



Proceso de Purificación de Agua Turbia y Mejoramiento de la Calidad del Agua Entubada

Nazdrick Sylvanna Flores Robledo¹; Christian Axel Calderón Briseño¹; María de los Angeles Robledo Arias²

¹Colegio Americano Victoria, ²TecNM-Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Autor responsable: nazdrickflores@cav.edu.mx

Área: Desarrollo Sustentable

RESUMEN

El proceso de purificación de agua turbia y mejoramiento del agua entubada utiliza un granulado de cilantro, semilla de tamarindo y flor de jamaica denominado JaCiTa.

Problemática. Alto consumo de agua embotellada provocando más botellas plásticas desechables rodando por las calles y contaminando el medio ambiente, y el alto volumen de agua utilizada para su manufactura.

Objetivo. Definir una propuesta alternativa al consumo de agua embotellada basada en un proceso de purificación de agua turbia y mejoramiento de la calidad del agua entubada utilizando plantas para mitigar el daño al medio ambiente que ocasionan las botellas plásticas desechables.

Metodología. Tipo de investigación cuantitativa y se desarrolla en tres fases (documental-experimental-aplicada). Las variables dependientes son PH, conductividad, turbidez y patógenos; las independientes son alcalinidad, solidos totales, coliformes y cloruros. Se diseñan dos instrumentos de recolección. Se selecciona una muestra piloto por conveniencia de 33, clasificadas en tres grupos (agua turbia, agua de río y agua entubada). Se lleva a cabo el experimento, aplicando el granulado a las muestras. Se realizan análisis fisicoquímicos y prueba microbiológica a las muestras recolectadas y con JaCiTa; se toman las lecturas de las variables con el multiparámetro digital de PH (pH), EC (us/cm), cloruros (mg/L Cl⁻), turbiedad (NTU) y alcalinidad, dureza total y TDS (ppm). Se testearon 500 muestras gratis de agua JaCiTa.



Resultados. Elimina la salmonela y E.Coli, nivela el PH en 7.0, alcanza los parámetros de la pureza del agua, disminuye el 57% del consumo de agua embotellada y 95% prefieren el agua JaCiTa.

Conclusiones. El granulado JaCiTa purifica agua turbia y mejora el agua entubada, es una opción alternativa al consumo de agua embotellada, mitigando el daño al medio ambiente que ocasionan uso y manufactura de las botellas desechables.

PALABRAS CLAVE: cilantro, coagulación, jamaica, purificación, semilla de tamarindo.

INTRODUCCIÓN

México es primer lugar mundial en consumo de agua embotellada, estimando 310 litros por persona anual y ocasiona 1420 Kg de desechos plástico (**Shellman, 2022**).

Planteamiento del problema:

¿Cuáles plantas cuyas propiedades químicas y biológicas ayudan en la purificación del agua turbia y mejora la calidad del agua entubada?

¿Cuál sería la propuesta de un proceso para la purificación de agua turbia y entubada que sustituya el agua embotellada?

¿Cuál es la eficiencia e impacto ambiental del proceso propuesto para el agua turbia y entubada de Victoria, Tamaulipas?

Las hipótesis planteadas son:

H₁: Al averiguar cuáles son las propiedades químicas y biológicas de las plantas, se seleccionará aquellas que ayudan en la purificación del agua turbia y mejoran la calidad del agua entubada.

H₂: Al contar con las plantas seleccionadas, se definirá la propuesta de un proceso de purificación de agua turbia y mejorar la calidad del agua entubada que sustituya el agua embotellada.

H₃: Al definir el proceso de purificación de agua turbia y mejoramiento de la calidad del agua entubada, se evaluará su eficiencia e impacto en el medio ambiente al sustituir el agua embotellada.



Mathews & Van Holde en 2003 publican que la semilla de tamarindo presenta proteínas constituidas principalmente por aminoácidos (ácidos glutámico y aspártico) los cuales tienen carácter ácido y son solubles en agua, lo anterior haría suponer que las sustancias responsables de la coagulación en la semilla de tamarindo son las terminaciones de ácido glutámico y aspártico.

