

FI-07-2023

Comunicación foro innovación

AVANCES Y CASOS PRÁCTICOS DE LA OXIGENACIÓN Y BIORREMEDIACIÓN EN LAS BALSAS DE RIEGO.

PROGRESS AND PRACTICAL CASES ON OXYGENATION AND BIOREMEDIATION IN IRRIGATION PONDS.

Aparicio Baixauli, Ricardo Mateos (autor que presentará el trabajo)¹,

1 CEO, Socio fundador de Sewervac Ibérica SL., España ricardo@oxifuch.com www.oxifuch.com

Resumen

El principal problema de las masas de aguas almacenadas es la **eutrofización**, provocado por la falta de oxígeno y el exceso de nutrientes en el agua. La biorremediación en masas de agua se encarga de mantener el equilibrio del ecosistema evitando el exceso de nutrientes (fósforo y nitrógeno) los cuales serán la fuente de alimento de nuestros principales enemigos “las algas”, además de otras consecuencias como la acumulación de fangos, anoxia, baja calidad del agua, turbidez y problemas para el mantenedor como es la obstrucción en filtros.

Para lograr el equilibrio del ecosistema es sumamente importante conocer al detalle los parámetros de **DBO**, **DQO**, así como niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. Altos niveles de DQO dan origen a la proliferación de algas y una falta de oxígeno en masas de agua. Las peores condiciones donde se pueden presentar los problemas de la eutrofización son las aguas almacenadas sin ningún tipo de movimiento (balsas, estanques, lagos) la hidrodinámica de la masa del agua favorecerá la oxigenación y a evitar en cierta medida el crecimiento descontrolado de algas por esa razón los ríos con carácter turbulento se encuentran bien oxigenados de manera natural.

La **oxigenación profunda** es la técnica que hemos desarrollado para hacer frente a esta problemática, se emplean tuberías microperforadas con un lastre de arena instaladas en el fondo de la balsa con ello se aprovecha toda la columna de agua para una transferencia de oxígeno homogénea y más eficiente. Con nuestro sistema de módulos lineales podemos distribuir el oxígeno en todas las áreas de la balsa para no dejar puntos calientes. Como complemento idóneo se emplea un dinamizador que le dará movimiento al agua creando un efecto carrusel.

Atrás quedaron las soluciones de las que todavía disponemos como son los discos de oxigenación, por su agrupación de burbujas y falta de eficiencia en la transferencia de oxígeno, empleando un símil el disco es el riego a manta lo que las líneas homogéneas es al riego por goteo.

Como parte fundamental debemos conocer que, al agregar oxígeno al agua, conseguimos diferentes objetivos en la búsqueda de la solución y el origen del problema.

- Los **microorganismos o bacterias** existentes, propios del ecosistema acuático se reactivan, pudiendo

competir contra otras plantas no deseadas como algas.

- Los microorganismos o bacterias existentes, consumen el exceso de nutrientes que hacen que aparezcan.
- Los microorganismos o bacterias existentes, degradaran los fangos de la materia orgánica depositada en el fondo.

En ocasiones la población bacteriana no es tan grande para hacer frente a la población de algas ya establecidas, en ese sentido complementamos nuestra solución con la **biorremediación**, aportando una dosificación de bacterias naturales en función del volumen m³ de agua. Estas bacterias pertenecen al grupo 1 de la UE, no han sido modificadas genéticamente y son seleccionadas para combatir al exceso de nutrientes. Otro problema que nos encontramos en las masas de agua es la existencia de especies invasoras como el “**mejillón cebra**” el cual presenta un problema difícil de controlar para los mantenedores (obstrucción de tuberías, obstrucción de filtros, rápido crecimiento desmesurado y alteración del ecosistema acuático), para este caso empleamos un tratamiento de control mediante barreras lineales de oxígeno y ozono para su eliminación.

Algunos casos de éxito relevantes en cartera:

- C.R. Liria
- C.R. Alto Vinalopo
- C.R. Monforte del CID
- C.R. El Pinar Alto
- C.R. Ablitas
- C.R. Albaida
- C.R. Foia del Pou.

Los diferentes estudios de investigación y pruebas de campo, nos van dando día a día las repuestas para la correcta configuración y el buen desarrollo de la mejor solución ante cada problema. No se debe trabajar con soluciones estándar sino desarrollos a medida del problema al que nos enfrentamos, aspectos como profundidades, renovaciones, consumos, temperaturas, y escenarios de futuro marcan también nuestro hacer.

