

USO DE UN DESTILADOR SOLAR TIPO CAJA PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA DESTILADA DEL MAR DE ILO, 2018

Edgar Virgilio Bedoya Justo^{1a}, Efen Eugenio Chaparro Montoya^{2b}

RESUMEN

Objetivo. Usar un destilador solar tipo caja para la obtención de agua destilada del mar de Ilo. **Metodología.** El experimento de destilación solar se realizó mediante un tratamiento y tres repeticiones, el volumen de agua destilada fue medido con una probeta, el pH y la conductividad eléctrica con un multiparámetro; el análisis estadístico se realizó con el coeficiente de determinación con el programa SigmaPlop. **Resultados.** La construcción del destilador tipo caja con dos reflectores para la obtención de agua destilada del mar de Ilo tuvo las siguientes características: Peso de 6,1 kg; largo de 80 cm; ancho de 40 cm; altura de 18 cm con un área de 0,32 m² y la temperatura máxima del aire interno en un día soleado fue de 83 °C. **Conclusión.** En horas de buena radiación solar desde las 10:00 hasta las 15:00 h se obtuvo 355 mL de agua destilada del mar de Ilo (0,369 L/m²/h) con un pH de 6,91 y con 95 uS/cm de conductividad eléctrica, ambos valores se encuentran dentro de los requisitos establecidos por DIGESA (2011) para el agua potable.

Palabras clave: Destilador solar; Agua de mar y agua destilada.

USE OF A BOX TYPE SOLAR DISTILLER TO OBTAINING DISTILLED WATER FROM THE ILO SEA, 2018

ABSTRACT

Objective. To use a box-type solar distiller to obtain distilled water from the Ilo Sea. **Methodology.** The solar distillation experiment was carried out by means of a treatment and three repetitions, the volume of distilled water was measured with a test tube, the pH and the electrical conductivity with a multiparameter, the statistical analysis was performed with the coefficient of determination with the program SigmaPlop. **Results.** The construction of the box-type distiller with two reflectors to obtain distilled water from the Ilo Sea had the following characteristics: Weight of 6.1 kg; length of 80 cm; width of 40 cm; height of 18 cm with an area of 0.32 m² and the maximum internal air temperature on a sunny day was 83 °C. **Conclusion.** In hours of good solar radiation from 10:00 to 15:00 h, 355 ml of distilled water from the Ilo Sea (0.369 L / m² / h) with a pH of 6.91 and 95 uS / cm of electrical conductivity, both values are within the requirements established by DIGESA (2011) for drinking water.

Keywords: Solar distiller; Sea water and distilled water.

¹ Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua, Perú.

^a Docente ordinario; Dr. en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

² Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. Perú.

^b Docente contratado a TC. Dr. en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

INTRODUCCIÓN

La energía se utiliza para el manejo de máquinas y equipos, esta proviene de fuentes renovables y no renovables.

Dentro de las energías limpias o renovables se encuentran la energía mareomotriz, solar, geotérmica, eólica, etc. que no contaminan el medioambiente; dentro de las no renovables o convencionales, que se encuentran de manera limitada en la tierra, están los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. El planeta tierra se viene contaminado debido a la acción del ser humano, quien en su afán de obtener riquezas genera residuos sólidos, líquidos y gaseosos, muchos de los cuales terminan llegando al agua y la contaminan.

En el planeta tierra solo existe una pequeña parte de agua dulce y se está contaminando por la acción antrópica, pues el hombre usa el agua en diversas actividades como la agricultura o la industria.

Para la producción de alimentos, los agricultores utilizan diferentes plaguicidas, algunos de ellos son relevantes por el daño que causan a la salud, por su gran demanda de uso y por considerarse como contaminantes emergentes en aguas residuales ⁽¹⁾.

Los seres vivos de la tierra consumen agua dulce y este se viene agotando; algunos países están utilizando tecnologías para desalinizar el agua de mar como una opción para satisfacer las necesidades de consumo por el crecimiento poblacional.

Existen diversos procesos de desalinización que se diferencian por costos, impacto ambiental, calidad del producto y energía consumida ⁽²⁾.

