



KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen XXII

Número 44

Septiembre-Diciembre 2016



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas



EJEMPLAR MACHO DE PIGUA (*Macrobrachium carolinense*) DE 3 MESES DE EDAD, PRODUCIDO EN EL LABORATORIO DE LARVIPIGUA.

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Jeane Rimber Indy



DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

C.D. Arturo Díaz Saldaña
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Marina Moreno Tejero
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Raúl Germán Bautista Margulis
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBIOL-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBIOL-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBIOL-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBIOL-UJAT

COMITE EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Coordinador editorial

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

L.C.I. Francisco García Ulloa
Est. Lic. Idiomas, Ana Yuseth Pérez del Ángel
Traductores

Pas. Ing. Ambiental, Manuel Alberto Ek Pozo
Est. Ing. Ambiental, Adrián Hernández Magaña
Est. Lic. Biología Diana Beatriz Montero Hernández
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Imágenes icónicas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (RBPC); Tabasco, México.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo & Ydania del Carmen Rosado López; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes expuestas en internet (diversos portales electrónicos del Gobierno del Estado de Tabasco) y autoría de Alfonsobouchot.

KUXULKAB', año XXII, No. 44, septiembre-diciembre 2016; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Coordinador editorial de la revista, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 02 de septiembre del 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBIOL y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Estamos en el cierre de un interesante año de cambios y ajustes en diferentes aspectos y escala, que analizamos desde nuestro ámbito hogareño de la División Académica de Ciencias Biológicas. Cambios que van desde lo local, con la presentación cada vez más fortalecida de nuestra revista (lo que esperamos compartan), hasta lo global con los compromisos de los países para disminuir sus emisiones y así controlar el cambio climático. Nuestro planeta tiene ajustes ambientales que los científicos del mundo han estado siguiendo, algunos de los cuales hemos compartido.

Este número de la revista toca algunos de estos temas, desde el hábitat de grupos de organismos diversos como son las aves y los microorganismos, estos últimos únicos en su clase por el sitio en que habitan, a procesos ambientalmente aceptables y novedosos para atender temas de contaminación en varias escalas (desde la casa hasta los humedales), a aspectos de bioseguridad tema que hoy en día se vuelve cada vez más relevante al controlar posibles focos de infección.

Hoy se discute la importancia de la divulgación de la ciencia como un medio de socializar el conocimiento, generar conciencia de entorno en que vivimos y sumar esfuerzos en la búsqueda de mejores posibilidades de dejar a las generaciones futuras de los recursos que hoy disfrutamos. La División Académica de Ciencias Biológicas ha aceptado este reto por varias décadas compartiendo las actividades de investigación que en ella se realizan al igual que en la región, reto que ha sido compartido por profesores y estudiantes que comparten a través de nuestra revista los resultados de sus actividades.

Agradecemos a los que han confiado en nuestra revista como un espacio de divulgación e invitamos a los que se animen a enviar sus contribuciones para ser consideradas para ser publicadas.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS AVES MIGRATORIAS	05
Rafael Eslein Guirao Cruz, Lilia María Gama Campillo & Luis José Rangel Ruiz	
TUBÉRCULOS, DE LA COCINA AL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES: UNA PROPUESTA NOVEDOSA EN TABASCO	11
Victor Ortiz Alcocer, Gaspar López Ocaña & Raúl German Bautista Margulis	
ESTIMACIÓN DE ENVASES MULTILAMINADOS UTILIZANDO UN ENFOQUE MULTICRITERIOS A NIVEL DE AGEB EN LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO	19
Arturo López Méndez & Áureo Enrique González Villaseñor	
ASPECTOS DE LA BIOSEGURIDAD FRENTE A LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICO-INFECCIOSOS EN HOSPITALES VETERINARIOS UNIVERSITARIOS	27
Gerania Guadalupe Córdova García, Jorge Alfredo Thomas Téllez & Reyna Lourdes Fócil Monterrubio	
EL DERECHO HUMANO A VIVIR EN UN AMBIENTE SANO: SU INOBSERVANCIA EN TABASCO, ANTE EL PERMANENTE RELLENO DE PANTANOS, LAGUNAS Y RÍOS	33
Guadalupe Vautravers Tosca	

