

**PROCEDIMIENTOS PARA EL MONITOREO DE
BIOINDICADORES PARA EVALUAR LA INTEGRIDAD
BIOLÓGICA DE LAS FINCAS DEMOSTRATIVAS PARA
MST-OP15**

FITOPLANCTON

Lic.Yariannis González Villalobos

24/05/2018

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	3
RESULTADOS	4
BIBLIOGRAFÍA	6

INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia primordial para los seres vivos, forma parte de ellos y debe ser ingerida en proporciones adecuadas para satisfacer las necesidades básicas y compensar la cuantía eliminada por efecto de la transpiración, la respiración, así como, por la excreción de la orina y el sudor.

Se estima que el volumen total de agua en la Tierra es de aproximadamente 1 400 millones de km³ de los cuales sólo el 2,5 corresponde al agua dulce, siendo aprovechable el 0,01% que representa unos 200 000 km³. Por otra parte, la distribución de este volumen de agua es muy heterogénea y desigual, existiendo regiones y países con gran abundancia y otros con muy escasos recursos hídricos, lo cual ha conducido incluso a graves conflictos (Díaz, 2011). A pesar de la poca cantidad del preciado recurso existe otra problemática que agrava la situación, la contaminación. La contaminación del medio hídrico se entiende como la acción o efecto de introducir materiales o condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales (Bermúdez, 2010).

Un tipo de contaminación muy examinado es la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, la misma resulta ser un proceso natural producido por el enriquecimiento del cuerpo de agua con nutrientes (Ramírez y Viña, 2000). Durante los últimos 200 años el hombre ha acelerado estos procesos modificando tanto la calidad de las aguas, como la estructura de las comunidades biológicas debido al aumento en la carga orgánica e inorgánica de los cuerpos de agua (Burkholder, 2001). Este enriquecimiento excesivo en nutrientes produce un gran crecimiento de algas y otras plantas acuáticas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos, embalses o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora.

El crecimiento de algas puede afectar también al uso recreativo de embalses y lagos, la circulación del agua en ríos y canales así como obturar los filtros de estaciones de tratamiento del agua. Las aguas superficiales reciben cantidades excesivas de nutrientes, por los vertidos urbanos e industriales y el arrastre de abonos agrícolas. Las aguas residuales domésticas contienen nitrógeno y fósforo procedente, principalmente, de las deyecciones humanas y de los productos de limpieza. La actividad agraria es también una fuente importante, especialmente por los abonos aportados a los cultivos y los residuos originados por la ganadería (Bermúdez, 2010).

Para determinar la calidad de los acuíferos a lo largo de la historia se han aplicado análisis fisicoquímicos, sin embargo la tendencia actual se desliza hacia la utilización de bioindicadores. Todo organismo, de forma general, es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel, cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora (Arce *et al.*, 2006).

Las comunidades biológicas reflejan las condiciones del sistema (física, química, biológica y ecológica); el biomonitoreo permanente de las comunidades resulta ser económico comparado con los análisis fisicoquímicos; además, la información resultante puede expresarse por medio de Índices Bióticos que expresan la calidad del agua mediante escalas numéricas (Cairns y Dickson, 1971). Dentro de las comunidades que se desarrollan a nivel del plancton se encuentran las microalgas, parte mayoritaria del fitoplancton muy utilizadas según las tendencias en la bioindicación. Las ventajas de su uso recaen en que son cosmopolitas, algunas especies son muy sensibles a cambios ambientales, mientras que otras muy tolerantes, el muestreo es sencillo y rápido, además pueden cultivarse para ser estudiadas en diseños experimentales (Toro *et al.*, 2003).

El fitoplancton responde rápidamente a los cambios ambientales por su ciclo de vida corto. Los cambios alteran la estructura de sus comunidades, repercute en el interés socioeconómico del sistema acuático en tiempos relativamente cortos, sobre todo por su papel de productores primarios. (De la Lanza *et al.*, 2000). De tal manera su uso se expande en nuestros días y evidencia sus ventajas, representando beneficios tanto para los investigadores como para el usuario que recibe una información más digerible y amena.

