

Tratamiento de aguas residuales Por biorremediación.

Categoría: Chajá

Área: científica

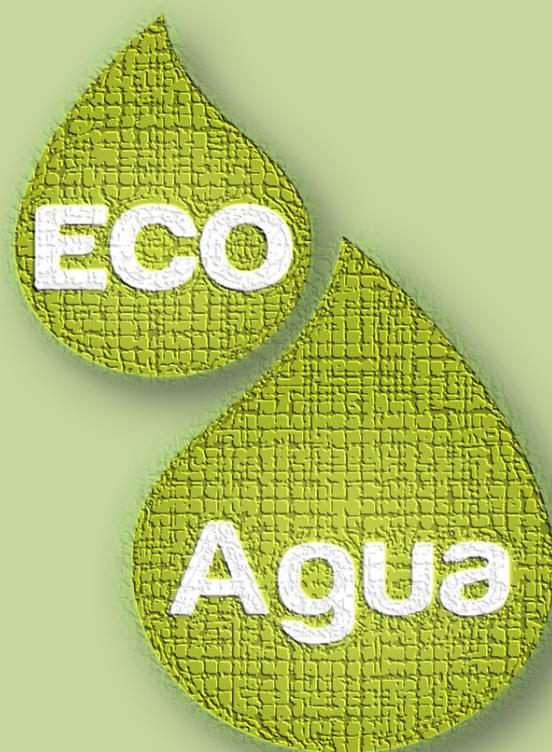
Integrantes:

- Leticia Mendieta
- Lucas Garance

Orientadores:

- Mario Bueno – Mario_bueno@hotmail.com
- Raúl Marrero – Marrerohistoria@gmail.com

LICEO DR. MEDULIO PÉREZ FONTANA
Nueva Palmira – Colonia



ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES Y MÉTODOS	3
1. Detección de la problemática:	3
2. Asesoramiento con expertos y financiamiento:	3
3. Experimentación con muestras de AR y diferentes bio-tratamientos:	4
4. Elección de bio-tratamiento a utilizar:	5
5. Implementación de nuestro tratamiento con mayores volúmenes de AR:	7
6- Muestreo de aguas a analizar:	8
RESULTADOS DE LA SEGUNDA ETAPA	10
DISCUSIÓN.....	11
Comentarios sobre resultados obtenidos en la primera etapa	11
Comentarios sobre resultados obtenidos en la segunda etapa:	13
Experimentación con AR de fosa séptica:	13
CONCLUSIONES	14
AGRADECIMIENTOS	14
BIBLIOGRAFÍA.....	15
ANEXO 1:Lagunas donde es depositada el agua residual.	16
ANEXO 2:Análisis de agua de Playa Higueritas realizado por la CARU	17
ANEXO 3:Plano de Nueva Palmira con los puntos vinculados a los circuitos del AR.....	18
ANEXO 4:Inactivación y desinfección de agentes patógenos con Rayos UV (luz visible)	19
ANEXO 5: Gráficos de la primera etapa (posibles tratamientos)	20
ANEXO 6: Gráficos de la segunda etapa (AR lagunas de decantación	21
ANEXO 7: Gráficos de la segunda etapa (AR de dos fosas sépticas)	22
ANEXO 8: Gráficos comparativos con datos del Decreto de Aguas	23
ANEXO 9:Turbiedad de ambas muestras de AR de fosa séptica	24
ANEXO 10:La tabla muestra las diferentes etapas del procedimiento.	25
ANEXO 11: Entrevista a Licenciada Química sobre dudas e interpretación de resultados.	26

RESUMEN

Nuestra ciudad no cuenta aún con saneamiento, ni tratamiento para las aguas residuales (AR). Estas aguas, son transportadas por la barométrica, desde las fosas sépticas de cada hogar, hacia las lagunas de decantación (en la periferia de la urbe), cuya vertiente desagua en el Arroyo Sauce, afluente del Río Uruguay. Dichas lagunas, no reciben ningún tipo de mantenimiento o control, desde hace más de 20 años y realizan su vertido a los cauces naturales de agua, próximos a la toma (de la Unidad Potabilizadora de Agua) de OSE, en las costas del Balneario Brisas del Uruguay. Esto nos genera inquietud, sobre el impacto que esta situación pueda ocasionar sobre la salud de la población.

Nuestra iniciativa, es implementar un tratamiento de aguas residuales completamente ecológico, económico y sustentable, siendo una respuesta a corto plazo a este problema. El tratamiento se basará en la biorremediación, como solución a la profanación de las aguas residuales, mediante la utilización de microorganismos eficientes (EM®), plantas macrófitas (*Eichhornia crassipes*) y agentes físicos naturales (luz UV), con el fin de mejorar la calidad de dichas aguas, para devolverlas al curso del río en condiciones más óptimas y cumpliendo con los parámetros legales vigentes en nuestro país, a tales efectos. Es nuestro propósito también, reutilizar las AR tratadas, en: actividades agrícolas, como domésticas.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge debido a la inquietud que se plantea en la ciudad de Nueva Palmira por no tener saneamiento ni planta de tratamiento de aguas residuales (AR). En estos últimos años la ciudad ha tenido un gran desarrollo debido al crecimiento exponencial del puerto, la población ha aumentado y por lo tanto el número de viviendas.

Todas ellas poseen fosas sépticas o más conocidas como pozos negros. Los residuos domiciliarios que levanta la barométrica son vertidos en unas lagunas de decantación que no reciben ningún tipo de tratamiento desde hace 20 años, que se encuentran menos de 2 km de la localidad y vuelcan su contenido al arroyo Sauce, un afluente del Río Uruguay. (Ver fotos en anexo 1)

También, debemos agregar que las lagunas de AR poseen filtraciones, por hecho de no tener ningún tipo de aislante impermeable con el suelo, lo que implica que estas aguas de poca calidad con varios contaminantes, pasen a las napas freáticas y días de lluvia dichas lagunas se desborden.

Esta situación se repetiría de ser construidas las piletas para el barrio Asencio e Higueritas, destacando que se realizarían en una zona de bañado, cercana a las viviendas y a empresas portuarias que se ubican allí.

A todo esto debemos sumar que los análisis de las aguas de este Río dan valores muy alejados a lo establecido legalmente, siendo un lugar turístico y de recreación para toda nuestra población.

Datos aportados por médicos revelan porcentajes muy grandes de pacientes que presentan patologías similares, comunes a las provocadas por ingesta de aguas con presencia de coliformes fecales y E.Coli, como vómitos, diarreas, dolores gastrointestinales, etc. Mayoritariamente son los receptores de estas patologías con niños y en épocas de verano, debido a ingerir agua de la playa, pero también se puede deber a que en muchos hogares todavía consumen aguas de pozos subterráneos, lo cual, probablemente sus aguas estén contaminadas por las filtraciones que poseen las fosas sépticas, ya que muchas de ellas no presentan un piso de material, de este modo el AR drena a las capas freáticas y se en llena en menos tiempo.

Podemos decir entonces que los contenidos de los pozos negros salen de los domicilios hacia las lagunas, de ahí son vertidos al Arroyo del Sauce y en un futuro cercano al Arroyo Higueritas, ambos desembocan en un trayecto muy corto en el Río Uruguay. La única modificación que reciben las aguas residuales es un mínimo proceso de decantación.

Esta situación empeora la calidad del agua que es vertida al Río Uruguay, como mencionábamos anteriormente, lugar de recreación y turismo de la ciudad, y punto donde se encuentra la toma de OSE para abastecimiento de agua potable a toda la población.

La calidad del agua en el Río Uruguay ha ido empeorando en los últimos años según revelan los análisis realizados por la CARU. (Ver en anexo 2)

Debido a la presencia en altos niveles de estos microorganismo patógenos, OSE debió aumentar significativamente la dosis de cloro en comparación a la de unos años atrás “Se subió la tolerancia”, apuntó Eleuterio Umpiérrez, responsable de la Unidad de Análisis Ambiental de la Facultad de Química, para El Observador (13 de junio de 2013). Esto lo podemos percibir la mayoría de los días a través del olfato, gusto y color de la misma. Además el experto expuso a El Observador que hay bibliografía internacional que afirma que el cloroformo tiene relación con la aparición de determinadas formas de cáncer, siendo el Colorrectal el más usual en estos casos.

Los tiempos apremian y no podemos esperar más, la gran contaminación por las AR no solo es en nuestra ciudad, sino que un problema mundial. La ONU advierte que la mitad de la población mundial enfrentará escasez de agua para 2030, acelerado por el cambio climático y el crecimiento de la población. Esto amenazaría la producción de alimentos, y darían lugar a una

crisis de salud por medio de un mayor aumento de la exposición al agua insalubre, que ya mata a millones cada año por enfermedades transmitidas por el agua, tales como el cólera y la diarrea.

Para tener una idea más amplia de la problemática de las AR en Nueva Palmira marcamos todos los puntos de la ciudad vinculados a nuestro proyecto en un plano de Nueva Palmira. (Ver en anexo 3) Mientras esperamos las obras de saneamiento que no están previstas hasta el año 2025 y la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (AR), decidimos hacernos cargo de esta problemática, buscando una solución económica, rápida, sustentable e inocua al medioambiente para el tratamiento de AR, disminuyendo la contaminación que estas generan en el medio.

Nuestra iniciativa es implementar un tratamiento de aguas residuales completamente ecológico, sustentable y libre de energía eléctrica que nos permita reducir al máximo la contaminación que presentan las AR, siendo a corto plazo una respuesta a nuestra problemática que la padecen cientos de familias ya que sus AR muchas veces son vertidas en sus propios domicilios por el hecho de no contar con recursos económicos para llamar a la barométrica. Este tratamiento se caracterizara y basara en la Biorremediación como una solución a la profanación de las aguas residuales, utilizando microorganismos eficientes (EM®), plantas micrófitas (*Eichhornia crassipes*) y agentes físicos (luz UV), con el fin de mejorar la calidad de dichas aguas, que presentan grandes niveles de contaminación debido a diferentes bacterias patógenas que se encuentran en las excreciones humanas y animales, la materia gris y orina, también por la presencia de compuestos químicos domiciliarios, como pueden ser detergentes y compuestos clorados. De este modo previniendo problemas de salud que podrían ser generados por la presencia de AR en ríos, hogares, aljibes, etc. Nuestra hipótesis es que la implementación de este método de tratamiento de AR disminuirá la contaminación que presentan estas aguas (AR) pudiendo reutilizarlas en actividades agrícolas, domesticas o devolviéndolas al curso del principal río de nuestra ciudad en condiciones más óptimas, naturales y cumpliendo con lo establecido legalmente (decreto de aguas 253/79) que apoya a la conservación y preservación de recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Detección de la problemática:

Visitamos las lagunas de AR de nuestra ciudad y analizamos el recorrido que realizan las AR luego de ser depositada en la primera laguna hasta llegar al Río Uruguay. Se tomaron muestras de las cuatro lagunas y se midieron parámetros fisicoquímicos, como pH, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez y olor. También visitamos barrios donde las AR son vertidas a la vía pública formando lagunas de materia fecal y orina, generando problemas de insalubridad e incomodidad para todas las personas que viven en el lugar.

2. Asesoramiento con expertos y financiamiento:

Concurrimos a charlas con expertos en el tema para asesorarnos sobre antecedentes de las lagunas de AR, con médicos para saber el impacto que tienen estas aguas en las personas y por ultimo nos dirigimos a la alcaldía competente en nuestra ciudad para informar de la situación de gravedad que generan las AR y a solicitar ayuda económica para poder sustentar el proyecto. Al no tener ninguna respuesta decidimos hacernos cargos de esta problemática y buscar otras maneras de poder solventar nuestra investigación.