Douglas Schauer en 2013 publica que la quelatación es la habilidad de un compuesto químico para formar una estructura en anillo con un ion metálico, impidiendo que el metal siga sus reacciones químicas normales; el cilantro tiene un agente quelato en su estructura celular que permite secuestrar los metales pesados del agua. El potencial del cilantro como filtrado para convertir el agua contaminada en agua potable es debido a la presencia de varios contenidos bioquímicos (**Bindhu, 2023**). Sus polifenoles eliminan las bacterias patógenas como *staphylococcus aureus*, *streptococcus pneumoniae*, *helicobacter pylori* y *escherichia coli* (**Rodríguez, Méndez, Gutiérrez & Reyes, 2021**).

Javier Castro en 2017 informa que la jamaica actúa contra bacterias dañinas (800-900) con un mayor espectro que el cloro (400-500), es capaz de matar el doble de bacterias que el cloro; su eficacia es del 99.99% sobre bacterias, hongos y virus, por encima del hipoclorito de sodio que elimina entre 80-90%, gracias a su componente ácido hibiscus; contiene quercetina, (floculante).

En el estado de Hidalgo, México prueban un filtro natural de cilantro para reusar las aguas residuales y de lluvia, con la finalidad de eliminar ciertos metales como el plomo, el cobre y el mercurio, perjudiciales para la salud humana. En los países subdesarrollados esta opción es más barata y más eficaz que el carbón activado (**Schauer, 2013**).

En Ecuador se utiliza el polvo de la semilla de tamarindo para coagulación-floculación-depuración de aguas residuales domésticas; evitando así focos de infección por la contaminación de agua para consumo. (**Rendón et. al., 2016**).



En Estocolmo implementaron un ecodistrito sostenible con un proceso de tratamiento de aguas residuales y todas las aguas pluviales son purificadas a través de filtros de techos verdes que ha aumentado la eficiencia de la planta.

Un método de descontaminación ha sido experimentado por la Universidad de Sao Paulo, utilizando nanocompuestos de semillas de papaya o cascaras de plátano.

El objetivo general es definir una propuesta alternativa al consumo de agua embotellada basada en un proceso de purificación de agua turbia y mejoramiento de la calidad del agua entubada utilizando plantas para mitigar el daño al medio ambiente que ocasionan las botellas plásticas desechables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Laptop, celular, memoria USB, impresora, hojas tamaño carta. 33 frascos, 33 muestras de agua, etiquetas, cilantro seco, semillas de tamarindo, flor de Jamaica, báscula de gramos, 1 machacador, guantes desechables, 1 tabla de soporte, 1 martillo, 1 toalla de cocina, 1 palito de madera, 1 bola de molcajete, 1 multiparámetro digital de agua, 1 turbidímetro de agua, 30 test de E.Coli, 1 molino y contenedores desechables de agua.

Muestra

Se elige una muestra piloto por conveniencia de tamaño 33, clasificadas en tres grupos de estudio (agua de río, agua turbia y agua entubada).

Variables

Las variables dependientes son PH, conductividad, turbidez y patógenos; las independientes son alcalinidad, solidos totales, coliformes y cloruros.

El diseño metodológico se realiza en tres fases:

Fase I: Investigación documental

- A través de las consultas se determina causas, consecuencias e impacto ambiental del consumo de agua embotellada, en base a ello, se construye el marco teórico y se elige la bibliografía



- Se elaboró la diagramación del planteamiento del problema, el esquema metodológico general y el esquema causa-efecto del problema
- De las bases de datos de la FAO, se seleccionó las plantas y semillas cuyas propiedades químicas y biológicas actúan como coagulante, floculante y desinfectante de aguas turbias, se seleccionaron para la fórmula JaCiTa (semilla de tamarindo, hoja seca de cilantro y flor de jamaica)
- Se realizaron entrevistas con la nutrióloga Kaely Pantoja, la bióloga Daniela Báez y un epidemiólogo Orlando Borjas
- Se inició con la metodología para el desarrollo de JaCiTa, construyendo la matriz NeDe
- Se consultaron las DBI de patentes sobre los productos y procesos para el tratamiento de potabilización del agua elaborados a base de plantas
- Se determinan las preguntas de investigación y las hipótesis
- Se construye y validan el objetivo general SMART y se establecen los específicos

