

UTILIZACIÓN DEL AGUA DESTILADA DE MAR CON ENERGÍA SOLAR PARA EL CULTIVO DE HORTALIZAS

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

RESUMEN

Objetivo: El trabajo de investigación tuvo por objetivo utilizar el agua destilada de mar con energía solar para el cultivo de hortalizas. **Metodología:** El agua de mar provino de la playa de Ilo del departamento de Moquegua. El experimento se realizó mediante un diseño completo al azar con tres tratamientos y dos repeticiones, el volumen de agua destilada fue medido con una probeta, el pH y la conductividad eléctrica con un multiparámetro, en las hortalizas se midió la altura, el peso y tiempo de cosecha. El riego con agua destilada se midió con una probeta. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza complementado con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). **Resultados:** Durante un día soleado del mes de octubre se logró obtener 4 L de agua destilada de mar con el uso de un destilador solar, agua que se usó para riego de hortalizas; se cosechó poro en 16 semanas, betarraga 12 semanas y nabo en 10 semanas. **Conclusión:** La utilización del agua destilada de mar con energía solar permitió cultivar hortalizas de buena calidad en condiciones de vivero.

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

USE OF DISTILLED SEA WATER WITH SOLAR ENERGY FOR GROWING VEGETABLES

ABSTRACT

Objective: The research work was aimed at using distilled sea water with solar energy for the cultivation of vegetables. **Methodology:** The sea water came from the Ilo beach of the Moquegua department. The experiment was carried out by means of a randomized complete design with three treatments and two repetitions, the volume of distilled water was measured with a test tube, the pH, and the electrical conductivity with a multiparameter, in the vegetables the height, weight and time were measured from harvest. Irrigation with distilled water was measured with a test tube. The statistical analysis was carried out by means of an analysis of variance complemented with the Tukey test ($p \leq 0,05$). **Results:** During a sunny day in October, it was possible to obtain 4 L of distilled water from the sea with the use of a solar distiller, water that was used to irrigate vegetables; It was harvested pore in 16 weeks, dormant 12 weeks, and turnip in 10 weeks. **Conclusion:** The use of distilled sea water with solar energy allowed to grow good quality vegetables in nursery conditions.

Keywords: Sea water; Distilled water; Solar distiller; Vegetables and nursery.

¹ Universidad José Carlos Mariátegui.

^a Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

² Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.

^b Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población mundial obliga al sector agrícola a buscar nuevas alternativas a través de la tecnología, para aumentar el rendimiento de productos agrícolas y satisfacer las necesidades de consumo de los seres humanos.

El incremento anual de la producción de hortalizas en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento por unidad sembrada y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada.

Las hortalizas que más se consumen en el Perú son: la papa, el tomate, la lechuga, espinaca, betarraga, poro, nabo, entre otros. Su demanda aumenta continuamente y con ella mayor producción y comercio.

Por otro lado, el hombre en su afán de generar riquezas viene contaminando el agua, el aire, el suelo, y otros. El agua es un recurso muy importante para el desarrollo de las plantas, este viene disminuyendo su calidad para el cultivo de frutas y hortalizas.

En la actualidad, son numerosos los ríos, lagos, agua del subsuelo que se vienen contaminando por efecto de la minería, empresas agroindustriales, empresas pesqueras, aguas residuales domésticas, insecticidas y fertilizantes que se usan en exceso para producir alimentos en la zona agrícola entre otros. El agua contaminada no permite el desarrollo normal de las plantas.

Según Saravia et al.⁽¹⁾ en una investigación de análisis de agua para riego agrícola reportaron que los parámetros de coliformes totales, fecales, sólidos disueltos totales (SDT), sulfatos, cloruros y conductividad eléctrica (CE) exceden en algunas muestras (máximo o promedio) el límite para uso agrícola. Se consideran en su mayoría aguas altamente salinas y bajas en sodio, lo que restringirían su uso para la agricultura, aunque se pueden usar en cultivos tolerantes a la salinidad y con buenas condiciones de drenaje, también pueden ser usadas con sistemas de riego que permitan mantener continuamente un bulbo de

humedad en el sistema de raíces. Es decir, su uso estaría condicionado al manejo del cultivo y con utilización de cultivos tolerantes o medianamente tolerantes a las sales.