3. Experimentación con muestras de AR y diferentes bio-tratamientos:

Comenzamos a trabajar y buscar posibles soluciones económicas y ecológicas para las lagunas de AR de nuestra ciudad. Extrajimos muestras de AR y las sometimos a diferentes métodos de biorremediación y fitorremediación en condiciones de laboratorio (ex situ), tales como:

- Agua residual + luz solar (UV) + EM® (foto 1)
- Agua residual + luz solar (UV) (foto 2)
- Agua residual + luz solar(UV) + EM® + camalotes (foto 3)
- Agua residual + luz solar(UV) + camalotes (foto 4)



Fotos tomadas por: Lucas Garance

Se extraen conclusiones de resultados obtenidos en cada tratamiento, en las cuales concluimos sobre la efectividad que tuvo cada tratamiento y cuál es el tiempo que necesita cada uno para lograr efectuarse correctamente. En todos los casos se midieron parámetros fisicoquímicos diariamente durante una semana.

- El pH es la expresión de acidez o alcalinidad de un medio, va en un rango de 1 a 14, siendo el 7 neutro. Entre 1 y 6 es ácido y entre 8 a 14 se considera un medio básico.
- El oxígeno disuelto es otro parámetro que permite valorar la calidad del agua, este se encuentra disuelto. Si la concentración es alta permite que allí habiten un mayor número de seres vivos. En cambio cuando sus valores son muy bajos la vida es imposible ya que la mayoría de los seres vivos acuáticos son muy demandantes de este gas. Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene de organismos foto sintetizadores.
- La turbidez es el grado de transparencia del agua, que puede disminuir o aumentar de acuerdo a la presencia de partículas en suspensión. Cuando mayor es la turbidez se puede decir que “el agua está más sucia”. La unidad es el NTU (unidades nefelométricas de turbidez).
- El olor es la sensación resultante de la recepción de un estímulo químico por el sistema sensorial olfativo. Varía la percepción en cada persona, se puede valorar como agradable o desagradable.
- La temperatura es una medida de calor o energía térmica de las partículas de una sustancia. Medible mediante un termómetro y la manejaremos en la unidad de Celsius (°C).

4. Elección de bio-tratamiento a utilizar:

En base a los resultados obtenidos comenzamos a diseñar el dispositivo, el cual se escogió utilizar el proceso de bio-tratamiento número tres, ya que fue el que presento mejor efectividad de optimizar la calidad de la muestra de AR, con el fin de regresarlas nuevamente al lugar se extracción, pero sin producir problemas medioambientales. Para ello tuvimos que analizar e investigar acerca de los microorganismos eficientes y anatomía, fisiología y las condiciones climatológicas adecuadas de la micrófita *Eichhornia crassipes*. Esto nos llevó a analizar la dinámica que se generó al combinar los microorganismos eficiente con esta planta.

Igualmente llegamos al consenso de que el incluir al tratamiento un proceso de exposición a rayos ultravioleta (luz solar) para maximizar la efectividad de desinfección de bacterias patógenas presentes en el agua que no se lograron ser eliminados en el proceso anterior, con el fin de poder reutilizar estas aguas en procesos domésticos de limpieza o agua de regadío para la agricultura. El hecho de utilizar luz solar (UV) sería la opción más adecuada, ya que no afecta al medioambiente, sin la necesidad de añadir sustancias químicas al agua. Este tratamiento estaba compuesto por:

MICROORGANISMOS EFICIENTES EM®:

El EM® es conjunto de microorganismos que actúan sinérgicamente en la descomposición y eliminación de bacterias patógenas en diferentes medios, como suelos, agua, etc.

A través de una investigación “Tratamientos de aguas residuales con microorganismos eficientes EM®” que realizamos en el transcurso del 2014 vimos la aplicabilidad que tienen los microorganismos eficientes en AR de fosas sépticas domiciliarias, como:

- La reducción de la producción de lodos.
- Incremento de los valores de oxígeno disuelto.
- Reducción de los malos olores provenientes de materias fecales y orina.
- Impide la proliferación de microorganismos patógenos.
- Transforma aeróbicamente los compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se liberan gases generadores de malos olores como los sulfurosos, amoniacales y mercaptanos.
- Normalización del pH.

La dosificación con EM® más adecuada para el tratamiento de aguas residuales es de:

- 1lt de EM® cada 1000 lt de AR

Composición del EM-1:

Contiene el mínimo de los siguientes microorganismos en miles de U.F.C/ml en solución acuosa.

Concentración de los Constituyentes:

- Bacterias Lácticas 1×10^4
- Bacterias Fototróficas 1×10^6
- Levaduras 1×10^3

Extraído de: <http://www.earth-brand.org/pdfs/em-1.pdf>

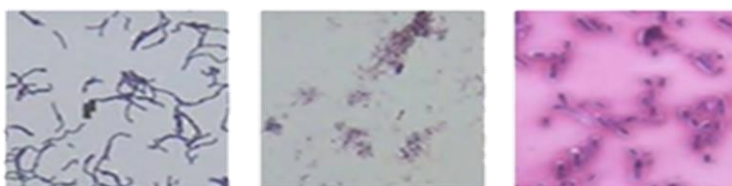


Imagen extraída de: <http://delainiversidadalcampo.blogspot.com/2011/04/prgrama-radial-6-microorganismos.html>

Composición microbiológica:

Los principales tipos de microorganismos presentes en el EM comprenden:

Bacterias fotosintéticas (*Rhodopseudomonas spp*): Son consideradas el eje central de la actividad del EM, pues dan sostén a otros microorganismos generando los nutrientes para ellos. Son fototróficas facultativas, capaces de generar varias sustancias que pueden ser utilizados por otros microorganismos heterótrofos. Pueden crecer con o sin oxígeno, en ausencia de este pueden obtener toda la energía de la luz realizando el proceso de fotosíntesis. Son capaces de tomar varias rutas metabólicas, mejorando las condiciones de oxígeno en el medio. No fermentan la lactosa.

Bacterias acidolácticas (*Lactobacillus spp*): Originan ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos, producidos por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico, es un compuesto que controla microorganismos nocivos y mejora la descomposición de la materia orgánica, esto se puede apreciar con una disminución del pH. Los *Lactobacillus* promueven la fermentación y desdoblamiento de lignina y celulosa, permitiendo una más rápida descomposición de los materiales vegetales. También, tienen la habilidad de suprimir microorganismos causantes de enfermedades, como los hongos del género *Fusarium*, que debilitan las plantas, exponiéndolas al ataque de otras enfermedades y plagas.

Levaduras (*Saccharomyces spp*): Sintetizan tanto sustancias antimicrobiales, como compuestos útiles para el crecimiento de las plantas, partiendo de aminoácidos y azúcares (secretados por las bacterias fotosintéticas), así como de materia orgánica. Los elementos producidos por las levaduras (hormonas y enzimas), promueven la división activa de células, siendo también, sustratos útiles para las bacterias acidolácticas y los actinomicetos. Son demandantes de oxígeno para realizar sus funciones óptimas

EICHHORNIA CRASSIPES (CAMALOTES):

Plantas acuáticas pertenecientes a la familia pondeiráceas, se reproducen de una manera sencilla, ya que se efectúa por división de los estolones que los plantones emiten durante la estación favorable. Requiere iluminación intensa y no resiste los inviernos fríos, hay que mantenerla entre 14-18°C en contenedores con una profundidad de al menos 20cm.

Por sus potencialidades tienen una gran aceptación como método de fitorremediación de aguas residuales, usos derivados como abono orgánico y alimento para ganado porcino.

Los principales mecanismos de depuración del camalote que actúan sobre las aguas residuales son los siguientes:

- Eliminación de nitrógeno: absorción directa por la planta.
- Eliminación de fósforo: absorción directa por la planta.
- Eliminación de microorganismos patógenos: Por filtración y adsorción en partículas de arcilla.

Composición química:

Así como las algas, la hierba del lecho del río y demás plantas acuáticas, el camalote tiene un alto contenido de agua entre 93 y 95%. Esta composición varía dependiendo del medio en el cual crezca la planta. Cuando hay escasez de elementos fertilizantes y nutrientes (nitrógeno, fósforo), se inhibe el crecimiento de la planta. Por el contrario, en abundancia de nutrientes, la planta se desarrolla a su máximo límite, adquiriendo un intenso color azul-verdoso.

En los últimos años, ha crecido notablemente la presencia de abundantes colonias de cianobacterias en las costas de N. Palmira. Esto se debe a un aumento del nitrógeno en el agua, lo cual sospechamos que es debido al vertido de AR al Río Uruguay, ya que las AR presentan altos niveles de nitrógeno y fósforo. Esto ejerce una fuerte demanda de oxígeno, la cual afecta negativamente la vida de los peces y tiene un negativo impacto en el uso de esta agua. A este fenómeno se le llama Eutrofización del agua.

Experimentos realizados en otros países demuestran que mediante el uso de estas plantas se pueden obtener buenas eficiencias en la remoción de los contaminantes más comunes de aguas residuales, siendo significativo las remociones en carga de nitrógeno entre 7 y 38 kg de NTK/Ha.d y cargas de fósforo entre 0,9 y 13 kg de Pt/Ha.d, observándose que el tamaño de la planta así como su sistema radicular influyen en la remoción de contaminantes.

RAYOS SOLARES (UV):

La desinfección del agua por energía solar es un sencillo proceso de tratamiento que permite mejorar la calidad del agua, consiste en neutralizar a través de la luz solar los microorganismos mohos y hongos patógenos en diversas aplicaciones ambientales. Es un proceso de desinfección limpio, seguro, rápido, eficiente y sobre todo ambientalmente adecuado, ya que la fuente de energía UV es completamente natural.

Para lograr este grado de efectividad casi absoluta mediante este procedimiento físico, es totalmente imprescindible que los procesos previos del agua eliminen de forma casi total cualquier turbiedad de la misma, ya que los rayos UV deben poder atravesar perfectamente el flujo de agua a tratar.

Efectos biológicos de la luz visible:

La luz UV-A tiene un efecto letal en los patógenos presentes en el agua que afectan a los humanos. Estos patógenos no se adaptan bien a las condiciones ambientales agresivas, pues sus condiciones de vida específicas son las del tracto gastrointestinal humano. Por lo tanto, son más sensibles a la luz solar que los organismos que abundan en el ambiente. La radiación UV-A interactúa directamente con el ADN, ya que produce el efecto de rompimiento de las cadenas de los aminoácidos de proteínas, causando una interrupción metabólica afectando su mecanismo reproductivo y logrando así su inactivación, eliminando sus propiedades para producir enfermedades y de crecimiento microbiológico.

La radiación UV también reacciona con el oxígeno disuelto en el agua y produce formas altamente reactivas de oxígenos (radicales libres de oxígeno y peróxidos de hidrógeno). Estas moléculas también interfieren con las estructuras celulares y matan a los patógenos.

Otro factor determinante para la eliminación de estos microorganismos patógenos son los efectos de la temperatura (radiación infrarroja). La radiación infrarroja absorbida por el agua es responsable de su calentamiento, contribuyendo a la eliminación de microorganismos, ya que son sensibles al calor.

