

Tratamiento de agua por destilación solar

T. J. A. Cervantes-Vázquez^{1*}, R. D. Calderon-Lobato¹, L. C. de la Paz-Robles¹.

Resumen—El agua es uno de los recursos esenciales para el desarrollo de diferentes tipos de vida, es importante desarrollar tecnologías con fuentes de energía renovables como lo es el sol, para impulsar y sustentar de una mejor manera el manejo del recurso hídrico. El presente estudio se realizó en la Universidad Politécnica de la Región Laguna, comprendió los meses de enero-marzo de 2017, se desarrolló un prototipo funcional de un destilador solar con una capacidad para 18 000 ml de los cuales se obtuvo un destilado máximo después de 4 días de 117 ml. Se incrementó el oxígeno disuelto en un 55.8% en comparación con la muestra original, disminuyendo también la alcalinidad al encontrar menor concentración de algunas sales y reduciendo el pH hasta 7.3, así como eliminar olores y colores no deseables cumpliendo con la calidad requerida para estos parámetros establecidas en la NOM-127-SSA1-1994.

Palabras claves— alcalinidad, calidad, destilación, pH.

Abstract— Water is one of the essential resources for development of different types of life, it is important to develop technologies with renewable energy sources such as the sun, to boost and better support the management of water resources. The present study was carried out at the Universidad Politécnica de la Región Laguna, since January to March 2017, a functional prototype of a solar distiller with a capacity of 18 000 ml was developed, of which a maximum distillate was obtained after 4 days of 117 ml. The dissolved oxygen increased by 55.8% in comparison with the original sample, also decreasing the alkalinity by finding a lower concentration of some salts and reducing the pH to 7.3, as well as eliminating odors and undesirable colors, complying with the quality required for these parameters Established in NOM-127-SSA1-1994.

Keywords— alkalinity, quality, distillation, pH.

X. INTRODUCCIÓN

El agua es importante para todo tipo de actividades humanas, como por ejemplo la salud pública. En 2015 el 91 % de la población mundial contaba con acceso a fuentes mejoradas de agua potable, por lo que 663

millones de personas se abastecen de fuentes no mejoradas (OMS, 2017).

Dos terceras partes del territorio mexicano es considerado árido o semiárido, del volumen total de agua el 67 % a la industria, mientras solo el 10 % al uso de la agricultura (OECD, 2017). De acuerdo a los índices estandarizados de sequía (SI), en agosto de 2015, se muestra un área afectada del 15.54% con sequías extremas (CONAGUA, 2017).

Las cuencas centrales del norte del país presentan una calidad aceptable con un 26.1% y un 43.5% contaminada para el indicador DBO₅ y DQO respectivamente. Esta cuenca cuenta con 4.47 millones de habitantes con 78 municipios y 8 064.7 hm³ año⁻¹ de agua renovable. El 87% del uso es agrícola, el cual corresponde a 3 272 hm³ año⁻¹, del que solo se potabiliza el 12.92 hm³ año⁻¹, obteniéndose una eficiencia de potabilización del 72% (CONAGUA, 2014).

En 2014 se trataron 111.3 m³ s⁻¹ de aguas residuales, en 2 337 plantas municipales. De las cuales solo el 7.6% fueron tratamientos no convencionales por lo que es conveniente desarrollar tecnologías alternativas (CONAGUA, 2015).

Una tecnología alternativa son los destiladores solares, ya que son conocidos como procesos purificadores (CAZALAC, 2013) y desaladores de agua (Marchesi *et al.*, 2006), los cuales aprovechan la radiación solar, alcanzando altas temperaturas, condensándolas y recolectándola por gravedad hacia un depósito en la que será evaluada su calidad.

En la evaluación de la calidad del agua, el oxígeno disuelto juega un papel importante, en concentración inferior a 4 mg l⁻¹ se considera hipoxia donde la mayoría de los organismos sensibles empiezan a desaparecer.

El potencial de hidrógeno (pH) es un indicador de la cantidad de sales disueltas en el agua por lo que es importante monitorearlo así como la cantidad de sales presentes en la muestra de agua. Por lo que es de importancia darle un tratamiento eficiente y económico para dar un uso sustentable al agua de la Región Laguna. El objetivo del presente trabajo es mejorar la calidad del agua superficial con un tratamiento a base de radiación solar.

