

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Dr. Vázquez, Francisco

Introducción

Este trabajo ilustra, con conocimientos básicos, el sistema de “lagunas de estabilización” para tratamiento de efluentes líquidos, susceptibles de degradación biológica, como lo son los líquidos cloacales.

Contiene consideraciones sobre los fenómenos físico-químicos que ocurren en cada tipo de laguna o estanque y además trata sobre lineamientos generales de diseño y operación.

TRATAMIENTO AEROBIO

- 1) Barros o jugos activados
- 2) Filtros o lechos percoladores
- 3) Estanques o lagunas de estabilización aerobios
- 4) Lagunas aireadas

* En las lagunas aireadas, se utiliza aireación forzada por medios mecánicos para proporcionar oxígeno a las bacterias, por lo que el proceso es sustancialmente el mismo que el de barros activados, sin recirculación.

* En los estanques o lagunas aerobios fotosintéticos, el oxígeno es suministrado mediante la aireación superficial na-

tural y por la fotosíntesis de las algas.

* Excepto la población de algas, la comunidad biológica presente en los estanques de estabilización, es semejante a la de un sistema de barros activados.

El oxígeno liberado por las algas a través del proceso de fotosíntesis es utilizado por bacterias en la degradación aerobia de la materia orgánica. Los nutrientes y el dióxido de carbono liberados en la degradación, son a su vez, utilizados por las algas. Esto es lo que se denomina simbiosis (ver Fig.1).

Los animales superiores como los rotíferos y protozoos, también se hallan presentes en el estanque y su función principal consistirá en mejorar las características del efluente, constituyendo eslabones subsiguientes de la cadena trófica.

* Debido a la presencia de aireadores mecánicos, las algas no tienen tanta importancia en los estanques de aireación artificial (o forzada).

* Las instalaciones de aireación sirven también para mezclar el contenido del estanque y evitar la sedimentación de los sólidos suspendidos. Si se permitiese el depósito de los sólidos, se acumularía en el fondo una capa de barros (no totalmente digeridos) anaerobios y el sistema se con-

¹ Dr. en Ciencias Químicas

vertiría en aerobio-anaerobio (facultativo).

El grupo específico de algas, animales o especies bacterianas presentes en

cualquier sección de la laguna aeróbica, dependerá de factores tales como: carga orgánica, grado de mezcla del estanque, pH, nutrientes, luz solar y temperatura.

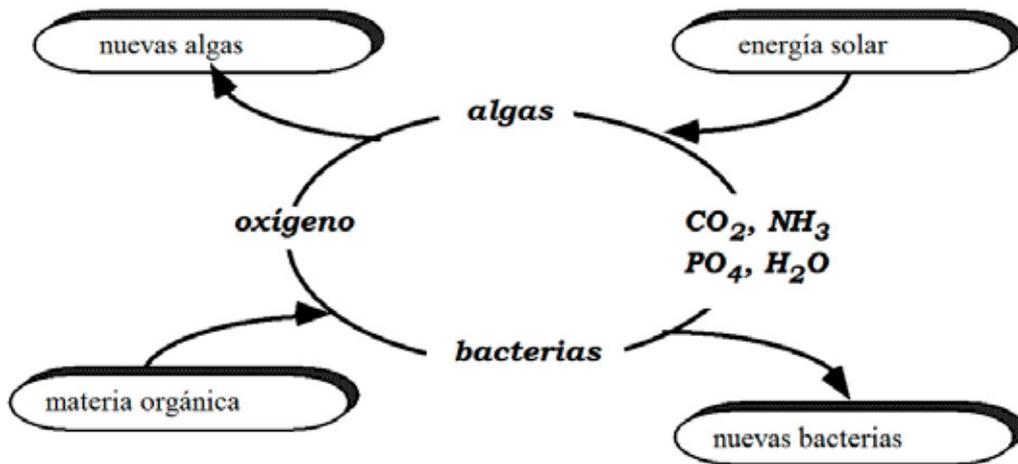


Fig.1: Relación simbiótica

TRATAMIENTO ANAEROBIO

* El tratamiento anaerobio de aguas residuales supone la descomposición de la materia orgánica y/o inorgánica en ausencia de oxígeno molecular.

La principal aplicación se halla en la digestión de los barros de aguas residuales domésticas una vez concentrados, así como el tratamiento de algunos efluentes industriales líquidos; sin embargo, mediante el proceso de contacto anaeróbico y el filtro anaeróbico se ha mostrado que los residuos orgánicos diluidos pueden tratarse anaeróbicamente.

* Los microorganismos causantes de la descomposición de la materia orgánica se dividen frecuentemente en dos grupos:

a- El primer grupo

Hidroliza y fermenta compuestos orgá-

nicos complejos a ácidos simples, de los cuales los más corrientes son el ácido acético y el ácido propiónico. Este grupo de microorganismos se compone de bacterias facultativas y anaerobias, colectivamente denominadas bacterias formadoras de ácidos.

b- El segundo grupo

Convierte los ácidos orgánicos formados por el primer grupo, en gas metano y dióxido de carbono. Las bacterias responsables de esta conversión son anaerobias estrictas y se las conoce como bacterias formadoras de metano.

Las bacterias más importantes de este grupo (son las que degradan el ácido acético y el ácido propiónico) tienen tasa de crecimiento muy lenta y por ello, su metabolismo se considera como limitante del tratamiento anaeróbico de un residuo orgánico.