(Ver en anexo 4 descripción grafica de la acción biológica de la luz visible UV)

5. Implementación de nuestro tratamiento con mayores volúmenes de AR:

En primer lugar nos encargamos de recolectar todos los materiales que utilizaríamos, en su gran mayoría son todos reciclados y extraídos de contenedores de basura como botellas de 2,5lt y bidones de 20lt, lo cual procedimos a higienizarlos antes de usarlos.

Luego recurrimos a playas cercanas a nuestra ciudad a buscar camalotes (*Eichhornia crassipes*), es importante enjuagarlos antes de que estén en contacto con AR a tratar, ya que en sus raíces pueden traer granos de arena y tierra, lo cual puede influir en el aumento de la turbiedad del agua, empeorando los resultados.

Por ultimo visitamos las lagunas de decantación de nuestra ciudad y extraemos muestras de AR en bidones de 6lt para poder tratarlas.

En el primer recipiente se realizaría la actividad depuradora de la bacterias que componen el EM® y la planta *Eichhornia crassipes* que actúa como filtro biológico y oxigenador, luego se recolectará el agua derivada de un filtro el cual retendrá desechos y solidos generados en el primer proceso (utilizados para compost) y por último en las botellas se procedería a eliminar las bacterias patógenas por medio de un rayos UV (luz solar).

(Ver en ANEXO 10 procedimiento a realizar para tratar AR)

6- Muestreo de aguas a analizar:

Al poner en funcionamiento la planta de tratamiento, con agua proveniente de las lagunas de AR de nuestra ciudad, tomamos una muestra que correspondería a nuestro tiempo 0, antes de llegar a la planta, en el cual se miden parámetros fisicoquímicos.

Para tener un análisis más completo, nuestras proyecciones serían poder contar con análisis microbiológicos, que es la presencia de bacterias patógenas en el agua. Estos agentes patógenos pueden ser los coliformes fecales, que son varias especies bacterianas que indican contaminación en el agua. Son bacilos gram negativos que tienen la capacidad de fermentar la lactosa. Pero no todos los coliformes son de origen fecal es por ello que se deben realizar análisis de coliformes totales y coliformes fecales. Asimismo se deben realizar análisis de Escherichia Coli (E. Coli) siendo que su presencia indica con amplia certeza la contaminación de origen fecal.

Unidades Formadoras de Colonias (UFC): Es el número de microorganismos de un grupo como por ejemplo coliformes en un m³ de agua. Esta magnitud permite medir el grado de contaminación de un ambiente, como lo son las AR.

Comienza el tratamiento y se hace una dosificación de EM® y se deja actuar durante 120 hrs (5 días), luego que ya paso el tiempo requerido se extrae una muestra del primer tratamiento y se la analiza de la misma manera que la anterior. Abrimos la canilla de pase y dejamos fluir el agua hacia el filtro y posteriormente a las botellas donde se efectuará el tratamiento secundario. Este tratamiento lleva unas 6 hrs de actuación, luego que ya pasaron las horas extraemos la última muestra y volvemos a repetir el procedimiento de análisis.

Al concluir tendremos una tabla con los valores de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del pretratamiento (tiempo 0), del tratamiento primario (tiempo 1) y del tratamiento secundario (tiempo 2). Este procedimiento lo repetiremos unas veces para poder un promedio, ya que son valores estadísticos y pueden variar.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

2015	
Mayo	- Búsqueda de antecedentes
Junio	-Se miden parámetros fisicoquímicos de las piletas de AR -Charlas con expertos en el tema -Experimentación a nivel de laboratorio con muestras de AR de las piletas de nuestra ciudad, sometiéndolas diferentes estrategias de biorremediadoras.(se miden parámetros fisicoquímicos diariamente durante una semana)
Julio	-Se diseña el procedimiento por el cual deberá realizarse con el fin de tratar AR con bio-tratamientos elegidos de la etapa anterior.
Agosto	-Se pone el funcionamiento y se miden parámetros fisicoquímicos del AR antes durante y luego de ser tratada. -Se realiza bosquejo de adaptación de nuestra planta a las piletas de AR de nuestra ciudad.
Septiembre	-Se trata AR de fosa séptica con bajos niveles de detergentes y jabones. -Brindaremos charlas sobre nuestro método de tratamiento de AR a personas que sufren esta problemática.
Octubre	-Se solicita reunión con alcaldía para informar sobre nuestro método de biorremediación, planteándolo como una proyección para las piletas de AR.

RESULTADOS OBTENIDOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO

PRIMER ETAPA – Experimentación con muestras de AR y diferentes bio-tratamientos						
Parámetros	pH	O ₂ disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Olor	UV-A (mw/m ¹²)
Pretratamiento	8,14	1,11	15,7	199,65	Desagradable	1250
Tratamiento 1	24 hs	7,51	1,03	17,4	142,33	Desagradable
	48 hs	8,45	1,94	15,8	111,98	Desagradable
	72 hs	8,38	2,26	13,8	98,50	Desagradable
	96 hs	8,28	1,80	14,0	154,29	Desagradable
	120 hs	8,67	1,61	15,8	124,31	Desagradable
Tratamiento 2	3 hs	7,42	4,70	16,9	113,21	Desagradable
	6 hs	8,03	7,73	21,4	72,89	Desagradable
	9 hs	8,10	3,01	16,2	61,24	Agradable
	12 hs	7,38	2,26	28,2	77,32	Agradable
	15 hs	8,24	2,13	17,5	69,48	Agradable
Tratamiento 3	24 hs	7,24	4,53	16,6	117,03	Desagradable
	48 hs	7,91	9,11	12,6	71,42	Agradable
	72 hs	7,80	9,39	12,3	63,70	Agradable
	96 hs	7,76	6,70	14,7	60,68	Agradable
	120 hs	7,77	10,48	13,5	38,58	Agradable
Tratamiento 4	24 hs	8,11	3,52	16,0	120,42	Desagradable
	48 hs	8,32	5,68	12,6	93,60	Desagradable
	72 hs	7,89	4,96	12,6	74,10	Desagradable
	96 hs	8,07	6,14	14,7	81,16	Desagradable
	120 hs	8,41	6,00	15,3	70,03	Agradable

(Ver gráficos en Anexo 5)

Referencias:

- Tratamiento 1 = Agua residual + luz solar (UV) + EM®
- Tratamiento 2 = Agua residual + luz solar (UV)
- Tratamiento 3 = Agua residual + luz solar(UV) + EM® + camalotes
- Tratamiento 4 = Agua residual + luz solar(UV) + camalotes

Comentario:

En los cuatro tratamientos se trabajó sobre los fluidos extraídos de la misma laguna de agua residual y se iniciaron en simultáneo (bajo las diferentes condiciones de tratamiento descritas). Los análisis realizados fueron: pH, O₂D, turbidez, temperatura, olor, rayos UVA. Estos se realizaron controlando el no tener ninguna variable que altere resultados en los diferentes casos, como por ejemplo las condiciones climáticas. Los parámetros fisicoquímicos son medidos con los sensores donados por **Plan Ceibal** el año pasado.

Para los cuatro tratamientos el pH disminuyó en las primeras 24hs. Esto no se mantuvo a lo largo del tiempo, pero para el tratamiento tres vemos que pasadas las 72 hs se mantiene casi constante. Con respecto al análisis de O₂D se observa que el tratamiento tres es el más efectivo dado que ahí se aprecia la mayor concentración de este gas disuelto. Con respecto al análisis de temperatura se puede observar que el tratamiento número dos es el que genera mayores valores de esta magnitud esto se debe a las condiciones en las cuales fue llevado este tratamiento (mayor exposición a la luz solar, en recipientes cerrados). Esto también genera, como se puede apreciar en el análisis de O₂D, la baja concentración del mismo disuelto. En cuanto al análisis de turbidez nuevamente el tratamiento tres destaca dado que disminuye notablemente la cantidad de sólidos suspendidos.

RESULTADOS DE LA SEGUNDA ETAPA

SEGUNDA ETAPA- funcionamiento de la planta con AR de las lagunas de decantación						
PARÁMETRO	MUESTRA CONTROL		SEGUNDA MUESTRA		TERCERA MUESTRA	
	Ingreso 1	Ingreso 2	Ingreso 1	Ingreso 2	Ingreso 1	Ingreso 2
Fecha	10/07/15	20/07/15	17/07/15	25/07/15	18/7/15	26/07/15
Material flotante y espumas no naturales	Presenta espumas	Presenta sólidos y espumas	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta
pH	8,82	8,20	7,85	8,03	7,74	7,45
O ₂ disuelto (mg/L)	3,40	1,10	3,80	0,74	2,90	0,28
Temperatura (°C)	15,9	20,5	13,5	18,3	19,4	19,4
Turbidez (NTU)	157,76	140,22	90,71	65,37	57,40	35,88
Olor	Muy desagradable	Muy desagradable	Poco desagradable	Agradable	Agradable	Agradable
Decreto de aguas 253/79	No aceptable	No aceptable	Dentro de lo establecido en el grado 4	No aceptable	Aceptable, excepto por la disminución de O ₂	Aceptable, excepto por la disminución de O ₂

(Ver gráficos en Anexo 6)

Referencias:

- MUESTRA CONTROL: Antes de ingresar a la planta (tiempo 0)
- SEGUNDA MUESTRA: Tratamiento primario (tiempo 5 días)
- TERCERA MUESTRA: Tratamiento secundario (tiempo 6 hrs)
- Los ingresos 1 y 2 se refiere a las dos muestras de agua que se introdujeron a la experimentación de nuestro tratamiento de AR.



Comentario:

Luego de tomar todas las mediciones observamos que el parámetro que no se adecua a lo establecido en el decreto es el oxígeno disuelto (O₂), ya que el mismo fue disminuyendo en el correr de los días, siendo mucho menor en el egreso de la planta de AR. La disminución de O₂ puede deberse a muchos factores, lo cual comenzamos a investigar la causa que hace que este disminuya.

Como dato positivo podemos ver que la turbidez y el olor disminuyen a gran escala, siendo que en este último se nota grandes cambios a las 24hs. El pH mejoro muchísimo, solo que en este caso, el descenso a acercarse al neutro (7 NTU) es más paulatino. **(Ver en ANEXO 11 entrevista a Lic. Química sobre resultados obtenidos)**

SEGUNDA ETAPA- resultados del tratamiento 1 con AR de dos fosas sépticas							
Extracción de AR	Tiempo	Material flotante y espumas no naturales	pH	O2 disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Olor
Fosa séptica con altos niveles de detergentes y jabones	0 hs	Espumas	8,16	0,11	18	20	Desagradable
	24 hs	No presenta	9,84	1,33	18,8	129,60	Desagradable
	48 hs	No presenta	11,07	1,06	20,9	126,40	Desagradable
	72 hs	No presenta	10,09	0,70	14,8	122,02	Desagradable
	96 hs	No presenta	10,40	1,25	11,1	159,04	Desagradable
Fosa séptica libre de detergentes y jabones	0 hs	Restos de materia fecal	8,02	0,41	24,8	123,60	Desagradable
	24 hs	No presenta	7,39	0,86	22,3	109,60	Desagradable
	48 hs	No presenta	7,85	0,47	16,8	69,79	Agradable
	72 hs	No presenta	7,82	2,67	15,8	41,87	Agradable
	96 hs	No presenta	7,71	4,94	8,8	35,80	Agradable

(Ver gráficos en Anexo 7)

Comentario:

Este procedimiento se realizó con AR extraída de una fosa séptica de un domicilio, en el cual se midieron parámetros fisicoquímicos cada 24 hs durante 5 días, mientras dicha agua se encontraba en el tratamiento 1 de nuestra planta (EM® + camalotes).

