

IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA Y ALGUNAS TECNOLOGÍAS DESTINADAS A MEJORAR SU CALIDAD

Arturo Correa B.

Ing. Agr. Magister

INIA La Platina

La tierra contiene aproximadamente 1,4 millones de kilómetros cúbicos de agua, la cual es la fuente de toda la vida en el planeta. Su distribución es muy variable: en algunas regiones es muy abundante, mientras que en otras escasea. El agua existe en forma sólida (hielo), líquida y gaseosa (vapor de agua), que se puede observar en océanos, ríos, nubes, lluvia y otras formas de precipitación en frecuentes cambios de estado. De esta forma, el agua superficial se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se infiltra en el suelo y escurre hacia el mar. Al conjunto de procesos involucrados en la circulación y conservación del agua en el planeta se le llama ciclo hidrológico.

El 97,5% del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua salada, únicamente el restante 2,5% es agua dulce. Del total de agua dulce en el mundo, el 69% se encuentra en los polos y en las cumbres de las montañas más altas y se encuentra en un estado sólido. Los lagos y ríos, que corresponden al agua que se encuentran realmente disponibles para todos los usos directos del hombre y naturaleza, apenas alcanza a 93.000 km³ de agua dulce, es decir, un 0,0067%.

El agua dulce es un recurso esencial y escaso para la vida en el planeta e indispensable para gran parte de las actividades productivas y económicas del hombre. En este proceso, el hombre extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable, se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles. Las más recientes evaluaciones de los especialistas y de las organizaciones

internacionales relacionadas con los problemas del agua, sugieren que para el año 2025, más de las dos terceras partes de la humanidad sufrirá algún estrés por la falta de este líquido.

Usos del agua se pueden clasificar en dos categorías:

- **Usos no consuntivos:** en los cuales se pueden mencionar, la navegación, la generación de hidroelectricidad, los usos recreativos, la disolución de desechos, los caudales ecológicos y el mantenimiento de humedales, entre otros.
- **Usos consuntivos:** donde el agua es extraída para su utilización en sectores productivos (usos consuntivos), como, agricultura, industria y servicios, así como también para abastecimiento humano.

El continuo aumento del consumo de agua dulce está generando una gran tensión social en algunos países, entre los requerimientos de consumo de la población y los diferentes sectores productivos requirentes y, por otro lado, se observan fluctuaciones temporales y espaciales del suministro de este recurso a nivel global (cambio climático, otros), lo cual proyecta en el mediano plazo, una escasez que no permitirá abastecer la cantidad necesaria para todos los usos hoy existentes.

El World Resources Institute Washington DC, entregó el año 2000, una estimación de la disponibilidad de agua en el mundo presentada en la **Figura 3**.

El agua será un bien cada vez más escaso en el futuro en grandes franjas del mundo en desarrollo, un factor que podría frenar o incluso invertir el descenso a largo plazo de la participación de los alimentos y los productos agrícolas en el comercio internacional (OMC, 2012).

Ahora, no solamente existe el problema de la disponibilidad del agua dulce sino que se han ido incorporando en forma acelerada problemas asociados a la calidad de ésta. Esta situación se relaciona con el incremento de los procesos de industrialización, la concentración urbana y las técnicas productivas silvoagropecuarias, que contribuyen al deterioro del medio ambiente, siendo uno de los recursos afectados, la calidad del agua dulce.

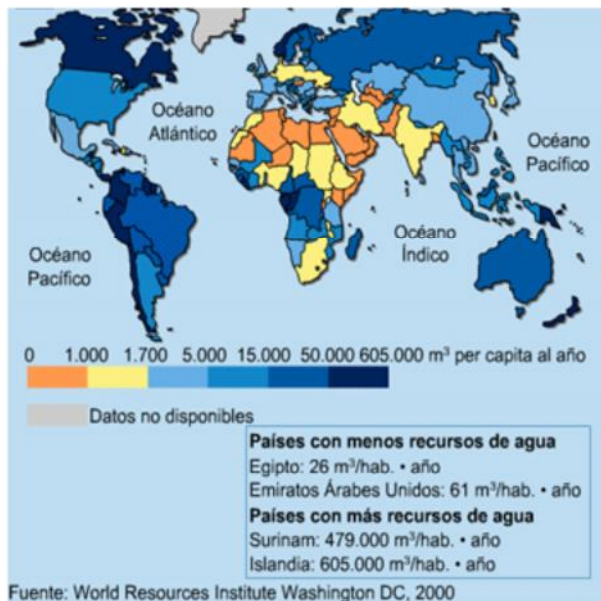


Figura 3. Proyección de disponibilidad de agua en el mundo.

