

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**ELIMINACIÓN DE SALES DE DIFERENTES FUENTES DE AGUA UTILIZANDO  
UN DESTILADOR SOLAR PORTÁTIL DE CRISTAL TRANSPARENTE**

**POR:**

**NORMA NAYELI LÓPEZ ESPAÑA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA.**

**SEPTIEMBRE 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. **NORMA NAYELI LÓPEZ ESPAÑA**, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

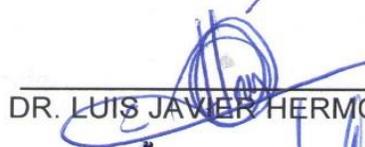
**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. RICARDO MIRANDA WONG

**VOCAL:**

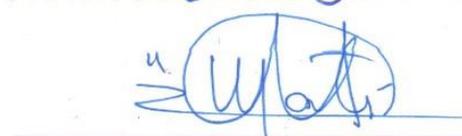
  
\_\_\_\_\_  
ING. JOEL LIMONES AVITIA

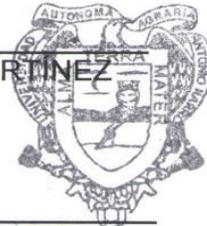
**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

**VOCAL SUPLENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL ANGEL URBINA MARTÍNEZ

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**SEPTIEMBRE DE 2016**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**ELIMINACIÓN DE SALES DE DIFERENTES FUENTES DE AGUA UTILIZANDO  
UN DESTILADOR SOLAR PORTÁTIL DE CRISTAL TRANSPARENTE**

POR:

**NORMA NAYELI LÓPEZ ESPAÑA**

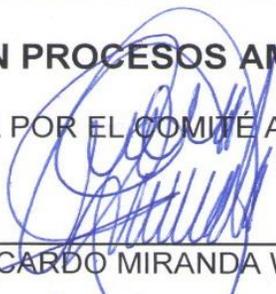
TESIS:

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

**ASESOR PRINCIPAL:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. RICARDO MIRANDA WONG

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
QFB. NORMA LYDIA RANGEL CARRILLO

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
DR. MIGUEL ÁNGEL URBINA MARTÍNEZ

  
\_\_\_\_\_  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**SEPTIEMBRE DE 2016**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

**Severiano López García y Claudia Alejandría España López**, por darme la oportunidad de concluir una etapa más de mis estudios, ustedes quienes con el sudor de su frente me ayudaron, nunca dejare de agradecerles, siempre estuvieron ahí en los buenos y los malos momentos, este reconocimiento es para ustedes, gracias por su confianza.

### **A mis hermanas, hermano y mi sobrina**

**A Idalia, Vanessa, Heydi, Williams**, por apoyarme y motivarme como hermanos que somos, gracias por entenderme en todas las cosas buenas y malas, por ustedes llegue a una etapa que tanto deseaba, y esto siempre se los dedicare a ustedes, porque los quiero mucho a ti mi linda sobrina que me llenastes de muchas fuerzas y valores, gracias.

**A mi esposo Heriberto López Sierra**, por toda la confianza, el amor, la tolerancia, que me tuvo durante todos mis estudios, gracias por apoyarme en los buenos y malos momentos, sé que fue difícil, pero entre los dos salimos adelante.

**Mi hijo James López López**, quien me dio las fuerzas para salir a delante, y no darme por vencida, tu eres mi motivo a seguir, gracias por no dejarme sola, te amo mi niño, la felicidad no termina.

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios** por darme la vida, la oportunidad de tener siempre a mi lado a mis seres queridos y una nueva familia con quien convivir toda mi vida, por conocer compañeros, amigos, maestros y asesores, gracias.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)** por abrirme las puertas de sus instalaciones y el apoyo de la beca, que me ayudo a concluir mi licenciatura además de formarme profesionalmente.

**Al Dr. Ricardo Miranda Wong** por haberme brindado su apoyo, confianza y darme la oportunidad de realizar esta tesis, para obtener un logro más.

**A mis Asesores de tesis**, Dr. Luis Javier Hermsillo Salazar, Q.F.B. Norma Lydia Rangel Carrillo, Dr. Miguel Ángel Urbina Martínez, Ing. Joel Limones Avitia por compartir sus conocimientos, apoyos y mejorar este proyecto que es de vital importancia para mí.

**Al Q.I. Juan Carlos del laboratorio de suelo**, por el esfuerzo, la paciencia y apoyo que me brindo para realizar las pruebas de laboratorios que fueron necesarios.

**A Dr. José Luis Reyes Carrillo**, por la confianza, por sus buenos consejos, por compartir sus experiencias en la elaboración de tesis y la paciencia.

**A Comisión Nacional del Agua**, por abrirme las puertas de su casa para hacer las pruebas de laboratorio que eran necesarios para concluir con este proyecto.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de disminuir sales del arsénico en el agua de diferentes fuentes, por debajo de la Norma Oficial Mexicana. El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna y en la Colonia Torreón Jardín, Torreón, Coahuila, así como en la Universidad Juárez del Estado de Durango, Ejido Venecia, Gómez Palacio Durango. Se utilizó agua pura como testigo de cada fuente de agua. Este trabajo se desarrolló del mes de febrero al mes de julio del 2015. El diseño experimental utilizado fue un destilador solar portátil de cristal transparente de 6 mm de espesor, 30 cm de longitud, 29 cm de ancho, 45 cm de altura superior, 21 cm de altura inferior y un ángulo de 35°C.; se realizaron análisis químicos de Calcio (Ca), Cloro (Cl), Bicarbonatos  $\text{HCO}_3^-$ , Magnesio (Mg), Sodio (Na), pH, Conductividad eléctrica, Arsénico. Los resultados del proceso de la destilación solar fueron satisfactorio porque se pudo comprobar la eliminación de sales con las tres fuentes de agua.