Abstract

The main problem of stored water bodies is **eutrophication**, caused by the lack of oxygen and excess of nutrients in the water. Bioremediation in water bodies is in charge of maintaining the balance of the ecosystem avoiding the excess of nutrients (phosphorus and nitrogen) which will be the food source of our main enemies "algae", besides other consequences such as the accumulation of sludge, anoxia, low water quality, turbidity and problems for the maintainer such as clogging in filters.

In order to achieve ecosystem balance, it is extremely important to know in detail the parameters of **BOD**, **COD**, as well as nitrogen, phosphorus and potassium levels. High COD levels lead to algae blooms and a lack of oxygen in water bodies. The worst conditions where eutrophication problems can occur are waters stored without any type of movement (ponds, ponds, lakes). The hydrodynamics of the water mass will favor oxygenation and prevent to a certain extent the uncontrolled growth of algae, which is why rivers with a turbulent character are naturally well oxygenated.

Deep oxygenation is the technique we have developed to address this problem, using micro-perforated pipes with a sand ballast installed at the bottom of the basin, thus taking advantage of the entire water column for a homogeneous and more efficient oxygen transfer. With our linear module system we can distribute the oxygen in all areas of the basin so that no hot spots are left behind. As an ideal complement, a dynamizer is used to give movement to the water creating a carousel effect.

Gone are the solutions that we still have such as oxygenation discs, due to their grouping of bubbles and lack of efficiency in the transfer of oxygen, using a simile, the disc is to blanket irrigation what the homogeneous lines are to drip irrigation.

As a fundamental part we must know that, by adding oxygen to the water, we achieve different objectives in the search for the solution and the origin of the problem.

- The existing microorganisms or bacteria, typical of the aquatic ecosystem are reactivated, being able to compete against other unwanted plants such as algae.
- The existing microorganisms or bacteria consume the excess nutrients that cause them to appear.
- The existing microorganisms or bacteria will degrade the sludge of the organic matter deposited on the bottom.

Sometimes the bacterial population is not large enough to cope with the algae population already established, in that sense we complement our solution with bioremediation, providing a dosage of natural bacteria depending on the volume m³ of water. These bacteria belong to EU group 1, have not been genetically modified and are selected to combat excess nutrients.

Another problem we encounter in water bodies is the existence of invasive species such as the "zebra mussel" which presents a difficult problem to control for the maintainers (obstruction of pipes, clogging of filters, rapid excessive growth and alteration of the aquatic ecosystem), for this case we use a control treatment using linear barriers of oxygen and ozone for its elimination.

Some relevant success stories in our portfolio:

- C.R. Liria
- C.R. Alto Vinalopo
- C.R. Monforte del CID
- C.R. El Pinar Alto
- C.R. Ablitas
- C.R. Albaida
- C.R. Foia del Pou.

The different research studies and field tests are giving us day by day the answers for the correct configuration and the good development of the best solution for each problem. We should not work with

standard solutions but with developments tailored to the problem we face, aspects such as depths, renewals, consumption, temperatures, and future scenarios also mark our work.

1. EUTROFIZACIÓN Y ANOXIA EN MASAS DE AGUA

La eutrofización es el proceso de contaminación más importante de las aguas y es provocado por la falta de oxígeno y el exceso de nutrientes en el agua. Cuando hablamos de nutrientes hablamos de un descontrol del fósforo y nitrógeno principalmente que empezarán siendo el alimento de nuestros enemigos “las algas”.



Figura 1. Ciclo natural de ecosistemas acuáticos. Fuente: Sewervac

En el ciclo natural de una masa de agua en equilibrio las algas o plantas se desarrollan mínimamente y mueren, consumiendo parcialmente el oxígeno y generando una acumulación mínima de fangos (materia orgánica).

Un exceso de nutrientes en una masa de agua provoca el crecimiento descontrolado de algas y plantas y su consecuente muerte, consumiendo el oxígeno disuelto y generando condiciones anaerobias. Es de suma importancia saber que, sin oxígeno los microorganismos y/o bacterias presentes también en el agua, no pueden competir con las algas ni degradar la materia orgánica que se genera, causando la eutrofización y una gran acumulación de fangos. Es entonces cuando se rompe el equilibrio del ecosistema y el adecuado balance de la masa de agua.