En esta segunda fase tiene real-

mente lugar la estabilización del residuo al convertirse los ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono; el gas metano así obtenido es sumamente insoluble y su separación de la solución representa la estabilización real del residuo.

Muchos grupos de bacterias facultativas y anaerobias utilizan los distintos iones inorgánicos presentes en el barro (= fango). El desulfovibrio produce la reducción del ión sulfato a ión sulfuro, otras bacterias reducen los nitratos a gas nitrógeno como última etapa (desnitrificación).

Con el objeto de mantener un sistema de tratamiento anaeróbico que estabilice correctamente el residuo orgánico, los microorganismos formadores de ácido y de metano deben hallarse en estado de equilibrio dinámico.

Las ventajas e inconvenientes del tratamiento anaeróbico de un residuo orgánico, al compararse con otro del tipo aeróbico, provienen del lento crecimiento de las bacterias formadoras de metano las que son particularmente importantes como causantes de la fermentación de los ácidos acético y propiónico.

Debido a la escasa producción de microorganismos en un tratamiento anaeróbico de residuales, la necesidad de nutrientes biológicos tales como nitrógeno y fósforo es baja, y la cantidad de microorganismos a purgar es menor si se compara con procesos aeróbicos tales como el de barros activados.

El lento crecimiento de las bacterias formadoras de metano limita igualmente el tratamiento anaeróbico de un residuo orgánico, por cuanto dichos microorganismos reaccionan lentamente frente a condiciones

ambientales cambiantes. Por ello se necesitan períodos de tiempo relativamente altos para establecer un sistema equilibrado.

TRATAMIENTO ANAEROBIO-AEROBIO

Los estanques en que se efectúan tratamientos de estabilización de aguas residuales mediante la combinación de bacterias del tipo facultativas, anaeróbicas y aeróbicas, se conocen con el nombre de estanques de estabilización facultativos.

Estos estanques poseen una zona aeróbica superior y una anaeróbica inferior.

En la práctica, el oxígeno se mantiene en la capa superior por la presencia de algas, el intercambio superficial de oxígeno o por aireadores artificiales (mecánicos).

Cuando se recurre a la aireación forzada, las algas no son de vital importancia.

La comunidad biológica de la capa superior o aerobia, es similar a la de una laguna aeróbica, mientras que los microorganismos de la capa inferior del estanque son bacterias facultativas y anaerobias (ver Fig. 2).

EVOLUCIÓN DEL TÉRMINO LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Las lagunas de estabilización reciben diferentes nombres, entre otros, "Lagunas de Oxidación", "Lagunas de Aguas Negras", "Estanques de Oxidación", etc.

El término "Lagunas de Oxidación", se utilizó por la importancia que tiene el oxígeno en el proceso estabilizador de la materia orgánica, y por la gran cantidad de este gas que se produce a través

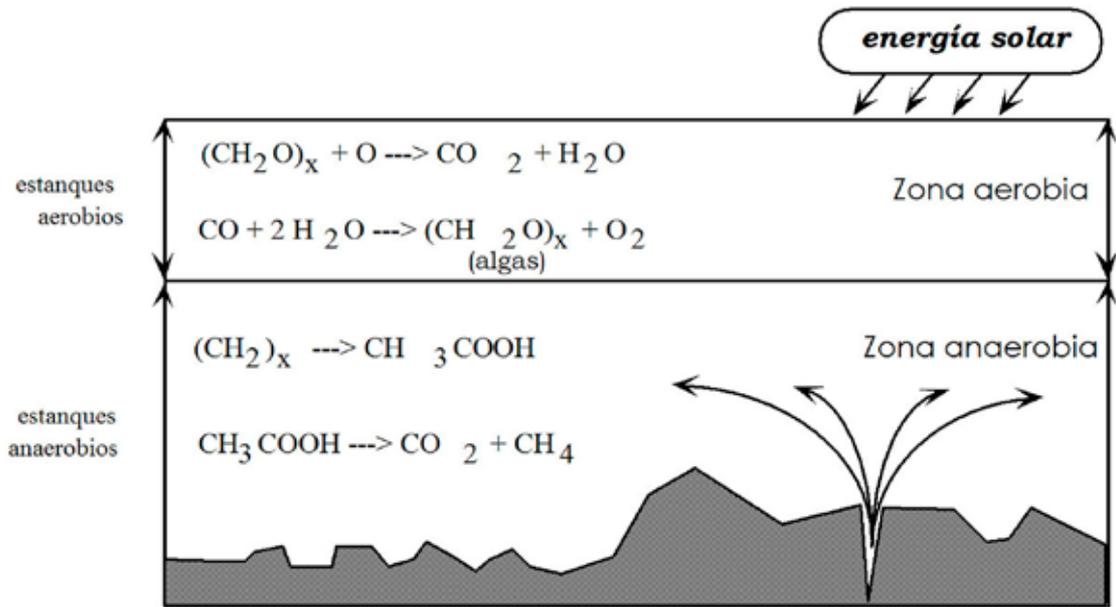
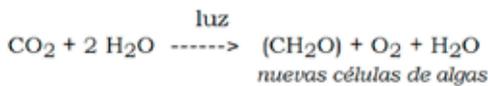


Fig. 2.

del proceso de fotosíntesis de las algas.



