



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA  
GUTIÉRREZ**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 08 de enero de 2018



**REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**“REMOCIÓN DE ALGAS MEDIANTE  
ELECTROCOAGULACIÓN”**

**EMPRESA:  
INSTITUTO MEXICANO DE  
TECNOLOGÍA DEL AGUA**

**INTEGRANTE (S):**

No. CONTROL	NOMBRE	SEMESTRE
13270710	LUIS EDUARDO ALTUZAR PÉREZ	IX

**PERIODO:**

**21 DE AGOSTO AL 08 DE DICIEMBRE DEL 2017**

**HORAS:**

**625**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA BIOQUÍMICA**

**ASESOR INTERNO:**

**DR. JOSÉ HUMBERTO CATAÑÓN  
GONZÁLEZ**

**ASESOR EXTERNO:**

**DRA. ALEJANDRA MARTÍN DOMÍNGUEZ**

# Índice

	<b>Pág.</b>
1. Introducción .....	1
2. Justificación .....	3
3. Objetivos .....	4
3.1. General .....	4
3.2. Específicos .....	4
4. Caracterización del área en que participó .....	5
4.1. Instituto Mexicano De tecnología del Agua (IMTA) .....	5
4.1.1. Misión .....	6
4.1.2. Visión .....	6
4.2. Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua .....	7
4.3. Laboratorio de Potabilización .....	7
4.3.1. Servicios .....	7
4.3.2. Actividades principales .....	7
4.3.3. Infraestructura principal .....	8
5. Problemas a resolver .....	9
6. Alcances y limitaciones .....	9
6.1. Alcances .....	9
6.2. Limitaciones .....	9
7. Fundamento teórico .....	10
7.1. Mecanismos del proceso de electrocoagulación .....	10
7.2. Reacciones en el proceso de electrocoagulación .....	12
8. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas .....	14
8.1. Caracterización de la fuente de estudio .....	14
8.2. Análisis de la calidad del agua inicial .....	15
8.3. Prueba de jarras .....	16
8.4. Características del equipo de electrocoagulación .....	17
8.5. Diseño del experimento .....	17

8.6.	Variables de respuesta .....	18
9.	Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas .....	19
9.1.	Calidad del agua inicial .....	19
9.2.	Prueba de jarras .....	19
9.2.1.	Dosis óptima de coagulante .....	19
9.2.2.	Dosis óptima de polímero .....	20
9.2.3.	pH óptimo de operación .....	22
9.3.	Condiciones del reactor de electrocoagulación .....	24
9.4.	Evaluación del sistema de electrocoagulación en la remoción de algas .....	24
10.	Conclusiones y recomendaciones .....	28
11.	Referencias bibliográficas y virtuales .....	29
12.	Anexos .....	31
12.1	Convenio de confidencialidad .....	31
12.1.	Constancia Hackathon.....	36

## 1. Introducción

Uno de los desafíos mayores que enfrenta hoy la humanidad es proporcionar agua limpia a una inmensa mayoría de la población mundial. Los cuerpos de agua cada día se ven más afectados por las actividades humanas, muchos de ellos presentan contaminación de tipo orgánica (Henry y Heinke, 1999). El principal problema es que en la superficie crecen plantas acuáticas como microalgas y lirio acuático con ayuda de la luz solar y los nutrientes que contiene el agua. La palabra alga se refiere a un grupo de organismos, de una diversidad morfológica y fisiológica, que contienen clorofila y que llevan a cabo un tipo de fotosíntesis productora de oxígeno. Especialmente, las cianobacterias (algas verde azules) han estado presentes desde hace siglos en aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Estos organismos son considerados como un problema, usualmente asociado a la producción del mal sabor y olor desagradable en aguas potables, sin embargo, recientemente, las algas se han asociado a problemas relacionados con la obstaculización del sistema de filtración del tren de tratamiento convencional de las plantas potabilizadoras de agua (Fawell, 1993).

Para la eliminación de algas, se han utilizado métodos de tratamiento específicos, entre los que destacan los procesos de coagulación, floculación y filtración (Widrig *et al.*, 1996), sin obtener aún resultados satisfactorios con estos experimentos; otros métodos utilizados para remover algas ha sido la ozonoflotación, con este método, se pudieron remover hasta un 90% de las algas presentes en agua (Montiel y Welté 1998).

Investigadores han demostrado recientemente que la tecnología de electrocoagulación (EC) ofrece una alternativa atractiva a los métodos tradicionales para el tratamiento de aguas con algas. (Alfajara *et al.*, 2002)

El uso de la electricidad para el tratamiento de agua fue propuesto por primera vez en el Reino Unido en 1889. En 1904 fue patentado el uso de la electrólisis para el tratamiento de agua mineral (Elmore, 1905). La electrocoagulación con electrodos de aluminio y hierro fue patentada en 1909 en Estados Unidos y fue aplicada por primera vez en una planta de potabilización de agua a gran escala en 1946. Debido al alto costo de inversión y el costo de la electricidad, la electroquímica no tuvo mucha acogida en la industria a mediados del siglo XX, sin embargo, en Estados Unidos y Rusia se realizó una gran cantidad de investigaciones y se logró acumular conocimiento valioso (Chen, 2004).

La electrocoagulación, aunque no es una tecnología nueva, ha sido poco estudiada y desarrollada. Pese a esto, ha logrado alcanzar un aprovechamiento comercial importante en el tratamiento puntual de algunos contaminantes, ubicándose como una técnica con mayores ventajas comparativas con respecto a las tecnologías tradicionales de tratamiento. Por esta razón en los últimos años ha cobrado interés científico, pues se necesita entender a fondo el proceso y sus mecanismos. (Chen, 2004)

## 2. Justificación

Las algas siempre han estado presentes en los cuerpos de agua utilizados para beber. Recientemente, se han considerado como un problema usual, la presencia y proliferación de algas y sus endotoxinas pueden causar problemas en equipos y ductos de distribución de una planta potabilizadora de agua, como el taponamiento u olores indeseables, lo que se traduce a una baja calidad del agua. (Codony, *et al.*, 2003).

Las algas y sus endotoxinas pueden, de manera indirecta, causar agotamiento del oxígeno contenido en las aguas naturales, produciendo como efecto primario la eutroficación (alto contenido de nutrientes orgánicos e inorgánicos que contienen Fósforo y Nitrógeno en varias de sus formas). El efecto secundario incluye la muerte paulatina de los organismos acuáticos con una colonización total del cuerpo de agua que eventualmente se convertirá en un pantano, para finalmente desaparecer (Dart, 1985).

Con la finalidad de buscar una solución al problema existente se justifica la necesidad en esta investigación buscar nuevas alternativas en el tratamiento de aguas, siendo una de estas la electrocoagulación, la cual es una tecnología que no utiliza coagulantes químicos, ya que con cargas eléctricas desestabiliza las partículas coloidales permitiendo su aglomeración y precipitación, produciendo la depuración del agua contaminada, además de ser mucho más versátil y permite tratar todo tipo de efluentes industriales, lo cual nos permite alcanzar altos porcentajes en la remoción de contaminantes presentes en el agua.

### 3. Objetivos

#### 3.1. General

Evaluar el proceso de electrocoagulación para remover las algas presentes en un cuerpo de agua léntico

#### 3.2. Específicos

- Caracterizar el agua cruda para conocer su calidad inicial.
- Establecer un sistema de electrocoagulación para determinar su eficacia en la remoción de algas.
- Analizar mediante un diseño experimental la eficiencia en el mejoramiento de la calidad del agua del sistema de electrocoagulación implementado.
- Determinar si el tipo de polímero tiene influencia en la remoción de algas y partículas suspendidas.
- Encontrar la dosis adecuada de aluminio que garantice una mayor eficiencia del proceso.
- Determinar si el tipo de polímero tiene influencia en la remoción de algas y partículas suspendidas.
- Definir la dosis adecuada de aluminio que garantice una mayor eficiencia del proceso.

## 4. Caracterización del área en que participó

La residencia profesional se llevó a cabo en Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) con sede en Jiutepec, Morelos, México. La experimentación se realizó en el laboratorio de la subcoordinación de Potabilización que forma parte de la Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua.

### 4.1. Instituto Mexicano De tecnología del Agua (IMTA)

El IMTA es un organismo público descentralizado que se aboca a enfrentar los retos nacionales y regionales asociados con el manejo del agua y a perfilar nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo tecnológico para proteger el recurso y asignarlo de manera eficiente y equitativa entre los distintos usuarios.

Los objetivos del Instituto son:

- Contribuir a la gestión sustentable del agua a través del conocimiento, la tecnología, la formación de recursos humanos y la innovación.
- Incorporar al sector hídrico en la sociedad del conocimiento.
- Crear un alto valor agregado para las instituciones del sector hídrico mediante el conocimiento, la creación y adaptación de tecnologías y el suministro de servicios tecnológicos altamente especializados.
- Impulsar el desarrollo de la ciencia y la tecnología del agua, en especial mediante la formación de personal altamente capacitado a nivel especialización y posgrado.