Fase II: Investigación experimental

- Se ajusta a prueba y error la fórmula JaCiTa
- Se elige “el granulado en sobre” como presentación comercial de 10 g, construyendo la matriz integradora elemento-atributos-beneficios
- Se determinaron los costos de JaCiTa y el presupuesto para la prueba experimental
- Se diseñan dos instrumentos de recolección de datos: Hoja de datos y Prueba sensorial
- Se determinaron los procedimientos para la prueba de JaCiTa en las muestras
- Se definieron los indicadores de evaluación del prototipo
- Se realizó la experimentación con una muestra piloto por conveniencia de 3



Muestra A
1/11/2023

Río San Marcos



Muestra B
2/11/2023

Colonia Mainero



Muestra C
1/11/2023

Fracc. Magisterial

- Se realiza análisis del agua y prueba de PH, con las muestras y con JaCiTa



REPORTE DE RESULTADOS DE PRUEBA MICROBIOLÓGICA

Recepción de muestra: 3 de noviembre de 2023
 Mes de análisis: 7 de noviembre de 2023
 Finalización del análisis: 8 de noviembre de 2023
 Entrega del reporte de resultados: 8 de noviembre de 2023

Tabla 1 Resultados de Microbiología

Muestra:	Exposición/origen de E. Coli, presencia o ausencia
Etiquetada como A	Presencia (1.4)
Etiquetada como B	Ausencia
Etiquetada como C	Presencia (1.4)

Tabla 2 Resultados de análisis fisicoquímicos, Muestra A.

PH	STO	NTO	CLORO	CLORADO	ALCALINIDAD	DUREZA TOTAL
8.0	800	7.00	01	000	200	200

Tabla 3 Resultados de análisis fisicoquímicos, Muestra B.

PH	STO	NTO	CLORO	CLORADO	ALCALINIDAD	DUREZA TOTAL
7.80	1407	4.00	01	00	200	200

Tabla 4 Resultados de análisis fisicoquímicos, Muestra C.

PH	STO	NTO	CLORO	CLORADO	ALCALINIDAD	DUREZA TOTAL
8.1	800	4.00	01	00	200	200

REPORTE DE RESULTADOS DE PRUEBA MICROBIOLÓGICA

Recepción de muestra: 8 de noviembre de 2023
 Mes de análisis: 7 de noviembre de 2023
 Finalización del análisis: 8 de noviembre de 2023
 Entrega del reporte de resultados: 14 de noviembre de 2023

Tabla 1 Resultados de Microbiología MueTas.

Muestra:	Exposición/origen de E. Coli, presencia o ausencia
Etiquetada como A	Ausencia
Etiquetada como B	Ausencia
Etiquetada como C	Ausencia

Tabla 2 Resultados de análisis fisicoquímicos, Agua con MueTas en la muestra A.

PH	STO	NTO	CLORO	CLORADO	ALCALINIDAD	DUREZA TOTAL
8.1	500	1.00	10	00	200	200

Tabla 3 Resultados de análisis fisicoquímicos, Agua con MueTas en la muestra B.

PH	STO	NTO	CLORO	CLORADO	ALCALINIDAD	DUREZA TOTAL
7.81	1007	4.00	01	10	100	200

Tabla 4 Resultados de análisis fisicoquímicos, Agua con MueTas en la muestra C.