La respiración:



Sin embargo, el Servicio de Salud Pública de los EEUU, que es una de las entidades que mejor ha estudiado estos fenómenos, recomienda el nombre de "Lagunas de Estabilización", por considerar, que si bien es cierto que el proceso de oxidación es muy importante, simultáneamente ocurren otros igualmente importantes como el de reducción. Por consiguiente, el término "Lagunas de Estabilización", es el más apropiado.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Las lagunas de estabilización se clasifi-

can en cuatro clases:

- Fotosintéticas o aerobias,
- Facultativas,
- Anaerobias,
- Lagunas con aireación mecánica o forzada o artificial.

1-Las fotosintéticas

Son las lagunas de poca profundidad que reciben una carga orgánica relativamente baja y que logran mantener oxígeno disuelto en toda su profundidad. (Profundidad = entre 0,20 y 0,50 metros).

2-Las facultativas

Son lagunas de mediana profundidad (entre 1 y 2 metros), que mantienen oxígeno disuelto en las capas superiores y son anaerobias en las capas inferiores. Cuando la tur-

biedad es baja o hay mucha agitación el oxígeno disuelto puede llegar hasta el fondo.

Estas lagunas reciben una carga orgánica moderada, generalmente no producen malos olores, por lo que basta con retirarlas unos 100 a 300 metros de las zonas pobladas.

3-Las anaeróbicas

Son por lo general lagunas con profundidades superiores a los 2 metros, y que reciben cargas orgánicas muy fuertes, por lo que se mantienen en condiciones anaerobias. Tienen la ventaja de que ocupan menos áreas que las otras, pero en cambio su mantenimiento es más costoso, pues hay que estar removiendo lodos digeridos periódicamente. Además producen olores nauseabundos, por lo que hay que instalarlas en zonas alejadas de centros urbanos.

4-Las aireadas

Son las que se proveen de oxígeno en forma artificial mediante aireadores mecánicos, que lo toman del aire y lo transfieren a la laguna o estanque.

CONCEPTO - CLASIFICACION

Podrían ubicarse a las lagunas de estabilización en una situación intermedia entre lo que ocurre en los cuerpos receptores de aguas y lo que se realiza en una planta de tratamiento.

El ambiente es natural, los factores intervinientes en el proceso, son naturales, pero la situación es controlable si el diseño es ordenado y se presta a las lagunas un mínimo de atención para su buen funcionamiento.

Las lagunas de estabilización ofrecen

la ventaja de su muy sencilla y rápida ampliación (cuando hay posibilidades de espacios), de modo que es fácil ir siguiendo en capacidad de tratamiento, el real crecimiento de los caudales a tratar o modificaciones en cuanto a las cargas orgánicas, a medida que aumentan las conexiones domiciliarias o efluentes industriales que siendo compatibles, vuelquen sus efluentes al sistema de lagunas. Ello permite además, obtener progresivamente resultados de explotación y, conforme a los mismos, ajustar el dimensionamiento de las sucesivas reservas de tierras como previsión de futuro.

Con este proceso se puede conseguir un grado de depuración apreciable, con inversiones y costos de operación y mantenimiento mucho menor que en plantas de tratamiento convencionales. Este tipo de tratamiento requiere, como único factor limitante, grandes superficies de terreno, en contraste con otros sistemas de depuración.

Resumiendo las ventajas que ofrecen las lagunas de estabilización, siempre que las condiciones del problema hagan factible su empleo:

- 1) Prácticamente no hay estructuras.
- 2) No son necesarios equipos mecánicos u electromecánicos. (salvo casos de aireación forzada).
- 3) Mínima pérdida de carga.
- 4) Operación muy simple.
- 5) Requerimiento de mínimo personal y no especializado
- 6) Ampliaciones y modificaciones fáciles de concretar.

7) Alta eficiencia en la eliminación e inactivación de microorganismos patógenos.

Conviene recordar que el deseo de dar una base racional al diseño de lagunas de estabilización ha dado lugar a numerosos estudios, a veces con desarrollo de cuidadosas investigaciones de laboratorios sobre lagunas experimentales, tendientes siempre a determinar las variables que pueden influir en los fenómenos que gobiernan el comportamiento de las lagunas.

No obstante los esfuerzos realizados en las investigaciones, no parece haberse logrado un criterio racional concreto y totalmente satisfactorio que contemple los múltiples y variables factores que caracterizan a los procesos que tienen lugar en ambientes naturales, aprovechados pero no completamente controlados por el hombre.

Las lagunas aeróbicas no son muy utilizadas en la práctica; han llamado la atención por su elevada eficiencia, pero no han encontrado campo de aplicación por la necesidad de cumplir condiciones muy estrictas en su diseño y en su explotación, lo que aumenta su costo y las torna poco prácticas.

Para el tratamiento de desagües cloacales, pueden utilizarse o aplicarse lagunas facultativas, o bien lagunas anaeróbicas y facultativas en serie. Esta disposición, en serie, disminuye el área requerida pero no siempre es aconsejable por las limitaciones propias de las lagunas anaeróbicas.

Cuando el cuerpo receptor está constituido por pequeños cursos de agua o por corrientes intermitentes, pueden utilizarse lagunas facultativas en serie, en procura de mejor calidad del efluente. También pueden utilizarse lagunas facultativas solas.