Para tal fin, el IMTA dispone de capacidades y competencias específicas que le dan una ventaja competitiva y le permiten agregar valor a los productos y servicios



que ofrece a sus clientes y usuarios. Entre estas competencias destacan las siguientes:

- Más de 300 especialistas altamente capacitados en la atención de la problemática prioritaria del sector, muchos de ellos con más de 20 años de experiencia.
- Enfoque integral y multidisciplinario de los problemas del agua, pues sus recursos humanos e infraestructura cubren un amplio espectro de especialidades.
- Infraestructura de laboratorios, software y documental única en México.
- Ventaja competitiva a partir de las atribuciones que le otorgan el Decreto de Creación y la Ley de Aguas Nacionales.
- Posibilidades de participar en el establecimiento de las prioridades y metas nacionales del sector y de constituirse en el principal asesor tecnológico de la Comisión Nacional del Agua.

#### 4.1.1. Misión

Producir, implantar y diseminar conocimiento, tecnología e innovación para la gestión sustentable del agua en México.

#### 4.1.2. Visión

Seremos una institución líder y de clase mundial que propicie la transformación del sector hídrico e impulse la gestión sustentable del recurso agua en el país.

## 4.2. Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua

La coordinación tiene como objetivo el generar y conducir el conocimiento hacia la investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías para la evolución ambiental y el mejoramiento y preservación de la calidad del agua y sus recursos naturales asociados, a fin de colaborar con el desarrollo sustentable.

## 4.3. Laboratorio de Potabilización

### 4.3.1. Servicios

- Realización de estudios especializados y desarrollo de tecnologías de proceso.
- Evaluación de equipos y productos para la potabilización, desinfección y acondicionamiento de agua, tanto para uso y consumo humano, como para la industria.
- Investigación, desarrollo y adaptación de tecnología para la remoción de contaminantes específicos en el agua como, por ejemplo: arsénico, hierro, manganeso, flúor y sílice, entre otros.
- Realización de pruebas en laboratorio y campo para seleccionar la mejor opción de tratamiento.

### 4.3.2. Actividades principales

- Desarrollo, adaptación, servicios tecnológicos, transferencia y capacitación en procesos de potabilización de agua para uso y consumo humano, así como acondicionamiento de agua para la industrial.

- Evaluación de riesgos a la salud asociados a la contaminación del agua
- Evaluación de reactivos, equipos, membranas y procesos utilizados para la potabilización y acondicionamiento de agua.
- Pruebas de tratabilidad de agua y de sus subproductos (físicoquímicas y con procesos de membranas)
- Selección del mejor proceso según el tipo de agua.
- Diseño, seguimiento a la construcción y puesta en marcha de sistemas de potabilización.
- Evaluación de plantas potabilizadoras

#### 4.3.3. Infraestructura principal

El laboratorio de potabilización cuenta con la siguiente infraestructura:

- Laboratorio de membranas para tratamiento de agua, con equipos de 1 L/s de microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa
- Laboratorio para autopsia y pruebas destructivas de membranas con equipo de fluorescencia de Rx y banco para pruebas no destructivas
- Laboratorio de procesos físicoquímicos (SGC) que cuenta con equipos para pruebas de jarras, equipos portátiles de análisis químicos de agua y plantas piloto de 1 L/s para tratamientos convencionales o con electrocoagulación
- Equipo y accesorios para el montaje de procesos de potabilización *in situ*

## 5. Problemas a resolver

- Mejorar la estética del cuerpo de agua al remover las algas presentes.
- Contaminación por químicos utilizados en la coagulación convencional.
- Implementar una la dosificación de aluminio constante, debido a que no necesita cambiar como en el proceso convencional

## 6. Alcances y limitaciones

### 6.1. Alcances

- Se realizaron pruebas semipiloto donde se puede evaluar el proceso
- El proceso se puede escalar

### 6.2. Limitaciones

- Traslado de las muestras de agua al IMTA, debido a que no se pudo llevar el equipo de electrocoagulación al campo, por cuestiones de seguridad.
- Durante el 19 de septiembre de 2017, se suscitó un sismo en México, provocando suspensión de labores dentro del “IMTA” y la reparación de equipo de electrocoagulación.
- Debido a que el periodo de la estancia de la residencia fue corto, la evaluación del sistema no fue tan profunda como se debería

## 7. Fundamento teórico

La electrocoagulación es un proceso electroquímico muy utilizado en el tratamiento de aguas residuales, por medio del cual se desestabilizan las partículas de contaminantes que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, en los que el hierro y el aluminio son los más utilizados (Arango, 2005)

En el proceso de electrocoagulación hay generación de coagulantes *in situ* por la disolución de iones de aluminio o de hierro de los electrodos de aluminio o hierro respectivamente. Las generaciones de iones metálicos tienen lugar en el ánodo y en el cátodo hay liberación de burbujas de hidrógeno gaseoso las cuales ayudan a la flotación de las partículas floculadas, las mismas que serán retiradas posteriormente. (Arango, 2005)

### 7.1. Mecanismos del proceso de electrocoagulación

En la electrólisis ocurren una serie de procesos físicos y químicos que permiten la remoción de los contaminantes. Estos procesos se pueden describir de la siguiente manera:

En los electrodos ocurren una serie de reacciones que proporcionan iones tanto positivos como negativos. El ánodo provee iones metálicos. A este electrodo se le conoce como electrodo de sacrificio, ya que la placa metálica que lo conforma se disuelve, mientras la placa que forma el cátodo permanece sin disolverse. (Restrepo, 2006).

Los iones producidos cumplen la función de desestabilizar las cargas que poseen las partículas contaminantes presentes en el agua. Cuando estas cargas se han neutralizado los sistemas que mantienen las partículas en suspensión desaparecen, permitiendo la formación de agregados de los contaminantes e iniciando así el proceso de coagulación. Los iones que proveen los electrodos desencadenan un proceso de eliminación de

contaminantes que se puede dar por dos vías: la primera por reacciones químicas y precipitación y la segunda procesos físicos de agregación de coloides, que dependiendo de su densidad pueden flotar o precipitar, figura 1.

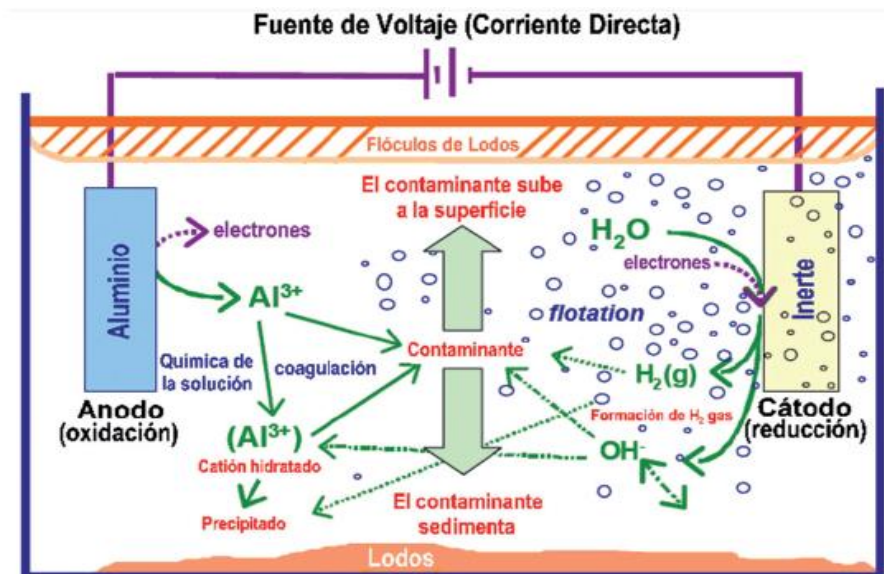


Figura 1. Interacciones ocurridas en un reactor de electrocoagulación. Fuente: Holt, 2002.

De acuerdo con la ley de Faraday, que rige el proceso de electrocoagulación, la cantidad de sustancias formadas en un electrodo es proporcional a la cantidad de cargas que pasan a través del sistema, y el número total de moles de sustancia formada en un electrodo está relacionado por estequiometría con la cantidad de electricidad puesta en el sistema.

Se considera que en el proceso de electrocoagulación intervienen tres etapas: inicialmente se forma el coagulante por oxidación electrolytica del metal del ánodo, luego se da la desestabilización de los contaminantes y emulsiones y, finalmente, se produce la formación de flóculos por agregación de partículas del contaminante o adsorción de éstas en el coagulante. (Restrepo, 2006).

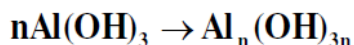
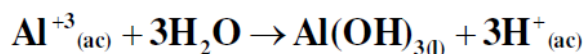
## 7.2. Reacciones en el proceso de electrocoagulación

Los materiales más comúnmente utilizados como electrodos en la electrocoagulación son hierro y aluminio. Por esta razón se tratarán de manera especial las reacciones que se desarrollan manteniendo electrodos de estos dos metales en la celda. La bibliografía referenciada trata ampliamente estas reacciones, no sólo para hierro y aluminio, si no también aquellas reacciones que ocurren cuando los electrodos son de otros metales o materiales.

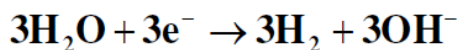
El proceso de electrocoagulación es afectado por diferentes factores. Entre los más importantes se encuentran la naturaleza y concentración de los contaminantes, el pH del agua residual y la conductividad. Estos factores determinan y controlan las reacciones ocurridas en el sistema y la formación del coagulante.