PH	STO	NTO	CLORO	CLORADO	ALCALINIDAD	DUREZA TOTAL
7.74	1007	0.00	01	00	100	200

- Se invitó a familiares y conocidos de la familia CAV para ser parte de la prueba experimental del prototipo y firmaron su consentimiento
- Se llevó a cabo reunión informativa virtual, en la cual, se les explicó los beneficios del prototipo y sus indicaciones de uso
- En la entrega del prototipo, se registraron los datos y se entrega un díptico
- Al término del experimento, se generan frecuencias estadísticas para su análisis e interpretación
- Se diseña la etiqueta

Fase III: Investigación aplicada

- Se construye la radiografía del valor agregado del prototipo

- Se elige una muestra piloto por conveniencia de 30
- El período de estudio y la recolección de información fue del 1 de enero al 30 de junio de 2024, en el cual se monitoreó las pruebas del prototipo en los tres grupos de muestra y se recabaron los datos; así como también, se detectaron áreas de oportunidad de mejora del prototipo.
- Con cada grupo de estudio se siguió el mismo procedimiento de entrega del prototipo
- Al final del experimento, se le aplicó la encuesta de prueba sensorial del granulado JaCiTa
- Se generan frecuencias estadísticas para su análisis e interpretación de los resultados de la calidad del agua de las muestras
- Se elaboraron 500 muestras gratis del agua JaCiTa para testear

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

La prueba microbiológica de la muestra A, B y C, se muestran los resultados en la Tabla 1.

Tabla 1

Resultados de Microbiología

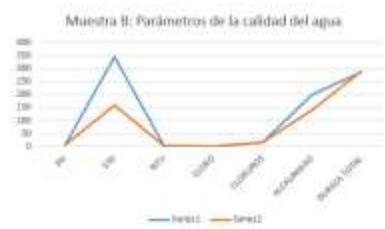
Muestras.	Especificaciones de E.Coli presencia o ausencia
Etiquetada como A –río–	Presencia (3.4)
Etiquetada como B –entubada–	Ausencia
Etiquetada como C –turbia–	Presencia (2.6)

Los resultados comparativos de los parámetros de la calidad del agua de las muestra y el granulado JaCiTa, se muestran en las siguientes gráficas.

a) Muestra A y JaCiTa

b) Muestra B y JaCiTa

c) Muestra C y JaCiTa



Gráficas comparativas de la calidad del agua de cada muestra y con JaCiTa.

En la Tabla 2, se muestra la reducción de las botellas plásticas desechables.

Tabla 2

Botellas plásticas en el consumo de agua embotellada vs agua JaCiTa y costos

Agua	Botellas/ciclo_escolar presentación 500 ml	Litros de agua en manufactura	% disminución de botellas desechables plásticas	Costo
Embotellada	185	370	57	2.70
JaCiTa	0	92.5	0	0.94

Discusión

En relación a la **H₁**: Las propiedades químicas y biológicas de la semilla de tamarindo, cilantro y flor de jamaica alcanzan una coagulación del 100%, una floculación mayor en agua turbia de nivel alto y 99% de eliminación de bacterias. No produce efectos secundarios.

En relación a la **H₂**: Se definió un proceso de purificación de agua turbia y mejoramiento de la calidad del agua entubada como propuesta para suplir el agua embotellada.

En relación a la **H₃**: La evaluación de eficiencia en los parámetros bacteriológicos, PH, conductividad y turbidez arroja un resultado negativo a bacterias y alcanza un PH promedio de 7.0 y su impacto en el medio ambiente al disminuir las botellas plásticas desechables.

DESARROLLO DEL TEMA

El consumo indiscriminado de agua embotellada y garrafones en México está trayendo consigo un importante deterioro al medio ambiente, y buscando contribuir a la solución de esta

problemática, se propone una alternativa eficaz y sustentable que brinde seguridad, calidad, frescura y sustentabilidad.

Propuesta de solución

JaCiTa es un proceso natural de purificación de agua turbia y mejoramiento del agua entubada para consumo humano y a la vez es alcalina como alternativa al consumo del agua embotellada para quienes atraviesan un desabasto y/o mala calidad de agua para su consumo, disminuyendo el alto índice de padecimientos gastrointestinales de origen hídrico.

Para el proceso, se utilizan la flor de jamaica, las semillas de tamarindo y la hoja seca del cilantro, con las que se elabora “JaCiTa, Purificando tu Vida”.

Etapas del proceso de purificación de agua turbia y mejoramiento del agua entubada: adsorción-coagulación-floculación-alcalinidad-filtrado-desinfección (Fig. 1).