El 40% de la población mundial vive en condiciones de estrés hídrico. Unos dos millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras. Se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1.500 km³. Entre dos y cinco millones de muertes en el mundo se asocian a agua de mala calidad (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 y 2007).

El recurso hídrico es de suma importancia para el desarrollo sostenible de los países, tanto por el gran potencial que tiene el agua para contribuir a los procesos industriales, mineros y agroalimentarios, como por la generación de fuentes alternas de energía y una amplia diversidad de servicios ambientales.

La principal fuente de suministro de alimentos del mundo es la agricultura, que incluye cultivos, ganado, piscicultura y silvicultura. La mayor parte de esta depende del agua de lluvia. De acuerdo a lo indicado en el Informe de Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo preparado por UNESCO, el riego consume actualmente el 70% total de

agua dulce. Esta cantidad aumentará en un 14% en los próximos treinta años, pues la superficie de riego se ampliará en un 20%. Hacia 2030, el 60% del total de las tierras potencialmente regables se encontrarán en explotación. La escasez de agua, definida en términos de acceso, representa un obstáculo crucial para la agricultura en muchas partes del mundo. Un quinto de la población mundial, esto es más de 1,2 mil millones de personas, viven en zonas de escasez física de agua, careciendo de la cantidad suficiente para cubrir la demanda. A menos que se siga mejorando la productividad del agua, o haya cambios importantes en los sistemas de producción, la cantidad de agua consumida por la evapotranspiración agrícola aumentará entre el 70 y el 90% hacia el año 2050. La cantidad total de agua evaporada en la producción de cultivos subirá entre 12.000 y 13.500 km³, casi duplicando los actuales 7.130 km³ (UNESCO, 2003).

El Gobierno de Chile durante el año 2010, a través de la Dirección General de Aguas (DGA), del Ministerio de Obras Públicas (MOP), solicitó la colaboración técnica del Banco Mundial respecto de la formulación de una política y estrategia nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (GRH). El informe denominado, "Chile: Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Banco Mundial" publicado el año 2011, es el resultado de la primera etapa que se enfocó en la preparación de un diagnóstico de la GRH del país. Teniendo en consideración este informe y otras fuentes, se generó un documento denominado, "Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012 – 2025", del cual se puede resaltar lo siguiente:

1. "Chile cuenta con 1.251 ríos, los que se emplazan en las 101 cuencas principales existentes en el país. Además, hay más de 15.000 lagos y lagunas de todo tipo de formas y tamaños que constituyen un invaluable activo medio ambiental y turístico. En general, los recursos hídricos presentes en ellos contienen agua de buena calidad y son importantes reguladores de los flujos en las cuencas. Sin embargo, de estudios nacionales se puede indicar que prácticamente la mitad de Chile tiene una disponibilidad de agua subterránea por habitante menor a la media mundial,