Uno de los parámetros más importantes para evaluar la calidad del agua de riego, es la concentración de sales que comúnmente se mide como conductividad eléctrica (Cepeda et al., 2007).

El caso del pH es un factor que sirve para evaluar la calidad del agua y del suelo.

Según Cepeda et al. (2014) indican que la salinidad inhibe el crecimiento de las plantas y reduce la productividad agrícola a causa de un déficit hídrico, toxicidad por los iones que la inducen y al desbalance nutrimental que ocasiona.

Medina et al. (2016) reportaron muestras de agua que se encuentran en un rango de conductividad eléctrica que va de 220 a 1750 $\mu\text{S cm}^{-1}$, esto significa que son aguas con las que se pueden obtener rendimientos agrícolas adecuados, siempre y cuando se cuente con un drenaje eficiente; sin embargo, si el lavado y drenaje no ocurren correctamente, se presentan condiciones de salinidad, es decir, que los cultivos sensibles pueden ser afectados de manera adversa, estas aguas pueden funcionar mejor para cultivos moderadamente tolerantes a las sales.

Nuestro planeta tierra está cubierto con más del 70 % de agua y casi su totalidad está representada por el agua de mar, una alternativa para tratar el agua de mar es por osmosis inversa. Según Dévora Et al.⁽²⁾ 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.

Yabroudi et al reportaron que mediante el uso de un destilador solar tubular⁽³⁾ (DST) obtuvieron de 0,93 a 3,34 L de agua destilada en un área de 1 m².

La falta de verduras en la dieta diaria de los pobladores cerca al mar produce problemas de salud porque no es fácil producir hortalizas en lugares donde no hay agua apta para los cultivos, por tal motivo se buscó una alternativa que permita solucionar este problema. El objetivo del presente trabajo de investigación fue utilizar el agua destilada de mar con energía solar para el cultivo de hortalizas en condiciones de vivero.

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 y producción de hortalizas fue en

el Fundo Yaravico, km 2, el Valle departamento de Moquegua. El análisis fisicoquímico se realizó en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.

Para la medición del crecimiento de las hortalizas se realizó con un metro y el peso del producto con una balanza de 500 g. Para medir el volumen de agua destilada se utilizó una probeta de 500 ml; el pH y la conductividad eléctrica se midió con un multiparámetro. En la determinación del pH del suelo se hizo la relación de suelo-agua de 1:2 se agitó por 30 min y se realizó a lectura directa con el multiparámetro.

Se compró el poro brotado y se sembró por la metodología del replante, la semilla de espinaca, nabo y betarraga se sembraron con la metodología de siembra directa.