Cuando el aluminio actúa como ánodo las reacciones son las siguientes:

En el ánodo:



En el cátodo:



Los iones  $\text{Al}^{+3}$  en combinación con los  $\text{OH}^{-}$  reaccionan para formar algunas especies monoméricas como  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Al}_2(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ , y otras poliméricas, tales como  $\text{Al}_6(\text{OH})_{15}^{3+}$ ,  $\text{Al}_7(\text{OH})_{17}^{4+}$ ,  $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{4+}$ ,  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$  y  $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{5+}$  que por procesos de

precipitación forman el  $\text{Al(OH)}_{3(s)}$ , como se muestra en la reacción de ánodo. El  $\text{Al(OH)}_{3(s)}$  es una sustancia amorfa de carácter gelatinoso, que expone una gran área superficial con propiedades absorbentes y que es propicia para los procesos de adsorción y atracción de las partículas contaminantes. (Restrepo, 2006).



## 8. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

### 8.1. Caracterización de la fuente de estudio

El influente de este proyecto fue obtenido (bajo previa autorización de la administración correspondiente) del lago del Parque Alameda “Luis Donaldo Colosio” de la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, México. El cual se encuentra ubicado en Boulevard Paseo Cuauhnáhuac km 5. 1.62, 62460. 18°55'06.6"n 99°11'27.6"w

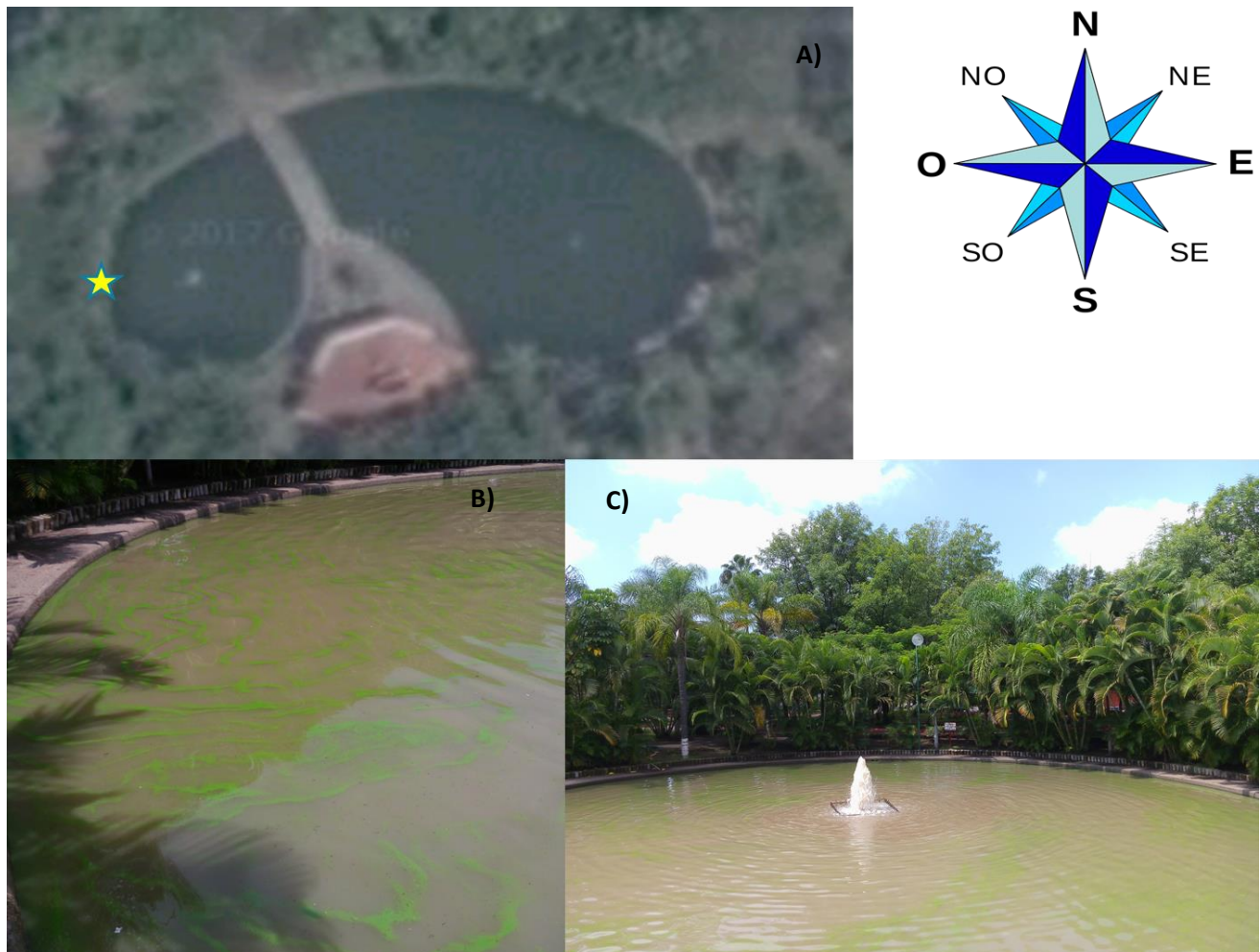


Figura 2. Caracterización de la fuente de estudio. A) Vista satelital, B) y C) Vistas laterales.

Como puede observarse en la figura 2 el lago tiene la presencia de algunos conglomerados de color verde en su superficie, los cuales, evidencian la presencia

de algas. Para este trabajo no fue identificado el tipo de alga presente, pues solo se enfocó en la evaluación del sistema de electrocoagulación.

## 8.2. Análisis de la calidad del agua inicial

Para poder conocer el estado de contaminación del agua a tratar y la concentración de algas presentes en él, fue necesario realizar un muestreo para medir los siguientes parámetros indicadores de la calidad del agua antes de realizar el experimento:

1. pH
2. Temperatura
3. Turbiedad
4. Conductividad
5. Color Aparente
6. Color Real
7. Nitratos
8. Nitrógeno amoniacal
9. Aluminio
10. Hierro
11. Sulfato
12. Fosfato
13. Dureza de calcio
14. Alcalinidad
15. Clorofila

Los parámetros se analizaron en el laboratorio de potabilización a excepción de la clorofila, la cual, permite conocer indirectamente la cantidad presente de algas en el cuerpo de agua. La clorofila fue medida junto con la repetición de algunos otros parámetros, por el laboratorio de Calidad del Agua del IMTA para

asegurar que los resultados fueran correctos y analizados bajo la norma NOM-001-SEMARNAT-1996.

### 8.3. Prueba de jarras

Se realizaron pruebas de jarras para conocer la dosificación de aluminio, polímero y el pH óptimo necesario para poder realizar las pruebas siguientes. Se determinó primero la concentración óptima de coagulante, el coagulante utilizado fue Hidroxicloruro de Aluminio comúnmente conocido como PAC, se probaron 5 concentraciones distintas de entre 20 y 60 mg/L manteniendo una jarra testigo libre de coagulante.

Posteriormente con la concentración adecuada de coagulante, se evaluaron 5 diferentes concentraciones de polímero (entre 0.2 y 0.6 mg/L) en presentación líquida (Polidadmac) y sólida (Polielectrolito catiónico).

Por último, conociendo las dosis de polímero y coagulante óptimas se probaron pH entre 6.5 y 9.

La eficiencia de cada concentración se determinó midiendo en el laboratorio de potabilización después de la prueba los siguientes parámetros:

- Temperatura
- pH
- Conductividad
- Turbiedad
- Color aparente y real
- Sólidos sedimentables

#### 8.4. Características del equipo de electrocoagulación

Se utilizó el equipo semipiloto de electrocoagulación del laboratorio de Potabilización del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. El cual está conformada por un reactor que contiene 3 módulos con 10 placas de aluminio cada una, un floculador con tres motores de agitación y un sedimentador con tolva. Por cuestión de un convenio de confidencialidad, no se puede dar las características exactas del equipo semipiloto de electrocoagulación. Ver en anexos.

#### 8.5. Diseño del experimento

Se realizó un diseño de experimentos factorial  $2^2$  con dos niveles, tres factores y dos centros.

Niveles: Tipo de Polímero (sólido o líquido)

Factores:

A. Concentración de Aluminio (20, 35 y 50 mg/L)

B. Concentración de Polímero (0.2, 0.4 y 0.6 mg/L)

Cuadro 1. Descripción del diseño de experimentos.

CORRIDA	TIPO DE POLÍMERO	Δ POLÍMERO (mg/L)	Δ AL TEÓRICA (mg/L)		
1	-1	-1	0.2	-1	20
2	-1	1	0.6	-1	20
3	-1	1	0.6	1	50
4	-1	-1	0.2	1	50
5	-1	0	0.4	0	35
6	-1	0	0.4	0	35
8	1	-1	0.2	-1	20
9	1	1	0.6	-1	20
10	1	-1	0.2	1	50
11	1	1	0.6	1	50
12	1	0	0.4	0	35
13	1	0	0.4	0	35

## 8.6. Variables de respuesta

Las variables de respuesta establecidas para el experimento son las siguientes:

- Voltaje inicial (V)
- Voltaje final (V)
- Temperatura (°C)
- Aparente (UPtCo)
- Real (UPtCo)
- Turbiedad (NTU)
- pH
- Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )
- SDT (PPM)
- Lodos recuperados (mL/L)

Una de las desventajas de la implementación del proceso de electrocoagulación es el alto gasto de energía que genera un costo considerable. Se presentó un trabajo que resuelve dicha problemática en el Hackaton de Investigación, Desarrollo e Innovación 2017, Posgrado IMTA y se obtuvo el segundo lugar (ver en anexos).