Figura 1. Proceso de purificación JaCiTa

Ventajas

- Amigable al medio ambiente
- No utiliza energía eléctrica en el proceso
- Re-usa el agua turbia para consumo humano
- Mejora la calidad del agua entubada
- No se utilizan sustancias químicas que ocasionan efectos secundarios en el organismo
- La semilla de tamarindo absorbe sustancias tóxicas de manera biológica y regula el PH
- Es biodegradable



En un ciclo escolar de 185 días para estudiantes de preescolar a primaria, si un estudiante consume agua o jugo embotellado de 500 ml al día, estaría desechando 185 botellas plásticas en el ciclo escolar se estaría destinando 370 litros de agua para su manufactura (400% para la presentación de 500 ml).

CONCLUSIONES

La utilización de la semilla de tamarindo y la hoja seca de cilantro en combinación con la flor de jamaica, ofrece un proceso natural de purificación para reusar aguas turbias, mejoramiento del agua entubada y eliminan las bacterias salmonela y E Coli, así lo demuestran los análisis de laboratorio y parámetros de calidad del agua. El proceso casero y natural tiene un costo de 75 centavos por litro. La semilla de tamarindo al ser ácida logra darle un nivel promedio de 7.0 de PH. Por lo que se concluye que el granulado JaCiTa potencia su capacidad de coagular y flocular el agua turbia, así como también, la desinfecta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bindhu, K.B.; Keerthana, T.P.; Betty, K.P; Rekha, P.S y Adya, S. (2023). Potencial de purificación del agua de plantas medicinales seleccionadas. Revista de riesgos químicos para la salud. 13(4). https://jchr-org.translate.google.com/translate/index.php/JCHR/article/view/1112?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=rq#:~:text=The%20greatest%20option%20for%20thoroughly,drink%20are%20moringa%20and%20coriander
- Castro, J. (8 de marzo de 2017). Flor de jamaica, mejor desinfectante del cloro. Notimex. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/flor-de-jamaica-mejor-desinfectante-que-el-cloro/
- García, B. (2017). Metodología de extracción in situ de coagulantes naturales para la clarificación de agua superficial y aplicación en países en vía de desarrollo. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12458/Tesis%20de%20Master_BEATRIZ%20GARCIA%20FAYOS.pdf?sequence=1



- Guardián, R. & Coto, J. M. (2011). Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación-floculación de aguas residuales. 24(2), 18-26.
- Ospina, O.E. & Ramírez, H. (2011). Tratamiento casero alternativo de agua para consumo humano por medio de fitoquímicos. Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería. 84(4), 7-17. ISSN 0121-5132. <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>
- Ramírez, L. (2019). Evaluación de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial. [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca].
<file:///G:/ADATA%20UFD/COTACYT%202024/EVALUACION%20DE%20LA%20SEMILLA%20DE%20TAMRINDO%20COMO%20COAGULANTE.pdf>
- Rodríguez, J.A.; Méndez, R.O.; Gutiérrez, R. y Reyes, C.A. (2021). Evaluación del efecto antibacteriano del extracto de cilantro (*coriandrum sativum*) sobre bacterias patógenas gastrointestinales. II Seminario de Investigación en Economía: Sustentabilidad y Nanotecnología. Memoria Universitaria. Universidad Autónoma de Zacatecas. 3(2).
<https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/MemUni/article/view/1290>
- Salamanca, A.P.; Alejandro, D.; Cardozo, J.; Rojas, F.; Meléndez, J.C.; & Borda, L.S. (2023). Fitorremediación con Brassicaceae y Apiaceae en suelos contaminados con metales pesados. Revista de Biología Tropical. 71(1).
<http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.51493>
- Salgado, M.A. (2018). Evaluación de las semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la remoción de turbidez de aguas superficiales. [Tesis de licenciatura, Universidad de Sucre].
- Sellman, S. (22 de julio de 2022). México, mayor consumidor de agua embotellada per cápita en el mundo. Mexico Industry.
<https://mexicoindustry.com/noticia/mexico-mayor-consumidor-de-agua-embotellada-per-capita-en-el-mundo>