LAGUNAS ANAEROBICAS

El proceso es fundamentalmente anaeróbico. La estabilización se lleva a cabo por la acción de bacterias anaerobias, con ausencia total de oxígeno en la laguna o estanque; a lo sumo en la superficie libre y sin mayor significación, podrían haber procesos aeróbicos y en algunas ocasiones con un pequeño desarrollo de algas.

Los procesos anaeróbicos tienen su mayor aplicación en el tratamiento de los barros separados del líquido cloacal en los procesos de depuración.

La temperatura juega un rol preponderante en los procesos anaeróbicos. En las lagunas anaeróbicas los procesos son más rápidos con temperaturas mayores, además es un hecho conocido que variaciones de temperatura originan perturbaciones en el proceso.

La intensa carga orgánica que reciben estas lagunas determina las condiciones de anaerobiosis.

Debe intentar mantenerse la temperatura del líquido, constante; en este sentido, se busca diseñarlas con una profundidad que oscila entre los 1,80 y 3,0 metros cuando la topografía del terreno lo permite. Pueden ser más profundas.

En relación al dimensionamiento de las lagunas anaeróbicas, se han intentado fórmulas para su cálculo racional, pero por tratarse de fenómenos biológicos y desarrollados en medio natural, mucho menos ajustables a fórmulas que los procesos de digestión en plantas de tratamientos, no parece por el momento, que sea aconsejable otra forma de dimensionamiento que la expresada en la carga de D.B.O por día y

por unidad de volumen de lagunas y aplicada por vía de estudios experimentales o por comparación con casos similares.

Se ha empleado mucho y se sigue empleando la carga en D.B.O por día y por unidad de superficie, pero para lagunas anaeróbicas, que no se basan en el proceso de fotosíntesis, tan vinculados con el área de la laguna, parece más adecuado vincular la carga con la unidad de volumen. Algunos prefieren basar el dimensionamiento en el tiempo de permanencia o período de detención lo cual no tiene en consideración la concentración del líquido afluente (o ingresante).

Para temperaturas de aproximadamente 20 °C, se puede recomendar provisoriamente, una carga de 25 a 30 kg diarios de D.B.O por cada 1000 metros cúbicos de volumen de laguna.

Para un tirante líquido de 2 metros en la laguna, equivale a una carga superficial de 500 a 600 kgs de D.B.O / ha. x día, que para una concentración en D.B.O del líquido afluente en la laguna de 250 mg/litro, el período de detención resulta de unos 8 a 10 días. en estas condiciones puede esperarse una remoción de D.B.O de un 50 a 60%. Se menciona para lagunas actualmente en explotación, eficiencias en remoción de D.B.O entre 40 y 70 %.

Desde el punto de vista bacteriológico, la eficiencia es mucho menor a la que se obtiene en lagunas facultativas, puede ser del orden de un 40 % de remoción de coliformes.

El efluente de lagunas anaeróbicas no contiene oxígeno disuelto, es frecuentemente turbio, ligeramente gris y en general es sometido a tratamientos posteriores en lagunas facultativas y aerobias.

La combinación de lagunas anaeróbicas y facultativas en serie, constituye cuando las condiciones locales lo permiten, una solución interesante por la disminución del área total requerida.

En el tratamiento mediante lagunas de algunos efluentes industriales, como los de la industria de la carne, se hace imprescindible, por la concentración y características del líquido, operar con lagunas en serie de uno u otro tipo.

Conviene adoptar las formas de las lagunas anaeróbicas a la topografía del lugar, pero procurando darle una forma alargada, con relación largo/ancho del orden de 3/1 o 4/1; con ello la acumulación de gran parte del barro se produce en las zonas de entrada en las que se desarrolla, consecuentemente, la mayor actividad bacteriana. En la zona de salida, con menor actividad, prevalecen condiciones de aquietamiento que disminuyen el arrastre de sólidos en el efluente.

Se aconseja que el líquido a tratar ingrese por conductos múltiples, dispuestos en la extremidad de entrada, para favorecer una mejor distribución de la carga orgánica.

La salida debe estar protegida por algún sistema de pantallas para evitar el arrastre de flotantes, característicos de las lagunas anaeróbicas.

Los taludes en el lado interior pueden ser de pendiente 1:3 o 1:4, dependiendo de la calidad del terreno; y del lado exterior con pendiente 1:2 o 1:3. (Fig. 3).

Aunque la acumulación del barro (que continúa su evolución por tiempo muy prolongado) es muy lenta, debe prevenirse que, con intervalos de varios años pue-

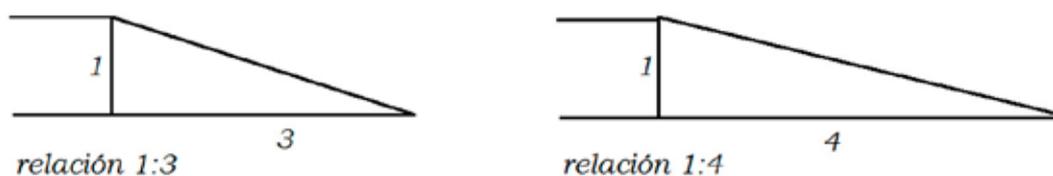


Fig.3: Lagunas anaeróbicas. Taludes internos.

de ser necesario removerlos (quitarlos mediante limpieza). Para ello es aconsejable, si la carga de la laguna es elevada y las condiciones topográficas lo permiten, disponer de cañerías de desagües (purgas). En caso contrario pueden vaciarse mediante el uso de bombas para barros.