TUBÉRCULOS, DE LA COCINA AL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES: UNA PROPUESTA NOVEDOSA EN TABASCO

TUBERS, FROM THE KITCHEN TO SEWAGE TREATMENT: AN INNOVATIVE PROPOSAL IN TABASCO

Victor Ortiz Alcocer^{1✉}, Gaspar López Ocaña² & Raúl German Bautista Margulis³

¹Ingeniero Civil y estudiante de la Maestría en Ingeniería y Protección Ambiental de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Docente del Instituto Tecnológico Superior de los Ríos. ²Doctor en Ciencias y profesor-investigador de la DACBIol-UJAT. ³Doctor en Ciencias de la Combustión y Control de la Contaminación Ambiental por la Universidad de Sheffield (Inglaterra), y profesor-investigador de la DACBIol-UJAT.

¹Instituto Tecnológico Superior de los Ríos. Carretera Balancán-Villahermosa km. 3, Apartado Postal 45; C.P. 86931; Balancán, Tabasco; México.

^{2,3}Integrantes del Cuerpo Académico consolidado de «Evaluación y Tecnología Ambiental» de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco; México.

✉ ingvoa@hotmail.com

Como referenciar:

Ortiz Alcocer, V.; López Ocaña, G. & Bautista Margulis, R.G. (2016). Tubérculos, de la cocina al tratamiento de las aguas residuales: una propuesta novedosa en Tabasco. *Kuxulkab'*, XXII(44): 11-18, septiembre-diciembre.

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

Resumen

Los tubérculos son grandes aliados en la cocina por que contienen vitaminas y minerales que favorecen a una buena salud, dentro de estas se encuentra la yuca la cual tiene grandes propiedades alimenticias; con estos vegetales se pueden obtener almidones orgánicos que se utilizan como polímeros en el proceso de coagulación-floculación, generalmente usado para remover turbiedad y color del agua (residual o potable). El objetivo de este estudio fue evaluar un proceso de coagulación-floculación de mezclas coagulante, utilizando un polímero natural de almidón de yuca mezclado con sulfato de aluminio, que ayude a reducir el consumo de la dosis optima y de minimizar el aluminio en las aguas de efluentes tratadas. La dosificación de la dosis óptima y las mezclas coagulantes se llevaron a cabo mediante un equipo de prueba de jarras en donde se permite comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares.

Palabras clave: Tubérculos, yuca, coagulación, floculación, color, turbiedad, prueba de jarras.

Abstract

Tubers, particularly cassava plants, have great nutritional properties containing vitamins and minerals that favor good health. Hence, organic starches can be obtained to be used as polymers in the coagulation-flocculation process for the solids removal (turbidity and color) from drinking water and wastewaters. However, the use of aluminum sulfate in this treatment process causes severe damage in the aquatic ecosystem. Therefore, the objective of the current investigation was to evaluate such process with coagulant mixtures by employing a natural polymer of cassava starch in combination with aluminum sulfate. In order to find the optimal dose and coagulating mixture, various jar tests were performed under similar hydraulic conditions.

Keywords: Tubers, cassava plant, coagulation, flocculation, color, turbidity, jar test.

Los tubérculos pueden ser tallos o raíces que utilizan las plantas para acumular nutrientes para su sustento, estos alimentos son fuentes de vitaminas y minerales que se convierten en un origen excelente y natural de energía y que ayudan para la buena salud. Debido a todas las propiedades que tienen estos vegetales se utilizan dentro de nuestra cocina. La yuca no es la excepción; este tubérculo es procedente de un arbusto que se cultiva en lugares tropicales, es un alimento de fácil digestión, debido a su alto poder energético se utiliza para nutrir a deportistas y personas que tienen un gran desgaste físico y mental; se puede ingerir por personas de cualquier edad pero se recomienda ampliamente para niños en etapa de crecimiento y para los adolescentes en desarrollo. Particularmente en Tabasco estos productos son parte de la dieta básica de la población.

¿Qué pasa en la actualidad con las aguas residuales?