Los valores obtenidos de la primer fosa séptica no son los esperados, ya que están muy alejados de lo establecido legalmente, lo cual comenzamos a investigar la causa de los mismos y llegamos a la conjetura que se debe a la presencia de altos niveles de detergentes y jabones en el AR extraída.

Es por esto que decidimos buscar una nueva fosa séptica en la que no presente este tipo de productos químicos y realizar el mismo procedimiento. Los resultados fueron muy alejados a los obtenidos anteriormente, estando dentro de los establecido legalmente.

DISCUSIÓN

Comentarios sobre resultados obtenidos en la primera etapa:

En el tratamiento 1 no se observó cambios muy notorios, casi nada, pensamos que esto se debe a que los rayos UV pueden ser un limitante para la supervivencia de las bacterias que componen el EM®, es decir, la exposición a la luz solar intensa puede haber matado a los componentes de EM®, si bien unas de las bacterias es la fotosintéticas y la exposición a la luz sería muy beneficiosa para poder producir el sustrato, pero si es una amenaza para las ácido lácticas y levaduras. Entonces como los componentes del EM® actúan de forma sinérgica y si una de ellas muere ya no podrán ejercer su actividad sobre el AR. Otros de los factores que pudo haber contribuido para que el EM® no hiciera su efecto es la falta de oxígeno disuelto en el agua, ya que son bacterias que transforman la materia orgánica e inorgánica en presencia de oxígeno, ya que son aeróbicas. Mientras que en el tratamiento 3 la presencia de oxígeno disuelto en agua no fue un limitante ya que los camalotes oxigenan el agua, beneficiando al EM®.

Entonces en base a esto ya podemos ir sacando dos conjeturas, la complementación que se realizó en el tratamiento 3, que es el EM® y la planta *Eichhornia crassipes* es totalmente beneficiosa para las bacterias que conforman el EM®.

Por otro lado si comparamos los valores de turbidez podemos ver que hubo cambios notorios en los tratamientos 2 y 3, en el transcurso de los días la turbidez disminuía de forma considerable. Esto es muy bueno ya que cuanto más baje la turbidez más pueden ingresar los rayos UV y matar agentes patógenos, indicando que hay menos sólidos en suspensión. Si observamos los datos obtenidos en la turbidez del tratamiento 4 están muy alejados a los del

tratamiento 3, suponemos que al poder actuar perfectamente las bacterias del EM® pudieron descomponer los sólidos suspendidos y los camalotes, funcionó como un filtro biológico que retuvo los sólidos más grandes, de este modo actuando ambas especies simultáneamente se consiguieron resultados mejores.

Con respecto al olor, hubo cambios drásticos en los tratamientos 2, 3 y 4, los cambios se pudieron apreciar en muy poco tiempo, convirtiéndolos en olores muchos más agradables.

A todo esto hay que sumarle que el tratamiento que presento valores de pH más acercados al neutro fue en el tratamiento 3, ya que en los demás tratamientos sus pH eran más básicos, alejándose de lo que establece el decreto de aguas.

Al comparar los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos que se midieron a todos los tratamientos realizados, podemos ver claramente que el tratamiento 3 fue el que presento una gran mejora en la calidad del agua el transcurso de los días.

Ahora bien, los valores obtenidos ¿condicen con los establecidos en el decreto de agua? ¿Cuán cerca de esos valores estamos?

Comparar valores con los establecidos legalmente:

CLASE 3: “Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivo cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riegos que no provocan el mojado del producto”.

Parámetro a analizar	Valores establecidos en el decreto	Valores obtenidos en el laboratorio
pH	Entre 6,5 y 8,5	7,7
Turbidez	Max. 50 NTU	38,58 NTU
O ₂ Disuelto	Min. 5 mg/L	10,48 mg/L
Materiales flotantes y espumas no naturales	Ausentes	Ausentes
Olor	No perceptible/agradable	Agradable

(Ver gráficos en Anexo 8)

En base a todos estos resultados nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Qué sucede con la introducción de microorganismos exóticos a la biota nativa?

Con respecto a esto creemos que en el tratamiento 3 se genera una relación simbiótica entre los componentes, en donde los residuos se convierten en los recursos de otros. Gracias a ello, permite que se desarrolle el ciclo aeróbico del nitrógeno de manera natural y sin producir desechos peligrosos.

Las excreciones humanas y animales, como la materia gris y la orina genera desechos conocidos como amoníaco (NH₃), el cual puede llegar a ser tóxico para los organismos acuáticos. Tanto el amoníaco como otros desechos provienen de las AR, al momento de ser vertidos en el primer recipiente comienzan el proceso de Nitrificación. Este proceso es llevado a cabo por las bacterias nitrificantes, capaces de oxidar el amoníaco. El proceso tiene lugar en dos fases: Por una parte, las bacterias pertenecientes al género Nitrosomonas (bacilos con sistemas de membrana periféricos) oxidan el amoníaco a nitrito. Posteriormente, éste es oxidado a nitrato por las bacterias oxidadoras de nitrito del género Nitrobacter (bacilos cortos que se reproducen por gemación y con sistemas de membranas organizados como una capa polar). Los nitratos son absorbidos por las raíces de la Eichhornia Crassipes, sirviendo como su abono, también influyen rayos del sol para producir la fotosíntesis y libera oxígeno al medio acuoso.

Este oxígeno es utilizado por las bacterias que componen el EM®, más precisamente por las bacterias fotosintéticas y levaduras ya que son gran demandante de oxígeno para realizar sus

funciones óptimas. Aquí las levaduras comienzan a actuar sobre el agua residual, como por ejemplo transformando aeróbicamente los compuestos orgánicos, evitando la descomposición de materia orgánica por oxidación en la que se generan gases generadores de malos olores.

Comentarios sobre resultados obtenidos en la segunda etapa:

Los resultados obtenidos en parámetros fisicoquímicos en las dos muestras de AR extraídas de las lagunas de decantación de nuestra ciudad, que se introdujeron en el tratamiento de nuestro dispositivo, podemos ver que los valores obtenidos como el pH, turbidez y temperatura está dentro de lo que establece el Decreto de Aguas. Esto es muy favorable porque es un indicio que nuestro tratamiento funciona y puede ser aplicable para tratar AR en domicilios y en las lagunas de decantación de nuestra ciudad.

Ahora bien, el oxígeno disuelto (O_2) disminuyó considerablemente en el transcurso del tratamiento, siendo que al salir de la planta de AR era mucho menor que el presentaba en el pretratamiento. Comenzamos a investigar y al consultar con una Licenciada Química, llegamos a concluir que la disminución de oxígeno se debe que a mayor temperatura del agua ocasiona la pérdida de oxígeno disuelto, debido a que se trabajó con pequeños volúmenes de agua. Además a esto debemos sumarle que los rayos UV también reaccionan con el oxígeno disuelto en el agua, generando especies más reactivas como radicales libres los cuales también contribuyen a la eliminación de microorganismos. Esta puede ser otra de las causas por la cual luego de la exposición del agua a la luz solar disminuyó el oxígeno disuelto, según especifico la Licenciada.

Retomando lo dicho sobre el aumento de la temperatura, podemos decir que los gases disueltos en agua (fundamentalmente oxígeno y nitrógeno, los componentes principales del aire) son responsables de las pequeñas burbujas que aparecen cuando el líquido comienza a adquirir temperaturas más elevadas de lo normales. Es decir, a medida que aumenta su temperatura, las moléculas van adquiriendo la energía cinética suficiente como para ir abandonando el líquido. Cuando el agua comienza a acrecentar su temperatura por estar expuesto al sol, se desgasifica y se requiere un tiempo para que estos gases vuelvan a incorporarse al líquido.

Si comparamos la temperatura que tenía el AR al momento de medir el oxígeno disuelto, podemos ver que en la segunda muestra las temperaturas fueron mucho mayores, lo cual provoco la disminución del oxígeno en el medio acuoso.

Este factor puede ser un limitante para la supervivencia de organismos acuáticos, igualmente suponemos que al volcarse estas aguas a corrientes hídricas naturales, este se incrementara. En caso que se utilizara dicha agua luego de ser tratada para riego, el bajo nivel de O_2 no sería un factor preocupante o delimitante para el crecimiento de la vegetación, debido a que la respiración se realiza principalmente en las hojas de las plantas, por lo que el oxígeno utilizado es extraído del aire. Las plantas por sus raíces utilizan principalmente nutrientes y agua del suelo. Por lo que en este caso no se vería afectado el crecimiento vegetal al regar con agua tratada.

Experimentación con AR de fosa séptica:

Por último, al experimentar con AR extraída de una fosa séptica domiciliaria, los resultados no fueron los esperados, ya que dieron muy alejados de lo establecido legalmente. Ante tan decepción e intriga por saber cuál fue el factor que influyó negativamente para poder llevar a cabo el tratamiento con éxito.

Indagando llegamos saber que la fosa séptica en donde extrajimos el agua es compartida con otro domicilio, en el cual funciona un lavadero de ropa y vertía muchos productos químicos a dicha fosa séptica, como suavizantes, jabones, detergentes, etc.

Esto influye negativamente para la supervivencia de las bacterias que componen el EM® o directamente matándolas, ya que la muestra extraída para ser tratada contenía altos niveles de este tipo de productos químicos. Estos productos también ocasionan la pérdida de oxígeno

disuelto (O_2) y además producen una espuma no natural, ya que saturan el agua.

Si bien en las lagunas de decantación también van a parar este tipo de químicos, suponemos que no fue un factor que influya tan negativamente, debido a que están más diluidos y no tan concentrados como en la fosa séptica de donde se sacó la muestra de AR a tratar.

Es por esto que decidimos buscar una nueva fosa para extraer AR, la cual no contenga o casi nada jabones, detergentes y suavizantes. Luego de realizar la experimentación con el AR libre de estos productos químicos los resultados fueron favorables, ya que los valores están dentro de los parámetros establecidos por el decreto. Si observamos los datos obtenidos en el O_2 , la segunda fosa séptica tuvo un incremento considerable en el transcurso de los días. Esto se debe a que las temperaturas que había en los días que se efectuó el tratamiento fueron relativamente bajas. En base al análisis aportado por la Licenciada Victoria Márquez, la temperatura es un factor importante en la solubilidad del oxígeno en agua, al igual que todos los gases, tiene diferentes solubilidades a distintas temperaturas. Aguas más frías tienen mayor oxígeno disuelto que la misma a mayor temperatura.

En base a estos resultados concluimos que la presencia de altos niveles de productos limpieza, como detergentes, jabones o suavizantes es un limitante para que nuestro proceso de biorremediación logre optimizar la calidad del agua residual. **(Ver en anexo 9 ambas muestras)**

CONCLUSIONES

- Logramos estar dentro de los parámetros establecidos por el Decreto de Aguas 253/79 a través de nuestro sistema de biorremediación.
- Este método para conseguir resultados favorables, el AR debe ser retenido durante 5 días en el primer tratamiento y posteriormente 6hs como mínimo en el segundo tratamiento.
- Con respecto a tratar AR que contiene altos niveles de jabones y detergentes, este tipo de productos destruye una parte importante de los componentes del EM®, inactivándolos.
- El aumento de la temperatura ($^{\circ}C$) influye en la pérdida de oxígeno disuelto (O_2).
- Este tratamiento es completamente ecológico, no afecta al medio ambiente y se puede reutilizar el AR tratada.
- Se puede adaptar a diversos espacios físicos y distintos volúmenes de AR a tratar.