RESULTADOS

Destilación solar de agua de mar

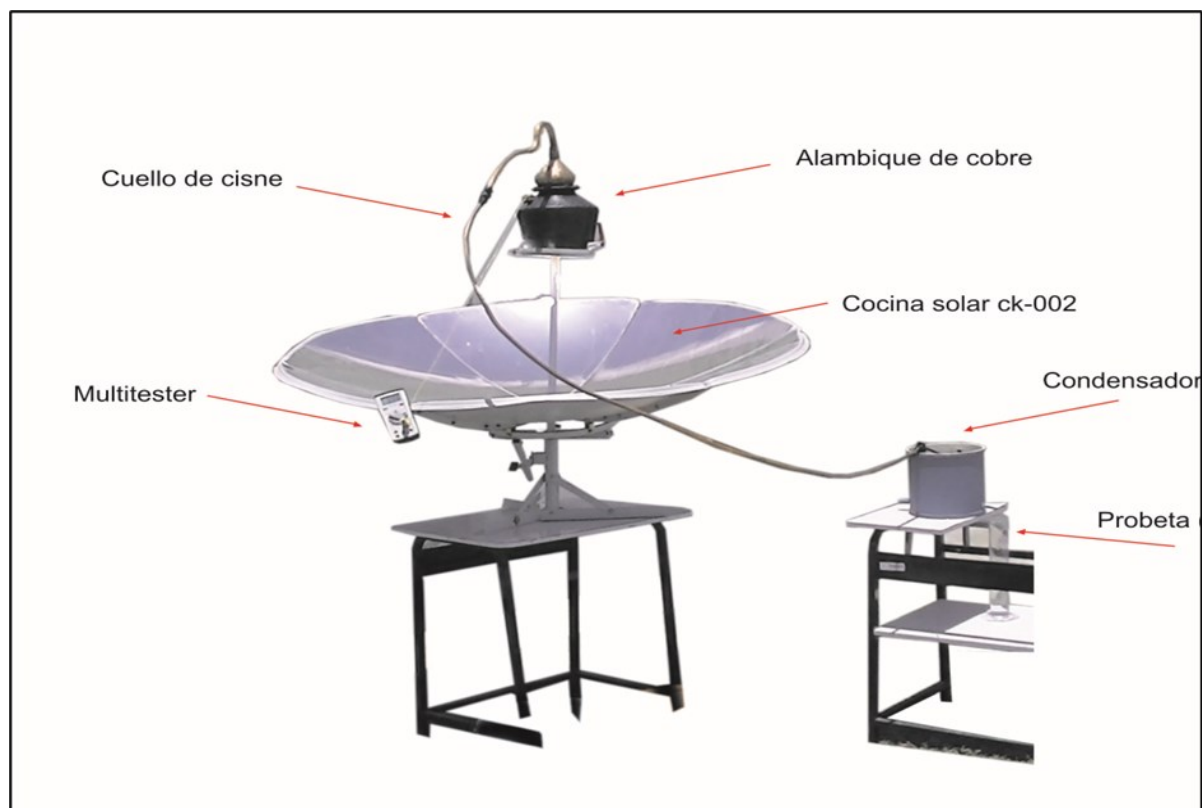


Figura 1. Destilador solar de agua de mar.

En la Figura 1 se presenta el destilador solar de agua de mar, el cual consta de una cocina solar ck-002, un alambique de cobre pintada de negro de 5 L de capacidad, un condensador y una probeta; el destilador solar tuvo las siguientes características: Distancia del suelo al eje focal de 105 cm, diámetro de 155 cm y durante un día soleado la máxima temperatura en el eje focal durante el mes de octubre del 2019 fue de 764 °C. El agua del mar de Ilo tuvo un pH de 7,95 y una conductividad eléctrica de 49,850 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Durante un día soleado (8 horas) en el mes de octubre del 2019, se llegó a obtener como máximo 4 L de agua destilada de mar con una conductividad eléctrica de 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un pH de 7,15.

Cultivo de hortalizas con agua destilada de mar

Se utilizó suelo fértil con adición de un 30 % de compost obtenido a partir de residuos orgánicos, el cual tuvo un pH de 6,97 y una densidad real de

1,85 g/ml. Las pruebas se iniciaron en el mes de mayo del 2019 con la siembra de poro, luego en el siguiente mes betarraga, nabo y espinaca.

En la Figura 2 se muestra el crecimiento del poro, al inicio tuvo una altura de 10 cm y al final luego de 16 semanas (112 días) tuvo una altura de 81 cm y su peso fue de 146,6 g en promedio; la betarraga se cosechó a las 12 semanas (84 días), tuvo un diámetro del producto de 5 cm con un peso de 60,8 g en promedio; el nabo se cosechó a las 10 semanas (70 días), tuvo una altura del producto de 19 cm y peso de 88 g en promedio. En la figura 2 se muestran las hortalizas producidas mediante el uso del agua destilada de mar de Ilo con energía solar. Como era época de invierno, en todos los casos se regó con 500 ml tres veces por semana en cada macetero por cultivo haciendo un total de 1500 ml de agua destilada de mar por semana.



Figura 2. hortalizas producidas mediante el uso del agua destilada de mar de Ilo con energía solar.