PRESAS Y EMBALSES

Según lo propuesto por Comas, 2009a los embalses son acuatorios lénticos artificiales que pueden presentar diferentes niveles tróficos. En general poseen plantas acuáticas flotantes y sumergidas, sobre todo en el litoral, son relativamente jóvenes (excepto los acuatorios naturales represados), por tanto, muy inestable. Su composición de especies y comunidades especialmente en el plancton puede ser abundante en determinadas épocas del año, compuesto por clorococales, cianofíceas, fitoflagelados y diatomeas siendo frecuentes los florecimientos en verano.

Es posible distinguir de acuerdo a sus características los siguientes tipos:

1. Embalses con aguas limpias, con pobre desarrollo de comunidades pláncnicas compuestas por algas propias de estas aguas: *Oocystis lacustris* Chod. (típica), *Fusola viridis* Snow, *Cosmarium margaritatum* (Lundell) Roy & Bisset, *Eremosphaera antillana* Com. Y *Desmodesmus lunatus* (W. & G. S. West) Hegew., aunque pueden aparecer elementos con otros requerimientos ecológicos como cianofíceas y diatomeas. Ejemplo de este tipo tenemos a numerosos embalses en la Isla de la Juventud.
2. Embalses con aguas desde meso hasta eutróficas. En este tipo de biótomo existe ya una relativa productividad biológica, pueden establecerse ya sucesiones y comunidades más o menos estables como en la Presa Lebriges (S. Spiritus) con un fitoplancton donde predominan los dinoflagelados *Peridinium* sp. *Peridiniopsis* sp., cianofíceas filamentosas, clorococales y diatomeas.
3. Embalses marcadamente eutróficos, muchos usados en acuicultura (Laguna Sta. María, Pinar del Río), otros muy afectados por los asentamientos humanos, fitoplancton abundante compuesto por algas formadoras de coloración de las aguas: Los embalses Arroyo Grande I y II (Villa Clara) son ejemplos de este tipo, que por su composición de especies se asemeja a los charcos marcadamente eutróficos, especialmente a las lagunas de oxidación de albañales.

SISTEMA SAPROBIOLÓGICO

La Saprobiidad está definida por la presencia de ciertos indicadores y estos están definidos por su ocurrencia en determinado grado de Saprobiidad (Comas *et al.*, 1999). El sistema saprobiológico surge gracias a los estudios de los hidrobiólogos alemanes Kolkwitz y Marsson, los cuales nombraron “*Saprobiers*” o *saprobiontes* a esos indicadores, caracterizándolos como aquellos organismos que aparecen en biotopos acuáticos con cierto grado de contaminación orgánica, realizando estudios bioquímicos que les permitieron caracterizar las diferentes zonas, relacionándolas a estos organismos. Según el grado de contaminación quedaron establecidas las siguientes zonas Oligosapróbica como aquella zona de aguas limpias, no contaminadas, donde se culminan los procesos de oxidación de la materia orgánica; Mesosapróbica con sus dos variantes α y β , caracterizadas por aguas medianamente contaminadas, siendo la α -Mesosapróbica la de mayor grado de contaminación; Polisapróbica representada por una marcada carga de contaminantes, donde son característicos los procesos de reducción en condiciones anaerobias o microaerobias (Lange-Bertalot, 1978, 1979; Coring, 1996; Wu, 1999 Comas, *et al.*, 2009).

De tal forma fueron clasificados los organismos de acuerdo a la zona en la que se desarrollaba como *oligosaprobiers*, *mesosaprobiers* y *polisaprobiers*. Este sistema, denominado sapróbico, mantiene la estructura básica formulada por sus iniciadores, aunque existen actualmente numerosas modificaciones que utilizan como indicadores a un grupo determinado, como en el caso de las microalgas pertenecientes a la familia Bacillariophyceae en vez de toda la biocenosis (Lange-Bertalot, 1978, 1979; Coring, 1996; Wu, 1999 Comas, *et al.*, 2009).