El secado del barro acumulado, una vez escurrido o percolado el líquido, se produce por evaporación e infiltración lo que reduce su volumen. El barro seco (digerido) puede ser utilizado con fines agrícolas como fertilizante.

Por lo expuesto, se recomienda muchas veces, especialmente para lagunas anaeróbicas muy cargadas, que se las construya, como mínimo en número de dos.

Los inconvenientes que presentan las lagunas anaeróbicas se vinculan con su aspecto poco estético, y con la posibilidad de producción de olores desagradables. Debe hacerse notar que el desprendimiento de olores ofensivos no constituye una característica inevitable, particularmente cuando el proceso es normal.

El ácido sulfhídrico presente en el proceso anaeróbico, puede encontrarse casi enteramente disociado como ión hidrógeno sulfuro y por lo tanto no liberarse; el desarrollo de bacterias como Thiopedia rosea cubre a veces las lagunas anaeróbicas y convierte el dihidrógeno sulfuro y

hidrógeno sulfuro en azufre no bien se va formando, reduciendo consecuentemente a un mínimo los olores objetables.

En estos casos las lagunas toman un color característico que les ha dado el nombre de "lagunas rosadas".

De todos modos conviene, por precaución, ubicar lagunas anaeróbicas en lugares despo-blados, si fuera posible en dirección opuesta a la del viento, naturalmente es una condición difícil de cumplir y además en general, la ubicación de las lagunas con respecto a la población a la que sirve, está determinada por razones topográficas y de ubicación del cuerpo receptor del efluente de las lagunas. Una distancia mínima a respetar puede ser la de un kilómetro aproximadamente, del límite urbano.

Para aumentar la protección, conviene crear cortinas de árboles y arbustos de hojas perennes.

En general, puede decirse, que las lagunas anaeróbicas pueden tener mayor aplicación cuando se reúnan ciertas condiciones locales de topografía y especialmente en zonas de temperaturas elevadas.

LAGUNAS FACULTATIVAS

En las lagunas facultativas pueden reconocerse tres zonas de descomposición:

- Una zona con oxígeno disuelto en la que predominan bacterias aeróbicas, especialmente en la parte superior de la laguna.

- Una zona con total ausencia de oxígeno disuelto, en el fondo de la laguna, donde se sedimentan gran parte de los sólidos suspendidos en el líquido (anaerobiosis).

- Una tercera zona intermedia en que el contenido de oxígeno disuelto puede ser muy variable o estar ausente.

En la zona superior se produce la oxidación de la materia orgánica carbonácea por bacterias aerobias.

En el metabolismo aeróbico de la materia orgánica, gran parte de la materia carbonácea sirve como fuente de energía para los microorganismos y es respirada como dióxido de carbono; los productos finales de esta oxidación son el dióxido de carbono y el agua. Esta acción la cumplen fundamentalmente bacterias aerobias, pero también actúan hongos y protozoos.

Los microorganismos usan el resto de la materia carbonácea, juntamente con el nitrógeno, fósforo, etc., disponibles, para formar nuevo material celular. Por acción bacteriana el nitrógeno orgánico pasa sucesivamente a amoníaco, nitritos y nitratos; los sulfuros se oxidan a sulfatos.

El oxígeno disuelto necesario para estos procesos de oxidación que se desarrollan en la parte superior de las lagunas facultativas, proviene de dos fuentes:

- de las algas que se desarrollan en la zona,

- y la aireación natural que se opera en la

superficie de la laguna.

Las algas actúan tomando dióxido de carbono disponible y desprendiendo oxígeno durante las horas de luz (fotosíntesis).

El oxígeno así disponible, que alcanza niveles de saturación y sobresaturación en algunos casos, es utilizado por las bacterias y demás microorganismos aeróbicos que a su vez descompondrán la materia orgánica presente en el líquido a tratar. Es una conjunción de acciones.

Naturalmente en horas de la noche, por falta de luz solar, tiende a disminuir la concentración de oxígeno disuelto; en este momento puede cobrar significación la aireación superficial, intensificada por acción eventual del viento, esto además impide la estratificación en el agua de la laguna, mezclando la masa líquida y mejorando sus condiciones.

Los estratos superiores aerobios cubren la porción anaeróbica en la que se desarrollan procesos similares a los descritos al tratar lagunas anaeróbicas. Normalmente no hay problemas de olores.

Las algas verdes, microscópicas son características de las lagunas facultativas que funcionan correctamente, siendo las más típicas: *Chlorella*, *Euglena*, y *Chlamydomonas*. Se observan frecuentemente algunas *Phacus* y *Scenedesmus*.

Las algas verdeazules comunes en lagunas facultativas son: *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Phormidium*, etc.

Durante el verano es posible que se desarrollen aglomeraciones de algas verdeazules que usualmente alcanzan la superficie de la laguna.

Se presentan problemas particularmente cuando se acumulan superficialmente aglomeraciones de *Phormidium*.

El proceso fotosintético, lo mismo que las restantes reacciones biológicas que tienen lugar en lagunas facultativas, es afectado por la temperatura.

Las condiciones más favorables para los procesos elaborados por las algas se encuentran aproximadamente entre los 20 y 30 °C (temperatura del agua), los valores límites superiores e inferiores parecen ser 35 y 5 °C aproximadamente.