**Palabras claves:** energías alternativas, energía solar, destilación, temperatura, agua.

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
OBJETIVO GENERAL .....	5
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	5
HIPÓTESIS.....	5
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Sol.....	6
2.2 La luz .....	7
2.3 Constante Solar .....	8
2.4 Energía renovable.....	8
2.5 Energía Solar .....	10
2.6 Agua.....	11
2.7 Protección del agua .....	11
2.8 Usos del agua .....	12
2.9 Destilación Solar .....	12
2.10 Norma Oficial Mexicana NOM-127.SSA1-1994 .....	15
2.10.1 Objetivo y campo de aplicación .....	15
2.10.2. Tratamientos para la potabilización del agua.....	20
2.11 Contaminación microbiológica. ....	20
2.12 Métodos de prueba .....	22
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>23</b>
3.1 Localización del sitio experimental.....	23
3.2 Construcción de un destilador solar .....	23

3.2.1 Proceso de la destilación solar.....	24
3.3 Variables estudiadas.....	25
3.4 Determinación de calcio y magnesio.....	25
3.5 Determinación de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ .....	26
3.6 Determinación de $\text{Ca}^{++}$ .....	26
3.7 Determinación de carbonatos y bicarbonatos en extracto de suelo a saturación o en agua. ....	26
3.8 Carbonatos ( $\text{CO}_3^{-2}$ ).....	27
3.9 Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^{-2}$ ) .....	27
3.10 Determinación de cloro en extracto de suelo a saturación.....	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Primera prueba .....	29
4.2 Segunda prueba.....	32
4.3 Tercera prueba.....	35
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VI. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>41</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Contenido de organismos resultantes.....	16
<b>Tabla 2:</b> Características físicas y organolépticas.....	17
<b>Tabla 3:</b> Límites permisibles de características químicas.....	17
<b>Tabla 4:</b> Cumplimiento gradual.....	19
<b>Tabla 5:</b> Límites permisibles de características radiactivas.....	19
<b>Tabla 6:</b> Lectura de temperatura del destilador transparente de la primera prueba.	30
<b>Tabla 7:</b> Análisis químicos de agua cruda y destilada de la colonia Torreón Jardín.	31
<b>Tabla 8:</b> Lectura de temperatura del destilador transparente de la segunda prueba.	32
<b>Tabla 9:</b> Resultados de los análisis químicos del agua cruda y destilada de la UAAAN UL.....	34
<b>Tabla 10:</b> Lectura de temperatura del destilador transparente de la tercera prueba.	36
<b>Tabla 11:</b> Resultado de los análisis químicos del agua cruda y destilada de la FAZ-UJED, Venecia.....	38

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1:</b> Prototipo del destilador solar.....	24
--	----

## I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía en nuestro mundo hace que el hombre mire al sol con nuevos ojos: como una fuente aparentemente inagotable de energía que puede cubrir todas nuestras necesidades. El sol se nos revela ahora como una fuente de energía que puede ser explotada por la humanidad de manera mucho más eficaz y exhaustiva de lo que lo es en la actualidad. Nuestro planeta recibe una cantidad de energía anual de aproximadamente 1.6 millones de Kwh, de los cuales el 40% es aprovechable. La distancia que nos separa del Sol equivale a un poco más de ocho minutos de luz. Esto significa que la luz, viajando a una velocidad de 300, 000 km/s, se tarda más de ocho minutos en recorrer la distancia que nos separa del Sol. Es por eso, que cualquier cambio que sucede en la superficie solar, lo podemos ver con un retraso de ocho minutos (Blanco-Cano, 2009). En efecto, directa o indirectamente, el sol es la fuente primaria de toda la energía en la tierra. La luz solar hace vivir a todos los organismos en nuestro planeta. De todo el espectro solar sólo la luz visible, los infrarrojos y una parte de la radiación ultravioleta alcanzan la superficie terrestre, en las siguientes proporciones: 50, 40 y 10% respectivamente (Armendáriz *et al.*, 2003). En términos astronómicos, el sol se clasifica como una estrella de tipo espectral G2 y clase de luminosidad V una estrella "G2V". Esto es una manera rápida de decir que es una estrella enana y amarilla, con temperatura superficial de 5780 K, compuesta esencialmente por Hidrógeno (74% en masa y 92% del volumen) y Helio (24.5% en masa y 7% del volumen). El uso de la energía solar, como forma de obtener energía para la transformación en diferentes procesos y especialmente para la desalación de agua, es cada día más común. Se define energía solar a aquella que mediante conversión a calor o electricidad se aprovecha de la radiación proveniente del sol. (Carbajal-Azcona y González-Fernández, 2012a).

En función de los usos podemos dividir la energía solar en fotovoltaica (electricidad) y solar térmica (calor), que enseguida se definen más detalladamente.

Con la tecnología fotovoltaica la luz del sol es convertida directamente en electricidad. La luz que llega a las celdas solares libera su energía a los electrones que estas contienen. Dichos electrones, una vez conectados a una carga, generan una corriente

eléctrica. Dicho proceso no requiere necesariamente radiación solar directa, aun en condiciones de luz difusa, como cielos nublados, es posible obtener hasta un 50% de la producción de un día normal (Bermúdez-Torres, 2009).

Con respecto a la tecnología solar térmica aprovecha la radiación del sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta energía renovable. La energía solar térmica, se puede clasificar en función de la temperatura del aprovechamiento, esto dependerá en distintos usos finales ya sea como calefacción, secado, destilación de agua, cocción de alimentos. Su empleo abarca todos los sectores tanto doméstico como industrial ". (Schallenberg-Rodríguez *et al.*, 2008a).

La energía es necesaria para la vida y está estrechamente vinculada al desarrollo tecnológico. Nuestras economías utilizan combustibles que, además de no ser renovables, ocasionan daños al entorno en que habitamos. Las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua, tienen la ventaja de ser abundantes, limpias, baratas y su potencial de utilización es cada vez más elevado (Hernández-García, 2007).