2. El cambio climático está impactando la disponibilidad del agua dulce, de hecho, estudios realizados señalan que en Chile aumentará la temperatura continental entre 2° y 4° Celsius. Este incremento será más notorio en los sectores andinos y disminuirá de norte a sur,
3. El sostenido crecimiento económico y desarrollo social de Chile en las últimas décadas ha generado y seguirá generando demandas cada vez mayores sobre los recursos hídricos por parte de los diferentes tipos de usuarios, en especial poblacional, silvoagropecuario y minero,
4. Chile podría ser calificado como un país privilegiado en materia de recursos hídricos al considerar todo el territorio chileno, pues el volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurre por los cauces es de 53.000 m³ por persona al año, superando en 8 veces la media mundial (6.600 m³/habitante/año), y en 25 veces el mínimo de 2.000 m³/habitante/año que se requiere desde la óptica de un desarrollo sostenible,
5. El sector silvoagropecuario nacional conformado por las actividades agrícolas, ganaderas y forestales (más de 35 millones de hectáreas) representa un 73% de las extracciones consuntivas de agua, lo que permite el riego de 1,1 millones de hectáreas que se localizan principalmente entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos,
6. El riego tecnificado permite reducir el consumo de agua por hectárea en un 50%. Sin embargo, se debe profundizar sobre el efecto que tiene la implementación de estas tecnologías en la recarga de las napas subterráneas, respecto del control de la calidad de las aguas por el aumento de la concentración de contaminantes químicos como plaguicidas y fertilizantes, contaminación fecal o sedimentos, entre otras”.

La calidad del medio ambiente ha ido empeorando progresivamente en Chile, llegando a despertar una gran preocupación por compatibilizar los procesos de desarrollo con la protección ambiental. Durante el último

decenio del siglo XX, se inició la detección y estudio de fenómenos de contaminación como rasgos sobresalientes y alarmantes en muchos cuerpos de agua. Entre los factores que explican este deterioro destacan el rápido crecimiento de la población, especialmente la urbana, la expansión de la industria y la tecnificación de la agricultura, que no han sido acompañados de sistemas adecuados de tratamiento de desechos y control de la contaminación hídrica.

La contaminación de las aguas procedente de fuentes no localizadas o contaminación difusa, es resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. De igual manera, la escorrentía superficial contribuye de forma significativa al alto nivel de agentes patógenos en las masas de agua superficiales.

La agricultura en uno de los sectores que genera mayor contaminación de los recursos hídricos, debido a la descarga de contaminantes (plaguicidas, fertilizantes, otros) y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desafortunadas, por la salinización y anegamiento de las tierras de riego.

Teniendo en consideración lo antes señalado, Chile enfrenta un quinto año de sequía impactando negativamente a los productores silvoagropecuarios, especialmente en la zona centro y norte del país. La agricultura es el principal usuario de recursos de agua dulce en Chile de todos los suministros hídricos superficiales. Por tanto, de no contar con este recurso, la producción agrícola se hace inviable. Es en este contexto que surge la necesidad de evaluar el uso para riego de aguas de baja calidad, lo cual es una práctica cada vez más frecuente en el mundo. A menudo este tipo de aguas es el único recurso hídrico disponible y que indiscutiblemente debe ser considerado dado el escenario planteado anteriormente (escasez).

Desde esta perspectiva se han generado múltiples tecnologías destinadas a mejorar la calidad del agua, en particular para lograr cumplir con las normas oficiales del país y con ello la inocuidad de los productos silvoagropecuarios que se entregan a la comunidad.

2.1 TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS DE TRATAMIENTOS EN AGUA

Existen muchos tipos de contaminación del agua y cada uno de ellos produce efectos particulares. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se pueden clasificar en:

- a. Contaminación por bacterias, virus y otros organismos patógenos.
- b. Contaminación por sustancias orgánicas susceptibles de descomposición, que al absorber el oxígeno del agua causan la muerte de los peces, producen olores pestilentes, y si no es excesiva, puede desaparecer al cabo de cierto tiempo, con lo que el cauce de agua recobra su aspecto sano.
- c. Contaminación por sales inorgánicas, que no pueden eliminarse por técnicas habituales de tratamiento de agua.
- d. Contaminación por sustancias nutritivas de las plantas (fertilizantes).
- e. Contaminación por sustancias oleosas.
- f. Contaminación por agentes tóxicos específicos (plaguicidas, otros).

El riego con aguas de baja calidad representa un potencial riesgo, pues puede constituir una importante fuente de agentes patógenos como bacterias, virus, protozoarios y helmintos (lombrices), que causan infecciones gastrointestinales en los seres humanos. También pueden contener toxinas químicas muy peligrosas que provienen de fuentes industriales.