## 9. Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas

### 9.1. Calidad del agua inicial

La caracterización del influente se muestra en el Cuadro 2. La presencia de algas se evidencia en los altos niveles de color aparente, turbiedad y clorofila.

Cuadro 2. Caracterización del efluente.

PARÁMETRO	PH	TEMPERATURA °C	TURBIEDAD NTU	CONDUCTIVIDAD μS/cm	COLOR		NITRATOS mg/L N-NO <sup>3-</sup>	NITRÓGENO AMONICAL mg/L N-NH <sub>3</sub>	ALUMINIO mg/L AL <sup>3+</sup>	HIERRO mg/L Fe <sup>2+</sup>	SULFATO mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	FOSFATO mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>	DUREZA DE CALCIO mg/L CaCO <sub>3</sub>	ALCALINIDAD mg/L CaCO <sub>3</sub>	CLOROFILA mg/m <sup>3</sup>
					APARENTE	REAL									
					NTU										
RESULTADO	8.35	24.00	147.00	217.00	1440	41	3.20	0.21	0.273	1.39	1.00	1.21	23.00	40.00	304

### 9.2. Prueba de jarras

#### 9.2.1. Dosis óptima de coagulante

Se elaboró la prueba de jarras para determinar la concentración óptima de coagulante. De acuerdo a lo observado en el Cuadro 3 y los gráficos de la figura 3, se tomó como dosis óptima 40 mg/L de coagulante para realizar las pruebas siguientes.

Cuadro 3. Resultados obtenidos en la prueba de jarras para la determinación de la dosis óptima de coagulante.

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN DE COAGULANTE (mg/L)	TEMPERATURA	Ph	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	TURBIDEZ (NTU)	COLOR		SOLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)
						APARENTE (U Pt/Co)	REAL (U Pt/Co)	
JARRA 1	0	25.5	7.86	97.9	45.4	750	18	1.3
JARRA 2	20	25.0	7.59	97.5	5.7	63	14	4.5
JARRA 3	30	25.2	7.38	100.6	2.55	32	12	14.0
JARRA 4	40	25.2	7.20	101.2	1.72	26	12	20.0
JARRA 5	50	25.1	7.06	103.0	2.36	26	11	20.0
JARRA 6	60	25.1	6.80	104.2	2.34	26	9	17.0

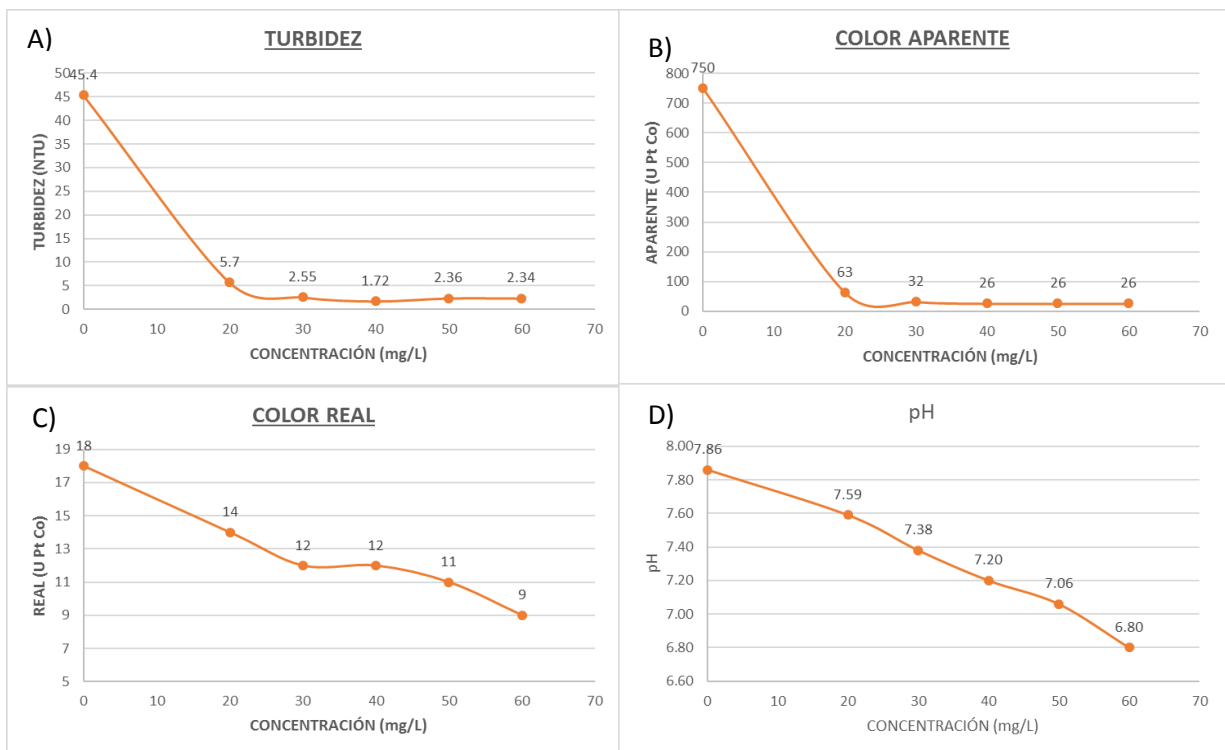


Figura 3. Comportamiento de los parámetros con el aumento en la concentración de coagulante. A) Turbidez, B) Color Aparente, C) Color Real y D) pH.

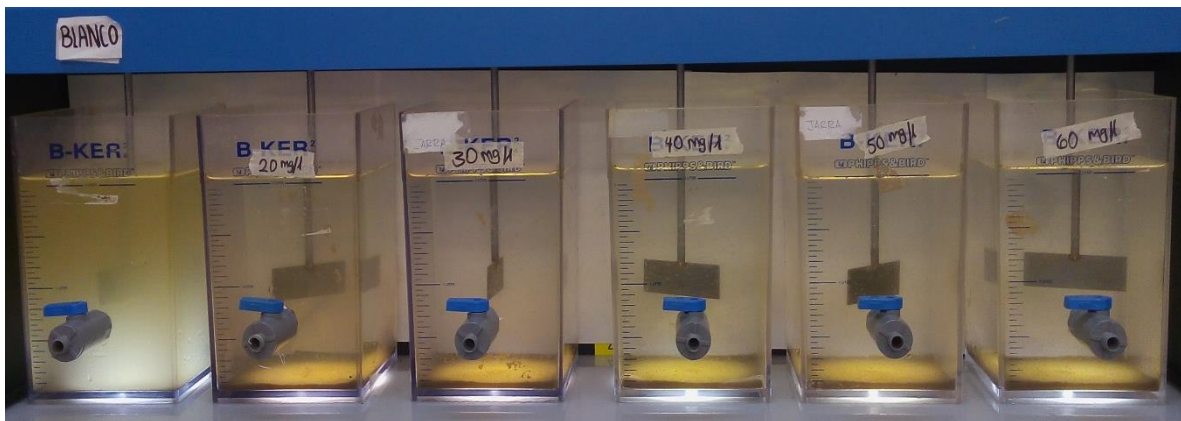


Figura 4. Apariencia de las Jarras después del periodo de sedimentación.

### 9.2.2. Dosis óptima de polímero

Se obtuvo la dosis óptima tanto del polímero líquido (Polidadmac) como del polímero sólido (Poliectrolito catiónico). Los resultados obtenidos pueden apreciarse en el Cuadro 4 y la Figura 5. La dosis adecuada de polímero para el líquido es 0.2 mg/L y para el sólido 0.3 mg/L.

Cuadro 4. Resultados obtenidos en la prueba de jarras para la determinación de la dosis óptima de polímero.

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN (mg/L)	TEMPERATURA (°C)		Ph		CONDUCTIVIDAD (µs/cm)		TURBIEDAD (NTU)		COLOR (U Pt/Co)				SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)	
		S	L	S	L	S	L	S	L	APARENTE		REAL		S	L
TIPO DE POLÍMERO		S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
JARRA 1	0	24.6	23.2	7.1	7	105.9	110.8	0.97	1.33	17	4	3	0	12	2
JARRA 2	0.1	24.5	23.1	7.1	7	105.3	110.4	0.87	1.19	17	0	3	0	7.5	14
JARRA 3	0.2	24.5	23.1	7.1	7.1	105.4	111.3	1.35	1.14	18	1	2	0	7.5	14
JARRA 4	0.3	24.6	23.2	7.1	7.2	105.8	114.7	1.18	1.05	16	0	3	0	8	15
JARRA 5	0.4	24.4	23.2	7.1	7.2	105.0	110.1	1.03	0.86	17	1	2	0	8	13
JARRA 6	0.5	24.5	23.2	7.1	7.4	105.8	113.5	1.16	0.76	13	3	1	0	8	12