La inversión total en el mundo en energías renovables, que en el año 2004 fue de 22,000 millones de dólares, ha crecido de manera espectacular, pasando a 130 en 2008, 160 en 2009 y 211 mil millones de dólares en 2010. Aproximadamente la mitad de los 194 giga watts estimados de nueva capacidad eléctrica añadidos en el mundo en 2010 corresponde a energías renovables. (Anfré *et al.*, 2009)

La escasez de agua se ha convertido en un problema mundial debido a la creciente demanda que ha venido sufriendo en los últimos años, motivada por el aumento de la población, extensión de las áreas de cultivos y desarrollo industrial, entre otras causas, este problema también se extiende a la calidad del agua disponible, que ha venido disminuyendo debido a su uso irracional, produciendo contaminación de ríos,

Lagos y mares, además de conllevar la sobreexplotación de y una mala distribución de los recursos hídricos en el espacio y el tiempo, todo esto ha contribuido a incrementar los problemas de salud asociados a la poca disponibilidad o falta de agua potable. (Alatorre-Frenk, 2009). El agua se distribuye en la Tierra como agua de mar y agua dulce a los porcentajes de 96,54% y 2,53%, respectivamente, y sólo el 0.36% del agua dulce está directamente disponible para las personas (Balcázar-Suárez, 2008). El hombre ha sido dependiente de los ríos, lagos y depósitos de agua subterránea para sus requerimientos de agua de calidad aceptable para consumo, tareas domésticas, agricultura e industria. El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva). (Castillo-Tellez, 2013).

En la actualidad, la situación de los costos de los combustibles fósiles, la mayor conciencia sobre el calentamiento global y los daños a nuestro ambiente han permitido que el tema de la destilación solar cobre de nuevo relevancia y pueda resultar una tecnología competitiva para la desalación de agua, la destilación solar contribuye al aumento de la sostenibilidad de los sistemas de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. La destilación es un proceso que consiste en calentar un líquido aprovechando los diferentes puntos de ebullición hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación (Huezo-Bautista y Morán-Urrutia, 2012b).

La Comarca Lagunera es una zona geográfica que comprende en el sureste del estado de Coahuila y el noroeste del estado de Durango y tiene entre sus actividades económicas a la industria, al comercio y a la agricultura. Las principales fuentes de suministro de agua de dicha región proviene del agua del subsuelo y de los ríos Nazas y Aguanaval; sin embargo los mantos acuíferos se han ido abatiendo por lo que cada vez se extrae agua a mayores profundidades y ésta contiene una serie de sales nocivas para la salud humana entre las que se menciona el Arsénico.

**OBJETIVO GENERAL**

Eliminar sales de diferentes fuentes de agua utilizando un destilador solar.

**OBJETIVO ESPECÍFICO**

Disminuir sales del Arsénico en el agua por debajo de la Norma Oficial Mexicana.

**HIPÓTESIS**

Las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después de realizar el proceso de destilación son diferentes.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Sol

La energía total que el Sol ha irradiado de distancia durante su vida útil es de aproximadamente el producto de la velocidad a la que se está emitiendo actualmente energía, llamada la luminosidad solar; cuanto mayor sea el Sol, mayor es la cantidad total de energía solar irradiada. (Perez-Fernández, 2003).

El sol es la fuente de energía más potente con la cual cuenta la humanidad. Este irradia una energía de  $3,87 \times 10^{1026}$  Joule en cada segundo. La energía que llega a la tierra durante un año es de  $4,03 \times 10^{1024}$  Joule la cual es equivalente a 6720 veces la necesidad energética del mundo. Se dice a menudo que el Sol es una esfera de gas en ebullición. En concreto, la zona más interna del Sol, es decir la que abarca desde el centro hasta unos 0,2 radios solares, se encuentra a una temperatura muy elevada (hasta 15 millones de grados) y constituye, de hecho, un inmenso reactor nuclear. Como hemos mencionado, las tres cuartas partes de la masa del Sol están constituidas por átomos de hidrógeno. En la zona central del Sol, los átomos de hidrógeno fusionan para formar átomos de helio. El helio es un gas noble que fue detectado en el Sol antes de ser descubierto en la Tierra, de ahí proviene su nombre: de Helios, un dios solar de la antigua Grecia.

El sol presenta una estructura interna constituida por las siguientes tres capas:

- Núcleo. Es la parte central. Presenta una gran densidad (158 veces superior a la del agua), una elevada temperatura ( $15'000,000$  °C) y está sometido a una gran presión. En él se realizan las reacciones de fusión del hidrógeno.
- Zona de radiación. Es la zona intermedia. Por ella pasa la energía procedente del núcleo
- Zona de convección. Es la zona superior del Sol, la zona que hierve y que aporta energía a la fotosfera, que es su capa superficial. Se trata de una capa

de sólo 400 km de espesor que está a 5,500 °C y que constituye el disco visible del Sol. Si el Sol se comparara con una manzana la fotosfera equivaldría a su piel. En la fotosfera se observan zonas más oscuras denominadas manchas solares, que son zonas de menor temperatura (unos 4,000 °C. (Bahcall, 2001).

## 2.2 La luz

La luz es un fenómeno natural que se manifiesta en todas las actividades cotidianas; su importancia en la naturaleza radica inicialmente en que la energía a radiante es transformada en energía química en la fotosíntesis llevada a cabo por las plantas y bacterias con pigmentos verdes. A principios del siglo XIX la luz, la electricidad y el magnetismo eran considerados tres fenómenos independientes. (Pibernat y Abella, 1994). Se llama luz a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano.

La luz ha sido de gran importancia para el ser humano y los demás seres vivos, debido a que dependemos de ella en muchas situaciones y nos favorece a nuestras necesidades.

Las primeras ideas conocidas acerca de la naturaleza de la luz surgieron en la Grecia antigua, y desde entonces se han sucedido numerosas propuestas sobre la interpretación de los distintos relacionados con ella (Pooran, 2015).

La intensidad de luz determina el número de fotones que llegan a una determinada profundidad en una columna de agua; mientras que la calidad de luz depende del espectro de luz. Es la calidad de luz quien condiciona la energía de los fotones y facilita la excitación de las moléculas de bacterioclorofila y pigmentos accesorios de la fotosíntesis. (Perez-Fernández, 2003).

### **2.3 Constante Solar**

La radiación solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La constante solar,  $G_{sc}$ , es la energía proveniente del sol, por unidad de tiempo, recibida en un área de superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, a una unidad astronómica fuera de la atmósfera. (Colmenares-Angarita y Pinzol-Rangel, 2008).