En la actualidad el problema de las aguas residuales se ha agravado debido a que se descargan sin previo tratamiento dando lugar a un desequilibrio ambiental. Los recursos hídricos en México, al igual que en el resto del mundo, se encuentran bajo una creciente amenaza, debido al crecimiento demográfico y urbanización, lo que incrementa la demanda del consumo doméstico, la agricultura y la industria (Shogren, 2009). A pesar de esta condición, los usuarios del agua y demás actores involucrados en el sector siguen satisfaciendo sus necesidades, sin tomar en cuenta, el impacto negativo de este sobre el medio ambiente, siendo el principal problema la contaminación de los cuerpos de agua y de los ecosistemas, que aunado a la falta de un adecuado tratamiento y reúso de las aguas residuales generadas conducen a la sobreexplotación del recurso, la degradación de los suelos. Por lo mencionado, es importante darle un tratamiento a las aguas residuales antes de ser vertidas a los cuerpos receptores, estos procesos de tratamiento deben de ser los menos dañinos para el medio ambiente (Cánepa de Vargas, 2004).

La coagulación-floculación (proceso fisicoquímico) es uno de los procesos más importantes en el tratamiento de las aguas residuales, en el cual se elimina un porcentaje importante de las partículas en suspensión (entre un 80 y 90 %) y la supresión de la flora microbiana (Cánepa de Vargas, 2004). En dicho proceso se utilizan agentes químicos (coagulantes) y coadyuvantes (ayudantes de coagulación) que neutralizan las partículas suspendidas y las floculan para precipitarlas. Los coagulantes químicos más utilizados a nivel mundial son el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y ayudantes de coagulación derivados principalmente de poliácridamidas. Aunque en el tratamiento de las aguas residuales se busca una dosis óptima (mínima) de sulfato de aluminio, el problema radica en que este no reacciona totalmente quedando aluminio disuelto en el agua, lo cual puede ocasionar daños en los ecosistemas acuáticos donde se vierte; por otro lado los coadyuvantes más requeridos son polímeros sintetizados a partir de poliácridamidas (compuestos inorgánicos), los cuales son muy tóxicos y pueden quedar como residuo causando daños al medio ambiente. Además del costo económico sustancial que representa la adquisición de agentes químicos sintéticos, la biodegradación natural de éstos es muy lenta o prácticamente nula y, en ciertos casos, los derivados de los mismos son neurotóxicos (Carrasco, 2007). Ante tal situación es importante buscar alternativas diferentes de tratamiento que ayuden a minimizar o reducir el uso de productos químicos.

«Tubérculo: raíz subterránea gruesa y carnosa que almacena alimento o un tallo subterráneo similar con yemas superficiales»

Lawrence, 2003, 2014

«Los recursos hídricos en México se encuentran en una alta amenaza, esto por el crecimiento demográfico y urbanización, lo que incrementa la demanda del consumo doméstico, la agricultura y la industria»

Obtención del almidón de yuca.	I. Pesado y lavado.
	II. Pelado, picado y maceración.
	III. Molido.
	IV. Lavado de la yuca.
	V. Filtrado y sedimentación.
	VI. Decantación y reposo.
	VII. Repetición de la operación anterior.
	VIII. Centrifugación.
	IX. Secado.
	X. Pulverizado y envasado.

Imagen 1. Proceso de extracción del almidón (Aparicio, 2003).

Existen polímeros naturales de origen biológico que funcionan como coadyuvantes en los tratamientos de las aguas residuales tales como: los derivados del almidón, de la celulosa y alginatos. Estos polímeros naturales por lo general tienen cero toxicidades, ya que son derivados de tubérculos que son consumidos por la población (Chedoba *et al.*, 1996).

El almidón contiene, generalmente alrededor del 20 % de una sustancia soluble en agua llamada <amilosa> y el 80 % de una insoluble conocida como <amilopectina>. Ambas fracciones corresponden a dos carbohidratos diferentes, de peso molecular elevado. Tanto la amilosa como la amilopectina están constituidas por unidades de D-(+)-glucosa, pero difieren en tamaño y forma (Anastasakis *et al.*, 2009).

El proceso de coagulación floculación se lleva a cabo en un equipo de prueba de jarras a nivel laboratorio para dosificar el sulfato de aluminio y encontrar la mejor dosis del producto químico. El equipo de prueba de jarras consiste en arreglo simple de seis vasos de precipitado y paletas que permite comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares (Restrepo, 2009).