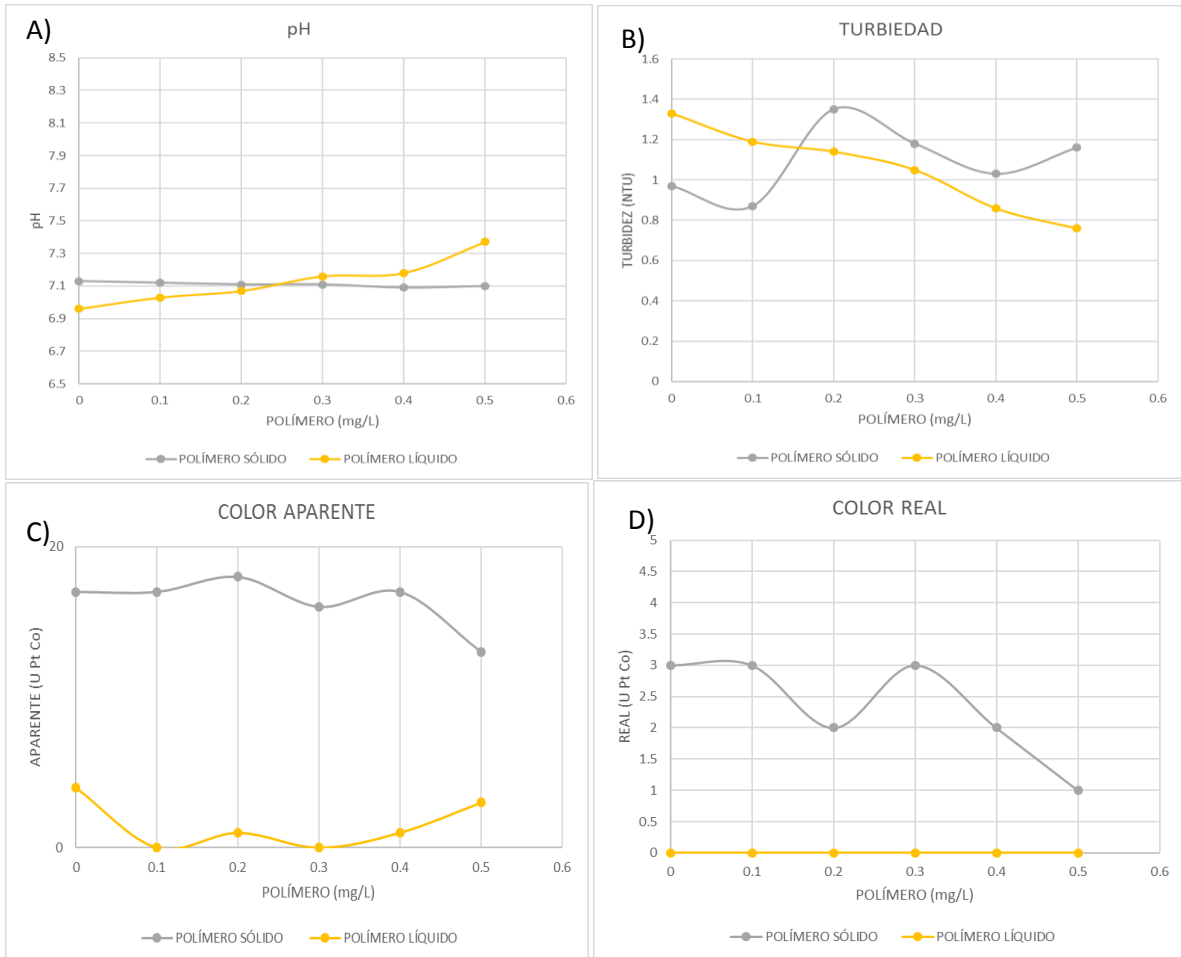


Figura 5. Comportamiento de los parámetros con el aumento en la concentración de polímero. A) pH, B) Turbiedad, C) Color Aparente, D) Color Real.



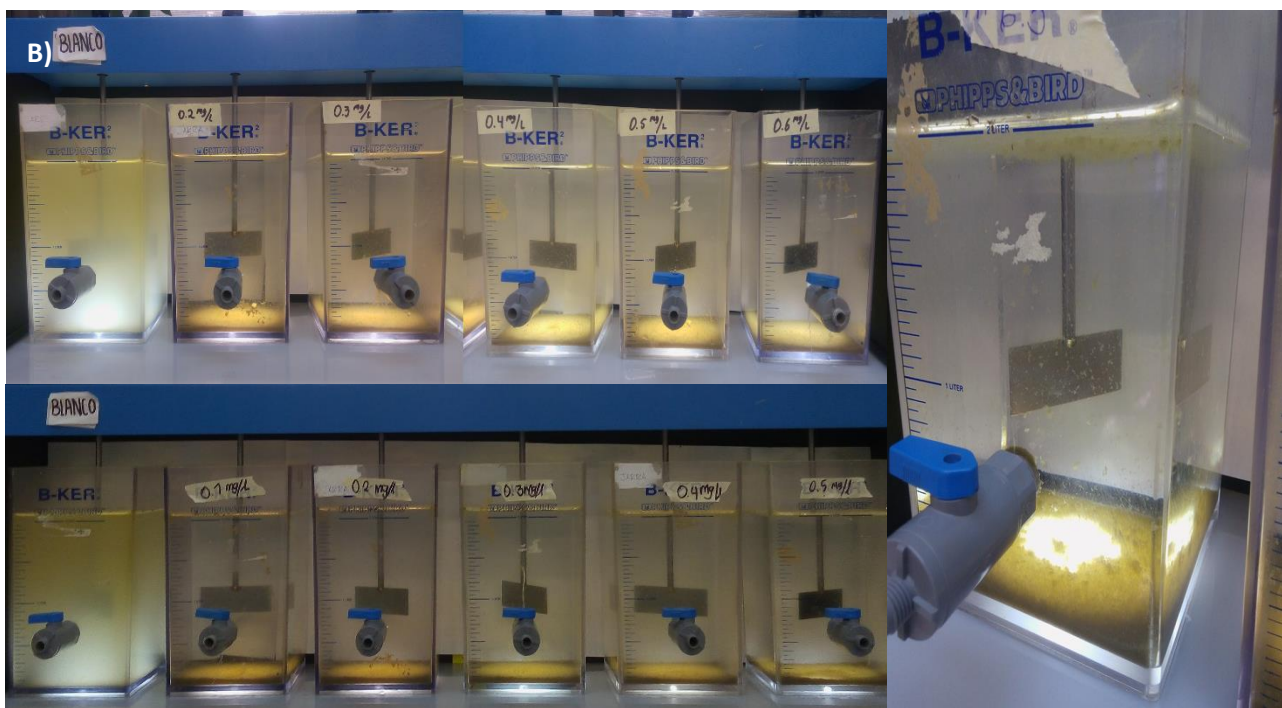


Figura 6. Apariencia de las Jarras en la prueba de concentración óptima de polímero después del periodo de sedimentación. A) Polímero líquido, B) Polímero sólido y C) Jarra con el sedimento flotando.

Cuando se utiliza el polímero líquido, después 15 minutos de comenzar la sedimentación, los flóculos sedimentados comienzan a flotar.

### 9.2.3. pH óptimo de operación

Después de realizar las pruebas para la identificación del pH óptimo de operación y analizar los resultados mostrados en el Cuadro 5 y la Figura 7, se eligió un pH de 8.5 para operar.

Cuadro 5. Resultados obtenidos en la prueba de jarras para la selección del pH de operación.

PARÁMETROS	pH INICIAL	TEMPERATURA (°C)	pH FINAL	CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	TURBIEDAD (NTU)	COLOR (U Pt/Co)		SOLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)
						APARENTE	REAL	
JARRA 1	6.5	22.5	6.35	109.2	1.53	20	15	8
JARRA 2	7.0	22.4	6.84	103.2	1.17	19	18	12
JARRA 3	7.5	22.5	7.11	105.1	1.31	21	14	11
JARRA 4	8.0	22.4	7.25	107.1	1.28	21	14	11
JARRA 5	8.5	22.4	7.41	110.2	0.65	18	14	16
JARRA 6	9.0	22.5	8.00	119.6	0.74	22	15	17