Los grupos más importantes de contaminantes químicos son los agroquímicos, metales pesados, las sustancias hormonales activas (SHA) y los antibióticos. Los riesgos asociados con estas sustancias pueden constituir mayor amenaza para la salud a largo plazo y ser de más difícil manejo que el riesgo causado por los agentes patógenos excretados.

De lo anterior, la forma de poder usar adecuadamente esta agua requiere la implementación de sistemas integrados de tratamiento considerando su abordaje desde las dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad sanitaria estará determinada por las concentraciones de microorganismos capaces de generar enfermedades entéricas al ser humano, lo cual en forma práctica es dar cumplimiento a las normativas existentes tanto en el país como otras de tipo internacional. La calidad

agronómica estará relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), la presencia de agroquímicos, así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y cantidades excesivas de boro, metales pesados y otros. Finalmente, la calidad ambiental en principio involucra todos los indicadores antes mencionados y otros. En la práctica, estará más relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos en los cuerpos de agua.

La calidad de agua usada para regar es determinante para la producción y calidad en la agricultura. Los factores más importantes a tener en cuenta para determinar la validez del agua usada para los fines agrícolas específicos son los siguientes:

- pH.
- Riesgo de salinidad.
- Riesgo de sodio (Relación de absorción de sodio o RAS; en inglés se conoce con las siglas SAR).
- Riesgo de carbonato y bicarbonato en relación con el contenido en Ca & Mg.
- Elementos traza.
- Elementos tóxicos.
- Nutrientes.
- Cloro libre.
- Coliformes fecales.
- Turbiedad.

A continuación, se presenta una compilación general de las tecnologías recomendadas actualmente para tratar aguas de baja calidad y con ello, poder usarlas sin limitaciones en el riego agrícola.

2.1.1 Lagunas de estabilización (Biológica o biotecnológica)

Una laguna de estabilización es, básicamente, una excavación en el suelo donde el agua se almacena para su tratamiento por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos.

Cuando el agua residual es descargada en una laguna de estabilización, ocurre en forma espontánea un proceso de auto purificación o estabilización natural, en el que tienen lugar fenómenos de tipo físico, químico y biológico. En esta simple descripción se establecen los aspectos fundamentales del proceso de tratamiento del agua que se lleva a cabo en las lagunas de estabilización:

- Es un proceso natural de autodepuración.
- La estabilización de materia orgánica se realiza mediante la acción simbiótica de bacterias, algas, y otros organismos superiores.
- Se presentan procesos físicos de remoción de materia suspendida.
- Se producen cambios químicos en la calidad del agua que, entre otros aspectos, mantienen las condiciones adecuadas para que los organismos puedan realizar la estabilización, transformación, y remoción de contaminantes orgánicos biodegradables y, en algunos casos, nutrientes.
- Se establecen cadenas tróficas y redes de competencia que permiten la eliminación de gran cantidad de microorganismos patógenos que se encuentran presentes en las aguas residuales. Por lo tanto, las lagunas de estabilización se consideran y se pueden proyectar como un método de tratamiento de la materia orgánica y de remoción de los patógenos presentes en el agua de mala calidad.

Dependiendo de las condiciones del problema por resolver, las lagunas de estabilización pueden utilizarse solas, combinadas con otros procesos de tratamiento biológico, o bien, entre ellas mismas (sistemas lagunares de tratamiento). Es frecuente el uso de lagunas para complementar ("pulir"), el tratamiento biológico de sistemas de lodos activados y filtros percoladores, por ejemplo.

Las lagunas de estabilización son estanques conformados perimetralmente por diques de tierra, con profundidades menores a cinco m., cuyos períodos de permanencia van de uno a cuarenta días, divididos en compartimientos que tienen distintas finalidades.

Los objetivos de su acción son:

- Reducir e inactivar organismos patógenos presentes en líquidos residuales.
- Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o demanda química de oxígeno (DQO) del líquido.
- Permitir el uso del líquido para agricultura.