¹ Universidad Politécnica de la Región Laguna, Calle Sin Nombre Sin Número Ejido Santa Teresa, C.P. 27948 Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciudad, Estado, País.

*alvaro87tomas@hotmail.com

XI. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

A. Método

El experimento se realizó durante los meses de enero-marzo de 2017 en la Universidad Politécnica de la Región Laguna (UPRL) ubicada en el ejido de Santa Teresa, municipio de San Pedro, Coahuila, a los 25° 46' 57" de latitud Norte y 103° 11' 37" de longitud Oeste con una altura de 1,150 msnm con una precipitación pluvial inferior a 260 mm y la temperatura media anual es de 22.1°C (Flores-Sánchez *et al.*, 2015).

El agua utilizada es procedente de la ciudad de San Pedro de las Colonias, del área conocida como "La Vega", la cual es una depresión natural, en la que se acumula agua procedente de flujos superficiales de agua de lluvia y por gravedad desemboca en esta depresión formando este cuerpo de agua, presentó las características que se muestran en la Tabla I, el muestreo se realizó el 13 de enero, 16 de febrero y 31 marzo de 2017, las muestras fueron obtenidas a tres profundidades a 100, 50 y 20 cm, se homogeneizaron, almacenaron y analizaron en un lapso menor a 8 horas y fueron cerradas cuidadosamente en un contenedor para no modificar el contenido de oxígeno disuelto de acuerdo a la NOM-AA-12-1980.

En el diseño del prototipo se tomó como base del reportado por Marchesi *et al.*, 2008. Para este estudio el material utilizado en el desarrollo del destilador solar fue de vidrio de 6 mm de espesor, con un área de 30 x 30 cm. Se colocó una tapa en la parte superior unida a las paredes laterales, la primer pared de 30 cm de altitud, en la cual se instaló una entrada para el afluente de agua muestra, evitando la perdida de agua evaporada con un tapón de hule número 7, a esta misma pared se le adhirió una regla de plástico transparente de 30 cm para registrar la evaporación diaria en mm. La otra pared constó con una altura de 10 cm, a la que se le instaló una canaleta de PVC de 9 x 6.5 cm en la parte superior unida a la tapa, con la finalidad de recolectar el agua condensada para posteriormente verificar los parámetros de calidad, en la Figura 1 se muestra el esquema del destilador solar.

Los parámetros de calidad del agua evaluados en esta investigación fueron el oxígeno disuelto y pH con un multímetro marca YSI MultiLab 4010(P)-1, la concentración de sales Ca⁺², Cl⁻¹ y HCO₃⁻¹ (volumetría). Se utilizó un termómetro de mercurio marca Brannan de -10 a 120°C para registrar las temperaturas ambientales a las 8 y 15 horas. La destilación se llevó a cabo por cuatro días en los cuales se introdujo un volumen inicial 1 300 ml.

TABLA I

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE "LA VEGA" ANTES DE LA DESTILACIÓN SOLAR.

Fechas de muestreo	pH	Color/Olor	OD	Ca ⁺	Cl	HCO ₃ ⁻
				mgL ⁻¹		
13 de enero	8.80	Verde/fétido	8.02	336	80.5	35
16 de febrero	8.45	Verde/fétido	7.04	174	78.1	85
31 de marzo	8.15	Verde/fétido	4.02	218	127.8	51

pH = potencial de hidrógeno; Ca = calcio (volumetría); Cl = cloruros (volumetría), HCO₃ = bicarbonato (volumetría); OD = oxígeno disuelto.

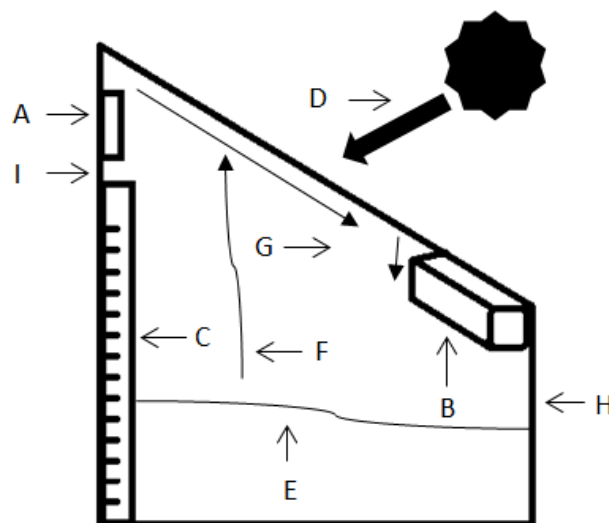


Figura 1. Prototipo de destilador solar en la UPRL. A= Afluente; B= Efluente; C= Regla graduada (mm); D= Radiación solar; E= Agua muestra; F= Vapor de agua; G= Condensación de agua; H= Pared de 10 cm; I= Pared de 30 cm