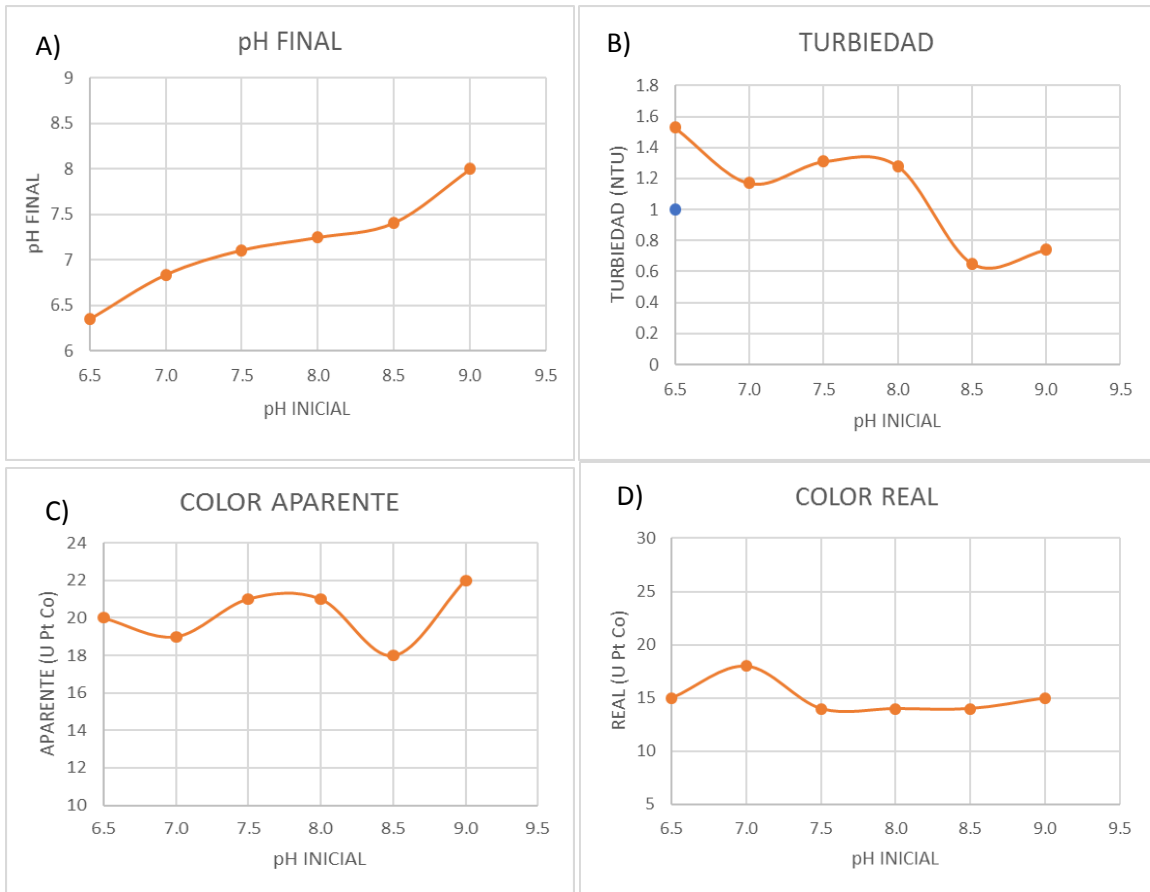


Figura 7. Comportamiento de los parámetros con el aumento en el pH inicial. A) pH final, B) Turbiedad, C) Color Aparente, D) Color Real.



Figura 8. Apariencia de las Jarras en la prueba para obtener el pH óptimo de operación después del periodo de sedimentación.

### 9.3. Condiciones del reactor de electrocoagulación

Las condiciones de operación del reactor de electrocoagulación se muestran en el Cuadro 6. Se eligió un tiempo de operación de 30 min para que el reactor pudiera llegar a un estado estable en la concentración de aluminio producido.

Cuadro 6. Parámetros de operación del reactor de electrocoagulación

PARÁMETRO	RESULTADO
Tiempo de Residencia Hidráulico (TRH)	7 min
Área de contacto entre placas	0.8997 m <sup>2</sup>
Caudal	1.5 L/min
Volumen del reactor	10.5 L
Tiempo de operación	30 min

### 9.4. Evaluación del sistema de electrocoagulación en la remoción de algas

Los datos de la evaluación del sistema desde el punto de vista electroquímico se muestran en el Cuadro 7. Se puede apreciar que el aluminio producido no tuvo mucha variación y que la producción de aluminio para pruebas con la misma concentración teórica no presenta afectaciones. De la misma manera el voltaje se mantuvo estable para pruebas con la misma intensidad de corriente.

Cuadro 7. Resultados de la evaluación electroquímica del sistema. Tipo de polímero 1 = Polímero sólido, Tipo de Polímero 2 = polímero líquido.

CORRIDA	TIPO DE POLÍMERO	[ ] AL TEÓRICA (mg/L)	[ ] POLÍMERO (mg/L)	INTENSIDAD DE CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)	DENSIDAD DE CORRIENTE (A/m <sup>2</sup> )	AI PRIDUCIDO (mg/L)
1	1	50	0.2	5.6	2.61	2.90	43.3
2	1	35	0.4	3.7	2.11	2.35	30.2
3	1	20	0.2	1.8	1.71	1.90	17.5
4	1	35	0.4	3.7	2.22	2.47	30
5	1	20	0.6	1.8	1.65	1.83	18.8
6	1	50	0.6	5.6	2.71	3.01	41.7
7	2	50	0.2	5.6	2.71	3.01	42
8	2	35	0.4	3.7	2.35	2.61	30.26
9	2	20	0.2	1.8	1.17	1.30	17.6
10	2	35	0.4	3.7	2.14	2.38	30
11	2	20	0.6	1.8	1.62	1.80	18
12	2	50	0.6	5.6	2.68	2.98	43

En el Cuadro 8 y 9 se muestran los resultados obtenidos al analizar en el laboratorio de potabilización el efluente de cada de las pruebas realizadas. La comparación de las pruebas se muestra en el cuadro 8. Durante el periodo de sedimentación en las pruebas del polímero líquido (Polímero 2) los lodos comenzaron a flotar.

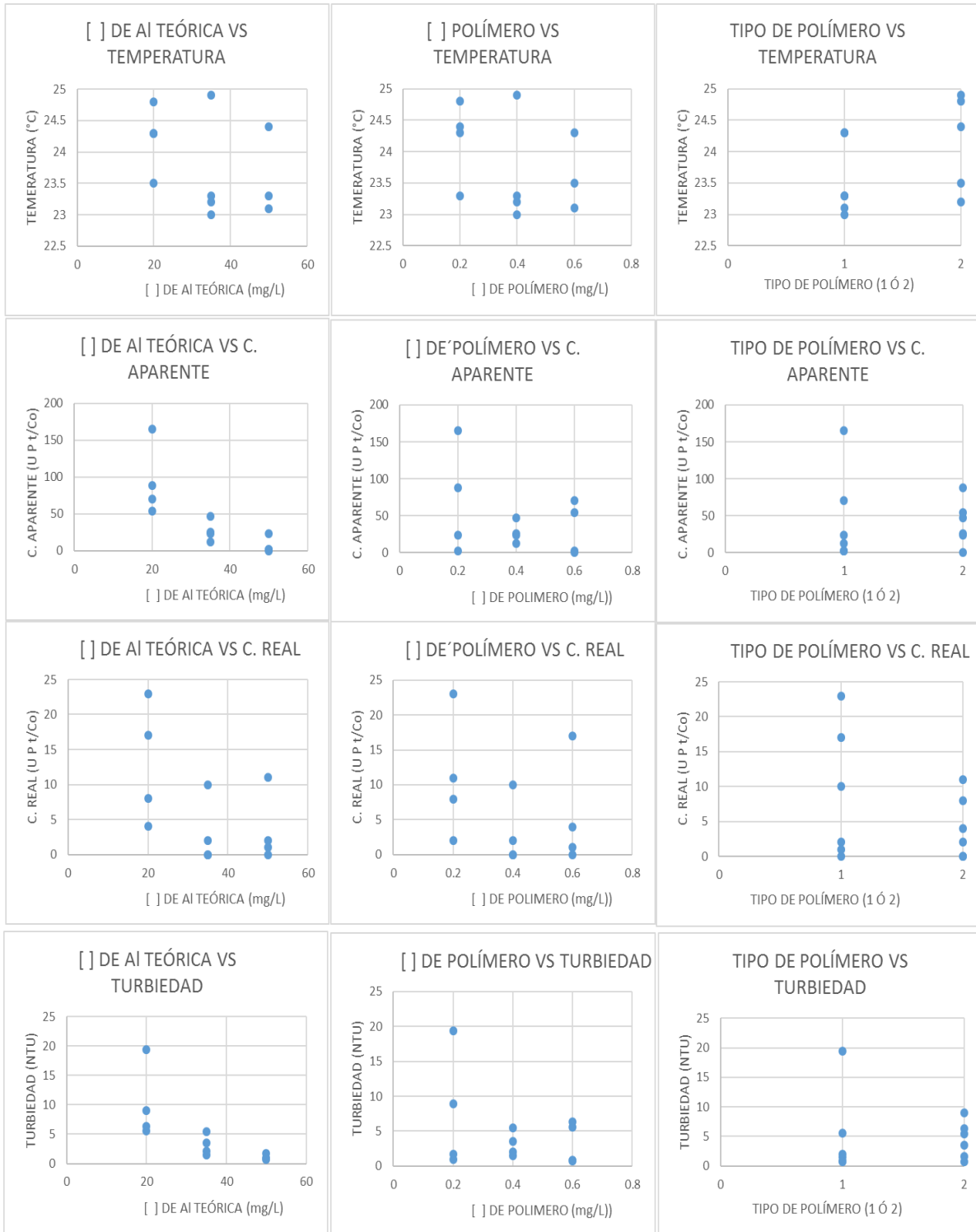
Cuadro 8. Resultados de la evaluación del efluente.

CORRIDA	TIPO DE POLÍMERO	[ ] AL TEÓRICA (mg/L)	[ ] POLÍMERO (mg/L)	TEMPERATURA (°C)	C. APARENTE (UPtCo)	C. REAL (UPtCo)	TURBIEDAD (NTU)	pH	CONDUCTIVIDAD (µs/cm)	SDT (PPM)	LODOS
1	1	50	0.2	23.3	2	2	0.9	8.4	259	136.4	12
2	1	35	0.4	23.3	12	10	1.48	8.4	264	132.1	50
3	1	20	0.2	24.3	165	23	19.4	8.1	267	133.4	30
4	1	35	0.4	23	23	0	2.05	8.3	262	130.9	50
5	1	20	0.6	24.3	70	17	5.53	7.9	272	135.8	10
6	1	50	0.6	23.1	2	1	0.75	8.5	251	125.5	80
7	2	50	0.2	24.4	23	11	1.67	8.2	250	125.2	50
8	2	35	0.4	24.9	47	2	5.48	8.1	261	130.7	30
9	2	20	0.2	24.8	88	8	8.97	8.3	275	137.4	10
10	2	35	0.4	23.2	25	0	3.55	8.4	267	133.4	35
11	2	20	0.6	23.5	54	4	6.28	8.1	273	136.4	12
12	2	50	0.6	23.1	0	0	0.79	8.6	258	128.8	80

Cuadro 9. Relación entre factores y variables de respuesta.