Existen dos razones primordiales para la variación de la radiación solar fuera de la atmósfera. La primera es la variación de la radiación emitida por el sol. Se han observado pequeñas variaciones (menores al 1.5%) con diferentes periodicidad y amplitud por la propia actividad solar. La otra es la variación de la distancia Tierra-Sol donde se tiene una variación del orden del 3% en el flujo de radiación extraterrestre. Es importante mencionar que la radiación solar que llega a la tierra, está comprendida en una pequeña región del espectro electromagnético. La radiación solar fuera de la atmósfera terrestre tiene su mayor energía en el rango de 0.25mm a 3mm, mientras que la energía solar recibida en la superficie de tierra está en el rango de 0.29mm a 2.5mm. (Education, 2011).

### **2.4 Energía renovable**

La energía renovable junto con una mayor eficiencia energética pueden contribuir significativamente al desarrollo sustentable, a proveer acceso a la energía, especialmente para los pobres, a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y a reducir la perjudicial contaminación del aire, creando así nuevas oportunidades económicas y aumentando la seguridad energética a través de la cooperación y colaboración. (Ojinaga-Santana y Foster, 2001).

No hay duda de que la demanda mundial de energía ha experimentado recientemente un aumento notable y se espera alcanzar un crecimiento del 56% entre 2010 y 2040 (Alatorre-Frenk, 2009).

Mientras tanto, el mercado de la energía se enfrenta a retos mucho más importantes, tales como la limitación de las reservas de combustibles fósiles, el aumento de la población, la falta de seguridad de la energía, el crecimiento económico, la urbanización y la escasez de agua especialmente para el desierto y las regiones áridas (Bermúdez-Torres, 2009).

Para superar esta futura brecha entre la oferta y la demanda de energía, así como teniendo en cuenta los riesgos del cambio climático global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes por el excesivo consumo de combustibles fósiles, mucha atención se orientó a las Fuentes de Energía Renovables (ULSA) y de la Eficiencia Energética (EE) medidas. Es por ello que desarrollar las energías renovables (RE) es un proyecto que se considera como una gran oportunidad, no sólo desde el punto de vista estratégico, puntos de vista financiero, sino también de los tecnológicos y ambientales (Ellabban *et al.*, 2014).

El desarrollo de las energías renovables como alternativa a las fuentes de energía tradicionales ha sido alentado por las preocupaciones sobre el medio ambiente y el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles. Desde producción de energía renovable y su uso está intrínsecamente vinculada al desarrollo sostenible, la seguridad energética y protección ambiental y reducción de emisiones. (Destouni y Harry, 2010).

## 2.5 Energía Solar

La energía solar es un recurso intermitente astronómica y climatológicamente, su intensidad varia en el transcurso del día debido a la rotación de la tierra alrededor del sol en 365.4 días. La intermitencia climatológica se debe sobre todo a la nubosidad, lo que impide la captación de la luz solar directa, pero permite la difusa. (Suárez-Ántola, 2009). En México existen alternativas que garanticen una asequible y ecológicamente aceptable suministro de energía en el futuro; esta energía es una de las más limpias ya que al ser utilizada no produce contaminación ni efectos adversos al ambiente, como el ruido y emisiones tóxicas. (Castillo-Tellez, 2013).

La energía solar, puede utilizarse mediante diversas tecnologías para secado de productos agrícolas, refrigeración de productos perecederos, desalinización de agua y calentamiento de fluidos (agua, aceites, aire, etc.). Según a estos se les clasifica en sistemas activos o sistemas pasivos. (Timilsina *et al.*, 2011).

El primer paso para el aprovechamiento de la energía solar es su captación, el cual se pueden distinguir dos tipos de sistemas: el pasivo son los que no necesitan partes mecánicas móviles para su funcionamiento, y se utilizan principalmente en la climatización de edificaciones y viviendas. Los sistemas activos son los que requieren de artefactos o mecanismos captadores donde se aprovecha la radiación solar para calentar un fluido de trabajo. Dependiendo de la temperatura a la que se necesite calentar el fluido, los sistemas fototérmico activos pueden concentrar o no la radiación solar. (Chu, 2011).

Placas solares hoy en día son muy utilizados en el proceso de desalación solar. Proceso de desalinización se utiliza para reducir el total de sólidos disueltos a un nivel aceptable. El proceso de desalinización se pueden clasificar en dos categorías basadas en el consumo de energía: proceso térmico y no proceso térmico (Castrillón-Forero y Hincapié-Zuluaga, 2012).

## 2.6 Agua

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida en el planeta, con excepcionales propiedades consecuencia de su composición y estructura, tiene una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrógeno. Por agua entendemos el compuesto químico  $H_2O$ , cualquier cosa distinta a este elemento está cambiando sus características y podría considerarse como un contaminante.

Numerosos científicos que participaron en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente (Carbajal-Azcona y González-Fernández, 2012b), y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992) debatieron temas referidos a la necesidad de proteger la calidad del agua para el manejo seguro y sostenible de los recursos hídricos (UNESCO, 2003).

Los crecimientos demográficos e industrial y el cambio en las prácticas agrícolas, generaron una alta carga de sustancias contaminantes que afectaron y afectan la calidad de agua, del suelo, del aire y la biota, que en definitiva resulta una degradación general de la calidad de vida de la población. (Fernández-Crespo y Garcés-Andreu, 2003).

## 2.7 Protección del agua

Debemos de cuidar el agua, tanto en lo referente a calidad como a cantidad.

Calidad. Respecto a este punto no es mucho lo que puede hacer el ciudadano común para evitar la contaminación del recurso hídrico y en este sentido mucha mayor responsabilidad les cabe a las instituciones del estado (nacional, provincial y municipal) a la industria y a los productores agropecuarios. Cantidad. Sobre este punto si es muy importante el ahorro que podemos realizar los ciudadanos en el

consumo de agua. (Kozisek, 2004).