Cuando aumenta la temperatura hacia el valor límite, las algas verdes del grupo *Chloro-pyceae* disminuyen o desaparecen, desarrollándose acumulaciones flotantes de algas verde-azules, acompañadas de olores ofensivos.

El aumento de la temperatura también acelera los procesos de descomposición y por lo tanto el consumo de oxígeno y disminuye la solubilidad de éste.

Con temperaturas muy bajas, decrece hasta llegar a anularse la actividad de las algas y las bacterias.

Con respecto al dimensionamiento de las lagunas facultativas, también se encuentran por el momento, dificultades para el empleo de bases concretas y totalmente racionales; se trata de procesos biológicos desarrollados en ambiente natural y por lo tanto difíciles de ser expresados en fórmulas confiables.

Parece aconsejable adoptar como criterio de dimensionamiento la carga de DBO por unidad de superficie y por día (kg DBO/ha.día). Se aconsejan valores bajos

de kg DBO/ha.día para zonas de climas fríos o con nublados muy prolongados.

La acción solar es fundamental. Se considera como factor preponderante la energía radiante del sol que puede medirse por pirheliómetros, en langles/día (cal.gramo/cm² día) y de una medida de radiación solar (se mide por diferencia entre una superficie metálica brillante y una oscura) y de la energía transmitida (acción fotosintética).

En cuanto al tirante líquido, no debe ser menor de 0,90 metros, por razones de mantenimiento: crecimiento de malezas en las lagunas y consiguiente proliferación de mosquitos. Un valor recomendable en condiciones medias es de 1,00 metros.

Cuando el líquido contenga muchos sólidos sedimentables, conviene aumentar el tirante líquido (profundidad de la laguna), puede preverse en estos casos, una zona de mayor profundidad rodeando o alrededor del punto de ingreso del effluente a la laguna.

Al considerar el proyecto de laguna, debe tenerse en cuenta además de los factores ya mencionados, otros como evaporación y precipitaciones.

En algunas regiones cálidas, la intensa evaporación puede dar lugar a lagunas sin effluente, y, en otras con intensas precipitaciones pluviales pueden originarse grandes cantidades de effluentes bastante diluidos en esas ocasiones.

Cuando el suelo sea muy permeable puede haber dificultades en llenar la laguna, con las consiguientes fallas en la operación y dificultades en el mantenimiento (formación de charcos, crecimiento de malezas, proliferación de mos-

quitos); asimismo existe el peligro de contaminación de los acuíferos subyacentes.

En estos casos puede ser necesario impermeabilizar el fondo con limo, arcilla, bentonita, sellados asfálticos, membranas plásticas delgadas protegidas superficialmente con material proveniente de la excavación de la laguna, etc.

La eficiencia en remoción de DBO en lagunas facultativas puede ser del orden del 75 al 90 %. Con respecto a la remoción de las bacterias, se considera que un sistema correctamente proyectado y en condiciones comparables, la eficiencia en lagunas facultativas es mayor que en los sistemas de tratamiento de lechos percoladores o barros activados.

La remoción de coliformes puede ser de 90 a 99,9 %.

En cuanto a la inactivación de virus, se ha evidenciado que también se puede esperar mayor eficiencia que en los tratamientos de líquidos cloacales en plantas convencionales.

LAGUNAS AEROBIAS

En las lagunas aeróbicas la descomposición de la materia orgánica tiene lugar en medio rico en oxígeno el cual es provisto fundamentalmente por acción fotosintética a partir de las algas presentes, además de la contribución de los vientos predominantes.

Estas lagunas han tenido su mayor aplicación en estudios de laboratorios y en sistemas experimentales, han sido estudiados muy intensamente por GOTAAS y OSWALD, entre otros investigadores, permitiendo un importante avance en el em-

pleo de estas lagunas.

Las lagunas de oxidación, para que cumplan exclusivamente una acción aeróbica, deben ser construidas con tirantes líquidos muy pequeños (0,15 a 0,25 metros), de modo de que la luz solar penetre hasta el fondo.

Para mantener las condiciones aeróbicas plenas, se hace necesario mezclar agitando, toda la masa líquida.

La necesidad de agitación impone o exige un revestimiento del fondo, de modo de proteger el suelo y evitar su erosión además de impedir que aumente la turbiedad dificultando el pasaje de la luz solar entorpeciendo en normal desenvolvimiento de la actividad algal. Por otra parte, el revestimiento impide la proliferación de vegetación que contribuye al desarrollo de mosquitos y otros insectos que viven en este medio, además de entorpecer el mantenimiento.

Todo esto hace que las lagunas aeróbicas no resulten aplicables en la práctica, pese a su probada eficiencia, debido a la necesidad de cumplir condiciones muy estrictas en su diseño y explotación

PROYECTO

Deberían considerarse los siguientes aspectos:

a) ubicación:

- Disponibilidad de áreas adecuadas.
- Dirección de los vientos dominantes en la zona.

- Distancia al los centros poblados.
- Calidad del suelo.
- Topografía. Posibilidad de inundaciones.

- Utilización de aguas subterráneas. Su protección.