Cuadro 9a. Continuación del cuadro 9.



## 10. Conclusiones y recomendaciones

El tratamiento de aguas residuales con electrocoagulación es un proceso efectivo para la remoción de contaminantes, siendo una alternativa viable para su aplicación en el país.

Es importante señalar que al utilizar intensidades de corriente de 5.6 amperios, con la adición de un polímero a una concentración de 0.6 mg/L y con un pH cercano a 7, se observó una eficiencia de remoción de algas de 99.6%, siendo la electrocoagulación una alternativa muy viable para remoción de algas.

El lodo obtenido en este proceso, se recomienda profundizar en análisis de su composición biológica y química que permita plantear nuevas tecnologías o investigaciones referidas a este tema en particular.

En las pruebas de laboratorio se utilizó como material para los electrodos el aluminio, por lo cual se recomienda realizar pruebas con otros materiales como acero inoxidable, cobre, etc.

## 11. Referencias bibliográficas y virtuales

Arango, A. (2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 49-56.

C.G. Alfafara, K. Nakano, N. Nomura, T. Igarashi, M. Matsumura. (2002). Operating and scale-up factors for the electrolytic removal of algae from eutrophied lakewater, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 77.871–876.

Chen, Gouhua. (2004). “Electrochemical Technologies in wastewater treatment”, *Separation and Purification Technology*. Vol. 38, pp. 11-41.

Codony, F., Miranda, A. M., y Mas, J. (2003). Persistence and proliferation of some unicellular algae in drinking water systems as result of their heterotrophic metabolism. *Water SA*. 29(1):113-116.

Dart, R. K. (1985). *Microbiological aspects of pollution control*. Ed. Elsevier, 4a ed., Michigan E. U. A., pp 169-181,

Elmore, F.E. (1905). “A process for separating certain constituents of subdivided ores and like substances, and apparatus therefore”, Br. Patent 13,578.

Fawell, J. K., Hart, J., y Parr, J. (1993). Blue-green algae and their toxins-analysis, toxicity, treatment and environmental control. *Water Supply*. 11(3/4):109-121.

Henry, J., Glynn, y Heinke-Gary, W. (1999). *Ingeniería ambiental*. Ed. Prentice Hall 2ª ed., México.

Holt, P. (2002). “Electrocoagulation: Unravelling and synthesising the mechanisms behind a water treatment process”. (Tesis de doctorado). University of Sydney. Sidney, Australia.

Montiel, A., y Welté, B. (1998). Preozonation coupled with flotation filtration: successful removal of algae. *Wat. Sci. Tech.* 2:65 –73.



Restrepo, A., Arango, A. & Garcés, gL. (2006). La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. *Producción + Limpia*, 1 (2), 58-77.

Widrig, D. L., Gray, K. A., y Mcauliffe. (1996). Removal of algal-derived organic material by preozonation and coagulation: monitoring changes in organic quality by pyrolysis-gcms. *Wat. Res.* 30(11):2631-2632.

## 12. Anexos

### 12.1 Convenio de confidencialidad.



**CONVENIO DE CONFIDENCIALIDAD QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE, EL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA A QUIEN EN LO SUCESIVO SE DENOMINARÁ "EL IMTA" REPRESENTADO EN ESTE ACTO POR EL C. C.P. JUAN MANUEL BARAJAS PIEDRA, EN SU CARÁCTER DE COORDINADOR DE ADMINISTRACIÓN Y APODERADO LEGAL, POR LA OTRA PARTE, EL C. LUIS EDUARDO ALTUZAR PÉREZ EN LO SUCESIVO "EL(LA) INFORMADO(A)", A QUIENES DE FORMA CONJUNTA SE LES DENOMINARÁN COMO "LAS PARTES", AL TENOR DE LAS DECLARACIONES Y CLÁUSULAS SIGUIENTES:**

#### **DECLARACIONES**

**I.- "EL IMTA" declara que:**

- a) Es un organismo público descentralizado del gobierno federal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, creado por Decreto Presidencial publicado en el *Diario Oficial de la Federación* del treinta de octubre de dos mil uno, y Centro Público de Investigación por resolución conjunta de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, publicada en el Diario Oficial de la Federación el dieciséis de diciembre de dos mil nueve.
- b) Que tiene por objeto: realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación y rehabilitación del agua, a fin de contribuir al desarrollo sustentable del país. Y, entre sus funciones se encuentra la de, ejecutar toda clase de actos y celebrar toda clase de contratos y convenios necesarios para el cumplimiento de su objeto.
- c) Está debidamente representado en este acto por el C. P. Juan Manuel Barajas Piedra, en su carácter de Coordinador de Administración y apoderado legal conforme a los artículos 4 fracción VIII, 12, 13 fracción IX y 20 de su Estatuto Orgánico y del poder notarial otorgado en la escritura pública número 62,135 Volumen MMLXXXV, página 11, de fecha 01 de Octubre del 2015, ante la fe del Lic. Gregorio Alejandro Gómez Maldonado, Titular de la Notaría Número Uno de la Novena Demarcación Notarial del Estado de Morelos, y, quien BAJO PROTESTA DE DECIR VERDAD manifiesta que a la fecha no le ha sido revocado.
- d) Que dentro de su patrimonio se encuentran diversos bienes tangibles e intangibles entre los que se encuentra la información confidencial que se define en el punto III.2 inciso 1 de las presentes declaraciones.
- e) Que tiene su domicilio legal para efectos de este instrumento jurídico en Avenida Paseo Cuauhnáhuac número 8532, Colonia Progreso, C.P. 62550, Municipio de Jiutepec, Estado de Morelos, mismo que señala para todos los fines y efectos legales de este Convenio y con RFC IMT 011031 BB3.

**II. "EL(LA) INFORMADO(A)" declara que:**

- I.- Ser Mexicano (a), de 23 años de edad, de Estado Civil SOLTERO, tener su domicilio el ubicado en la calle PRIV. LOS PINOS. N° 1 en la Colonia CRUZ GRANDE SEGUNDA SECCIÓN en la Ciudad (Mpio.) de COMITÁN DE DOMÍNGUEZ del Estado de CHIAPAS.



- 2.- Se identifica con IFE N° folio 1207082113159 Con Clave Electoral ALPRLS94080307H900.
- 3.- Es estudiante del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, y que se ha comprometido a prestar su servicio social y/o estadía y/o prácticas profesionales en el IMTA con ética profesional y absoluta confidencialidad, de acuerdo al proyecto y/o área del IMTA que sea asignado, presentando la carta de solicitud al IMTA de la Institución a la que pertenece.
- 4.- Está de acuerdo y acepta, independientemente de su domicilio convencional que pueda tener, se le pueda notificar cualquier documento a su correo electrónico: laltuzar@hotmail.com

**III.- "LAS PARTES" declaran que:**

- III.1.-** Se reconocen la personalidad legal con que actúan dentro del presente instrumento.
- III.2.-** Para los efectos del presente convenio, se encuentran de acuerdo en establecer la siguiente definición:
  - 1. INFORMACIÓN CONFIDENCIAL.-** Se entenderá por información confidencial toda información ya sea oral, impresa, contenida en medios electrónicos o electromagnéticos, propiedad de "EL IMTA" o de sus empleados, o de sus prestadores de servicio y que se refiera enunciativa pero no limitativamente a: las ideas, fórmulas, normas, manuales, sistemas, procedimientos, informes, reportes técnicos, minutas, presupuestos, diseños, dibujos industriales, invenciones, descubrimientos, conceptos, procesos, fórmulas, conocimientos (know-how), mejoras, información, instalaciones, equipo, materiales, métodos, técnicas, resultados de pruebas, técnicas de inspección de calidad, información estadística del proceso, reportes, certificados, especificaciones, manuales de operación, de equipo, datos, invenciones, algoritmos, técnicas, información confidencial de terceros, secretos industriales, solicitudes de patentes, patentes, software, derechos de autor, información técnica, industrial, financiera y comercial relativa a nombre de clientes o socios potenciales, propuestas de negocios, estructura organizacional y corporativa de la sociedad, planes, proyecciones de mercado, estados de resultados, inventarios, desarrollo de productos, patrones, técnicas, procesos de análisis, marcas registradas, nombres comerciales, documentos de trabajo, compilaciones, procesos de ingeniería de reversa, comparaciones, y cualquiera otro documento al que se le dé el carácter de confidencial.

Con base en lo anterior, y con fundamento en los artículos 1792, 1797, 1830 y 1859 del Código Civil Federal y estando "Las Partes" interesadas en mantener salvaguardados sus intereses celebran el presente convenio de confidencialidad al tenor de las siguientes:

**CLÁUSULAS**

**PRIMERA. OBJETO.** - Establecer las condiciones bajo las cuales "EL(LA) INFORMADO(A)" reciba y/o se entere por cualquier medio oral, escrito u electrónico dentro de las instalaciones de "EL IMTA", cuya información verse sobre algún: proyecto(s) y/o desarrollo(s) y/o investigación (es), sin que "EL INFORMADO" tome ventaja al recibir los datos, información confidencial o procedimientos que sean clasificados como confidenciales y/o reservados en los términos de este convenio.