XII. RESULTADOS

En la Tabla II se observa los valores finales de las variables analizadas en donde se aprecia una mejora en el tratamiento con la destilación solar, incrementando en un 55.8% el OD, con un valor de 7.2 mg L⁻¹. Con respecto al pH disminuye en comparación con la muestra inicial de 8.15 a 7.3 donde los valores de una alta alcalinidad descienden casi a obtener un pH idóneo, el agua destilada obtiene un rendimiento promedio de 22.5 ml día⁻¹ como se muestra en la Tabla III, con temperaturas variables por día como (Figura 2), obteniéndose un máxima de un 9% en un periodo de 4 días. Durante la destilación (Figura 3) se apreciaron la desaparición del color verde y el aroma, característico de los grupos aminados (1,4-diaminobutano y 1,5-diaminopentano) procedentes de la descomposición de la materia orgánica desaparecen. El calcio disminuye en un 92.67%, al igual que los cloruros con 96.4% y el bicarbonato con 98.44%.

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE “LA VEGA” ANTES Y AL FINALIZAR LA DESTILACIÓN SOLAR.

Fechas de muestreo	pH	Color/Olor	OD	Ca ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
			-----		mgL ⁻¹	-----
31 de marzo	8.15	Verde/fétido	4.02	218	127.8	51
03 de abril	7.3	Incolora/inodora	7.2	16	4.61	0.8

pH = potencial de hidrógeno; Ca = calcio (volumetría); Cl = cloruros (volumetría), HCO₃ = bicarbonato (volumetría); OD = oxígeno disuelto.

TABLA III
RENDIMIENTO AL FINALIZAR LA DESTILACIÓN SOLAR 2017.

Volumen obtenido	Fechas de muestreo			
	31/03	01/04	02/04	03/04
ml	29.25	58.5	87.75	117
%	2.25	4.5	6.75	9

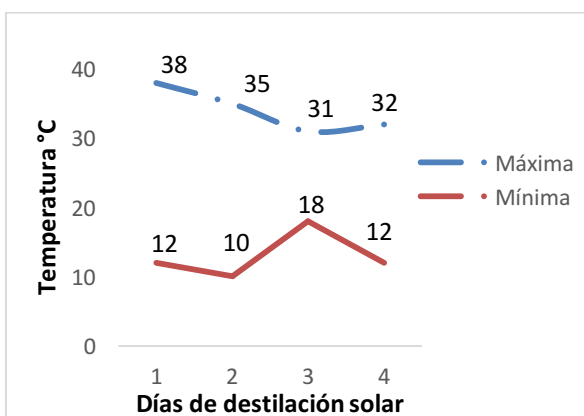


Figura 2. Variación de temperatura durante la destilación.



Figura 3. Prototipo de destilador solar de la UPRL en proceso de destilación.

XIII. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El OD se incrementó lo cual es deseado ya que se requieren concentraciones de OD 4 mg L⁻¹, favoreciendo el desarrollo de actividades antropogénicas como algunos peces de interés comercial (Zarza *et al.*, 2006), el pH muestra valores similares a los encontrados por Quipuzco L., 2012 en otros tratamientos de agua. Los valores de cloruros después del tratamiento están muy por debajo del límite permisible para consumo humano que son de 250 mg L⁻¹, así como el color y olor también satisfacen a lo recomendado por los estándares europeos de la calidad del agua potable de acuerdo a la OMS (2006) y la NOM-127-SSA1-1994. La concentración de bicarbonatos en este tipo de tratamiento no se ve afectada lo que enfatiza una de las bondades de este tratamiento físico, ya que existen tratamientos que modifican la composición química (Cajigas *et al.*, 2005) o implican un grado de tecnificación y mayor uso de recursos para obtener resultados similares (Varila y Díaz, 2008).

El uso de otras tecnologías para el tratamiento de aguas han demostrado su eficiencia para incrementar la calidad del agua, la ventaja de cada tecnología depende de las condiciones regionales del sitio de estudio se recomienda continuar el estudio de la destilación solar, por la nula aplicación de energía antropogénica para este proceso aprovechando las altas temperaturas de las zonas áridas y semiáridas.