La presente investigación, tiene como objetivo evaluar un proceso de coagulación floculación de mezclas coagulante, utilizando un polímero natural de almidón de yuca mezclado con sulfato de aluminio, que ayude a reducir el consumo de la dosis óptima de sulfato de aluminio mediante pruebas de jarras. Este trabajo tiene como fin minimizar el aluminio en las aguas de efluentes tratados mediante procesos de coagulación-floculación utilizando sulfato de aluminio.

Como realizamos la investigación

Primera actividad: se extrajo el almidón de yuca de tubérculos comprados en un mercado público. La extracción se esquematiza en la imagen 1. En el primer paso se pesaron y lavaron los 10 kg de yuca, acto seguido se pelaron y picaron en porciones de aproximadamente 2x1.2 cm, y se remojaron en un recipiente que contenía un volumen de agua de seis veces el peso de la muestra a una temperatura de 40 °C.

Terminando de picar, se molieron las fracciones en una licuadora a prueba de impacto, hasta su completa desintegración; ya molida, se lavó tres veces con la misma agua utilizada para el remojo sobre un tamiz del #100. La fibra retenida en el tamiz se eliminó. El filtrado se fue acumulando cada vez más en un recipiente donde se dejó sedimentar por aproximadamente 3 h. Después el sobrenadante se separó por decantación y el sedimento se dejó reposar en refrigeración durante la noche, al día siguiente se repitió la operación, eliminando el sobrenadante, el sedimento obtenido se centrifugó para separar el agua de la pasta a 850 rpm durante 15 minutos; la pasta se secó en una estufa a 40 °C por 24 h; se pulverizó en porciones de 5 g por minuto y envasó en frascos de plástico de polietileno tereftalato (PET).

Segunda actividad: se tomó la muestra del agua residual cruda y se midió la turbiedad y el color. El agua residual cruda fue tomada del cárcamo de recepción ubicado en la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBio) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a un costado de donde se encuentra situada la planta de tratamiento fisicoquímica zeolita. El agua cruda tenía una turbiedad y color inicial de 234 NTU y 1,423 C.U respectivamente. Para el análisis de la turbiedad y color se empleó un equipo Turbidímetro La Motte® TC3000we/WI.

Tercera actividad: se llevó a cabo el proceso de coagulación floculación mediante el equipo de prueba de jarras para encontrar la dosis óptima de sulfato de aluminio. En el cuadro 1 se observan las concentraciones de sulfato de aluminio (mg/L) implementadas en el equipo de prueba de jarras con sus respectivas repeticiones (4). Se puede apreciar en la tabla, que la mejor dosis de sulfato de aluminio que tuvo el valor más bajo de turbiedad y color fue la de 220 mg/L.

Cuarta actividad: se llevó a cabo el proceso de coagulación floculación mediante el equipo de prueba de jarras, para encontrar la mejor mezcla de sulfato de aluminio con almidón de yuca que tuviera el valor más bajo de turbiedad y color que la dosis óptima de sulfato de aluminio.

Cuadro 1. Dosis de sulfato de aluminio utilizadas.

Dosis de sulfato de aluminio (mg/L)	Resultado de turbiedad (NTU)	Resultado de Color (C.U.)
0	190.32	1256
0	203.24	1242
0	195.18	1251
0	210.14	1247
180	44.68	500
180	37.56	492
180	42.25	490
180	43.43	489
200	30.34	180
200	25.34	193
200	24.44	201
200	27.36	189
220	18.3	120
220	15.6	114
220	17.28	87
220	16.34	98
240	19.3	118
240	20.8	121
240	22.4	93
240	19.3	114
250	23.4	122
250	22.8	127
250	18.5	119
250	21.2	124

Ortiz et al., (2016). *Kuxulkab'*, XXII(44): 11-18

Como resultado del cuadro 1 se pudo observar que la concentración de sulfato de aluminio que tuvo el valor más bajo de turbiedad y color fue la de 220 mg/L, la cual se considera como dosis óptima. En base a esta dosis óptima de sulfato de aluminio se llevaron a cabo las mezclas coagulantes de sulfato de aluminio con almidón de yuca. Las mezclas coagulantes consistieron hacer combinaciones que no pasaran los 220 mg/L. Las diferentes mezclas coagulantes se observan en el cuadro 2, así mismo se observa como blanco la dosis optima de sulfato de aluminio.