Otros parámetros que le pueden afectar:

- La **temperatura** puede ser un activador del problema, es decir, las algas estarán más activas y necesitarán más energía con las altas temperaturas. Por este motivo agotarán el oxígeno disuelto existente en el agua y también aumentarán su colonia.
- Un **pH** elevado nos dará unas aguas más duras por los valores de calcio y magnesio, esto además terminará provocando problemas de obturaciones en el sistema de filtrado.
- La **alcalinidad** es el valor que nos dará una mejor resistencia de nuestro ecosistema a los cambios bruscos pudiendo proteger o no los microorganismos buenos. Una media relativa sería aproximadamente 140.
- La **turbidez** es otro factor que puede afectar ya que podría no permitir que lleguen los rayos solares al fondo causando un exceso de materia orgánica.

- La hidrodinámica del flujo termina siendo otro factor que, si no ha sido tomada en cuenta en el diseño, impide la comunicación de las aguas con mayores niveles de oxígeno frente a las que no lo tienen.
- El oxígeno disuelto, traducido en DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) o DQO (Demanda Química de Oxígeno), es la fuente de energía vital y el catalizador para un equilibrio adecuado del ecosistema y los parámetros que determinan la calidad de la masa del agua.

Consecuencias de la eutrofización que podemos encontrar:

- Anoxia
- Proliferación masiva de algas
- Acumulación de fangos
- Obturaciones del sistema de filtrado
- Turbidez
- Baja calidad del agua



Figura 2. Balsa con algas y eutrofización. Fuente: Sewervac

El exceso de nutrientes proviene principalmente de la actividad del hombre.

- Agricultura: se emplean fertilizantes nitrogenados para abonar los cultivos, filtrándose en la tierra y llegando hasta los ríos y las aguas subterráneas.
- Ganadería: los excrementos de los animales son ricos en nutrientes, sobre todo en nitrógeno. Si los excrementos no son gestionados de buena manera pueden terminar contaminando las aguas cercanas.
- Residuos urbanos: principalmente los detergentes con fosfatos.
- Actividad industrial: se pueden producir vertidos tanto de productos nitrogenados como fosfatados entre otros muchos tóxicos.
- Contaminación atmosférica: las emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre reaccionan en la atmósfera produciendo lluvia ácida, llevando nutrientes de este modo a las masas de aguas.

- Actividad forestal: los residuos forestales que se dejan en las aguas, se degradan aportándole todo el nitrógeno y el resto de nutrientes que tenía la planta.

No nos tenemos que dejar llevar tan solo por una primera impresión al ver que se ha dejado de tener algún problema en filtros o desaparición de algas.

Es importante concienciarnos que, con su balsa o masa de agua, usted se encuentra ante (buscando un símil) un enfermo que tiene unas determinadas patologías, además posiblemente crónicas, que los parámetros de la química del agua son cambiantes y que por lo tanto requerirá de un adecuado seguimiento que permita observar la evolución e ir manteniendo o tomando nuevas medidas, si así se requiriese, para mantener el equilibrio deseado. Es decir, su balsa o ecosistema es un ser vivo, sensible y que necesita un seguimiento. En el agua no existe la magia.

Otras consideraciones:

- El oxígeno disuelto es uno de los principales indicadores de la calidad del agua, un valor medio ideal y que nos dará un buen equilibrio puede estar entre 5 y 8 ppm.
- La falta de oxígeno disuelto, no permite que los microorganismos existentes y propios del agua, como las bacterias, puedan competir con las algas y frenar su aparición, ya que estas necesitan oxígeno para poder realizar sus funciones, vivir y aumentar su colonia.
- Las algas aparecen principalmente en verano debido a que el oxígeno pierde solubilidad en aguas más cálidas, es decir, a mayor temperatura la concentración de oxígeno en el agua disminuye considerablemente.
- En función de la profundidad, los niveles de oxígenos irán disminuyendo.
- Solubilidad del oxígeno en agua: (14,6mg/L @ 0°C – 7mg/L @ 35°C).

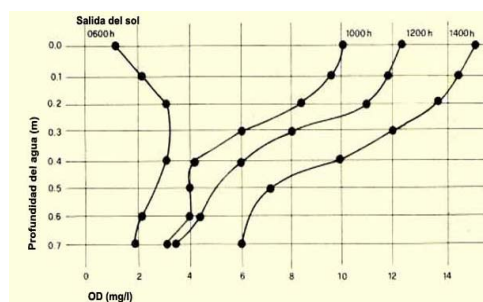


Figura 3. Solubilidad de oxígeno en función de temperatura y profundidad.