El sistema saprobiológico *sensu stricto*, considera la composición de toda la biocenosis, plantea que la ocurrencia y abundancia de los saprobiontes depende de los niveles de materia orgánica, y de alguna manera, estos niveles permiten el óptimo desarrollo de esos organismos (Comas *et al.*, 2009).

En el método inicial de Kolkwitz y Marsson se recogía una zona con un grado de saprobiidad menor que el de la Oligosapróbica denominada Katarobidad. Esta zona no fue descrita lo suficiente desde el punto de vista biológico por los autores, definiéndolas como aguas totalmente desprovistas de contaminación, como es el caso de los manantiales. Liebman (1951) refutó esta clasificación e incluyó las aguas de los manantiales en la zona de oligosaprobidad. Posterior a esto en 1959, M. Zelinka propuso dividir la zona oligo en dos una alfa y otra beta acompañando con una lista del macrozoobenton. Años después Sladeck nombra la zona Betaoligosapróbica como Xenosapróbica, quedando la Alfaoligosapróbica incluida dentro de la Oligosapróbica de Kolkwitz y Marsson, actualmente parece reconocerse los valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) de 1mg/l como el límite entre las zonas xeno y oligo. Queda caracterizada la zona Xenosapróbicas por aguas extremadamente limpias de bajas temperaturas las cuales por lo general están reservadas para ríos o arroyos de montaña (Comas, 1998).

En la actualidad quedan establecidas entonces las siguientes zonas de contaminación según lo propuesto en Comas, 1998:

Polisaprobidad (p)

- Alto contenido de materia orgánica (de origen alóctono).
- Predominio de las reacciones de reducción.
- DBO > 10 mg/L, producción de H₂S
- Concentración de Oxígeno cercano a cero o cero. Sedimentos de color oscuro.

Mesosaprobidad

Alfamesosaprobidad (a)

- Parte más deplorable de una mediana contaminación orgánica.
- Se inician las reacciones de oxidación.
- DBO de 5 a 10 mg/L. sedimentos pardos.
- Concentración de oxígeno aproximado de un 50 % de saturación
- Concentración de iones de amonio alta (hasta 10 mg/L).

Betamesosaprobidad (b)

- Mejor parte de una mediana contaminación orgánica.
- predominio de reacciones de oxidación
- DBO de 2,5 a 5 mg/L.
- Disminuyen los iones amonio, aumentan los nitratos.

Oligosaprobidad (o)

- Se completa la oxidación de la materia orgánica.
- DBO de 1 mg/L.
- Sedimentos sin grandes acumulaciones de materia orgánica.
- Concentraciones de oxígeno alcanzan el 100% de saturación.
- Bajísimas concentraciones de amonio.

Xenosaprobidad (x)

- Aguas muy limpias, de bajas temperaturas, generalmente de regiones montañosas.
- DBO por debajo de 1 mg/L.

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERIZACIÓN DE LOS ACUATORIOS

Análisis de las características *in situ*: flora y fauna asociada, color, turbidez, olor, concentración de materia orgánica en suspensión.

Ubicación de la entrada y salida de flujos.

Ubicación de focos puntuales de vertimiento.

Usos de las aguas.

MATERIALES

Protección personal

- Botas o vedadores de pescador
- Guantes de látex

Recolección de muestras

- Botellas de vidrio (125-150 ml) (fitoplancton). Es recomendable que la botella sea transparente de color ámbar para proteger la muestra de la luz.
- Viales de vidrio o plástico con tapón hermético (fitoplancton de red).
- Botella hidrográfica (muestras discretas en profundidad).
- Red de nylon de diferentes mediciones de luz de poro desde 10 µm a 35 µm (muestras con red de arrastre horizontal o vertical).
- Disco de Secchi (transparencia).
- Sistema de localización geográfica (GPS).