Una alternativa para tratar el agua de mar es por osmosis inversa. Dévora *et al.*, en una investigación concluyen que el uso de agua desalinizada incrementó la productividad agrícola, por lo cual las inversiones públicas y privadas en desalación en el sector rural se consideran viables en el corto plazo. Se encontró que es posible, para las condiciones de la planta de 100 m³/d, recircular total o parcialmente la corriente de salmuera. Se pueden realizar varias iteraciones con esta corriente sin afectar de modo significativo el agua producto, ni llevar al máximo la capacidad de la planta. Entre mayor sea el porcentaje

de salmuera recirculada, menos iteraciones podrán ser realizadas ⁽³⁾.

Yabroudi *et al.* utilizaron un destilador solar tubular (DST) y obtuvieron desde 0,93 hasta 3,34 L de agua destilada en un área de 1 m² ⁽⁴⁾.

Muchos estudios indican que sí es posible usar las energías renovables, por tal motivo es que se realiza la presente investigación en la que se emplea un destilador solar tipo caja para la obtención de agua destilada del mar de Ilo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de muestras y métodos empleados

La muestra de agua de mar provino de las playas de Ilo, el lugar donde se realizó las pruebas de destilación solar fue en el fundo Yaravico, km 2, El Valle, distrito de Moquegua, departamento de Moquegua.

Para la medición de la temperatura interna del destilador solar tipo caja se usó un termómetro; para medir el volumen de agua destilada se usó una probeta de 250 mL; el pH y la conductividad eléctrica se midieron con un multiparámetro.

RESULTADOS

Diseño del destilador solar tipo caja

En la Figura 1 se muestra el destilador solar tipo caja, el cual consta de dos reflectores de papel aluminio, vidrio, aislante térmico (poliestireno) y depósito de lata pintada de color negro.

El destilador tuvo las siguientes características: peso de 6,1 kg; largo de 80 cm; ancho de 40 cm; altura de 18 cm y la temperatura máxima del aire interno en un día soleado fue de 83 °C.



Figura 1. Destilador solar tipo caja con dos reflectores

Obtención de agua destilada del mar de Ilo

En la Tabla 1 se presenta la destilación solar de agua del mar de Ilo, el proceso se inició a las 10:00 h y culminó a las 15:00 h y se obtuvo 355 mL de agua destilada.

El pH del mar de Ilo estuvo entre 7,81 a 7,92 y del agua destilada obtenida fue de 6,91; la conductividad eléctrica fue de 49 900 uS/cm (agua de mar) y 95 uS/cm (agua destilada).

Tabla 1. Destilación solar de agua del mar de Ilo

Hora	Tiempo (min)	Volumen (mL)
10:00	0	0
10:30	30	35
11:00	60	75
11:30	90	110
12:00	120	150
12:30	150	192
13:00	180	225
13:30	210	265
14:00	240	305
14:30	270	335
15:00	300	355

En la Figura 2 se muestra el tiempo (min) frente a la producción promedio de agua destilada del mar de Ilo (mL) con energía solar.

El análisis estadístico permitió determinar el coeficiente de determinación para el proceso de destilación solar en la producción de agua destilada del mar de Ilo, el cual fue de $R^2=0,9998$; el coeficiente ajustado $R^2_{ajustado}=0,9995$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y_{\text{(Agua destilada, ml)}} = 1,1259 + 1,0693X + 0,0022X^2 - 0,0000059354X^3$$

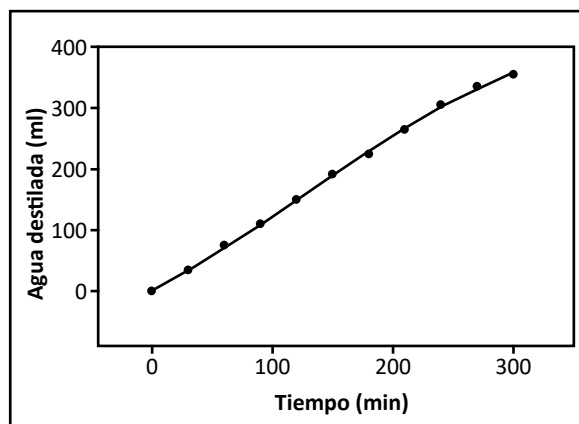


Figura 2. Tiempo (min) Vs producción de agua destilada del mar de Ilo (mL) con energía solar

DISCUSIÓN

El destilador solar tipo caja tuvo un área de 0,32 m² y la temperatura interna máxima del aire fue de 83 °C, esta elevada temperatura se debe al papel aluminio que refleja la energía solar hacia el interior de la caja y que luego es absorbida por el cuerpo negro que se encuentra dentro del destilador solar.