Fuente: Food and Agriculture organization of the united nations

Las masas de agua o balsas pueden presentar una estratificación térmica.

La estratificación térmica es el efecto que ocurre en una masa de agua o balsa en el que existen estratos horizontales que impiden o dificultan la mezcla de toda la masa de agua. Esto es debido a que el agua que se encuentra en la parte más superficial de la masa de agua, tiene una temperatura superior a la que se encuentra en las profundidades, este aumento de temperatura lleva implícito una disminución de la

densidad del fluido. Llega un momento en el que la diferencia de densidades es tal que el agua fría y densa no se mezcla con el agua caliente y menos densa, igual que ocurre con el agua y el aceite en un vaso.

Cuando llegan las altas temperaturas del verano.

A mayor temperatura menor solubilidad de oxígeno, las temperaturas generales de la masa de agua están entre 15°C y 25°C a mayores temperaturas se provoca un mayor consumo de oxígeno de especies no deseadas y por una mayor actividad de estas en los meses más cálidos de verano se produce una proliferación de algas como consecuencia de que el oxígeno pierde solubilidad y la demanda de este aumenta.

Introducción a la solución:

Espero en esta primera parte, haber llegado a transmitir adecuadamente el principal origen de los desequilibrios de un ecosistema, como puede ser una masa de agua o balsa como es la eutrofización. Esto pues, nos emplaza a encontrar una lógica solución al problema en su origen y mitigar las consecuencias.

Como parte fundamental de nuestro empeño debemos de saber pues, que, transfiriendo oxígeno al agua, conseguimos diferentes objetivos en la búsqueda de la solución y el origen del problema,

- Los microorganismos o bacterias existentes, propios del ecosistema acuático se reactivan, pudiendo competir contra otras plantas no deseadas como algas.
- Los microorganismos o bacterias existentes, consumen el exceso de nutrientes que hacen que aparezcan.
- Los microorganismos o bacterias existentes, degradaran los fangos de la materia orgánica depositada en el fondo.

Solución

Una de las técnicas de oxigenación de aguas y es la que trataremos en este artículo es la que se realiza a través de micro-burbujas de aire que recorren de manera lenta, ascendente y homogénea desde el fondo de la balsa o masa de agua hasta la superficie. “Oxigenación profunda”

Las microburbujas transfieren oxígeno al agua por rozamiento (fricción) durante todo el trayecto recorrido desde el fondo hasta la superficie, mientras más tiempo esté la burbuja dentro de la masa de agua mayor oxígeno será capaz de transferir, por esa razón una burbuja más pequeña (microburbuja) permanece mayor tiempo en el agua antes de llegar a la superficie lo que garantiza una mayor transferencia.

- Es importante que no se junten los caudales de aire, así como el tamaño de la burbuja, ya que un mismo volumen de aire dividido en microburbujas transfiriere hasta 6,6 veces más de oxígeno que una burbuja grande. Esto es debido a la mayor superficie de contacto con el agua de las microburbujas. De ahí que quedaran atrás el empleo de **discos de oxigenación** que unen

la masa del aire y que empleábamos en el pasado. Es importante realizar una correcta **planificación homogénea de la transferencia del fondo.**

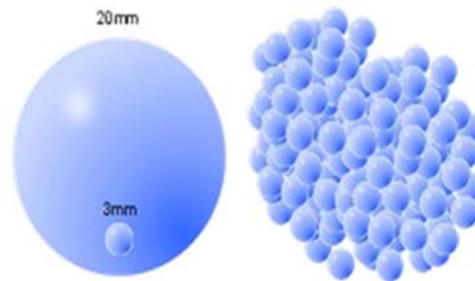


Figura 4. Superficie de contacto burbuja de 20mm vs burbuja 3mm. Fuente: Sewervac

También es importante la profundidad, a mayor profundidad mayor tiempo de transferencia y mayor eficiencia en la transferencia de oxígeno.

Airear desde el fondo de la masa de agua.