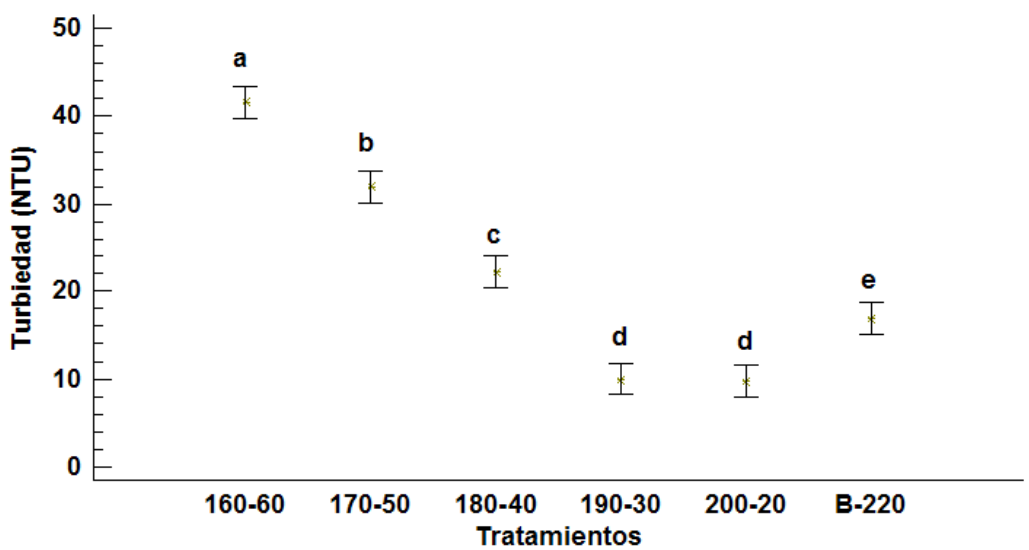
Quinta actividad: para el caso de la tabla 2 se realizó un análisis de varianza (ANOVA-una vía) para ver si había diferencias significativas entre los diferentes tratamientos las mezclas coagulantes y la dosis optima de sulfato de aluminio en cuanto a las variables turbiedad y color. Se llevó a cabo también un análisis de Tukey para ver diferencias entre mezclas coagulantes y la dosis optima de sulfato de aluminio. Para la turbiedad, el análisis de varianza de una vía indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable turbiedad de los diferentes tratamientos de la dosis optima (220 mg/L) y mezclas coagulantes evaluadas (160-60, 170-50, 180-40, 190-30 y 200-20 mg/L con un 95 % de confiabilidad.

Cuadro 2. Mezclas coagulantes y dosis de sulfato de aluminio usadas.