Ventajas de esta tecnología:

- En las lagunas con grandes períodos de retención hidráulica, generalmente se eliminan los huevos y quistes de los parásitos intestinales, lo cual no ocurre con tratamientos convencionales, aún con desinfección.
- Bajos costos operacionales y la poca tecnificación.
- La estabilidad del proceso también es alta por lo cual no requiere de personal calificado para operar;
- Pueden tratar gran variedad de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas cuando la carga de las mismas es biodegradable.

Desventajas de esta tecnología:

- Requiere disponer de gran superficie de terrenos para la ejecución de la laguna.
- La gran desventaja es que el sistema es dependiente de las condiciones climáticas. Bajas temperaturas por ejemplo, pueden impedir el correcto funcionamiento.
- La cercanía o lejanía de zonas pobladas, depende de las normativas de cada país. En el caso de establecer lejanía de las zonas urbanas, obliga a proyectar emisarios de gran longitud.

- Cuando el efluente contiene algas y en el cuerpo receptor existen pocos nutrientes, las algas vegetan y tienen una pequeña demanda (DBO) que no es objetable. En cambio si no hay luz solar suficiente, se mueren y sedimentan produciendo demanda de oxígeno por respiración endógena.
- En cursos sin agua permanente, como ocurre en zonas secas, no es aconsejable la aplicación de lagunas, porque las algas del efluente al descomponerse pueden producir olores.

Clasificación de las lagunas de estabilización:

- Aeróbicas: Soportan cargas orgánicas bajas y contienen oxígeno disuelto en todo instante y en todo volumen del líquido.
- Anaeróbicas: Se proyectan para altas cargas orgánicas y no contienen oxígeno disuelto. El proceso es semejante al de un digestor anaeróbico sin mezcla.
- Facultativas: Operan con una carga orgánica media. En las capas superiores existe un proceso aeróbico, mientras que en las capas inferiores se tiene un proceso anaeróbico, produciéndose simultáneamente fermentación ácida y metánica.
- De maduración: Se utilizan como una segunda etapa de tratamiento, a continuación de lagunas facultativas. Se diseñan para disminuir el número de organismos patógenos, porque las bacterias y virus mueren en un tiempo razonable, mientras que los quistes y huevos de parásitos intestinales requieren más tiempo. También reducen la población de algas. Existe pequeña remoción de la DBO.
- Aireadas facultativas: Son una extensión de las lagunas facultativas convencionales. Tienen como función suministrar oxígeno al proceso, cuando la actividad de las algas se reduce durante la noche. Esta acción provoca la disminución de la zona anaeróbica e incrementa la aeróbica, provocando la concentración de algas en toda la masa líquida.

- Aireadas de mezcla completa: Tienen un nivel de potencia instalada (aireadores), suficientemente alta para suministrar todo el oxígeno requerido y además para mantener los sólidos en suspensión. Es una variante de aireación prolongada sin recirculación. Tiene mayor permanencia hidráulica.
- Lagunas de sedimentación: Son empleadas para clarificar el efluente de las lagunas aireadas aeróbicas. En ellas se produce el almacenamiento y digestión de los lodos sedimentados.

Las lagunas de estabilización son sistemas que están diseñados para operar prácticamente por sí solos y, por este motivo, generalmente no reciben mantenimiento y dragado sistemático de los sedimentos acumulados, lo cual provoca una disminución constante de su nivel de profundidad, reduciendo de este modo, el tiempo real de retención y la eficiencia de remoción de contaminantes para la que fueron diseñadas en un inicio.

2.1.2 Desinfección (generalmente mediante cloración)

La desinfección química ha sido el método para el tratamiento de aguas residuales por excelencia desde comienzos del siglo XX. La cloración es efectiva para matar la mayoría de las bacterias, virus y protozoos que ponen en riesgo la salud humana.

Si ésta funciona bien se puede emplear para reducir el número de bacterias en los efluentes de una planta de tratamiento convencional. La cloración no garantiza la remoción de los huevos de helmintos. Por otra parte, en la cloración por reacción con la materia orgánica presente, se forman productos organoclorados tóxicos como los trihalometanos que son cancerígenos.