- Forestación próxima. Evitar árboles de hojas caducas.

b) número de unidades:

Una, dos o más. Dimensiones de cada una; en general oscila entre una a cuatro hectáreas, aunque las hay más grandes, dependen de la topografía del lugar.

c) disposición de unidades:

En paralelo o en serie cuando se desea intensificar el tratamiento.

d) forma:

Están determinadas por la topografía local, dirección de los vientos, etc., en general son regulares: cuadradas o rectangulares, siempre con esquinas redondeadas para evitar la acumulación de espumas y flotantes.

e) entrada del líquido al sistema:

La entrada puede ser apoyada contra el fondo, especialmente si la laguna facultativa esta precedida por una anaeróbica. En lagunas facultativas directas conviene en general la entrada por cañería sobre el nivel líquido. En cualquier caso prever solera de protección de fondo en el punto de entrada. La ubicación de la entrada debe estar preferiblemente alejada de la orilla.

f) salida del líquido (efluente):

Por vertedero. Alejada de la entrada. Debe considerarse la posibilidad de variar el nivel del líquido.

g) fondo de la laguna:

No tiene que ser necesariamente plano ni horizontal, pero si, lo más regular posible, respetando los tirantes máximos y mínimos establecidos en el diseño.

h) taludes:

De acuerdo con la calidad del terreno. Lado interior: de 1:3 a 1:5. Lado exterior: de 1:2 a 1:3.

Ancho del coronamiento: suficiente para su compactación y tránsito de vehículos durante el mantenimiento de las lagunas. Entre 2,5 y 4,0 metros.

i) revancha:

Mínimo, para pequeñas lagunas: 0,40 metros. Para lagunas de aproximadamente una hectárea, 0,50 a 0,60 metros. Dependerá, naturalmente de sus dimensiones frente a los vientos dominantes. En lagunas más grandes, será de 1,0 metros o mayor.

j) complementos:

Aforadores de entrada, preferentemente de resalto y de salida (pueden ser vertederos). Si las condiciones económicas lo permiten pueden instalarse en cada laguna.

Cámara de rejas. Separación libre entre barrotes: 2 centímetros. Evita el ingreso de sólidos no disgregables que afectan el funcionamiento y estética de las lagunas.

Alambrado perimetral con alambres de púas. Cercos vivos espinosos de hojas perennes, bajos y algo alejados de los bordes de las lagunas.

Evitar acceso de extraños y animales al predio de las lagunas.

APLICABILIDAD DE SISTEMAS DE LAGUNAS COMO TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES. LIMITACIONES

Los desagues industriales se caracterizan por su gran variedad, en cantidad y calidad.

Aparecen marcadas diferencias de acuerdo con el tipo de industria, y aún dentro del mismo tipo, según procesos empleados y las características propias de cada establecimiento.

Para ordenar el estudio de los desagues industriales, se han instalado diversas clasificaciones. La de FAIR y GEIER considera:

- Desagues con contenido de impurezas inorgánicas.
- Desagues con contenido de impurezas orgánicas.
- Desagues con contenido de impurezas de ambos tipos, tanto inorgánicas como orgánicas.
- Desagues radiactivos. (Energía atómica).

En los resúmenes y tablas que ofrece la bibliografía, es frecuente encontrar referencias a lo que se llama "Población Equivalente", concepto que es útil para dar idea

del problema que presentan los efluentes industriales, para hacer comparaciones primarias, para apreciar incidencias de desagues industriales sobre desagues cloacales, para visualizar problemas de contaminación de cuerpos de aguas, etc.

Naturalmente, el conocimiento completo de un efluente líquido particular, surge del análisis físico-químico y del aforo de sus caudales, extendidos en el tiempo en la medida que lo requiera el tipo de efluente.

La Población Equivalente se expresa en términos de la DBO y solamente tiene sentido cuando se trata de desagues con contenido de materia susceptible de ser degradada micro-biológicamente.

La Población Equivalente se expresa:

$$P.E = \frac{V \cdot G}{C}$$

Donde:

P.E = población equivalente.

V = volumen diario del desague (metro cúbico/ día)

C = DBO. Corresponde a las unidades: gramos por habitante y por día. Para nuestra zona suele adoptarse el valor de 50 o 60.

(Para un diseño correcto debería determinarse el valor de la DBO para la población que va a ser asistida mediante este tipo de tratamientos, ya que el valor de la DBO varía con la idiosincrasia y costumbres de los habitantes de cada zona).

G = Valor de DBO del desague indus-

trial expresado en mg/ litro o gramos/ metro cúbico.

La población equivalente se relaciona también con la unidad de producción (de materia prima o producto de la industria, lo que resulte más práctico en cada caso), dando una expresión muy usada en plantillas que ofrece la bibliografía sobre el tema, y que independiza la cantidad de desagüe, determinada por la cantidad de agua usada en la industria.

Los valores de P.E difieren a veces considerablemente entre diferentes países y autores.

Es útil conocer los valores aproximados de DBO de algunos efluentes industriales:

- leche entera = 100.000 mg/l,
- sangre, vacuno = 160.000 mg/l.

Las lagunas de estabilización pueden intervenir en el tratamiento de desagues industriales, en algunas de las distintas formas:

a) Para tratamiento de líquidos cloacales de una ciudad o localidad, que recibe o no líquidos efluentes industriales conectados a la red colectora cloacal.

b) Para tratamientos de líquidos industriales. A veces se le agregan efluentes cloacales para facilitar el proceso.

c) Para tratamiento de barros (con elevado contenido orgánico), separados en tratamientos convencionales de desagues industriales.

d) Para procesos de afinamiento, después

de tratamientos convencionales.