## **2.8 Usos del agua**

La creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población se logrará armonizando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua. México enfrenta actualmente graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua; parte de esta problemática, se enfrenta con la construcción de la infraestructura hidráulica que permite satisfacer de agua a los diferentes sectores de la población: el agrícola, el industrial, el doméstico y de servicios y para la generación de energía eléctrica, entre otros. Mientras que en muchos lugares el agua limpia y fresca se da por hecho, en otros es un recurso escaso debido a la falta de agua o a la contaminación de sus fuentes. En los países en desarrollo, más de 2, 200 millones de personas, la mayoría de ellos son niños, que mueren cada año a causa de enfermedades asociadas con la falta de acceso de agua potable, saneamiento inadecuado e insalubridad. (CONAGUA, 2000).

## **2.9 Destilación Solar**

La energía solar supone una excelente fuente de energía para obtener agua destilada a partir de la marina o de otra agua no potable. La humanidad ha empleado la destilación para diversos fines, como para la producción de determinados tipos de alcohol, la obtención de agua pura o de otros compuestos químicos en estado puro. La demanda de funcionamiento fiable y de forma autónoma sistemas de desalación está aumentando continuamente. (Ranjan y Kaushik, 2013).

Como fuente de calor, la energía solar puede emplearse para destilar, ya sea concentrándola y alcanzando altas temperaturas o bien a bajas temperaturas. (Masini *et al.*, 2007).

El primer destilador solar de la historia se instaló en Chile, en las Salinas, provincial de Antofagasta, fue diseñado en 1874 por Charles Wilson. El destilador estaba constituido por piscinas en el fondo pintado de negro y cubiertas por un tejadillo de vidrio. Las piscinas se llenaban con agua salada, y el calor del sol se utilizaba para evaporar el agua que se recuperaba, ahora en forma de agua dulce, por condensación en los tejadillos de vidrio, dispuestos en ligera pendiente para provocar el escurrimiento de las gotas de agua hasta los canalillos del extremo de las piscinas. (Hashim *et al.*, 2010).

El agua potable es esencial para el desarrollo socio-económico. Sin embargo, hay un acceso limitado al agua que cumpla con los límites de la norma de calidad del agua. La calidad del agua se puede mejorar mediante la desalación. Destilación solar es un proceso de destilación salina/laguna salubre, utilizando energía solar. Único solar cuenca todavía es un dispositivo muy simple solar disponible utilizado para convertir las aguas residuales en agua salubre o agua potable (Vargas-León, 2012).

Este dispositivo se puede fabricar fácilmente con materiales disponibles localmente. El mantenimiento también es barato y no se necesita mano de obra calificada.

El proceso de destilación consiste en el calentamiento de un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor y el posterior enfriamiento de ese vapor para obtener los componentes separados en forma líquida por medio de la condensación, por lo que la finalidad de la destilación es separar los componentes de una mezcla aprovechando sus diferentes volatilidades, o separar los materiales volátiles de los que no lo son. (Sampathkumar, 2015).

El destilador solar aprovecha el efecto denominado de invernadero, consiste en que una superficie cubierta con un material transparente y expuesta a los rayos solares, sufre un calentamiento debido a que la radiación solar que atraviesa la cubierta no es reflejada completamente, sino que es absorbida en parte por el agua que se encuentra en el interior y la otra parte es emitida con una longitud de onda mayor que la de la radiación incidente. Debido a su mayor longitud de onda, esta radiación es en

su mayoría incapaz de atravesar hacia el exterior de la cubierta transparente, quedando atrapada en el interior del destilador, produciendo el aumento de temperatura y favoreciendo la evaporación. Este vapor condensa al entrar en contacto con la cara interior de la cubierta, formando pequeñas gotas de agua destilada que se deslizan siguiendo la pendiente de la cubierta, para finalizar siendo recogidas y canalizadas por los colectores que terminan en los depósitos de almacenamiento de agua. (Perez-Fernández, 2003).

El rendimiento de los destiladores solares está en función de la intensidad de la radiación solar, de la temperatura ambiente y de las características del destilador. Es por ello que las regiones soleadas y cálidas poseen mejores condiciones para esta tecnología que las frías y húmedas, coincidiendo con las primeras más necesitadas de agua potable. Por cada metro cuadrado de destilador se obtiene 1 m<sup>3</sup> de agua destilada anual, lo que significa un ahorro aproximado de 200 kg de petróleo. El costo de un destilador solar, en dependencia de los materiales que se utilicen en su construcción es de 50 a 200 dólares por metro cuadrado. (Dehghan *et al.*, 2015).

La desalinización, es un proceso de separación que busca la eliminación de sales que contiene el agua. La clasificación de los procesos de desalinización que existen actualmente se divide en dos grupos, aquellos procesos que realizan un cambio de fase para la obtención de agua pura y aquellos procesos que funcionan sin cambio de fase (El- Sebaili *et al.*, 2015).

El destilador solar tiene unos impactos como son; impactos económicos: el ahorro energético resultante de la aplicación de la tecnología, que no consume electricidad para su funcionamiento es alto, por lo que al compararlo con los gastos del uso de la energía eléctrica, se puede observar sus bondades económicas; impacto social: la destilación solar como complemento de los sistemas que utilizan como fuente primaria la renovable, aumenta su sostenibilidad y se prolonga el tiempo de vida útil de los sistemas; impacto medioambiental: de los equipos se reduce a la cantidad de energía consumida y de emanaciones de gases de efecto invernadero equivalente generados durante la fabricación de los materiales que integran el equipo. (Elango *et*

*al.*, 2015).

Las cubiertas transparentes usadas hasta ahora han sido predominantemente de vidrio, aunque algunas unidades se han construido con cubiertas de película plástica. El vidrio tiene como ventaja principal en que es rígido, tiene una alta transmisividad para la radiación solar y baja transmisividad para la radiación térmica de longitud de onda larga como la emitida por el agua caliente, actuando de esta forma como una trampa de calor. Sus desventajas principales son su costo, gran peso y vulnerabilidad a la rotura. (Pocarreta y Javier, 2002).

## **2.10 Norma Oficial Mexicana NOM-127.SSA1-1994**

### **MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua pura uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que se debe someterse el agua para su potabilización.**

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor.

Por tales razones la Secretaría de Salud, propone la modificación a la presente Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.