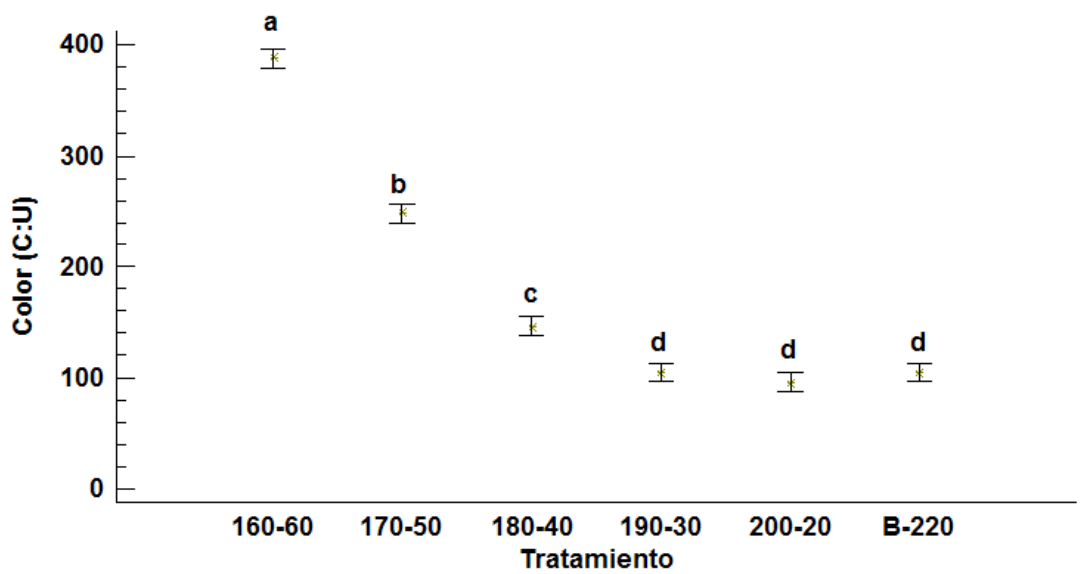
Dosis de sulfato de aluminio y mezclas coagulantes (mg/L)	Resultado de turbiedad (NTU)	Resultado de Color (C.U.)
220 de sulfato de aluminio	18.3	120
220 de sulfato de aluminio	15.6	114
220 de sulfato de aluminio	17.28	87
220 de sulfato de aluminio	16.34	98
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 160-60 respectivamente	40.12	400
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 160-60 respectivamente	37.67	376
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 160-60 respectivamente	42.47	396
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 160-60 respectivamente	45.89	379
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 170-50 respectivamente	32.56	235
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 170-50 respectivamente	30.08	246
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 170-50 respectivamente	35.89	256
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 170-50 respectivamente	29.34	258
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 180-40 respectivamente	25.3	149
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 180-40 respectivamente	22.6	153
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 180-40 respectivamente	20.89	146
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 180-40 respectivamente	19.97	137
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 190-30 respectivamente	9.23	119
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 190-30 respectivamente	8.12	109
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 190-30 respectivamente	10.35	97
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 190-30 respectivamente	10.37	90
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 200-20 respectivamente	12.23	95
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 200-20 respectivamente	9.21	111
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 200-20 respectivamente	7.32	88
Mezcla sulfato de aluminio-yuca 200-20 respectivamente	18.3	120

Cuadro 3. Valores promedios, desviaciones estándar y eficiencias de remoción de turbiedad y color de los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamientos	Promedio de turbiedad	Promedio de color	Desviación Estándar de turbiedad	Desviación Estándar de color	% de remoción de turbiedad	% de remoción de color
B-220	16.88	104.75	1.16996	15.04	92.85	92.71
160-60	41.5375	387.75	3.50146	12.0104	82.40	73.00
170-50	31.9675	248.75	2.95542	10.5633	86.45	82.68
180-40	22.19	146.25	2.34226	6.80074	90.60	89.82
190-30	10.025	104.50	1.82641	11.8181	95.75	92.72
200-20	9.78	96.00	2.0597	10.4243	95.86	93.31



Gráfica 1. Valores promedio (\pm DS) de turbiedad. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos.



Gráfica 2. Valores promedio (\pm DS) de color. Letras diferentes indican diferencias entre los tratamiento.

El tratamiento que presentó el valor más bajo de turbiedad fue el tratamiento 190-30 mg/L (sulfato de aluminio y yuca respectivamente), seguidos de los tratamientos 200-20 y B-220 respectivamente. Los tratamientos que presentaron los valores más altos de turbiedad fueron: 160-60, 170-50 y 180-40 respectivamente (gráfica 1).

El contraste de medias Tukey mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El contraste de Tukey muestra que los tratamientos 190-30 y 200-20 fueron los mejores, sin embargo para este estudio se prefiere el tratamiento 190-30 ya que se utiliza menos concentración de sulfato de aluminio, que es uno de los objetivos de esta trabajo. El tratamiento B-220 que es la dosis óptima de sulfato de aluminio, presentó menos eficiencia que los tratamientos 190-30 y 200-20 lográndose con esto reducir la concentración de sulfato de aluminio en un 13.6 %.

En cuanto al color, el análisis de varianza de una vía indica que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.001$) entre los valores medios de la variable color de los diferentes tratamientos de la dosis óptima (220 mg/L) y mezclas coagulantes evaluadas (160-60, 170-50, 180-40, 190-30 y 200-20 mg/L con un 95 % de confiabilidad. Los tratamientos que presentaron los valores más bajo de color fueron los tratamientos 200-20, B-220 y 190-30 respectivamente, seguido por el tratamiento 180-40 (gráfica 2). Los valores más altos de color se encontraron en los tratamientos 160-60 y 170-50 respectivamente.