En todos los casos no existen mayores inconvenientes siempre y cuando los efluentes industriales no interfieran los procesos biológicos, que son la base de estos tratamientos, debido a mecanismos de interrupción o inhibición.

Producen interferencias las descargas con valores de pH extremos (o muy altos o muy bajos), las que contienen sales de elementos metálicos tóxicos, cianuros, etc.

Constituyen casos frecuentes las industrias metalúrgicas que a menudo incluyen procesos de decapado (desagues ácidos y con contenido de sales ferrosas que consumen rápidamente oxígeno disuelto en su tendencia a oxidarse a férricas), procesos de electrodeposición (en los baños se emplean a veces, sales tóxicas, cianuros, sales de cromo, cinc, etc.).

Es necesario controlar la descarga de líquidos de intensa turbiedad que puedan afectar los procesos de fotosíntesis en las lagunas.

OPERACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Entre las ventajas que presentan las lagunas de estabilización como sistemas de tratamiento de efluentes líquidos, se destacan, la sencillez y la economía de la operación y mantenimiento, que pueden realizarse con personal sin preparación especial.

Existe una vinculación estrecha entre el acierto en el diseño de una laguna y las posibilidades de una buena operación de las mismas. Un sistema de lagunas mal diseñado dará lugar sin dudas a dificultades

en el mantenimiento y la operación.

Es aconsejable la distribución de pequeños grupos de plantas arbustivas de hojas perennes, alejadas de las orillas de las lagunas, como así también cortinas arbóreas o arbustivas que sirvan para atenuar vientos dominantes y para disminuir propagación de olores (lagunas anaeróbicas). Se debe tener en cuenta que las cortinas no deben impedir el suave oleaje en las lagunas facultativas, no deben proyectar sombras sobre las mismas y no deben tener tendencia a dejar caer hojas sobre el espejo líquido.

Las lagunas se deben cercar cuidadosamente (alambrado de púas o setos espinosos compactos), para impedir el acceso de extraños, en particular menores, que puedan destruir los taludes y bañarse, con el consiguiente peligro. El aspecto de las lagunas es atrayente y, en zonas cálidas, éste es un problema frecuente. Por idénticas razones no debe admitirse la presencia de ningún tipo de animales.

Es prudente además que estén señalizadas con carteles indicadores que adviertan sobre la naturaleza de los líquidos allí contenidos.

PROBLEMAS DERIVADOS DEL EMPLEO DE LAGUNAS

Las lagunas pueden originar problemas de:

- Contaminación de aguas subterráneas.
- Proliferación de insectos.
- Problemas de olores.

La contaminación de las aguas subterráneas por infiltración de líquidos provenientes de las lagunas podría crear serias dificultades al afectar el suministro de agua potable, cuando la fuente de provisión que surte a las poblaciones vecinas sean napas poco profundas, crear riesgos de salud y problemas económicos, lo que obliga a estudiar la estructura del suelo, previo a su instalación.

El desarrollo de mosquitos puede ser causa de problemas y sus inconvenientes han sido frecuentemente registrados.

Se han realizado estudios que mostraron en muchos casos el desarrollo de mosquitos en cantidades significativas, variando la intensidad de producción directamente con la cantidad de maleza. En especial, se ha encontrado gran número de mosquitos en lagunas poco profundas, con abundante vegetación de fondo emergente. Otras lagunas con vegetación marginal, también presentaron fuerte desarrollo de mosquitos a lo largo de su perímetro.

En la generalidad de los casos se observa que en lagunas libres de vegetación, tanto de fondo como marginal, no se presenta desarrollo significativo de mosquitos.

El problema de proliferación de mosquitos está relacionado con numerosos factores, pero uno de los más importantes se refiere al llenado deficiente de las lagunas a causa muchas veces del sobredimensionamiento.

Es evidente que debido a factores ambientales locales las lagunas estén sujetas a cambios extremos. Por ejemplo: es posible que se estimule la actividad bacteriana como consecuencia de altas temperaturas, en contraposición a una disminución en el

trabajo de las algas verdes. Este hecho, sería causa muy probable de olores, agravados por presencia de espuma y mantos flotantes de algas.

Cuando se verifica la acumulación de flotantes, se deberá agitar el agua por medios apropiados, para que de esa manera, el material sedimente o se disperse.

Para este fin, en algunas lagunas facultativas, se utilizan equipos especiales contruidos por ruedas de paletas accionadas por motores a explosión, colocados sobre un flotador. Para este mismo propósito, se puede recurrir a chorros de agua con el fin

de romper la espuma.

En general, los olores fuertes pueden asociarse a períodos de sobrecarga en concentraciones orgánicas. Los olores dependen de factores locales, características de operación y concentración de sulfatos en los líquidos tratados.

No debe olvidarse además que el olor y el aspecto tienen un importante efecto psicológico; y que el olor, cuando se produce, es más notable que en plantas de tratamiento convencionales por la mayor superficie ocupada.

BIBLIOGRAFIA

- MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS. Publicado por el Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Editorial Limusa. México, 1980.
- WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. MANUAL OF PRACTICE nº11 - OPERATION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT.
- ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES. Fair - Geyer-Okun. Tomo I - Editorial Limusa.
- PURIFICACION DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES. Fair- Geyer-Okun. Tomo II - Editorial Limusa.
- APUNTES ESCUELA DE INGENIERIA SANITARIA.