- Bolígrafo o rotulador permanente (etiquetar muestras)

(Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005)

ESTABLECIMIENTO DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Las estaciones de muestreo se establecen teniendo en cuenta la utilización de las aguas, con la finalidad de que representen puntos de interés para los interesados siempre y cuando sea viable la toma de muestra, teniendo en cuenta la velocidad de la corriente, profundidad y características favorables para la presencia de los individuos a coleccionar. Son ubicados diferentes puntos de muestreo equidistantes para la toma de la muestra dentro de cada estación de muestreo escogida.

Toma de muestras

Los muestreos se efectúan en los horarios pertinentes de acuerdo a los intereses. Se realiza la toma de muestras integradas totales para la observación del fitoplancton, una por estación, cada una de estas conformada por submuestras simples. Las submuestras son mezcladas y homogenizadas para la obtención de muestras integradas con una mejor representación de los microorganismos y fijadas con formol al 4%.

La muestra se obtiene de manera directa de la superficie y a diferentes profundidades sin llenar el recipiente, dejando un 10% del mismo vacío permitiendo la posterior homogenización. Las muestras de superficie se recomiendan tomar a unos 25-30 cm por debajo de la superficie; las de profundidad se toman con la botella hidrográfica (50 cm de longitud) la cual se desciende hasta la profundidad deseada y se cierra mediante un mensajero. Las muestras integradas a diferentes profundidades se pueden tomar con la botella hidrográfica sumergida a las profundidades escogidas siendo posteriormente mezcladas y homogenizadas (cerciorarse de mezclar iguales volúmenes). Para las muestras obtenidas con red (medidas de poro variable según el grado de eutrofización) se aplica el arrastre horizontal o vertical (preferible la segunda opción) de esta el agua hasta conseguir un filtrado visible (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2005).

Cualificación del fitoplancton

Para la identificación de las cianofitas y microalgas se procede a la observación con microscopio óptico binocular (microscopio biológico), colocando en un portaobjetos una gota de la muestra preservada sobre la cual se coloca el cubreobjetos. A continuación se realiza la identificación con auxilio de claves taxonómicas hasta el nivel de especie siempre que fuese posible.

RESULTADOS

COMPONENTES DEL VERIFICADOR

La palabra fitoplancton etimológicamente tiene su origen en el griego *phytos* que significa “planta” y *planktos* que significa “errante”; de tal manera se denomina fitoplancton a aquellos microorganismos fotosintetizadores (microalgas y cianobacterias) que flotan o nadan en la columna de agua de lagos, ríos y océanos (Graham *et al.*, 2016) así como en los diferentes cuerpos de agua.

Cyanobacterias

Llamadas también algas verde azuladas, carecen de membrana nuclear, poseen centroplasma, poseen formas cocoides y filamentosas coloniales, pueden producir floraciones (blooms) sobre todo en zonas neríticas y dulceacuícolas eutrofizadas; ciertos géneros pueden producir sustancias tóxicas, así como también generar esporas de resistencia que les permite mantenerse en latencia hasta que se den las condiciones adecuadas para su desarrollo. El color va desde verde azulado hasta rojo o púrpura esto se debe a sus dos pigmentos especiales que son la ficocianina (azul) y la ficoeritrina (rojo), que enmascaran el color verde de la clorofila a. Su reproducción es por fragmentación y esporas y su distribución es cosmopolita (Cosgrove y Rijsberman, 2000).

Este grupo es el más diversificado, con especies de amplio espectro ecológico, que se encuentran principalmente en el plancton y el bentos de ecosistemas acuáticos (marinos y continentales principalmente), pero también pueden encontrarse en ecosistemas semi-acuáticos o terrestres e incluso en ecosistemas extremos (alcalinos, ácidos o con altas temperaturas) (Roset *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2005; Graham *et al.*, 2016).