De acuerdo a lo señalado por Environmental Protection Agency of United States (EPA), Office of Water, Septiembre de 1999, el cloro es un desinfectante que tiene ciertas limitantes en términos de salubridad y seguridad, pero al mismo tiempo tiene un largo historial como un desinfectante efectivo, de manera que para poder tomar una decisión respecto de su uso, se plantean sus ventajas y desventajas.

Ventajas:

- La cloración es una tecnología bien establecida.
- En la actualidad la cloración es más eficiente en términos de costo que la radiación UV o la desinfección con ozono.
- El cloro residual que permanece en el efluente del agua residual puede prolongar el efecto de desinfección aún después del tratamiento inicial, y puede ser medido para evaluar su efectividad.
- La desinfección con cloro es confiable y efectiva para un amplio espectro de organismos patógenos.
- El cloro es efectivo en la oxidación de ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos.
- La cloración permite un control flexible de la dosificación.
- El cloro puede eliminar ciertos olores molestos durante la desinfección.

Desventajas:

- El cloro residual, aún a bajas concentraciones, es tóxico a los organismos acuáticos, y por ello puede requerirse la descloración.
- Todas las formas de cloro son muy corrosivas y tóxicas. Como consecuencia, el almacenamiento, el transporte y el manejo presentan riesgos cuya prevención requiere normas más exigentes de seguridad industrial.
- El cloro oxida ciertos tipos de materiales orgánicos del agua residual generando compuestos más peligrosos (tales como los metanos trihalogenados [MTH]).
- El nivel total de sólidos disueltos se incrementa en el agua efluente.

- El cloro residual es inestable en presencia de altas concentraciones de materiales con demanda de cloro, por lo cual pueden requerirse mayores dosis para lograr una desinfección adecuada.
- Algunas especies parásitas han mostrado resistencia a dosis bajas de cloro, incluyendo los oocistos de *Cryptosporidium parvum*, los quistes de *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*, y los huevos de gusanos parásitos.
- Se desconocen los efectos a largo plazo de la descarga de compuestos de la descloración al medio ambiente.

2.1.3 Desinfección por rayos ultravioleta

La radiación ultravioleta (UV), es un proceso probado para desinfectar las aguas que estén microbiológicamente contaminadas. Es un proceso físico que neutraliza los microorganismos instantáneamente cuando estos pasan a través de las lámparas ultravioleta sumergidas en el efluente.

De acuerdo a lo señalado por EPA de Estados Unidos de América, el sistema de desinfección con luz ultravioleta (UV), transfiere energía electromagnética desde una lámpara de vapor de mercurio al material genético del organismo (ADN o ARN). Cuando la radiación UV penetra en las paredes de la célula de un organismo, destruye la habilidad de reproducción de la célula, como consecuencia de la descarga eléctrica a través de vapor de mercurio, penetra al material genético de los microorganismos y retarda su habilidad de reproducción.

La eficacia del sistema de desinfección con luz ultravioleta depende de las características del agua residual, de la intensidad de la radiación, del tiempo de exposición de los microorganismos a la radiación y de la configuración del reactor. Para cualquier planta de tratamiento, el éxito de las actividades de desinfección está directamente relacionado con la concentración de componentes coloidales y de partículas en el agua residual. Los componentes principales del sistema de desinfección con luz UV son las lámparas de vapor de mercurio, el reactor y los balastos electrónicos (ballasts). La fuente de luz UV son las lámparas de arco de mercurio de baja o mediana presión, bien sea de baja o alta intensidad.

Las principales ventajas y desventajas de la tecnología son:

Ventajas:

- La desinfección con luz UV es eficaz para la desactivación de la mayoría de los virus, esporas y quistes.
- La desinfección con luz UV es más un proceso físico que una desinfección química, lo cual elimina la necesidad de generar, manejar, transportar, o almacenar productos químicos tóxicos, peligrosos o corrosivos.
- No existe ningún efecto residual que pueda afectar a los seres humanos o cualquier organismo acuático.
- La desinfección con luz UV es de fácil uso para los operadores.
- La desinfección con luz UV tiene un período de contacto más corto en comparación con otros desinfectantes (aproximadamente de 20 a 30 segundos con la utilización de las lámparas de baja presión).
- El equipo de desinfección con luz UV requiere menos espacio que otros métodos.