**SEGUNDA. - DE LA PROPIEDAD DE LA INFORMACIÓN.** - La información a la que tenga acceso "EL INFORMADO" con motivo de la prestación su servicio social y/o estadia y/o prácticas profesionales, no entrará en el ámbito de dominio de "EL(LA) INFORMADO(A)", "EL IMTA" conservará para sí los derechos inherentes a la propiedad de la información que se haga llegar al "EL(LA) INFORMADO(A)". En ningún caso y por ningún motivo se entenderá que la información confidencial compartida al "EL(LA) INFORMADO(A)" constituirá una copropiedad. De la misma forma, el acceso o conocimiento de la información que tenga que ver con marcas registradas, patentes, derechos de autor, nombres comerciales o cualquier otro derecho amparado por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de Propiedad Industrial vigente en el país, leyes similares o sus reformas y adiciones, no otorga ni expresa ni tácitamente, el derecho a la explotación comercial de dicha propiedad intelectual, para fines diferentes a aquéllos para los cuales se hayan intercambiado.

**TERCERA. PERSONAL AUTORIZADO.**- "EL(LA) INFORMADO(A)" se compromete a no hacer del conocimiento público la información confidencial que se les haga llegar con motivo de este convenio y/o de las actividades y/o trabajos que realice durante la prestación del su servicio social y/o estadia y/o prácticas profesionales en "El IMTA", el cual guardará la confidencialidad de la información con el mismo celo, con el que lo haría si fuera propia, ya que de no hacerlo "EL INFORMADO" se hará responsable de los daños y perjuicios que pueda ocasionar por el mal uso de la información.

**CUARTA. - DE LAS COPIAS Y DE LA DEVOLUCIÓN DE LA INFORMACIÓN A "EL IMTA".**- "EL(LA) INFORMADO(A)" no podrá, bajo ninguna circunstancia, hacer más ejemplares o copias de la información recibida y/o que llegara a saber por motivo de la prestación del su servicio social y/o estadia y/o prácticas profesionales. "El IMTA" tiene en todo tiempo el derecho a solicitar la devolución de la información de la que se haya hecho partícipe a "EL(LA) INFORMADO(A)", independientemente del tiempo en que se le hubiere hecho llegar la información confidencial.

**QUINTA. - EXCEPCIONES A LA CONFIDENCIALIDAD.** - "EL(LA) INFORMADO(A)" estará exento de guardar confidencialidad acerca de la información intercambiada, cuando:

- 1.- Sea del dominio público.
- 2.- Previo a su divulgación la información fuera conocida por "EL(LA) INFORMADO(A)", libre de toda obligación que lo forzara a mantenerla con el carácter de confidencial, según se evidencie por documentación en su posesión;
- 3.- Es desarrollada o elaborada de manera independiente por "EL(LA) INFORMADO(A)" o legalmente recibida libre de restricciones de otra fuente con derecho a divulgarla;



- 4.- "EL IMTA" otorgue por escrito una autorización en la que se especifique que información se haya exenta de este convenio.
- 5.- En caso de que alguna autoridad solicite a "EL(LA) INFORMADO(A)" la información confidencial que esté a su resguardo, éste deberá dar aviso inmediato a "EL IMTA" para que tome las medidas que considere pertinentes en términos de la normatividad aplicable en la materia.

**SIXTA. SANCIONES.** - "Las Partes", acuerdan que:

En caso de que "EL(LA) INFORMADO(A)" incumpla con alguna de las obligaciones contenidas en el presente convenio, "EL IMTA" tendrá la facultad de ejercitar las acciones civiles, penales y administrativas que se deriven de la conducta ilícita de "EL(LA) INFORMADO(A)", de sus familiares hasta cuarto grado, compañeros de escuela, socios, empleados y demás personas a quienes ponga en conocimiento de la información confidencial, de conformidad con los artículos: 229, 230, 231, 232 y 233 de la Ley Federal de Derecho de Autor; 85, 86 y 86 Bis de la Ley de la Propiedad Industrial; 46, 47 de la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos; 7, 8, 13, 14, 15, 19 y 30 de la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos; 210, 211 y 211 bis el Código Penal Federal y demás leyes aplicables.

En caso de incumplimiento de "EL(LA) INFORMADO(A)", independientemente de lo especificado en el punto anterior, se obliga a pagar a "EL IMTA" los daños y perjuicios que le sean ocasionados por motivo de su incumplimiento.

**SÉPTIMA. CESIÓN DE DERECHOS.** - Los derechos y obligaciones derivados de este convenio no podrán cederse a un tercero.

**OCTAVA. NO UTILIZACIÓN DE INFORMACIÓN.**- Si "EL(LA) INFORMADO(A)" necesita o requiere hacer una tesis para poder titularse en su Escuela, Instituto y/o Universidad, no podrá utilizar la información que reciba, sobre algún proyecto, trabajo y/o cualquier información generada dentro de las instalaciones de "EL IMTA", solo y previa autorización por escrito del Subcoordinador del área a la que fue asignado podrá utilizar parte de esa información en su tesis, así mismo deberá darle reconocimiento dentro de su tesis, al especialista y/o subcoordinador que coordinó el proyecto para su realización.

**NOVENA. COMUNICACIONES.** - Todas las comunicaciones entre "LAS PARTES" deberán ser por escrito, con acuse de recibo o por cualquier otro medio que garantice que el destinatario recibió la comunicación, a los domicilios estipulados en las declaraciones I, inciso e) y II numeral 1.

En caso de que cualquiera de "LAS PARTES" requiriera cambiar su domicilio, deberá notificarlo a la otra parte con, al menos, quince días hábiles de anticipación a la fecha en que ocurra tal evento, de lo contrario se entenderá que las comunicaciones que conforme a este convenio deban darse, surtirán efectos legales en el último domicilio del que se tenga conocimiento.  
relación laboral, de asociación, sociedad, licencia o de cualquier otra índole.



**DÉCIMA. - EL(LA) INFORMADO(A)** reconoce que el presente convenio no podrá interpretarse como constitutivo de una relación laboral, de asociación, sociedad, licencia o de cualquier otra índole.

**DÉCIMA PRIMERA. NO OTORGAMIENTO DE DERECHOS. -** "EL(LA) INFORMADO(A)" reconoce que el hecho de que "EL IMTA" le comparta información confidencial, no le otorga ningún derecho de uso y/o licencia y/o patente y/o propiedad intelectual, sobre la misma, y que la entrega de la información no originará ninguna obligación hacia "EL(LA) INFORMADO(A)" de otorgarle derecho alguno sobre dicha información.

**DÉCIMA SEGUNDA. VIGENCIA. -** Las partes acuerdan que las vigencias de las obligaciones derivadas del presente convenio serán a partir de la fecha de su firma y tendrán una duración de tres años más posteriores a la conclusión de la prestación de su servicio social y/o estadia y/o prácticas profesionales.

**DÉCIMA TERCERA. CONTROVERSIAS. -** En virtud de que el presente Convenio es producto de la buena fe, "LAS PARTES" acuerdan en realizar todas las acciones posibles para su cumplimiento y, en caso de presentarse una controversia o discrepancia relacionada con este Convenio, será resuelta de manera conjunta por el Representante legal del IMTA y el Representante Legal de la Institución a la que pertenezca "EL(LA) INFORMADO(A)". En caso de ser necesario, las partes se someten expresamente a la competencia de los tribunales competentes con sede en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, renunciando desde este momento a cualquier otro que pudiera llegar a existir en razón de sus domicilios presentes o futuros.

Leído que fue el presente convenio de confidencialidad y enteradas las partes de su contenido y alcance legal, lo firman de conformidad por triplicado en la ciudad de Jiutepec, Morelos, a los 4 días del mes de septiembre del 2017.

POR EL INSTITUTO MEXICANO DE  
TECNOLOGÍA DEL AGUA

POR "EL(LA) INFORMADO(A)":

C.P. JUAN MANUEL BARAJAS PIEDRA  
COORDINADOR DE ADMINISTRACIÓN

C. LUIS EDUARDO ALTUZAR PÉREZ

TESTIGO



TESTIGO DEL I.T.T.G.

C.P. ABACUC VARELA SONANÉS  
SUBDIRECTOR DE DESARROLLO  
HUMANO

DEPI  
MAESTRIA EN CIENCIAS  
EN ING. BIOQUIMICA

C. JOSÉ HUMBERTO CASTAÑÓN GLEZ.  
COORDINADOR DE MAESTRIA EN  
CIENCIAS EN ING. BIOQUIMICA (ITTG)

## 12.1. Constancia Hackathon



El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
a través de la  
Subcoordinación de Posgrado



Otorga la presente

# CONSTANCIA

## A: Luis Eduardo Altuzar Pérez

Por formar parte del equipo ganador del Segundo Lugar durante el Hackathon de Investigación, Desarrollo e Innovación 2017, llevado a cabo los días 16 y 17 de noviembre de 2017.

Jiutepec, Morelos a 17 de noviembre de 2017

Subcoordinador de Posgrado

Dr. Arioste-Aguilar Chávez