Microalgas:

Dinophyta

Los dinoflagelados son organismos eucariotas biflagelados que son en su mayoría unicelulares, pero algunos forman colonias y pseudo-colonias. Presentan pigmentos como xantofilas, la clorofila a y c, además de carotenos (β -caroteno y fucoxantina) lo cual les hace brindar un color pardo o amarillo (González, 1988; Graham *et al.*, 2016). Los dos flagelos que

FITOPLANCTON

poseen son diferentes, ambos emergen de la región ventral, está el flagelo transversal y ondulado que se aloja en el cíngulo, y el otro flagelo se denomina longitudinal, que se dirige posteriormente alojado en el surco. La superficie celular de las dinofíceas está formada por una membrana externa debajo de la que se localiza una película simple de vesículas membranosas (alveolos). En muchas especies cada alveolo contiene una placa compuesta de celulosa, y estos se denominan dinoflagelados tecados o armados, mientras otras especies son atecadas o desnudas porque los alveolos están casi o totalmente desprovistos de contenido (Graham *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2011). Varios representantes del grupo poseen extensiones en forma de espinas largas, y otras veces el cuerpo de la célula aparece estirado en forma de cuernos (González, 1988). Son componentes importantes del plancton, tanto de aguas continentales como marinas (Gómez, 2005). Los dinoflagelados son entre las microalgas los de mayor número de especies dañinas (Taylor, 1993). Muchas especies sintetizan potentes toxinas citolíticas, hepatotóxicas o neurotóxicas peligrosas para los seres humanos y otros organismos (Gómez *et al.*, 2011).

Chlorophyta

Organismos eucariotas que pueden ser unicelulares, coloniales o filamentosos, algunos con 2-4 flagelos iguales. Tienen cloroplastidios y núcleo definido, presentan clorofila *a* y *b* que enmascaran a los carotenos y a las xantofilas lo que hace que posean un color verde intenso, de ahí que sean conocidas como algas verdes. Algunos representantes se encuentran de forma desnuda pero la mayoría presenta una pared celular rígida formada por dos o más capas una interna celulósica y otra externa péctica (González, 1988) o de esporopolenina (Ettl, 1983). Las clorofíceas son mayormente dulciacuícolas, aunque también hay especies de ambientes terrestres y marinos (Graham *et al.*, 2016). Los órdenes Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales, y la familia Desmidiaceae son los de mayor número de especies planctónicas (González, 1988).

Cryptophyta

Células eucariotas, biflageladas, de tamaño relativamente pequeño (3-50µm de largo). Son típicamente unicelulares y nadadoras, aunque pueden encontrarse 2. Revisión bibliográfica colonias de células no flageladas embebidas en mucílago (Graham *et al.*, 2016). Poseen uno o dos cromoplastidios y pigmentos como clorofila *a* y *c*, carotenos, ficocianina y ficoeritrina. A esta variedad de pigmentos y a sus proporciones relativas se le debe la diversidad de coloración parda, azul, verde-azul, roja o verde-oliva (González, 1988). Los dos flagelos son relativamente cortos y desiguales en longitud, mientras uno se mueve activamente impulsando la célula, el otro permanece más o menos rígido. Las células tienden a estallar ante cambios ambientales bruscos o como mecanismo de defensa debido a la presencia de unas estructuras citoplasmáticas denominadas ejectosomas, que se descargan violentamente causando la ruptura celular (Graham *et al.*, 2016). Los integrantes de este grupo pueden ser marinos o dulciacuícolas, los géneros más frecuentes en agua dulce son: *Cryptomonas*, *Rhodomonas*, *Chroomonas* y *Chilomonas* (González, 1988).