Tabla 1. Análisis de varianza de la cantidad de agua de mar destilada con energía solar sobre el cultivo de hortalizas en condiciones de vivero.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Muestras	84000000,00	2	42000000,00	336,00	0,0003
Error	375000,00	3	125000,00		
Total	84375000,00	5			

La tabla 1 muestra el análisis de varianza de la cantidad de agua de mar destilada con energía solar sobre el cultivo de hortalizas en condiciones de vivero, el cual indica que existe una elevada diferencia significativa entre las muestras, al menos una de ellas fue diferente a la otra y con un coeficiente de variabilidad de 1,837 %.

$$CV = 1,837 \%$$

Tabla 2. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0,05$): Cantidad de agua destilada de mar con energía solar sobre el cultivo de hortalizas en condiciones de vivero.

N°	Tratamiento	Promedio (ml)	Significancia
1	Poro (16 semanas de riego)	24 250,00	a
2	Betarraga (12 semanas de riego)	18 250,00	b
3	Nabo (10 semanas de riego)	15 250,00	c

La tabla 2 muestra la prueba de rango múltiple de Tukey ($P=0,05$): Cantidad de agua destilada de mar con energía solar sobre el cultivo de hortalizas en condiciones de vivero, el cual reporta para el poro 24 250 ml y se diferenció con respecto a la betarraga 18 250 ml y nabo 15 250 ml, entre estas dos últimas hortalizas se diferenciaron entre sí.

DISCUSIÓN

Destilación solar con agua del mar de Ilo

Durante un día soleado (8 horas) en el mes de octubre del 2019 se llegó a obtener como máximo 4 L de agua destilada de mar, en promedio 500 ml/h. La cantidad de agua destilada obtenida en la presente investigación fue superior a lo reportado por Pérez y Salazar⁽⁴⁾ quienes obtuvieron una máxima producción de agua destilada de mar de 12,08 ml/h.

El pH del mar de Ilo fue de 7,95 y se redujo en el agua destilada con energía solar hasta un promedio de 7,15 de pH y en cuanto a la conductividad eléctrica disminuyó de 49 850 uS/cm (agua de mar) hasta 65 uS/cm (agua destilada), resultado similar a lo reportado por Pérez y Salazar (s.f.) quienes encontraron en el agua de mar pH de 8,1 y al final de la destilación 7,52 de pH; referido a 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.

Cultivo de hortalizas con agua destilada de mar

El pH del suelo con 30 % de compost fue de 6,97; este resultado fue superior al pH encontrado por Gómez et al⁽⁵⁾ quienes encontraron en suelos donde se produce café pH en diferentes horizontes entre 5,8 a 6,7. El pH encontrado en la presente investigación es altamente fértil.

Para comparar el desarrollo de las hortalizas se sembró en la misma fecha en una chacra cercana; en la presente investigación, luego de 16 semanas (112 días), el poro tuvo una altura de 81 cm y su peso fue de 146,6 g en promedio, resultado inferior al sembrado en una chacra, el cual fue de 88 cm y con un peso de 165 g; la betarraga se cosechó a las 12 semanas (84 días), tuvo un diámetro del producto de 5 cm con un peso de 60,8 g en promedio, resultado inferior a lo reportado en chacra que tuvo un diámetro de 6,2 cm y peso de 65,3 cm; el nabo se cosechó a

las 10 semanas (70 días), tuvo una altura del producto de 19 cm y peso de 88 g en promedio, este resultado fue similar a lo encontrado en chacra que tuvo 19,1 cm de altura y 88,5 g de peso. Las diferencias de peso, diámetro y altura entre las hortalizas, probablemente, se debieron a la fertilización química, riego por gravedad y buena fotosíntesis por la presencia de luz en las hortalizas producidas en chacra.

La cantidad de agua destilada de mar con energía solar sobre el cultivo de hortalizas en condiciones de vivero para un poro fue de 24 250 ml=24,25 L, una betarraga 18 250 ml=18,25 L y un nabo 15 250 ml=15 250 L; según Riquelmes et al⁽⁶⁾ determinaron que respecto de la eficiencia en el uso del agua, en el caso del tomate, se observa que al aire libre se requieren 80 L de agua por cada kg producido y Ramos et al⁽⁷⁾ para el cultivo de tomate con cubierta de polietileno transparente en México indicaron que aumentó el consumo de agua (84 L/planta/ciclo) y su eficiencia (26 L/kg fruto) así como el rendimiento (3,23 kg/planta).