XIV. REFERENCIAS

- [1] OMS. Organización Mundial de la Salud. Nota descriptiva. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- [2] CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. Monitor de Sequía Multivariado en México (MoSeMM). Disponible en: <http://www.gob.mx/conagua/documentos/monitor-de-sequia-multi-parametrico-de-mexico-mosemm?idiom=es>
- [3] OECD. Organization for Economic Co-operation and Development. Disponible en: <https://www.oecd.org/mexico/Water-Resources-Allocation-Mexico.pdf>
- [4] CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México edición 2014. [en línea]. pp. 51, 52, 183. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- [5] CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México edición 2015. [en línea]. pp. 129, 131. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
- [6] CAZALAC. Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe. (2013). Desalación de agua de mar mediante sistema Osmosis Inversa y Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo. 33, pp. 23.
- [7] Marchesi, J., Ducculi, E., Adaro, J. y Fasulo, A. (2006). Destilación solar en la U.N.R.C. construcción y primeros resultados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 10, pp. 32-37.
- [8] Flores-Sánchez, B.; Segura-Castruita, M. Á.; Fortis-Hernández, M.; Martínez-Corral, L.; Aldaco-Nuncio, R. A. y Orozco-Vidal, J. A. 2015. Enmiendas de estiércol solarizado en la estabilidad de

- agregados de un Aridisol cultivado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6 (7), pp. 1543-1555.
- [9] Marchesi, J., Ducculil, E., Adaro, J. y Fasulo, A. (2008). Comparación del rendimiento de un destilador solar de batea básico respecto de un destilador asistido térmicamente. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 12, pp. 63-69.
- [10] Zarza-Meza, E. A.; Berruecos-Villalobos, J. M.; Vásquez-Peláez, C.; Álvarez-Torres, P.; (2006). Cultivo experimental de robalo *Centropomus undecimalis* y *Chucumite Centropomus parallelus* (Perciformes: *Centropomidae*) en estanques rústicos de tierra. *Ciencias Marina*. 32(2), pp. 219-227.
- [11] Quipuzco Ushñahua, L. (2012). Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con *phragmites australis* para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica. 5(10). pp. 52-57.
- [12] OMS. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable, tercera edición. (2006). [en línea]. pp. 183, 185. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full1_1_owsres.pdf?ua=1
- [13] Cajigas C.; Alvaro A.; Pérez V., Andrea y Torres L., Patricia. (2005). Importancia del ph y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. *Scientia Et Technica*, XI (27), pp. 243-248.
- [14] Varila-Quiroga J. A.; Díaz-López F. E. (2008). Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala laboratorio. *Revista de Tecnología - Journal of Technology*. 7(2), pp. 21-28.



hídrico.

De la Paz-Robles Luis Carlos. San Pedro de las Colonias, Coahuila, 02 de octubre 1996. Después el historial académico. Cursa la carrera de Ingeniería en Tecnología Ambiental de la UPRL.

El actualmente cursa la carrera de Ingeniería en Tecnología Ambiental de la UPRL. Ejido Santa Teresa, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. Manejo sustentable del recurso

XV. BIOGRAFÍA



Cervantes-Vázquez, Tomás Juan Álvaro.

Torreón, Coahuila, 07 de marzo de 1987. Ingeniero Bioquímico, Escuela de Ciencias Biológicas de la U. A. de C. Torreón, Coahuila, México, 2009. Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Gómez Palacio, Durango, México, 2012.

El actualmente labora en la Universidad Politécnica de la Región Laguna (UPRL). Ejido Santa Teresa, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. Manejo sustentable de recursos naturales.

M.C. Cervantes.



Calderon-Lobaro Rey David. Gómez Palacio Durango, 30 mayo de 1984. Ingeniero Bioquímico, Escuela de Ciencias Biológicas de la U. A. de C. Torreón, Coahuila, México, 2007. Maestría en Ciencias en Biotecnología Genómica. Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional, boulevard del maestro s/n, col Narciso Mendoza, Reynosa, Tamaulipas, México, 2009.

El actualmente labora en la Universidad Politécnica de la Región Laguna (UPRL). Ejido Santa Teresa, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. Manejo sustentable de recursos naturales. Manejo sustentable de recursos naturales.

M.C. Calderón.