Euglenophyta

Son algas eucariotas unicelulares y flageladas, de vida libre, raramente formando colonias. Por lo general, las células son desnudas y de tamaño grande. Presentan cloroplastidios discoidales, estrellados o en forma de banda y con los pigmentos clorofila *a* y *b*, β-caroteno y xantofilas. Las especies autótrofas son mayormente de color verde, mientras que las heterótrofas son incoloras. En relación a los flagelos, con mucha frecuencia son dos flagelos gruesos de diferente longitud y uno es tan reducido que no emerge del ápula. Poseen un núcleo conspicuo (González, 1988). Las euglenofíceas son fundamentalmente dulciacuícolas, aunque existen especies marinas (Graham *et al.*, 2016). Según González (1988), los géneros más frecuentes en el plancton son: *Euglena*, *Phacus*, *Trachelomonas* y *Strombomonas*; a pesar de que al menos un experto ha sugerido que no existen especies verdaderamente planctónicas (Lackey, 1968), si no que ocupan interfaces principalmente, como las interfaces aire-agua o sedimento-agua (Walne y Kivic, 1990).

Chrysophyceae

Organismos eucariotas, la mayoría unicelulares flagelados o formando colonias de células flageladas, aunque existen especies unicelulares y coloniales inmóviles, o formas ameboides (Nicholls y Wujek, 2002). Presentan un color pardo-amarillento o pardo-dorado debido una gran concentración del pigmento accesorio fucoxantina en sus plastidios, que también contienen clorofila *a* y *c*. Las formas móviles tienen uno o dos flagelos. Las crisofíceas pueden ser desnudas, cubiertas por una pared celular o por mucílago, así como algunas especies quedan revestidas por escamas orgánicas o síliceas. Sus representantes se encuentran principalmente en agua dulce, pero también se pueden encontrar en algunas especies en ambientes marinos (Graham *et al.*, 2016).

Bacillariophyceae

Conocidas comúnmente como diatomeas, estas algas son organismos eucariotas unicelulares o coloniales, que no poseen flagelos ni cilios. Presentan pigmentos como clorofila *a* y *c*, fucoxantina y carotenos que le dan un color pardo-dorado. La característica más distintiva es que poseen una cubierta pectínica impregnada en sílice en cantidades variables denominada frústulo, el cual está formado por dos mitades o tecas que se sobrepone y se adaptan entre sí. La teca superior se denomina epiteca y la inferior hipoteca. Las diatomeas están divididas en dos órdenes: Centrales y Pennales, que se clasifican en base a su estructura y las formas de sus frústulos. En cuanto al hábitat, existen especies planctónicas y bentónicas de aguas someras oceánicas, de lagos, ríos, arroyos, desde zonas tropicales hasta polares. También se han encontrado diatomeas en hábitats terrestres húmedos. Algunos de sus representantes pueden producir toxinas como el ácido domoico, que afecta a la salud humana y a animales marinos (Graham *et al.*, 2016).

Xantophyceae

Las xantofíceas son organismos eucariotas. El grupo incluye varios tipos morfológicos, desde flagelados y no flagelados solitarios, hasta colonias de células embebidas en mucílago, formas rizopodiales ameboides, filamentos, y cuerpos multinucleados. Usualmente con varios cromoplastidios discoidales organizados en la periferia del citoplasma, y presentan pigmentos como clorofila *a* y *c*, β -caroteno, diatinoxantina y diadinoxantina, los cuales le proporcionan un color verde-amarillento (Graham *et al.*, 2016). En las formas flageladas son dos flagelos desiguales en estructura y longitud. La pared celular de las xantofíceas está primariamente compuesta de celulosa, a veces impregnada de sílice (González, 1988; Graham *et al.*, 2016). Estos organismos son fundamentalmente dulciacuícolas o de suelo, muchos son considerados como raros (Hibberd, 1990).

ESCALA DE EVALUACIÓN

La presencia de una alta diversidad fitoplanctónica es asociada a una alta concentración de materia orgánica en suspensión. Los organismos se desarrollan de acuerdo a sus requerimientos ecológicos, de tal manera su grado de tolerancia a ciertas condiciones lo hacen indicador de la zona de acuerdo a la escala de saprobidad en la que se desarrollen.