La eficiente del agua en la agricultura se puede dar si se planifica y evalúa por producto con sensores de humedad, nutrientes y otros para un crecimiento óptimo y elevados rendimientos.

CONCLUSIONES

La utilización del agua destilada de mar con energía solar permitió cultivar hortalizas de buena calidad en condiciones de vivero.

El destilador solar consta de una cocina solar ck-002, un alambique de cobre pintada de negro de 5 L de capacidad, un condensador y una probeta y durante un día soleado (8 horas) en el

mes de octubre del 2019 se llega a obtener como máximo 4 L de agua destilada de mar con una conductividad eléctrica de 65 μ S/cm y un pH de 7,15.

En época de invierno se cultivó hortalizas regadas mediante el uso del agua destilada de mar con energía solar en condiciones de vivero, cosechándose poro en 16 semanas (112 días) con una altura de 81 cm, peso de 146,6 g y total de agua usado para su riego de 24 250 ml; betarraga en 12 semanas (84 días) tuvo un diámetro del producto de 5 cm con un peso de 60,8 g y adición de agua en total de 18 250 ml; y nabo a las 10 semanas (70 días) tuvo una altura del producto de 19 cm, peso de 88 g y adición de agua en total 15 250 ml.

RECOMENDACIONES

- Diseñar destiladores solares con riego automatizado en viveros para la producción de hortalizas sobre áreas del techo de casas cerca al mar.
- Utilizar destiladores de agua de mar para el cultivo de hortalizas en barcos.

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.

Conflicto de Interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sarabia Meléndez F, Cisneros Almazán R, Aceves de Alba J, Durán García HM, Castro Larraoitia J. Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2009; 27(2): p. 103-113.
2. Dévora Isiordia, German; López Mercado, Maria Elena; Fimbres Weihs, Gustavo; Álvarez Sánchez, Jesús y Astorga Trejo, Sebastian. [Online].; 2016. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000300155.

3. Yabroudi, Suher; Cárdenas, Carmen; Aldana, Leonardo; Nuñez, José y Herrera, Lenin. Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular. [Online].; 2011. Available from: <http://www.redalyc.org/html/339/33921449004/>.
4. Perez Vanegas J. y Salazar Romero A. Análisis del comportamiento de un prototipo de destilador solar en la ciudad de Cartagena. [Online]. Available from: <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/2356/1/TESIS.pdf>.
5. Gomez Gonzales, Raúl; Palma Lopez, David; Obrador Olan, José y Ruiz Rosado, Octavio. Densidad radical y tipos de suelos en los que se produce café (Coffea arabica L.) en Chiapas, México. [Online].; 2018. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282018000200203&script=sci_arttext.
6. Riquelme Garcés, Alejandro; González Vallejos, Francisco; Contreras Luque, Pablo y Mazuela, Pilar. Manejo del cultivo de hortalizas y su efecto en la sustentabilidad de un valle costero del desierto de Atacama, Chile. [Online].; 2013. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292013000300016.
7. Ramos López, Bernabé; Matinez Gutierrez, Gabino; Morales, Isidro; Escamirosa Tinoco, Cirenio y Perez Herrera, Aleyda. Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos. [Online].; 2017. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362017000200265.

CONVOCATORIA

Se invita a los investigadores de la región y el país, a presentar sus artículos científicos, especiales y de revisión para las ediciones semestrales de la Revista CyTD - UJCM.





Informes

Vicerrectorado de investigación
Calle Arequipa 282 — 2do piso
RPC: 947730191 - 947730189

Correspondencia: Edgar Virgilio Bedoya Justo.

Dirección: Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua, Ciudad Universitaria - C.P. San Antonio S/N, Moquegua – Perú.

Correo electrónico: ebedoya@ujcm.edu.pe