AGRADECIMIENTOS

- Al Sr. Productor Rural activador local de EM® Felipe Bruzzone.
- Licenciada Química Farmacéutica Victoria Márquez
- Ingeniera Agrónoma especializada en recursos hídricos Miriam Rodríguez.
- Ex estudiante del liceo de Nueva Palmira Facundo Gonzáles.
- Ingeniera Química de Malteria Uruguay S.A. Analía Reina.
- Profesora de Idioma Español María Noel Duhalde
- A la directora Alejandra Irastrorza Ibarra por permitirnos trabajar y confiara en una causa que considera que es un proceso de enriquecimiento para la ciudad y nosotros como aprendices.

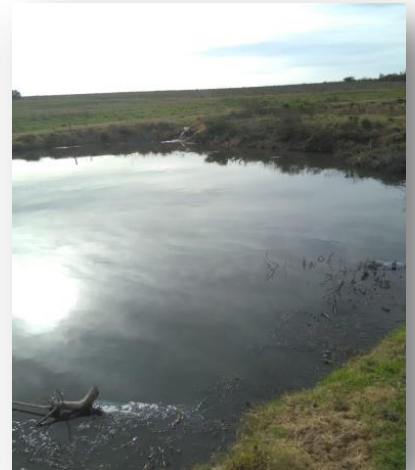
BIBLIOGRAFÍA

- Cardona Gómez, Juanita-García Galindo, Luisa Alejandra. Evaluación del efecto de microorganismos eficaces (EM®) sobre la calidad de un agua residual doméstica. Diciembre 2008
- BID, Manual para las unidades de activación de EM y preparación de Bokashi, Julio 2009
- BID, Curso para líderes locales, Julio 2009
- Microorganismos eficientes = Efficient Microorganisms. [VIDEO] Ocholocos Perú, director. Duración 10'09''. Perú, 2009.
- Tecnología de Microorganismos Efectivos (EMTM) Para la Producción Agropecuaria y Medio Ambiente [TRIPTICO] EEAITAJ – Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas del Japón: EEAITAJ, 2009.
- Banco Interamericano de Desarrollo. 2009. Manual para las Unidades de Activación de EM y Preparación de Bokashi.
- Resnick-Halligay-Krance, Física volumen II, edición 5. Oregon State University, Grupo editorial Patria, paginas 392-397 (1999)
- Servicio de la Investigación Agropecuaria. 1989. Manual de uso de EM. Departamento de Agricultura de EE.UU.
- AMBI Ltda. Tecnología EM en el Tratamiento de Aguas y Efluentes. Ambiem Ltda.
- Biotecnología EM = Biotechnology EM [VIDEO] Presidencia de la República de Colombia, director. Duración 9'. Colombia, 2013.
- ADN, ARN y síntesis de proteínas <<https://www.amschool.edu.sv/Paes/science/4e.htm>>
- Plantas acuáticas - macrofitas <<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/PlantAcuat.htm>>
- Eichhornia crassipes <https://es.wikipedia.org/wiki/Eichhornia_crassipes>
- Desinfección solar del agua <https://es.wikipedia.org/wiki/Desinfecci%C3%B3n_solar_del_agua>
- Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones <https://www.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf>

ANEXO 1:

Se muestran fotos de las lagunas donde es depositada el agua residual, circula por ellas y finalmente desembocan en el Arroyo Sauce.

Fotos tomadas por: Lucas Garance



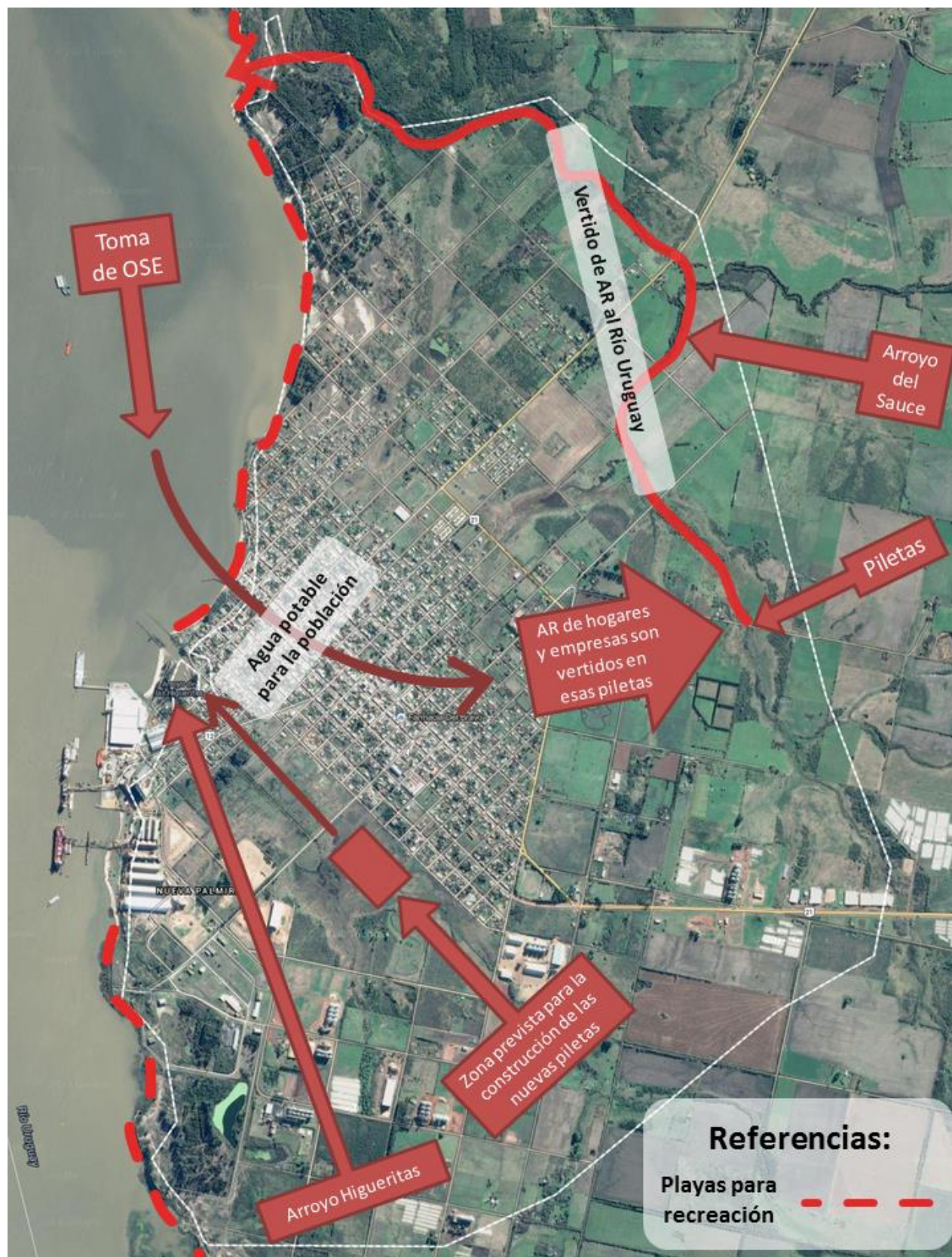
ANEXO 2:

Análisis de agua de Playa Higueritas realizado por la CARU (Comisión Administradora del Río Uruguay). En color rosado se destacan los valores que están muy por encima de los valores permitidos para aguas de recreación según el Decreto de Aguas 253/79.

LUGAR	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)	Higueritas. Nueva Palmira (ROU)
LATITUD	33° 52,235'S	33° 52,235'S	33° 52,235'S	33° 52,235'S	33° 52,235'S	33° 52,235'S	33° 52,235'S	33° 52,235'S
LONGITUD	58° 25,016'O	58° 25,016'O	58° 25,016'O	58° 25,016'O	58° 25,016'O	58° 25,016'O	58° 25,016'O	58° 25,016'O
FECHA	08/01/2013	15/01/2013	22/01/2013	29/01/2013	05/02/2013	12/02/2013	19/02/2013	26/02/2013
Hora	10:40	12:40	12:05	11:45	11:50	09:20	11:34	07:27
PROF. T (m)	1,10	1,00	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Temp. del agua (°C)	27,80	29,14	26,68	28,20	28,4	26,5	24,38	22,25
Oxígeno disuelto (mg/l)	7,38	8,16	8,32	9,31	8,49	7,81	7,7	5,15
Oxígeno disuelto %	93,50	106,10	104,20	119,20	103,90	97,10	91,5	59,4
pH	7,54	7,83	7,66	8,47	8,03	8,01	7,73	7,78
D. de Secchi (m)	0,30	0,40	0,20	0,30	0,40	0,3	0,10	0,10
Cond. (µS/cm)	107	74	75	90	92,2	97,9	129,5	140,8
SS fijos (mg/L)	ND	<6,8	ND	19,8	<6,8	ND	12,8	<6,8
SS volátiles (mg/L)	9	13,8	14,6	31,2	11,6	ND	87,2	55,5
Turbidez FNU			-	-	-	-	-	75,2
Turbidez NTU			38,4	-	28,4	35,22	137	-
VIENTO DIR.	S/SO	-	NO		SO - O	NO	SE	NO
VIENTO Vel. (km/h.)	1	-	2,5		6	16	18	"
Clorof. "a" (mg/m3)	5,9	4,4	<0,1	0,3	22,2	35,4	<0,1	<0,1
cianofitas totales (cél/ml)	12	12	ND	3.615	120	25	14	0
microcistina (ppb)	1	-	-	10 (Abraxis)		-	10	-
Coliformes totales col/100ml	5.000	1.400	130	5.000	800	300	11.000	1.300
Coliformes Fecales col/100ml	500	700	130	3.000	70	80	2.600	800
E. coli col/100ml	210	260	<20	700	<20	20	40	140
	0,12		0,05	-	0,11	-	0,05	-
	0,14		0,75	-	0,24	-	0,26	-
Nitrógeno T. (mg/l)	1,7		1,65	-	1,1	-	1,36	-
N amoniacal (mg/l N-NH3)	0,14		0,08	-	0,06	-	0,18	-
Nitrito (mg/l N-NO2)	<0,01		<0,01	-	<0,01	-	<0,01	-
Nitrato (mg/l N-NO3)	1,17		0,9	-	0,16	-	0,71	-
Temp (°C) MEDIA	28,3		26,5	28,2	24,5	24	17,5	14,3
Observaciones	agua turbia, leve marejada	se observan colonias de algas en suspensión.	Despejado con nubes dispersas, agua turbia con leve marejada	Río calmó con presencia de algas y combustible sobre la costa	Calmó se observan colonias en suspensión	Se observan algas en suspensión, agua turbia.	Agua turbia con marejada y con restos de MO; se observan colonias.	Leve marejada, agua turbia con presencia de algas