Dentro de cada grupo expuesto en lo anterior existen organismos con diferentes zonas de óptimo desarrollo, donde se presentan las características propicias para su factible crecimiento poblacional. En base a esto será desarrollada la propuesta de escala a partir de las zonas de saprobidad de óptimo desarrollo para las especies indistintamente del grupo al cual pertenezcan. De tal manera quedaría establecida una primera clase donde estarían los organismos que se desarrollan entre la xeno y oligosaprobia (X-O) para la cual se tendría una interpretación de muy bien en cuanto a la calidad del agua analizada. La segunda clase establece el desarrollo del fitoplancton entre las zonas oligo y betamesosapróbica ($O-\beta$), con una interpretación de bien; para la tercera estaría entre la betameso y alfamesosaprobia ($\beta-\alpha$), para una regular calidad; y con una mala calidad se establecerían microorganismos entre la alfameso y polisaprobidad ($\alpha-P$). En aras de presentar una simplificación de lo anterior a continuación se expone la tabla de escala de evaluación para el indicador fitoplancton.

Tabla 1. Escala de evaluación del indicador fitoplancton

Escala	Interpretación	Clase	Matriz
Organismos desarrollados entre X-O	Muy Bien	1	
Organismos desarrollados entre $O-\beta$	Bien	2	
Organismos desarrollados entre $\beta-\alpha$	Regular	3	
Organismos desarrollados entre $\alpha-P$	Mal	4	

BIBLIOGRAFÍA

1. Arce, O., Herbas, R. C., Rivero, F., Gonzales, A. 2006. Indicadores biológicos de calidad del agua. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias y Teconología. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental.
2. Bermúdez, M. 2010. Contaminación y turismo sostenible.
3. Burkholder, J. 2001. Eutrophication and oligotrophication. En: ASHER S. (ed.) Encyclopedia of biodiversity. Academic Press. United States. En: Arcos, M.P., Ávila, S.L., Estupiñán, S.M., Gómez, A.C. 2005. Indicadores

microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Cundinamarca, Colombia.

4. Cairns, J. y Dickson, K. L. 1971. A simple method for the biological assessment of the effects of the water discharges on aquatic bottomdwelling organisms. *J. Wat. Poll. Control Fed.* En: Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., Castro, T. 2006. Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua. Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-X.
5. Campos, V., Lisperguer, S., Weckesser, J., Vera, A. y Muñoz, D. 2005. Cianobacterias y riesgos potenciales de toxicidad en aguas continentales de Chile. *Boletín Micológico*, 20, 73-81.p. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
6. Confederación Hidrográfica del Ebro. Comisaría de Aguas. Ministerio de medio Ambiente. URS 2005. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para fitoplancton. Zaragoza, España.
7. Comas, A *et al.*, 1999. Listado de algas cubanas indicadoras de la contaminación con materia orgánica. En: Comas, Las microalgas de aguas dulce, indicadoras de la calidad y condiciones ecológicas de las aguas, Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
8. Comas, A., Moreira, A., León, A., Uriza, S., García, O. 2009. Algas y sus relaciones con características ecológicas del Río Damují. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
9. Comas, A. 2009 (a). Algunas características de la flora de algas y cianoprocarotas de agua dulce de Cuba. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
10. Comas, A. 2009 (b). Catálogo de las algas y cianoprocarotas dulceacuícolas de Cuba. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
11. Coring, E. 1996. Use of diatoms for monitoring acidification in small mountain Rivers in Germany with special emphasis on «diatom assemblage type analysis». En: hitton, B.A., E. Rott, y G. Friedrich (Eds.): Use of Algae for Monitoring Rivers II.- Inst. Botanik, Innsbruck, p. 7-16. En: Comas, A., Moreira, A., León, A., Uriza, S., García, O. 2009. Algas y sus relaciones con características ecológicas del Río Damují. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
12. Cosgrove, W.J., y F.R Rijsberman (2000). World Water Vision-Making Water Everybody's Business, World Water Council, La Haya Holanda. En: Guarnizo, D.M. 2016. Elaboración de un sistema estadístico de control de las algas que deterioran las propiedades organolépticas del agua de consumo en la zona de captación de agua potable para la ciudad de Guayaquil. Tesis en opción al grado de Magíster en manejo integral de laboratorios de desarrollo. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
13. De la Lanza, E. G., Hernández, P. S. y Carbajal, P. J. L. 2000. Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés, México. En: Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., Castro, T. 2006. Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua. Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-X.
14. Díaz, J.A. 2011. Hacia el uso sostenible del agua en Cuba. IX Congreso Cubano de Geología (GEOLOGIA '2011) Taller sobre Aguas subterráneas y Contaminación. Departamento de Geociencias, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", CUJAE, Marianao, La Habana, Cuba. ISBN 978-959-7117-30-8.
15. Ettl, H. 1983. Chlorophyta I. Phytomonadina. In Ettl, H. et al. (Eds.), Süßwasserflora von Mitteleuropa (Vol. 9, pp. 897), Stuttgart: G. Fischer. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
16. Graham, L. E., Wilcox, L. W. y Graham, J. 2016. Algae. (3rd ed.), San Francisco: Pearson Education Inc., Pearson Benjamin Cummings. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse

- Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
17. Hibberd, D. J. 1990. Xanthophyta. In Margulis, L. et al. (Eds.), *Handbook of Protoctista* (686-697), Boston: Jones and Bartlett Publishers. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
 18. Lackey, J. B. 1968. Ecology of Euglena. In Buetow, D. E. (Ed.), *The Biology of Euglena*. (Vol. Vol. I, pp. 28-48). New York: Academic Press.. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
 19. Lange-Bertalot, H. 1978. Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: Ein geeigneteres Kriterium der Gewässerüberwachung.- *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 51, *Algol. Stud.* 21: 393-427. En: Comas, A., Moreira, A., León, A., Uriza, S., García, O. 2009. Algas y sus relaciones con características ecológicas del Río Damují. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
 20. Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation.-*Nova Hedwigia* 64: 285-304. En: Comas, A., Moreira, A., León, A., Uriza, S., García, O. 2009. Algas y sus relaciones con características ecológicas del Río Damují. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
 21. Nicholls, K. H. y Wujek, D. E. 2002. Chrysophycean algae. In Wehr, J. D. y Sheath, R. G. (Eds.), *Freshwater Algae of North America, Ecology and Classification*. (pp. 471-509). New York: Academic Press. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
 22. Ramírez, A. y Viña, G. 2000. Limnología colombiana, aportes a su conocimiento. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano; Colombia. En: Arcos, M.P., Ávila, S.L., Estupiñán, S.M., Gómez, A.C. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Cundinamarca, Colombia.
 23. Roset, J., Aguayo, S. y Muñoz, M. 2001. Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Revista de Toxicología*, 18, 65-71. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
 24. Taylor, F. J. R. 1993. The species problem and its impact on harmful phytoplankton studies, with emphasis on dinoflagellate morphology. In Smayda,
 25. Toro, J., Schuster, J., Kurosawa, J., Araya, E. y Contreras, M. 2003. Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bénticos como bioindicadores Río Maipo (Santiago de Chile). In *Mem. XVI Congreso Chileno en Ingeniería Hidráulica*. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. En: Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., Castro, T. 2006. Bioindicadores como herramienta para determinar la calidad del agua. Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-X.
 26. Walne, P. L. y Kivic, P. A. (1990). Euglenida. In Margulis, L. et al. (Eds.), *Handbook of Protoctista*. (pp. 270-287). Boston: Jones y Bartlett Publishers. En: Peraza, R y Comas, A. 2017. Diversidad y abundancia de fitoplancton del embalse Abreus (Cienfuegos, Cuba). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina y Acuicultura con Mención en Ecología Marina. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana y Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.

FITOPLANCTON

27. Wu, J.T. 1999. A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in The Keelung River of Taiwan.- *Hydrobiol.* 397: 79-87. En: Comas, A., Moreira, A., León, A., Uriza, S., García, O. 2009. *Algas y sus relaciones con características ecológicas del Río Damují*. Editorial Universo Sur, Universidad de Cienfuegos, Cuba.