Al emplear una aireación profunda desde el fondo se logra mezclar el agua evitando las termoclinas, y se logra homogenizar el agua. Además, el ácido sulfhídrico y el metano dejan de producirse a medida que la capa de lodo presente en la parte más profunda del fondo cambia sus condiciones de (anaeróbicas a aeróbicas) eliminando olores y gases peligrosos.

A medida que tenemos mayor profundidad las temperaturas del agua en el fondo se reducen, al aplicar una aireación desde el fondo tenemos como beneficio enviar las aguas frías del fondo hacia arriba para mezclarse con las aguas más cálidas de la superficie reduciendo en gran medida **la evaporación** por altas temperaturas del agua.

La aireación profunda mediante microburbujas consigue la misma composición sin importar la profundidad o longitud de la masa de agua. Debemos de prevenir la formación de estratos y con ello la aparición de varias zonas diferenciadas por la cantidad de oxígeno disuelto en ellas.

En masas de agua con baja profundidad de 2 metros se corre el riesgo de no transferir suficiente oxígeno dado el poco tiempo que recorre la burbuja en su ascenso por lo que en esos casos se pueden emplear impulsores de oxígeno oblicuo en abanico que proyectan 50-80 metros de longitud de microburbujas. Estos elementos también se emplean con tendidos homogéneos de tuberías microperforadas con profundidades de hasta 8 metros, pero en este caso su función será la de mejorar la hidrodinámica de la masa del agua.



Figura 5. Impulsor de oxígeno y o dinamizador hidráulico oblicuo en abanico. Fuente: Sewervac

La acumulación de sedimentos y fangos alrededor de la zona anaerobia son causantes de la obturación de los sistemas de filtrado, que impiden el correcto funcionamiento de los cabezales y el adecuado paso del agua. La aireación mediante microburbujas de aire ambiente natural, se debe de emplear si buscamos obtener unos niveles mínimos, constantes y homogéneos de oxígeno en toda la masa del agua.

El cálculo de la aireación de la masa de agua se realiza a partir de la necesidad que tenga cada ecosistema. Como parámetros principales se necesita una analítica del agua, DQO y DBO principalmente, así como saber la tasa de renovación del agua y el dimensionado de la balsa de regadío o masa de agua. El compresor y el colector también deben ser diseñados acorde a cada proyecto en cuestión, adaptándose a las necesidades actuales o futuras.

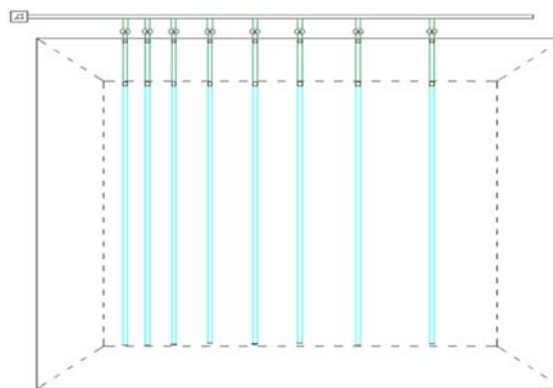


Figura 6. Esquema tendido lineal homogéneo de aireación profunda con tuberías microperforadas.
Fuente: Sewervac

Las tuberías microperforadas se deberán quedar sumergidas en el fondo sin existir flotación gracias a sistemas de tuberías lastrados naturales sin riesgo de contaminación o ser perjudiciales para el ecosistema. También será muy importante trabajar a la mínima presión dado que serán pérdidas por fricción del aire que repercutirán en un menor consumo energético-eléctrico.

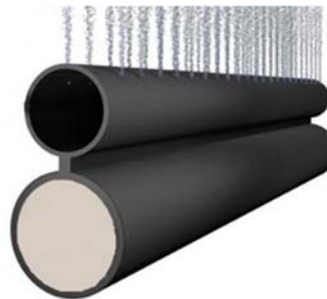
Figura 7. Tubería microperforada con lastre de arena de sílice. Fuente: Sewervac

Es importante a la hora de diseñar la solución tener en cuenta diferentes aspectos técnicos como la transferencia de oxígeno en la columna del agua, la variabilidad de la temperatura, el consumo de oxígeno de los microorganismos presentes o la transferencia de oxígeno efectiva en relación a la saturación que tenga en cada momento el agua.

Biorremediación.

Microorganismos –
nuestro favor

Puesto que la causa del nutrientes, la solución natural es para estos nutrientes. Esto se puede microorganismos naturales que que de forma natural eliminan la que proliferen. Bac-asili aprovecha medioambiental para resolver el problema degradando la materia orgánica y utilizando los nutrientes de forma altamente eficiente.