#### **2.10.1 Objetivo y campo de aplicación**

2. Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano.

2.1 Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a todos los sistemas de abastecimiento

público y privados y a cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

2.3. Límites permisibles de calidad del agua

2.4. Límites permisibles de características microbiológicas.

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la siguiente tabla 1.

**Tabla 1:** Contenido de organismos resultantes.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectable
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos Termotolerantes	Ausencia o no detectable

2.5 Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar.

2.6 Las unidades de medida deberán reportarse de acuerdo a la metodología empleada.

2.7 El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50,000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año.

2.8 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

2.9 Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en

la Tabla 2.

**Tabla 2:** Características físicas y organolépticas.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-Cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de Turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

2.10 Límites permisibles de características químicas.

2.11 El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

**Tabla 3:** Límites permisibles de características químicas.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LÍMITE</b>
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,025
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN <sup>-</sup> )	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	250,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F <sup>-</sup> )	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,0
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,00
Nitratos (como N)	10,0
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,0
2,4 – D	30,0
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

Nota 1. Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Nota 2. El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

**Tabla 4:** Cumplimiento gradual.

<b>Límite permisible mg/l</b>	<b>Año</b>
0,045	2001
0,040	2002
0,035	2003
0,030	2004
0,025	2005

2.12 En caso de que en el sistema de abastecimiento se utilicen para la desinfección del agua, métodos que no incluyan cloro o sus derivados, la autoridad sanitaria determinará los casos en que adicionalmente deberá dosificarse cloro al agua distribuida, para mantener la concentración de cloro residual libre dentro del límite permisible establecido en la Tabla 3 de esta Norma.

2.13 Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la tabla 5. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

**Tabla 5:** Límites permisibles de características radiactivas.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>LÍMITES PERMISIBLES</b> <b>Bq/l</b>
<b>Radiactividad alfa global</b>	<b>0.56</b>
<b>Radiactividad beta global</b>	<b>1.85</b>

## **2.10.2. Tratamientos para la potabilización del agua**

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad. Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes microbiológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua listados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4 de esta Norma.

### **2.11 Contaminación microbiológica.**

3.0 Bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo<sup>1</sup>, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.

3.1 Características físicas y organolépticas.

3.2 Color, olor, sabor y turbiedad.- Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado.

3.4 Constituyentes químicos.

3.5 Arsénico. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.

3.6 Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo. Coagulación-floculación- sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.

3.7 Cloruros. Intercambio iónico, ósmosis inversa o evaporación.

3.8 Dureza. Ablandamiento químico o intercambio iónico.

3.9 Fenoles o compuestos fenólicos. Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.

3.10 Hierro y/o manganeso. Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.

3.11 Fluoruros. Alúmina activada, carbón de hueso u ósmosis inversa.

3.12 Hidrocarburos aromáticos. Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.

3.13 Mercurio. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado granular u ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Adsorción en carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.

3.14 Nitratos y nitritos. Intercambio iónico coagulación-floculación-sedimentación-filtración.

3.15 Nitrógeno amoniacal. Coagulación-floculación-sedimentación- filtración, desgasificación o desorción en columna.

3.16 pH (potencial de hidrógeno). Neutralización.

3.17 Plaguicidas. Adsorción en carbón activado granular.

3.18 Sodio. Intercambio iónico.

3.19 Sólidos disueltos totales. Coagulación-floculación-sedimentación- filtración y/o intercambio iónico.

3.20 Sulfatos. Intercambio iónico u ósmosis inversa.

3.21 Sustancias activas al azul de metileno. Adsorción en carbón activado.

3.22 Trihalometanos. Oxidación con aireación u ozono y adsorción en carbón activado granular.

3.23 Zinc. Evaporación o intercambio iónico.

3.24 En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas, involucrados en la contingencia, deben coordinarse con la autoridad sanitaria competente, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

## **2.12 Métodos de prueba**

La selección de los métodos de prueba para la determinación de los parámetros definidos en esta Norma, es responsabilidad de los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y serán aprobados por la Secretaría de Salud a través del área correspondiente. Deben establecerse en un Programa de Control de Calidad Analítica del Agua, y estar a disposición de la autoridad competente, cuando ésta lo solicite, para su evaluación correspondiente.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Localización del sitio experimental**

Este trabajo de investigación se desarrolló desde el mes de febrero al mes de julio del 2015 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna la cual se encuentra en la confluencia del periférico Raúl López Sánchez y la carretera a Santa Fe en la ciudad de Torreón, Coahuila., en los terrenos que ocupa la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango situada en el Ejido Venecia del municipio de Gómez Palacio Durango, así como la noria que abastece en la Colonia Torreón Jardín de la ciudad Torreón Coahuila.

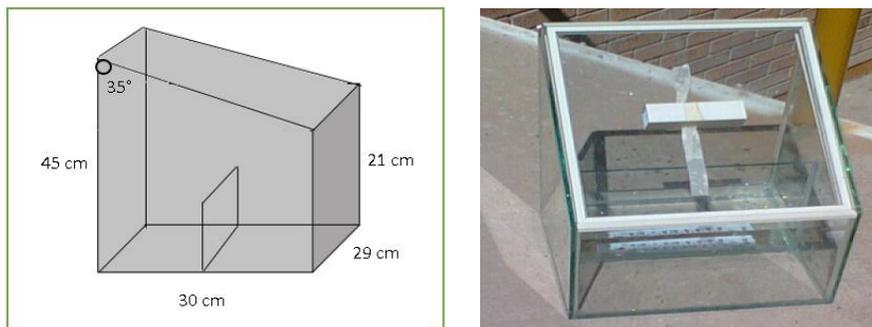
La comarca lagunera es una región que comprende el suroeste del estado de Coahuila y el noreste del estado de Durango y tiene entre sus actividades económicas a la industria, al comercio y al sector agropecuario. La Comarca Lagunera se localiza a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de longitud oeste, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

El clima es árido con lluvias deficientes en todas las estaciones. La temperatura promedio fluctúa alrededor de los 28 grados centígrados, pero puede alcanzar hasta 43°C (2008) en verano y -8°C (2011) en invierno. La región se encuentra localizada dentro de la zona subtropical de alta presión. Esta posición de su latitud y situación altitudinal intervienen en el comportamiento climático de la zona. Su precipitación media anual es de alrededor de 220 milímetros, presentándose el periodo de lluvias durante el verano y el otoño (Conagua, 2010).