El contraste de medias Tukey mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El contraste de Tukey muestra que los tratamientos 200-20, B-220 y 190-30 son iguales, sin embargo en este estudio se optó por elegir el 190-30 ya que con este se reduce en una mayor proporción la dosis óptima de sulfato de aluminio. En el cuadro 3 se presentan los valores promedios, desviaciones estándar y eficiencias de remoción de turbiedad y color de los diferentes tratamientos evaluados (B-220, 160-60, 180-40, 190-30, 200-20 y B-220).

Conclusiones

Como conclusiones los resultados de este estudio lograron comprobar que las mezclas de sulfato de aluminio y almidón de yuca son factibles en el tratamiento de aguas residuales. Se logró reducir en un 13.6 % la concentración óptima de sulfato de aluminio. Esto es de suma importancia ya que al reducir las concentraciones esto puede contribuir a que este se encuentre en menor proporción disuelto en las aguas de efluente evitando menos daños a los ecosistemas acuáticos y terrestres.

Se pudo comprobar que las mejores dosis de tratamientos evaluados en cuanto a la remoción de turbiedad y color fueron: 190-30 (sulfato de aluminio y yuca respectivamente), 200-20 (sulfato de aluminio y yuca respectivamente) y B-220 (sulfato de aluminio solo). Esto abre la posibilidad en un futuro de explorar otros tipos de polímeros naturales extraídos de productos orgánicos e implementarlos en mezclas coagulantes que ayuden a reducir las concentraciones de sulfato de aluminio.

Recomendación

Es importante hacer futuras investigaciones con otros tipos de polímeros naturales derivados de los almidones y probarlo en otro tipo de aguas como las industriales.

Referencias

- Anastasakis, K.; Kalderis, D. & Diamadopoulos, E.** (2009). Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater. *Desalination*, 249(2): 786-791
- Aparicio, M.** (2003). *Caracterización fisicoquímica de los almidones nativos y modificados de yuca ('Manihot esculenta' Crantz), camote ('Ipomeea batata' Lam) y plátano ('Musa Cavendish')* (Tesis doctoral). Instituto Tecnológico de Veracruz. México.
- Cánepa de Vargas, L.; Maldonado, V.; Barrenechea, A.; Aurazo, M.** (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua: tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida* (manual I: teoría, tomo I.; pp. 3-55). Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Carrasco Quiroz, C.A.** (2007). *Tratamiento físico químico de aguas residuales* (Tesis de Licenciatura en Ingeniería). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Chile.
- Chedoba, J.; Menéndez, C. & Pérez Olmo, J.** (1996). *Fundamentos teóricos de algunos procesos para la purificación en aguas residuales*.

Lawrence, E. (Edit.). 2003. *Diccionario Akal de Términos Biológicos* (12^{va} ed.; Henderson's Dictionary of Biological Terms, R. Codes Valcarce & Fco. J. Espino Nuño, Trad; p. 688). Madrid, España: Ediciones Akal. ISBN 84-460-1582x

Lawrence, E. (Comp.). (2014). *Diccionario de Biología* (Henderson's Dictionary of Biology; p. 622). México: Editorial Trillas.

Restrepo Osorno, H.A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Shogren, R.L. (2009). Flocculation of kaolin by waxy maize starch phosphates. *Carbohydrate Polymers*, 76(4): 639-644



CIUDAD JUÁREZ
ESTADO DE TABASCO

SERVICIO DE SERVICIOS ACADÉMICOS | DIVISIÓN Cultural

INSTALACIONES
CULTURAS EMERGENTES

K'elen-Bijj 2016
Muestra de Arte Contemporáneo y Culturas Emergentes

MÚSICA
TEATRO
FOTOGRAFÍA
ARTES PLÁSTICAS
CANCIÓN

www.ujat.mx | Cultura

**FUENTE DE LOS FUNDADORES, POR LA CONMEMORACIÓN DE LOS 25 AÑOS DE BIOLOGÍA EN LA UJAT
(K'elen-Bijj 2016: MUESTA DE ARTE CONTEMPORÁNEO Y CULTURAS EMERGENTES)**

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: José Francisco Juárez López & Ydania del Carmen Rosado López

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



EDIFICIO DR. ANDRÉS RESÉNDEZ MEDINA: *antes Centro de Investigación en Biología y Biotecnología Tropical.*
División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía de Rafael Sánchez Gutiérrez



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415
✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com
🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