Bacterias un ejército inactivo a

problema es un desequilibrio de crear una competencia efectiva conseguir mediante el uso de crecen más rápido que las algas y fuente de alimento que produce el poder de la biotecnología



Figura 8. Bacterias Naturales Fuente: oxifuch.com

Bien es cierto que podemos tratar como antaño las masas del agua, pero hemos querido ampliar nuestro conocimiento para combatir la eutrofización entrando en detalles científicos que supongan no favorecer el equilibrio en la masa de agua y su ecosistema.

Dosificación sulfato de cobre

El uso de $CuSO_4$ (Sulfato de Cobre) está determinado que puede generar efectos rebote en el crecimiento de algas, nos encontramos con un producto químico que sólo solucionará la situación en el corto plazo, pero dejando para el largo plazo mayores problemas en nuestra masa de agua, con una menor calidad del agua y desplazando toda actividad biológica y natural beneficiosa que se pueda desarrollar en ella.

Dosificación de permanganato de sodio

La finalidad del uso de este químico es entre otras evitar el crecimiento de las algas, es usado para la desinfección del agua en diversas áreas, para balsas de riego se usan dosificaciones controladas y su fin es acabar con la materia orgánica de la masa del agua. Sin discriminar microorganismos presentes en el ecosistema de la masa de agua.

En distintas fichas de seguridad de distribuidores de este químico encontramos claramente especificado lo siguiente

“R50/53 Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático”

Medio ambiente: “La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos”. Comisión Europea. © OIT y OMS 2018

En tal sentido encontramos contraproducente el uso de este químico en la balsa si el tratamiento que vamos a emplear es un tratamiento biológico como lo es la oxigenación profunda, con la cual aprovechamos los propios microorganismos aerobios de la masa de agua. La dosificación de este químico puede llegar a tener un efecto contraproducente disminuyendo alarmantemente la concentración de oxígeno disuelto, acabando con el ecosistema.

Por nuestra parte no recomendamos el uso de estos químicos ya que puede afectar los resultados deseados al emplear un tratamiento biológico y trasladar una baja calidad del agua para la agronomía, viendo reflejado los resultados de esto en el producto final que vamos a consumir.

Tapado de la balsa o masa de agua para evitar evaporación y algas.

El tapado, si bien es cierto que garantiza una reducción en la evaporación del agua, de también reduce la generación de oxígeno por efecto de fotosíntesis e incluso la aireación superficial por corrientes de aire.

Al tapar se crea un efecto similar a cuando se tiene una turbidez elevada, impides el paso de la luz. Esto tiene varios inconvenientes, el principal de ellos es el agotamiento de oxígeno. Sin la luz las plantas acuáticas presentes en el agua no pueden realizar la fotosíntesis y por tanto están las 24 horas consumiendo oxígeno rompiendo el equilibrio existente.

Esto provoca una acumulación de fango, una degradación mucho más lenta hasta poder llegar a generar putrefacción, dificulta la aireación natural de la balsa o masa de agua. Sin presencia de luz los microorganismos también se ven obligados a gastar más energía lo que conlleva un aumento del consumo de oxígeno. Es recomendable pues que si se tapa también se oxigene.

Eficiencia

La búsqueda de la eficiencia energética con la oxigenación profunda.

1- Las algas o microorganismos presentes en la masa del agua realizan la fotosíntesis cuando hay presencia de luz solar. Durante la fotosíntesis consumen CO₂ y producen oxígeno. Esto lo hacen durante el día, durante la noche consumen oxígeno y producen CO₂. El momento de menor concentración de oxígeno en el agua es justo antes de que salga el sol, momento ideal para iniciar la oxigenación de la masa de agua. El mayor consumo de oxígeno por parte de microorganismos y vegetación es en las horas del mediodía momento del pico más alto de demanda de oxígeno en una masa de agua.