#### **3.2 Construcción de un destilador solar**

Para poder desarrollar este experimento se construyó un destilador solar portátil de cristal transparente de 6 mm de espesor con las siguientes dimensiones:

**Figura 1:** Prototipo del destilador solar.



La figura anterior tiene las siguientes dimensiones: 30 cm de longitud, 29 cm de ancho, 45 cm de altura superior, 21 cm de altura inferior y con un ángulo de 35°.

Se utilizaron dos termómetros, uno para medir la temperatura ambiental desde que sale el sol hasta que se oculta y otro que fue invertido en el agua, midiéndose cada hora las temperaturas. También se empleó una jeringa, una brújula y un frasco de cristal.

### 3.2.1 Proceso de la destilación solar

En el espacio de captación inicial del destilador solar portátil de cristal transparente se vertieron 3 litros de agua, la cual una parte se evaporaba y durante la noche al bajar la temperatura se condensaba en pequeñas gotas de agua escurriendo hacia el área de depósito final. Diariamente a las 8 de la mañana se recogía el volumen de agua mediante un embolo de una jeringa y a la vez esta se depositaba en un frasco de cristal previamente lavado; después de realizar esta actividad el frasco se guardaba en un refrigerador a una temperatura de 4° C.

Esta actividad se realizó durante varios días hasta completar un volumen de agua de 1 litro. Cuando se tuvo esta cantidad de agua destilada se llevó nuevamente al laboratorio de suelos de dicha universidad para hacer los mismos análisis que se habían hecho con el agua testigo. La destilación ocurrió la última semana de marzo y primera semana de abril.

### 3.3 Variables estudiadas

Se realizaron análisis químicos en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna y posteriormente se analizaron las siguientes fisicoquímicas.

### 3.4 Determinación de calcio y magnesio

Objetivo: es importante esta determinación ya que el exceso de estas sales, afecta el crecimiento óptimo de los cultivos.

Materiales:

- 1 bureta de 25 ml.
- 1 matraz de 125 ml.
- Pipetas
- Reactivos
- Solución amortiguadora o solución Buffer.
- Indicador negro de Eriocromo T.
- Solución EDTA 0.02 N.
- Solución NaOH 4 N.
- Solución dietilditiocarbamato de sodio al 1%.
- Murexida.
- Agua destilada.

Procedimiento

### 3.5 Determinación de Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup>

En un matraz de 125 ml, colocar 5 ml de la muestra. Agregar 5 ml de agua destilada, un mililitro de solución Buffer, una gota de Negro de Eriocromo T (ENT), agitar y por último titular con la solución de EDTA 0.02 N.

Observar el cambio de color de rojo de vino a azul y cuantificar los ml. Utilizados para tal cambio.

$$\text{Meq/lit Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = \frac{\text{ml EDTA} \times \text{N} \times 1000}{\text{ml. Muestra}}$$

### 3.6 Determinación de Ca<sup>++</sup>

En un matraz de 125 ml, colocar 5 ml de la muestra. Agregar 5 ml de agua destilada, 5 gotas de dietilditiocarbamato de sodio al 1%, 5 gotas de NaOH 4 N, una pizca de Murexida, agitar y por ultimo titular con la solución de EDTA 0.02 N.

Observar el cambio de color de rosa a morado brillante y cuantificar los ml. Utilizados para tal cambio.

$$\text{Meq/lit Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = \frac{\text{ml EDTA} \times \text{N} \times 1000}{\text{ml. Muestra}}$$

ml. Muestra

$$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} = X$$

$$\text{Meq/lit Mg}^{++} = X - C$$

### 3.7 Determinación de carbonatos y bicarbonatos en extracto de suelo a saturación o en agua.

Material.

- Bureta de 25 o 50 ml.

- Soporte para bureta
- Matraces de Erlenmeyer de 25 ml
- Pipetas de 2 o 5 ml
- Muestra de extracto de suelo o agua.

#### Reactivos

- Ácido sulfúrico 0.01 N
- Fenolftaleína al 1% en Alcohol etílico al 60% (indicador)
- Anaranjado de Metilo al 0.01% en agua destilada (indicador)
- Agua destilada

#### Procedimiento

### 3.8 Carbonatos ( $\text{CO}_3^{-2}$ )

1. Poner 2 ml o 5 ml de Extracto de suelo o de agua respectivamente, en el matraz Erlenmeyer de 25 ml.
2. Agregar 2 ml o 5 ml de agua destilada (según lo que se vaya a analizar).
3. Agregar 3 gotas de fenolftaleína  
  
(Si al agregar el indicador, la muestra nos queda a incolora, esto nos indica que no hay presencia de carbonatos). Si toma un color rosado, se continúa con el siguiente paso.
4. Titular con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.01 N, hasta decoloración de la muestra.
5. Registrar el volumen empleado en la titulación.

### 3.9 Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^{-2}$ )

1. Al matraz que contiene la muestra ya decolorada, agregarle 3 gotas de anaranjado de metilo.
2. Titular con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.01 N, hasta que la muestra que era amarilla tome un color naranja
3. Registrar el volumen empleado en la titulación
4. Aplicar la siguiente fórmula en la determinación de CARBONATOS y BICARBONATOS:

$$\text{Meq/lto CO}_3^{2-} = \frac{(\text{volumen empleado del Ácido Sulfúrico}) (N) (1000)}{\text{ml de la muestra empleados en la determinación}} \text{HCO}_3^{2-}$$

### 3.10 Determinación de cloro en extracto de suelo a saturación

#### Material

- Matraz de Erlenmeyer de 125 ml
- Pipetas volumétricas de 5 ml
- Bureta de 25

#### Reactivos

- Agua destilada
- Nitrato de plata 0.01 N
- Cromato de potasio

#### Procedimiento

1. Tomar 5 ml de extracto de suelo a saturación en un matraz de 125 ml
2. Agregar 5 ml de agua destilada
3. Agregar 3 gotas de cromato de potasio (como indicador)
4. Titular la muestra con nitrato de plata 0.01 N hasta un cambio de color

amarillo a rojo ladrillo.

