contrario la clase menos abundante y menos diversa fue Dinophyceae (3,23%), presentando tan solo 1 genero (Figura 2.136).

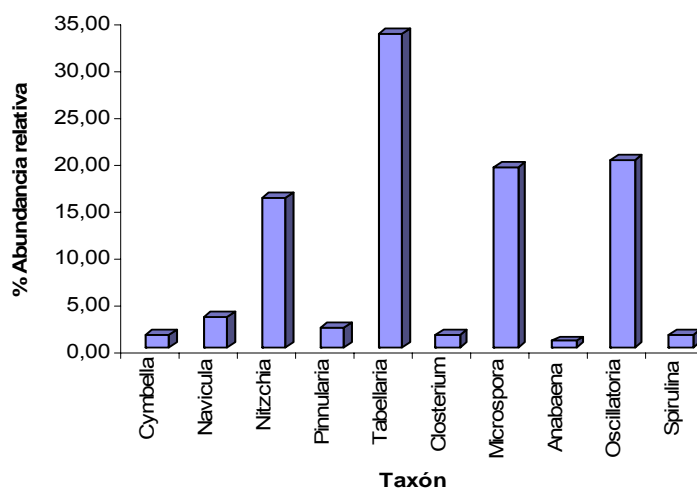
Figura 2.136 Abundancia relativa de las clases del fitoplancton encontradas en el humedal El Danubio (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

El género más abundante fue *Tabellaria* (90%), seguida de *Oscillatoria* (20.15%) y las menos abundantes fueron *Cymbella*, *Closterium*, *Spirulina* (cada una con 1.49%) y *Anabaena* (0.75%) (Figura 2.137).

Figura 2.137 Abundancias relativas de los géneros del fitoplancton encontrados en el humedal El Danubio (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.



Fuente: Autores (2007).

Zooplankton

Composición general. Se determinó un total de 106 organismos pertenecientes al filum Artropoda (Microcrustáceos) en el humedal El Aguila pertenecientes a los órdenes Copepoda y Cladocera, de las tres familias registradas solo fue posible la determinación de Daphniidae y Macrotrichidae, en cuanto a los géneros solo se lograron determinar *Simocephalus* y *Daphnia*, pertenecientes a la familia Daphniidae. (Tabla 2.156).

Tabla 2.156. Ubicación taxonómica y porcentaje de abundancia relativa de los Microcrustáceos colectados en el humedal El Aguila (Santa Isabel) en el departamento del Tolima.

PHIYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	Humedal el aguila
Artropoda	Crustacea	Copepodos	Indeterminado	Indeterminado	3
		Cladoceros	Daphniidae	<i>Simocephalus</i> cf.	98
				<i>Daphnia</i> cf.	3
			Macrotrichidae	Indeterminado	2
Total					106

Fuente: Autores (2007).



El mayor número de organismos fue registrado para el género *Simocephalus* y el menor número para la familia Macrotrichidae en la cual no fue posible la determinación taxonómica, debido a la complejidad de este grupo.

2.10.1.10.7 Discusión

FITOPLANCTON

La comunidad fitoplanctónica de los cuatro humedales estuvo representada por 5 clases Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae. La clase Bacillariophyceae tuvo gran importancia por su abundancia y frecuencia en especial del género *Tabellaria*; es probable que la abundancia de esta clase de fitoplancton se adapte mejor a condiciones de alta carga de materia orgánica y a las mayores concentraciones de dureza (Salazar, 2001), ya que el muestreo se realizó en época de lluvias donde hay gran cantidad de arrastre de materia orgánica por escorrentía, además esta es una de las diatomeas característica de aguas ricas en nutrientes (Hutchinson 1967).

La clase Euglenoficea que fue la menos abundante, sólo se encontró en el humedal Toqui-Toqui, el cual se puede explicar su preferencia a ecosistemas de tierras bajas que reciben un aporte mayor de nutrientes, el único género determinado para esta clase fue *Euglena* el cual es característico de cuerpos de agua muy pequeños y orgánicamente poluidos con compuestos orgánicos de nitrógeno (Hutchinson, 1967), condiciones que se cumplen en el humedal donde fueron hallados los ejemplares de éste género.

En cuanto a la abundancia relativa el humedal con el mayor número de organismos fue Bomboná con 433 seguido por Las Mellizas I con 268, Las Mellizas II con 254 y por último la Laguna Toqui-Toqui con 140, a pesar de que este último presentó la menor abundancia fue uno de los que obtuvo un buen número de taxones hallados (12 de los 14 determinados para todo el muestreo). No obstante, el humedal Bomboná que presentó la mayor dominancia, exhibió la menor diversidad por la presencia de *Tabellaria* en grandes cantidades respecto a los otros géneros encontrados, algunos autores como Ramírez (2000), consideran que en aguas limpias o ambientes no muy eutrofizados existe un mayor número de especies, y las especies dominantes no son muy comunes. En este orden de ideas el humedal Bomboná el cual presenta una dominancia por parte del género *Tabellaria*, sería probable que se estuviera presentando un grado de eutrofización, además este género como se indicó inicialmente es característico de aguas ricas en nutrientes.

Los índices ecológicos calculados como diversidad, riqueza y dominancia se ven muy afectados por el estado trófico del agua, es decir ecosistemas eutrofizados,



presentan diversidades muy bajas al igual que la riqueza, por el contrario el índice de dominancia incrementa sus valores ya que en este tipo de ecosistemas el número de organismos es mucho mayor, pero el número de especies es mucho menor (Ramírez, 2000), por otra parte en ecosistemas oligotróficos sucede todo lo contrario a lo mencionado anteriormente.