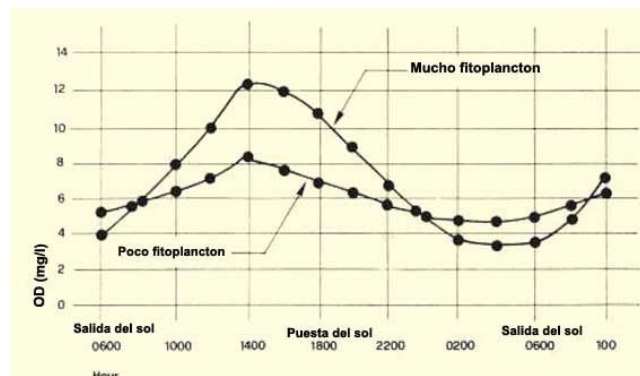


Figura 9. Demanda de oxígeno en función de las horas del día. Fuente: Food and Agriculture organization of the united nations

2- No siempre debemos mantener la oxigenación en la masa del agua, esto dependerá de los niveles de saturación de oxígeno disuelto que ya tengamos obtenidos, para poder decidir si mantener o iniciar el proceso de oxigenación o no.

En la siguiente gráfica podemos ver que a niveles superiores a 4ppm o mg/l de dilución de oxígeno en agua la eficacia de la transferencia de oxígeno disminuye en promedio un 50%.

Nivel de oxígeno existente en agua mientras se airea (mg/L o ppm)	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
0	89%	90%	91%	92%	96%
1	82%	82%	82%	82%	82%
2	75%	73%	72%	72%	67%
3	67%	64%	62%	58%	56%
4	58%	55%	51%	46%	44%

5	52%	46%	41%	35%	31%
6	41%	36%	30%	24%	17%
7	34%	27%	19%	10%	3%
8	25%	17%	8%	2%	0%
9	17%	8%	0%	0%	0%
10	9%	0%	0%	0%	0%

Tabla 1. Eficacia de transferencia de oxígeno en función de los niveles de oxígeno disuelto en agua. Fuente: elaboración propia

Beneficios para los cultivos:

La concentración necesaria de oxígeno para que un suelo esté bien aireado es del 20,7%, con concentraciones por debajo del 10-15% algunas plantas inhiben su crecimiento ocasionando grandes pérdidas económicas.

- **Más crecimiento:** En la mayoría de plantas la transferencia de oxígeno no alcanza una tasa suficiente. Por este motivo, en suelos con condiciones físicas desfavorables, la aireación es necesaria para aportar concentraciones suficientes de oxígeno a la zona radicular.
- **Más Beneficio:** El rendimiento de la producción aumenta de forma notable cumpliendo el ciclo de maduración en menor espacio de tiempo de lo habitual. Una cosecha más voluminosa y un cultivo más productivo, conseguido en menor cantidad de días, ahorrando gran cantidad de agua de riego, gastos de abonos y otros aditivos.
- **Mejor sabor:** Otro factor a destacar es la calidad del sabor de los productos que contendrán una mayor cantidad de azúcares.
- **Cultivo ecológico:** Tecnología natural, sin componentes tóxicos o contaminantes, que permite el cultivo ecológico sin necesidad de usar químicos u otros productos que además no resuelven el problema en su origen.

Conclusión particular

Si se quiere realizar una actuación sobre la masa de agua o balsa, lo ideal es ir a la causa u origen del problema y no a la consecuencia. La naturaleza es perfecta y debemos de respetar sus procesos y ciclos de vida, se trata de estabilizar el ecosistema de la masa de agua y alcanzar un equilibrio de sus parámetros.

REFERENCIAS

Chart, F. O. (2021). Food and Agriculture organization of the united nations. Obtenido de Food and Agriculture organization of the united nations:



XXXIX Congreso Nacional de Riegos ÚBEDA (JAÉN)

18, 19, 20 de octubre de 2023



https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 11 número 4 16 de mayo - 29 de junio, 2020. *Ensayo El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas.* Mario de Jesús Moreno Roblero, Joel Pineda Pineda, Ma. Teresa Colinas León, Jaime Sahagún Castellanos, Instituto de Horticultura-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, México. CP. 56230.

Boog, J., Nivala, J., Kalbacher, T., van Afferden, M., Müller, R.A. 2020. Do wastewater pollutants impact oxygen transfer in aerated horizontal flow wetlands? *Chemical Engineering Journal*, 383, 123173. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123173>

United States Environmental Protection Agency, EPA/600/R-11/088 *Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers, and Managers* (August 2011). www.epa.gov/nrmrl.

Palabras claves: Eutrofización, DQO, DBO, microorganismos, anoxia

Keywords: Eutrophication, COD, BOD, microorganisms, anoxia.