En esta investigación se encontró que en un día soleado de 10:00 a 15:00 h se puede obtener un promedio de 355 mL de agua destilada del mar (0,369 L/m²/h), cantidad similar a la que reportaron Fonseca, *et al.* quienes obtuvieron una productividad del equipo de destilación de 350 mL al día, lo cual representa 2,2 L/m² día⁽⁵⁾.

Pérez *et al.* obtuvieron una máxima producción de agua destilada con 12,08 mL/h resultado inferior a lo reportado en la presente investigación⁽⁶⁾.

El pH del mar de Ilo estuvo entre 7,81 y 7,92 la cual se redujo al destilarla con energía solar, hasta un promedio de 6,91; en cuanto a la conductividad eléctrica, esta se redujo de 49 900 uS/cm (agua de mar) hasta 95 uS/cm (agua destilada), resultado similar a lo reportado por Pérez *et al.* quienes encontraron en el agua de mar un pH de 8,1 y al final de la destilación 7,52; en la conductividad eléctrica ellos obtuvieron en el agua de mar 54 300 uS/cm y en el agua destilada 493 uS/cm, resultado superior a lo reportado en la presente investigación, estas diferencias probablemente se debieron a la altura del destilador.

CONCLUSIONES

La construcción de un destilador solar tipo caja con dos reflectores de aluminio permitió obtener agua destilada del mar de Ilo.

En horas de buena radiación solar desde las 10:00 hasta las 15:00 h se obtuvo 355 mL de agua destilada (0,369 L/m²/h) con un pH de 6,91 y con 95 uS/cm de conductividad eléctrica, ambos valores se encuentran dentro de los requisitos establecidos por DIGESA (2011) para el agua potable.

RECOMENDACIONES

Diseñar destiladores solares con cuatro reflectores para tener mayor energía e incrementar la

temperatura en el interior del destilador solar y obtener mayores volúmenes de agua destilada.

Utilizar el agua destilada del mar para el cultivo de hortalizas.

Contribución de los autores: los autores han participado en la concepción y diseño del proyecto de investigación, análisis e interpretación de datos, asesoría estadística, así como en la redacción y revisión crítica del artículo.

Conflictos de interés: los autores declaran no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento: autofinanciado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gil, Miriam; Soto, Adriana; Usma, Jorge y Gutierrez, Omar. *Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos*. 2012. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
2. Dévora Isiordia, Germán; Gonzáles Enríquez, Rodrigo y Ruiz Cruz, Saúl. *Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México*. 2013. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222013000300002
3. Dévora Isiordia, German; López Mercado, Maria Elena; Fimbres Weihs, Gustavo; Álvarez Sánchez, Jesús y Astorga Trejo, Sebastian . 2016. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000300155
4. Yabroudi, Suher; Cárdenas, Carmen; Aldana, Leonardo; Nuñez, José y Herrera, Lenin. *Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular*. 2011. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/339/33921449004/>
5. Fonseca Fonseca, Susana; Brito Sauvanell, Angel; Torres, Ronald; Perdomo Miranda, Heider y Fernandez Parra, Maria. *Análisis exergético del destilador solar de bandeja de fibra de vidrio*. 2009. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760003.pdf>
6. Perez Vanegas J. y Salazar Romero A. (s.f.). *Análisis del comportamiento de un prototipo de destilador solar en la ciudad de Cartagena*. Obtenido de <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/2356/1/TESIS.pdf>

Correspondencia

Edgar Virgilio Bedoya Justo.

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad José Carlos Mariátegui. Ciudad Universitaria - C.P. San Antonio S/N, Moquegua 18001 – Perú
 ebedoya@ujcm.edu.pe