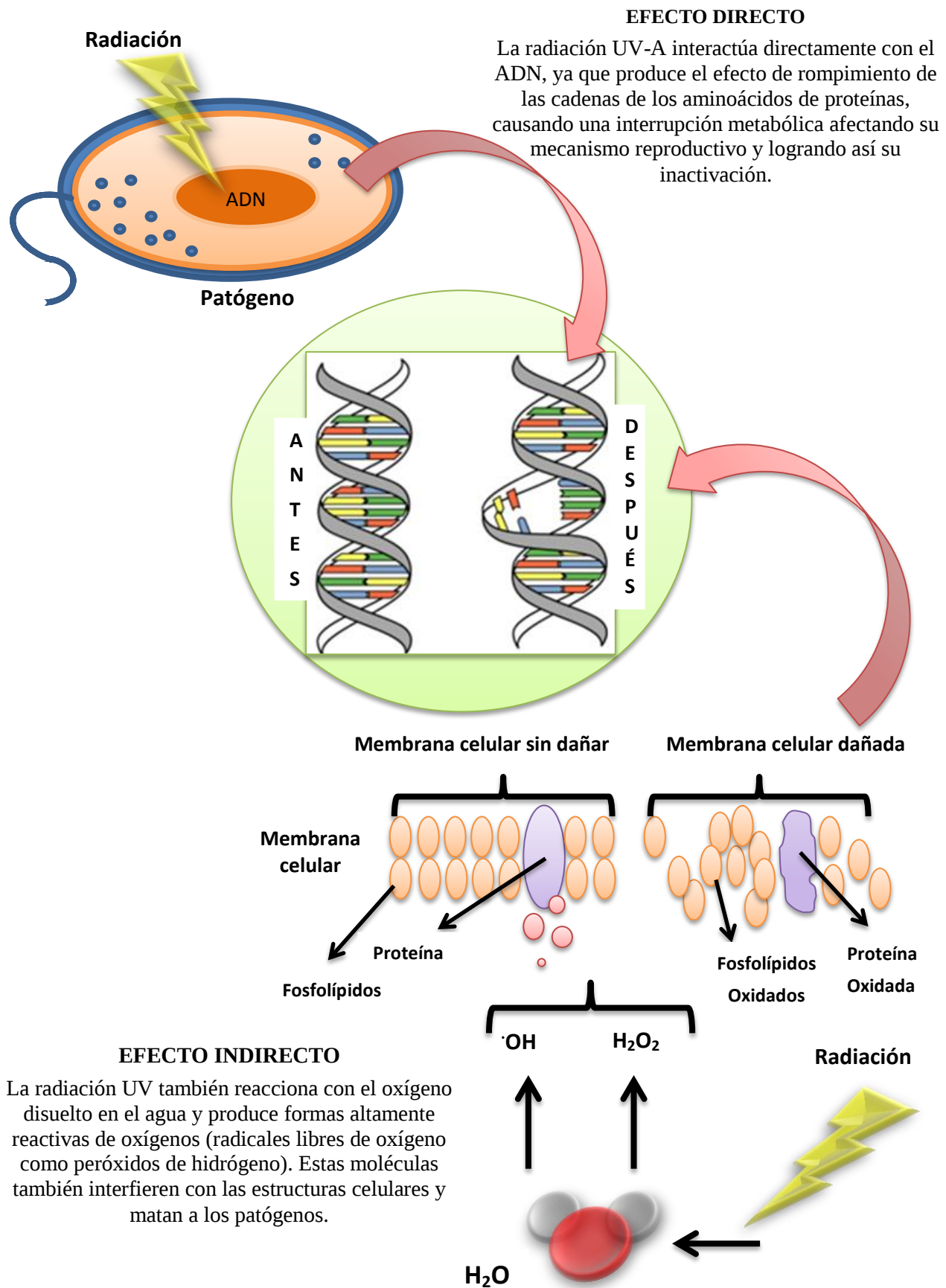
ANEXO 3:

Plano de Nueva Palmira con los puntos vinculados a los circuitos del Agua Residual.

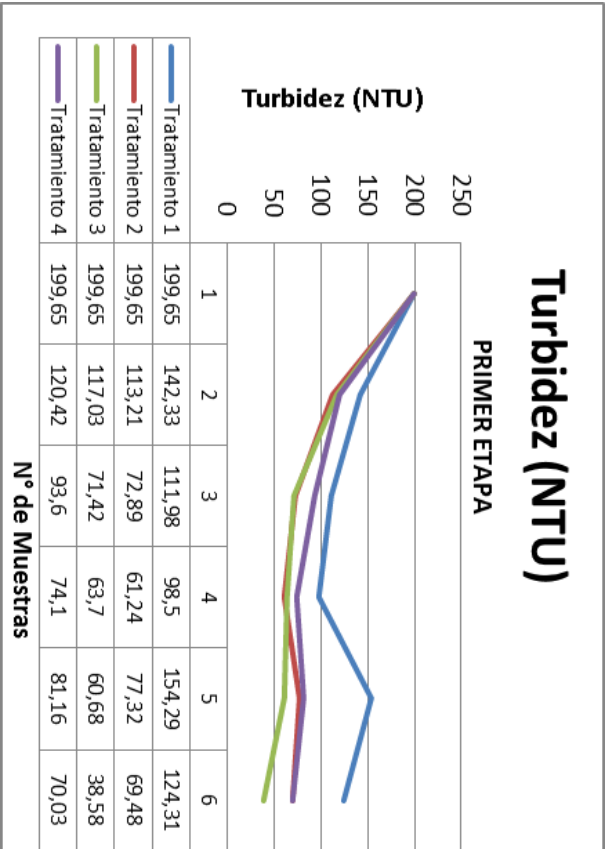
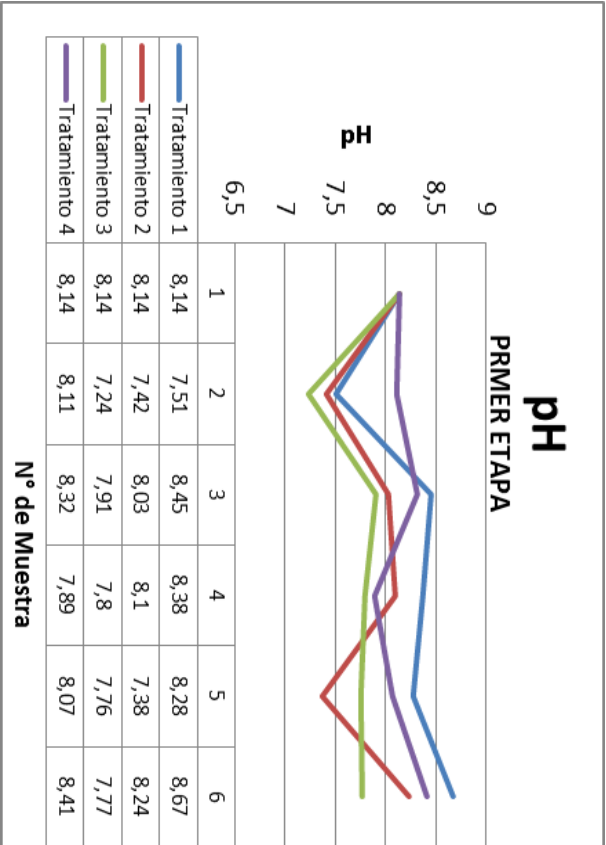
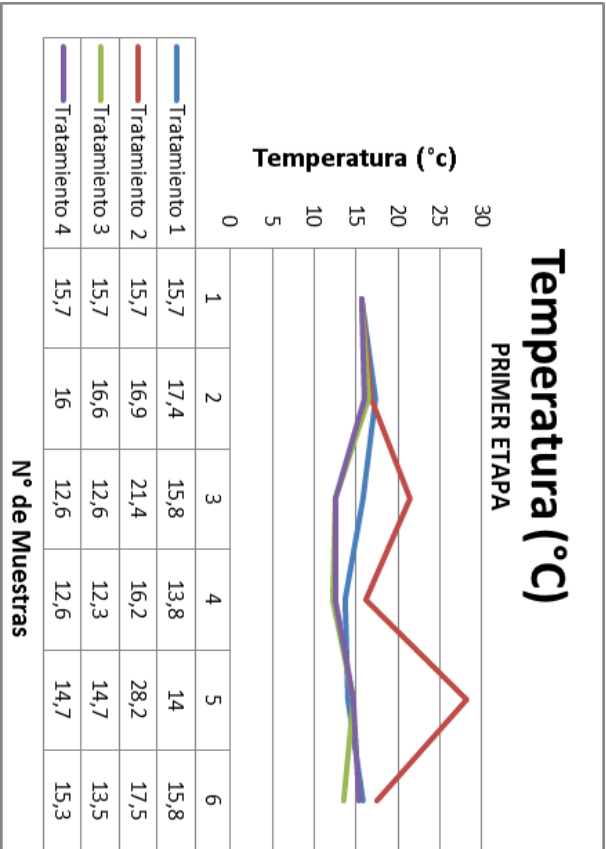
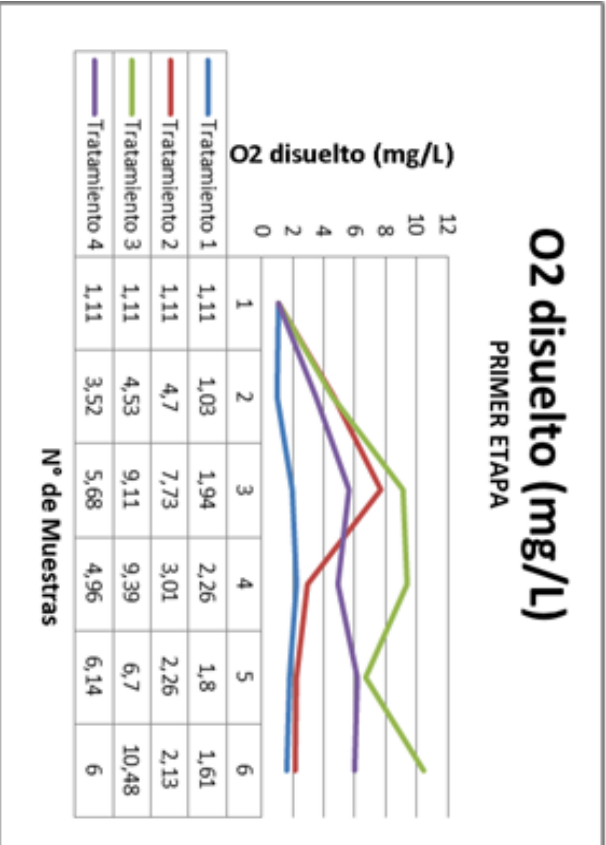


ANEXO 4:

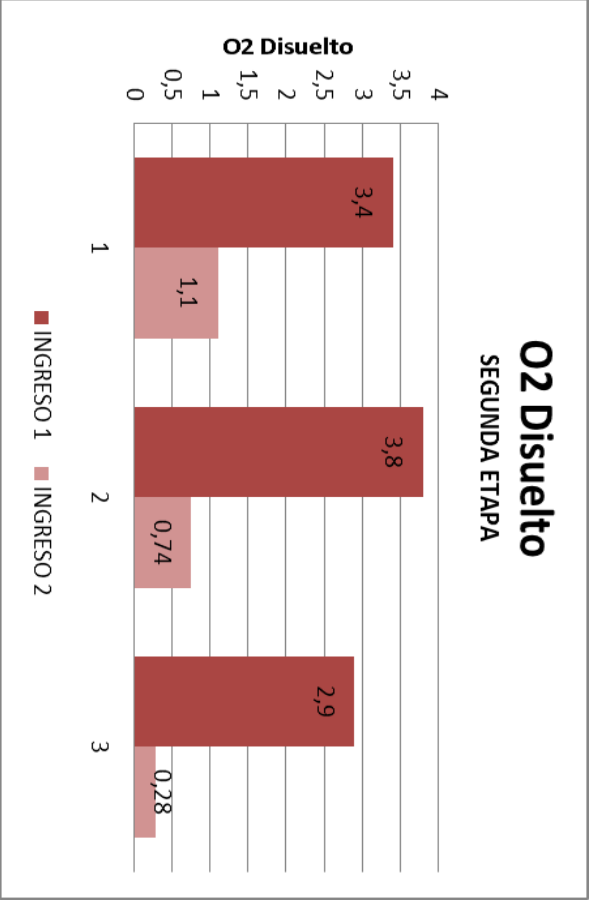
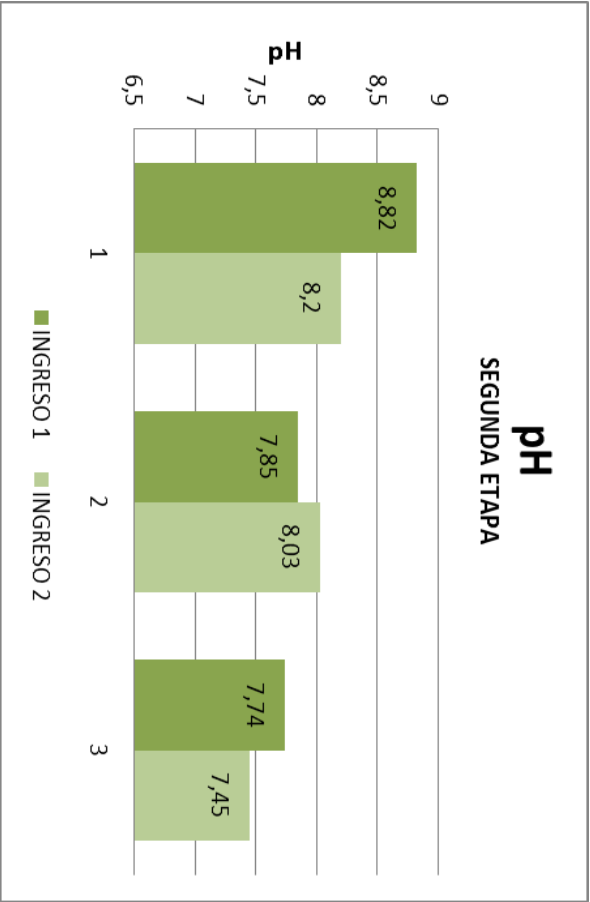
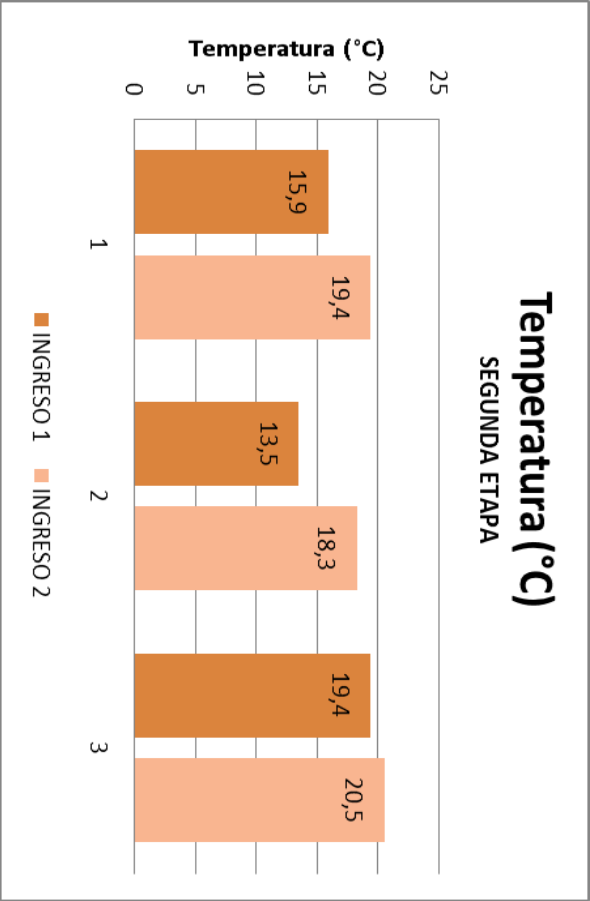
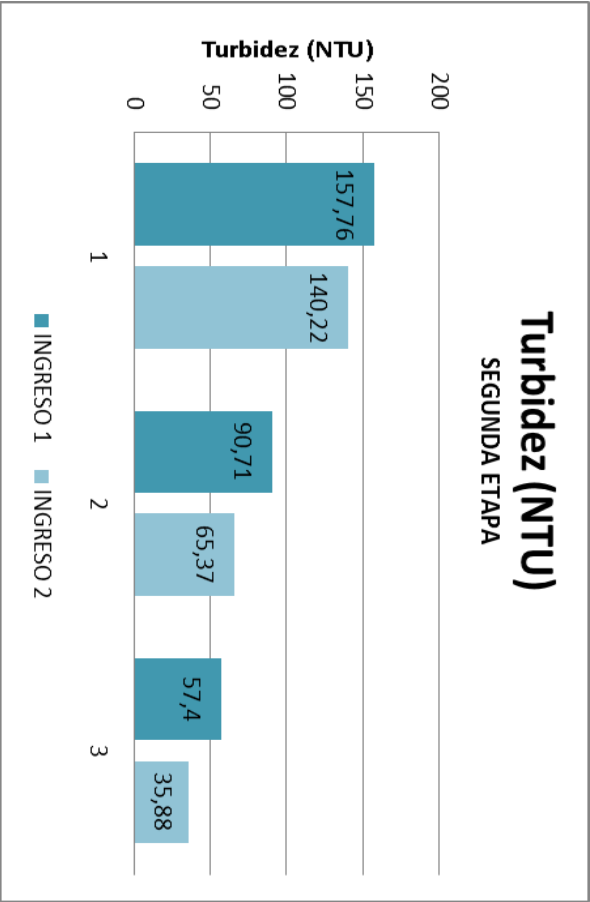
Inactivación y desinfección de agentes patógenos con Rayos UV (luz visible)



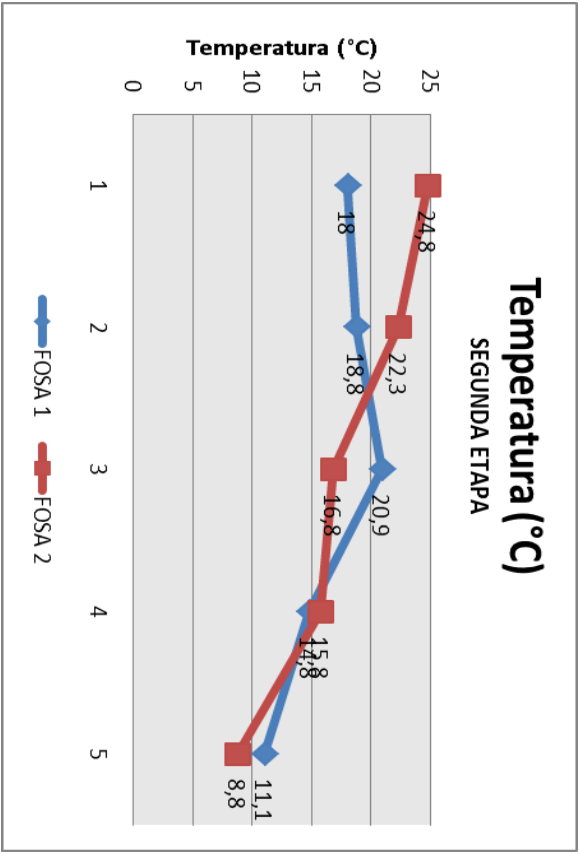
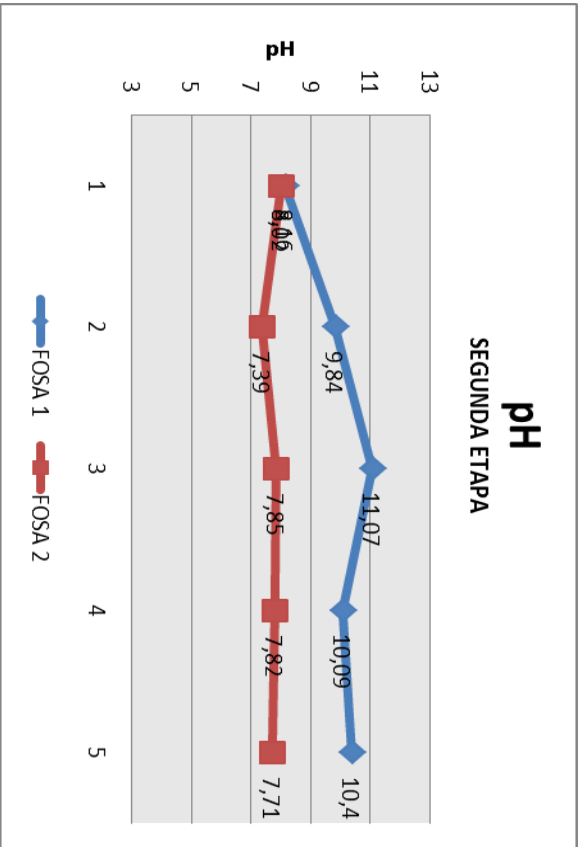
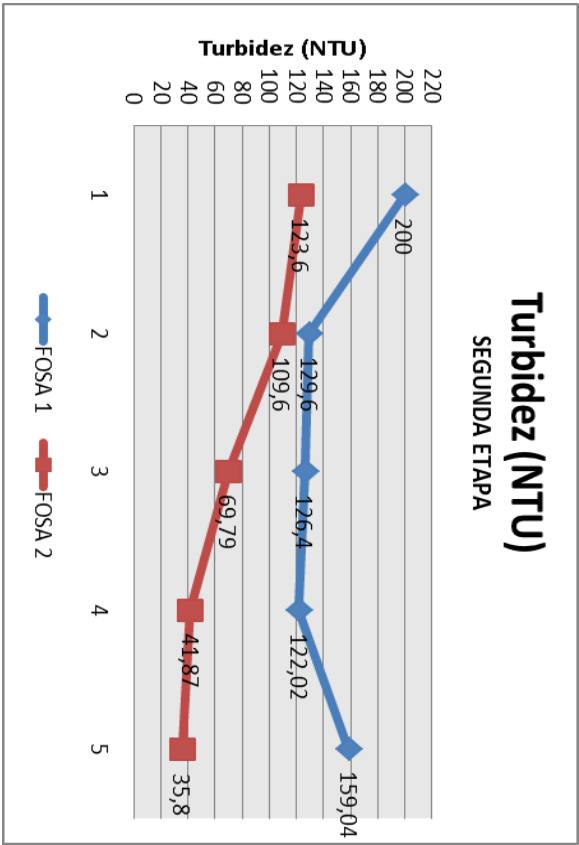
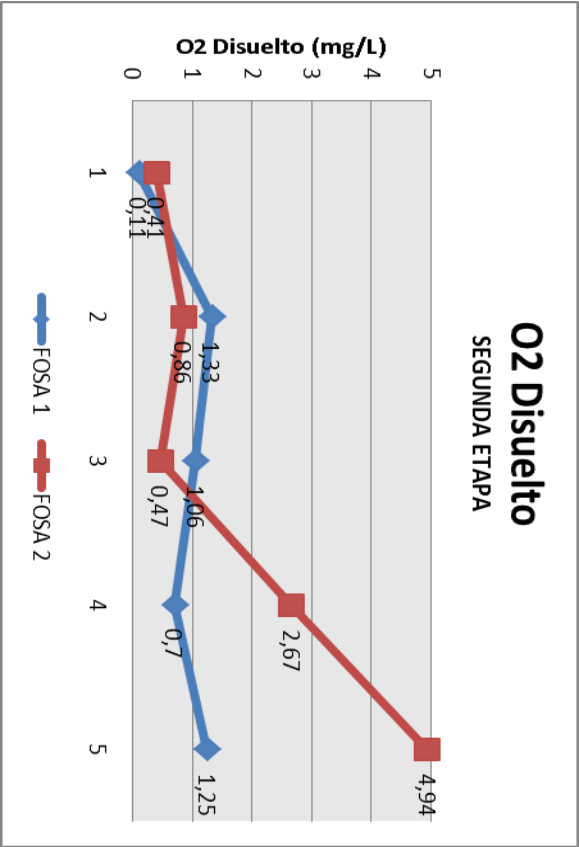
ANEXO 5: Gráficos de la primera etapa (posibles tratamientos)