Según Margalef, 1983 ecosistemas con diversidades mayores a uno indican ambientes oligotróficos y distróficos y valores de diversidad menores que uno, indican ambientes muy eutróficos. De acuerdo a los índices ecológicos calculados la diversidad y la riqueza más alta se presentaron en el humedal Las Mellizas II (2.348) y los valores más bajos se presentaron en Las Mellizas I (1.61) en cuanto a riqueza y Bomboná (1.29) en cuanto diversidad.

Zooplankton

En relación a la abundancia de los grupos zooplanctónicos que dominaron en los cuatro humedales evaluados (Toqui-Toqui (Piedras), Bombona (Anzoátegui), Mellizas I y II (Anzoátegui) en el departamento del Tolima), los, cladóceros, ostrácodos y rotíferos fueron los únicos representantes hallados durante todo el muestreo, hecho que coincide con lo establecido por Margalef (1983) para el zooplankton de los cuerpos de agua dulce.

El género *Brachionus* (perteneciente a la familia Brachionidae del orden Ploimidae), es indicador de aguas eutróficas, por resistir pH elevados y aguas abundantes en calcio, cloruros, sulfatos y carbonatos, afirma Roldán (1992), por tales razones es posible que la presencia y dominancia de estos organismos en el humedal Toqui-Toqui indiquen cierto grado de eutrofización en este lugar, sin embargo, es importante aclarar que sólo se tomó una muestra en un único punto para cada uno de los humedales muestreados.

La dominancia por parte de cladóceros en todo el muestreo especialmente en el humedal Bomboná puede estar viéndose favorecida por las características físico-químicas las cuales pueden estar ofertando una mayor cantidad de fuente alimenticia para los cladóceros, así como también puede estar viéndose favorecida por fluctuaciones del nivel del agua, ya que el muestreo se realizó en época de lluvias. Según Infante (1988) esta situación es más acentuada especialmente en ambientes someros. Lo cual coincide con el ambiente estudiado, debido a que en época de lluvias se observa un incremento de agua con gran aporte de nutrientes por el lavado de la cuenca de drenaje. De esta manera, la mezcla del agua y el nuevo aporte de nutrientes propician el desarrollo del fitoplancton (principal fuente alimenticia de los cladóceros), lo que podría conducir a que las variaciones manifestadas estén condicionadas principalmente por su relación con el nivel productor (fitoplancton).



2.10.1.10.8 Discusión del Muestreo Adicional

Fitoplancton


La comunidad fitoplanctónica de los dos humedales estudiados, estuvo representada por 4 clases y 22 géneros. La clase más abundante fue Bacillariophyceae, y el género más abundante fue *Navicula* perteneciente a esta clase. Los organismos de esta clase se han caracterizado principalmente por ser abundantes en ecosistemas de alta montaña (Lewis, 1978) donde las características del agua como la baja temperatura y la oligo-mesotrofia permiten que se establezca una gran variedad de organismos de esta clase (Donato, 1991). Por el contrario organismos de la clase Dinophyceae fueron los menos abundantes con tan solo 1 taxón registrado y 10 organismos, hecho que también ha sido reportado por algunos autores los cuales consideran que estos individuos siempre están presentes en ecosistemas acuáticos pero en bajas proporciones (Ramírez 2000).

Según Margalef, 1983 los índices ecológicos permiten calcular el estado de los ecosistemas; diversidades mayores a uno indican ambientes oligotróficos y distróficos y valores de diversidad menores a uno indican ambientes muy eutróficos. Para los humedales estudiados los valores de diversidad fueron muy altos superando las dos unidades por lo que se pueden considerar oligotróficos gracias al buen estado de conservación en el que se encuentran. A pesar de que los valores de los índices ecológicos permiten observar, el buen estado en el que se encuentran ambos humedales, los mayores valores de diversidad y riqueza se presentan en el humedal El Danubio, posiblemente debido las características físicas de este como el tamaño y la altura.

Durante todo el muestreo realizado en la Cuenca Mayor del Río Totare se pudo observar claramente que de los seis humedales evaluados, los mejores conservados fueron los de zonas más altas en este caso los del municipio de Santa Isabel (El Danubio y EL Águila) debido a la poca intervención y al difícil acceso a estos. Mientras que el humedal Toqui-Toqui localizado en el municipio de piedras a 276 m presentó los valores más bajos de diversidad y los niveles más altos de eutroficación, ejemplos claros de la gran degradación que presenta este ecosistema debido a la gran intervención a la cual está expuesto.

ZOOPLANCTON

La comunidad zooplanctónica de los dos humedales estuvo representada en su totalidad por organismos de la clase Crustácea distribuidos en dos órdenes Copepoda y Cladocera, siendo estos últimos los más abundantes. Dentro de los copépodos se determinaron dos familias Daphniidae y Macrotrichidae, de las cuales



la primera fue la más abundante, representando casi un 90% del total de los organismos colectados. Hecho que posiblemente se debe a las condiciones del cuerpo de agua como la altura, temperatura y la oligotroficidad que presentan estos ecosistemas. Situación similar es reportada por Matsumura- Tundisi (1986) quienes consideran que los organismos de los órdenes Cladocera y Copepoda, se desarrollan principalmente en ecosistemas oligo-mesotrofos.

Los organismos de estos ordenes solo se registraron en el humedal el Aguila, posiblemente debido a que las condiciones de este humedal eran propicias o aptas para el desarrollo de este tipo de organismos, lo cual se representa en el gran numero de organismos colectados por ml colectados en este humedal.