Desventajas:

- La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus, esporas y quistes.
- En algunas oportunidades los organismos pueden reparar o invertir los efectos destructivos de la radiación UV mediante un “mecanismo de reparación”, también conocido como foto-reactivación o, en ausencia de radiación, como “reparación en oscuro”.
- Es necesario un programa de mantenimiento preventivo para controlar la acumulación de sólidos en la parte externa de los tubos de luz.

- La turbidez y los sólidos suspendidos totales (SST) en el agua residual hacen que la desinfección con luz UV sea ineficaz. El uso de la desinfección con lámparas UV de baja presión no es tan efectivo en el caso de efluentes secundarios con niveles de SST mayores a 30 mg/L.

La desinfección con luz UV no es tan económica como la desinfección con cloro, pero los costos son competitivos cuando la cloración requiere descloración y se cumple con los códigos de prevención de incendios.

2.1.4 Tratamiento con ozono

Las actividades de desinfección son consideradas como los mecanismos principales en la desactivación o destrucción de los organismos patógenos. Esto para prevenir la dispersión de enfermedades transmitidas a través del agua tanto a los usuarios aguas abajo como al ambiente.

El ozono se produce cuando las moléculas de oxígeno (O_2) son disociadas por medio de una fuente de energía, produciendo átomos de oxígeno que posteriormente chocan con una molécula de oxígeno para formar un gas inestable, el ozono (O_3), que se utiliza para desinfección de las aguas residuales. La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales generan ozono mediante la aplicación de una corriente alterna de alto voltaje (6 a 20 kilovoltios), a través de una brecha entre placas dieléctricas de descarga en donde se encuentra un gas de alimentación que contiene el oxígeno. El ozono es generado en la planta debido a que el gas es inestable y se descompone en oxígeno elemental en un período corto de tiempo luego de su generación.

Ventajas y desventajas

Ventajas:

- El ozono es más eficaz que la utilización del cloro para la desinfección o destrucción de virus y bacterias.
- El proceso de ozonización utiliza un período corto de contacto (aproximadamente de 10 a 30 minutos).

- No existen residuos peligrosos que necesiten ser removidos después del proceso de ozonización porque el ozono se descompone rápidamente.
- Después del proceso de ozonización, los microorganismos no crecen nuevamente, a excepción de aquellos que están protegidos por las partículas en la corriente de agua residual.
- El ozono es generado dentro de una planta, existiendo de esta manera muy pocos problemas de seguridad industrial asociados con el envío y el transporte.
- El proceso de ozonización eleva la concentración de oxígeno disuelto (O.D.) del efluente. El incremento O.D. puede eliminar la necesidad de reaireación y también puede incrementar el nivel de O.D. en la corriente de agua receptora.

Desventajas:

- La baja dosificación puede no desactivar efectivamente algunos virus, esporas o quistes.
- El proceso de ozonización es una tecnología más compleja que la cloración o la desinfección con luz ultravioleta, por lo cual se requiere equipos complicados y sistemas de contacto eficientes.
- El ozono es muy reactivo y corrosivo, requiriendo así de materiales resistentes a la corrosión tales como el acero inoxidable.
- El proceso de ozonización no es económico para las aguas residuales con altas concentraciones de sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica del oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno, o carbono orgánico total.
- El ozono es extremadamente irritante y posiblemente tóxico, de modo que los gases de escape que salen de la cámara de contacto deben ser destruidos para evitar que los trabajadores estén expuestos a ellos.

- El costo del tratamiento puede ser relativamente alto en cuanto a la inversión de capital y la demanda de energía eléctrica.

Cualquiera sea el tratamiento elegido por sí solo o en combinación, debe tener en consideración que un tratamiento eficiente de las aguas de baja calidad, siempre debe seguir en forma estricta el cumplimiento de las normas establecidas por los organismos nacionales e internacionales para su uso en riego agrícola. Ello a objeto de permitir el aprovechamiento seguro de un gran volumen de agua con gran valor agronómico y cautelar la salud de las personas, la fauna y el medio ambiente.