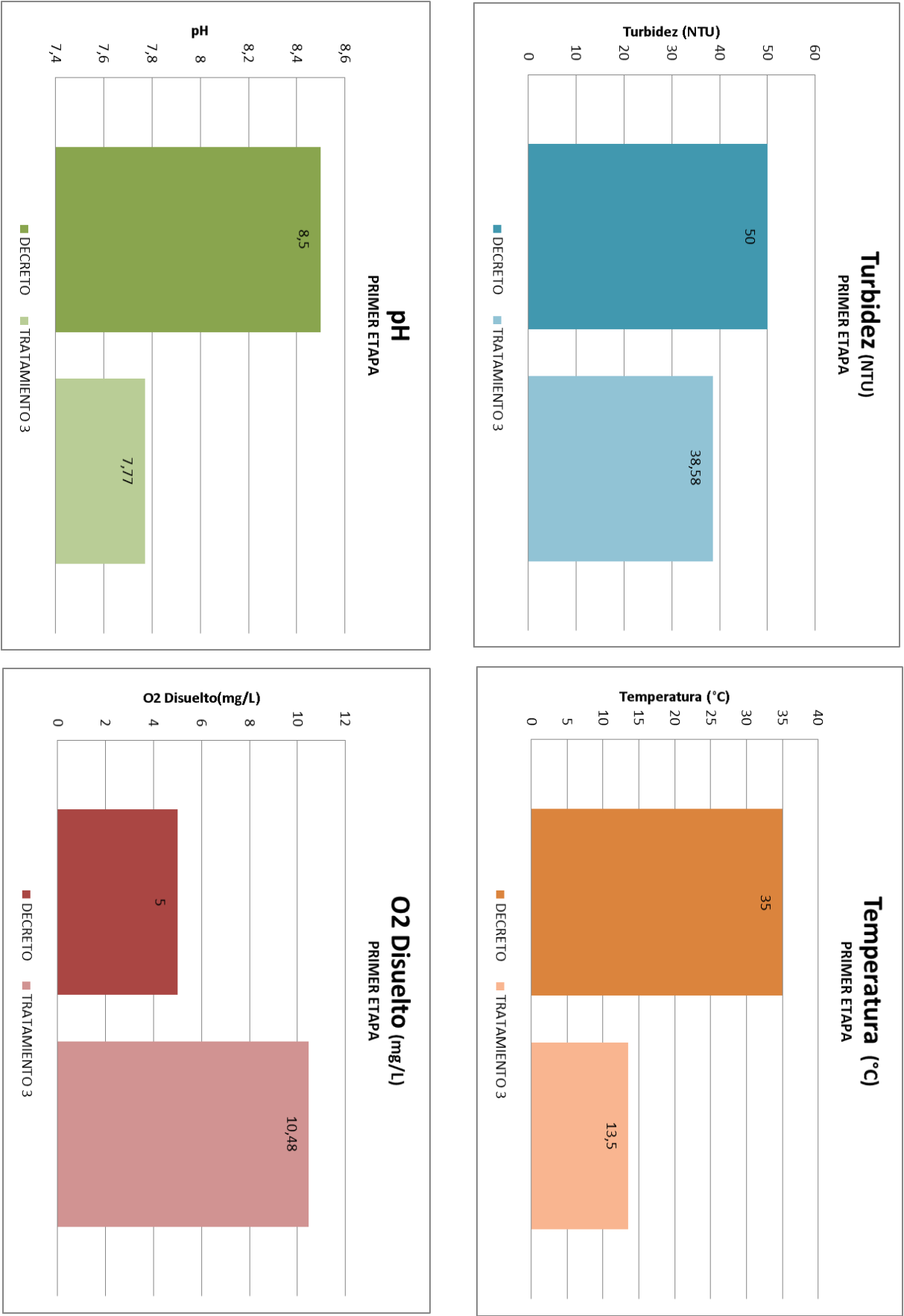
ANEXO 6: Gráficos de la segunda etapa (AR lagunas de decantación)



ANEXO 7: Gráficos de la segunda etapa (AR de dos fosas sépticas)



ANEXO 8: Gráficos comparativos con datos del Decreto de Aguas y resultados obtenidos en el laboratorio del tratamiento 3.



ANEXO 9:

Turbiedad de ambas muestras de AR de fosa séptica luego de ser tardadas en nuestro tratamiento de biorremediación.

FOSA SÉPTICA 1	FOSA SÉPTICA 2
	
Esta fosa séptica contenía altos niveles de productos químicos vertidos por un lavadero de ropa, tales como detergentes, suavizantes, jabones, etc. Estos productos matan componentes del EM® además de saturar el agua y producir abundancia de espumas no naturales. Por lo cual el tratamiento no da resultado.	En esta nueva fosa séptica el AR no contenía o casi nada de este tipo de productos químicos mencionados anteriormente, por lo cual las bacterias pudieron desarrollarse y cumplir sus funciones óptimas. Además estos productos favorecen al aumento de la turbidez, al no contener altos niveles de concentración de los mismos esto no ocurre.
RESULTADOS NO FAVORABLES	RESULTADOS FAVORABLES

ANEXO 10:

La tabla muestra las diferentes etapas del procedimiento, lo cual se detalla al costado de cada proceso su función en el tratamiento del AR.

PROCEDIMIENTO A REALIZAR PARA TRATAR AR



FILTRACIÓN: Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes o arenas.

Los desechos pueden utilizarse para producir compostaje.



TRATAMIENTO PRIMARIO: Se dosifica el agua con EM® y se añaden plantas *Eichhornia crassipes*.

1lt de EM® cada 1000lt de AR

- Eliminación de materias decantables orgánicos y/o inorgánicos.
- Eliminación de compuestos amoniacales y que contengan fósforo.

Debe retenerse el agua en este módulo hasta que el tratamiento termine de gestarse (5 días)



FILTRACIÓN: eliminación de residuos orgánicos generados en el procedimiento anterior.

Es importante filtrar el AR, ya que tendemos a disminuir la turbidez, cuanto más baja sea esta mayor efectividad tendrá el tratamiento2.



TRATAMIENTO SECUNDARIO: desinfección final con rayos UV (luz solar)

- Eliminación de bacterias patógenas, provocando un daño en su ADN o actuando con el oxígeno disuelto en el medio acuoso, provocando radicales libres.

Este tratamiento debe ser gestado como mínimo durante 6hs a sol intenso.

**Agua pronta para la reutilización en diferentes actividades.
No apta para el consumo humano.**

ANEXO 11: Entrevista a Licenciada Química sobre dudas e interpretación de resultados.
Lic. Victoria Márquez

1. *¿Por qué disminuyó la presencia de O_2 luego del tratamiento de exposición a rayos UV?*

La luz ultravioleta (natural) tiene la capacidad de ser germicida, es la propiedad que le permite ser utilizada para la desinfección de aguas. La radiación UV llega directamente al ADN de los microorganismos provocando modificaciones en la estructura de este afectando directamente a los nucleótidos, provocando la muerte celular. Esta luz también reacciona con el oxígeno disuelto en el agua, generando especies más reactivas como radicales libres los cuales también contribuyen a la eliminación de microorganismos. Esta puede ser una de las causas por la cual luego de la exposición del agua a la luz UV disminuye el oxígeno disuelto.

Otro factor a tener en cuenta es las horas en la cual el agua estuvo expuesta a los rayos UV y cuál fue el aumento de temperatura del agua durante el periodo de exposición, ya que un aumento considerable de temperatura en el agua también provoca una disminución del oxígeno disuelto por evaporación.

2. *En caso que esta aguas con baja concentración de O_2 se utilice para regar ¿Afectaría en el crecimiento de las plantas?*

Las plantas realizan tanto la fotosíntesis como la respiración. La fotosíntesis es la forma cómo las plantas transforman la energía solar y el dióxido de carbono en energía química liberando oxígeno y agua, almacenando la energía bajo la forma de carbohidratos. La respiración se refiere al proceso mediante el cual las plantas toman oxígeno y desprenden dióxido de carbono. La respiración se realiza principalmente en las hojas de las plantas, por lo que el oxígeno utilizado es extraído del aire. Las plantas por sus raíces utilizan principalmente nutrientes y agua del suelo. Por lo que en este caso no se vería afectado el crecimiento vegetal al regar con agua tratada.

3. *¿En pocos volúmenes de agua puede ser que la temperatura aumente más fácilmente y ocasione la evaporación de los gases disueltos en ella?*

Si el periodo de exposición a radiación UV del agua a tratar se realizó en horas cercanas del medio día y en periodos de temperaturas ambientales elevadas donde la transferencia de calor hacia el agua era importante, puede ocasionar en un volumen pequeño un aumento significativo de la temperatura. La temperatura es un factor importante en la solubilidad del oxígeno en agua, al igual que todos los gases, tiene diferentes solubilidades a distintas temperaturas. Aguas más frías tienen mayor oxígeno disuelto que la misma a mayor temperatura.

4. *¿A qué tipo de químico se debe la presencia de espumas no naturales en las aguas residuales?*

En los sistemas de tratamiento de agua residual resulta frecuente la generación de espuma en diversas etapas del proceso de depuración del agua.

La tensión superficial es la tensión que mantiene un líquido en la superficie debida a la

atracción entre las moléculas de los líquidos.

En el interior de un líquido cada molécula es atraída por todas las que la rodean pero, cuando se encuentran en la superficie, sólo son atraídas por las que están a los lados y bajo ellas.

La espuma es la dispersión de un gas en una fase líquida o sólida continua. Los gases son introducidos en el agua por diversos procesos, reacciones químicas (liberación de CO₂), medios mecánicos (agitación, aireación o bombeo), procesos biológicos (desnitrificación, fermentación).

La espuma se genera por productos químicos como proteínas, ligninas, detergentes, agentes surfactantes. Los surfactantes son sustancias que modifican la tensión superficial. Éstos poseen en su molécula una zona polar y otra no polar por lo que las moléculas tienden a subir a la superficie para poder satisfacer la tendencia de los dos extremos con diferente polo.

Cuando a espumas están causadas por detergentes, la espuma es blanca apareciendo en los saltos de agua y reactores biológicos. Las espumas que aparecen con mayor frecuencia son de color marrón debido a la biomasa flotante sobre la superficie del agua, la flotación de la biomasa se puede dar por una proliferación masiva de microorganismos filamentosos que producen floculo que atrapan las burbujas de aire y flotan.

Las aguas residuales antes de llegar a un tratamiento, acarrean jabones y detergentes provenientes del uso de los mismos en el hogar y del a nivel industrial.