Cálculos

$$\text{Meq/lit de Cl} = \frac{(V \text{ AgNO}_3) (N \text{ AgNO}_3) 1000}{\text{ml muestra}}$$

Donde:

V AgNO<sub>3</sub> = volumen de Nitrato de plata gastado para titular los cloruros

N AgNO<sub>3</sub> = normalidad de nitrato de plata

ml de muestra= milímetros de extracto de suelo tomados para la determinación

1000= factor para conversión.

Con los métodos ya mencionados se realizaron las pruebas de laboratorio para la determinación del agua de las propiedades fisicoquímicas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Primera prueba

La primera muestra de agua fue tomada de la noria que surte a la colonia Torreón Jardín en la ciudad de Torreón Coahuila, llevando una muestra llamada testigo, la cual fue tomada directamente de la llave, dejando correr el agua durante 10 segundos y luego tomar la muestra, y se realizaron los análisis químicos en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.

**Tabla 6:** Lectura de temperatura del destilador transparente de la primera prueba.

<b>AGUA: TORREÓN JARDÍN</b>		
<b>DESTILADOR TRANSPARENTE</b>		
	<b>TEMPERATURAS DEL AGUA DENTRO DEL DESTILADOR</b>	
<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMA</b>	<b>MÍNIMA</b>
29 MARZO	43°C	22°C
30 MARZO	50°C	20°C
01 ABRIL	50°C	20°C
02 ABRIL	50°C	23°C
03 ABRIL	48°C	25°C
04 ABRIL	42°C	24°C
05 ABRIL	51°C	20°C
06 ABRIL	50°C	22°C

De acuerdo al anterior cuadro se observa que las temperaturas medidas al inicio del proceso de destilación a las 8 a.m. de la mañana fueron de alrededor de entre 20 y 25°C, en tanto que las temperaturas más altas alcanzadas a las 4 p.m. de la tarde dentro del destilador variaron entre los 42 y 51°C, para a partir de esa hora empezar a descender. Así podemos observar que existe una variación entre la mínima y la máxima temperatura dentro del destilador de aproximadamente 25°C dependiendo de la fecha en que se haya medido.

Después de obtener 1 litro de agua destilada se le hicieron los análisis en el laboratorio y así se obtuvieron los siguientes resultados donde se hace una comparación de los análisis realizados en el agua pura como testigo y después de ser destilado.

**Tabla 7:** Análisis químicos de agua cruda y destilada de la colonia Torreón Jardín.

Testígo Agua pura		Agua Destilada		Límite permisible NOM-127-SSA1- 1994
<b>Calcio (Ca)</b>	2.96 meq/lit	<b>Calcio (Ca)</b>	0.8 meq/lit	<b>N.A.</b>
<b>Cloro (Cl)</b>	3.4 ml	<b>Cloro (Cl)</b>	0.7 ml	<b>250.00</b>
<b>Bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	2.4 ml	<b>Bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	2.4 ml	<b>N.A.</b>
<b>Magnesio (Mg)</b>	0.72 meq/lit	<b>Magnesio (Mg)</b>	0.4 meq/lit	<b>N.A.</b>
<b>Sodio (Na)</b>	4.07 meq/lit	<b>Sodio (Na)</b>	0.291 meq/lit	<b>200.00</b>
<b>pH</b>	7.85	<b>pH</b>	7.07	<b>6.5-8.5</b>
<b>Conductividad eléctrica</b>	0.776 mS/cm	<b>Conductividad eléctrica</b>	0.1091 mS/cm	<b>N.A.</b>

Como puede observarse en el anterior cuadro los niveles de los diferentes contenidos de sales, antes y después del proceso de destilación si hubo cambios disminuidas a excepción del Bicarbonato en donde los valores no se vieron alterados.

Para que el agua sea potable no debe de superar los límites máximos permisibles. La NOM-127-SSA1-1994 dice que para que el agua sea potable debe tener un límite permisible de Cloro de 250.00 ml. El valor que se dio del Cloro después de entrar al proceso de destilación fue de 0.7 ml y está por debajo de los límites. Para el pH la norma indica un rango de 6.5-8.5 pH y el resultado de la prueba del pH después de ser destilada fue de 7.07 esto indica que el agua puede ser agua potable para el consumo de las personas.

En cuanto la conductividad eléctrica los límites permisibles indican que no debe de pasar de 1.0 mS/cm y los resultados obtenidos de esta prueba fue de 0.1091 mS/cm,

dicha muestra indica que está por debajo de éste valor. En el caso del Sodio los límites permisibles están en los valores de 200 meq/lit y los resultados de la prueba dieron un valor de 0.291 meq/lit lo cual es muy baja la cantidad de Sodio presente en el agua destilada. Todos los valores de los resultados obtenidos entran dentro de los límites permisibles para que éste puede ser de consumo humano.

#### 4.2 Segunda prueba

La segunda prueba se tomó en el siguiente punto. El agua obtenida de la llave que se encuentra a las afueras del Departamento de Riego y Drenaje en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. La destilación solar se realizó desde el día 7 de mayo del año 2015 al 29 de ese mismo mes y año, esto debido a que por instrucciones del personal que labora en el laboratorio de Comisión Nacional del Agua se requerían llevar 500 ml del vital líquido para poder realizar todos los análisis.

En esta segunda prueba también se tomó lectura de temperatura durante la destilación del agua, en la siguiente tabla se muestran las lecturas de las temperaturas.

**Tabla 8:** Lectura de temperatura del destilador transparente de la segunda prueba.

<b>AGUA DE LA NARRO (POR IRRIGACIÓN)</b>			
<b>DESTILADOR TRANSPARENTE</b>			
	<b>TEMPERATURAS</b>		
<b>DÍA</b>	<b>MÁXIMA</b>		<b>MÍNIMA</b>
	<b>EXTERNA</b>	<b>INTERNA</b>	<b>INTERNA</b>
07 MAYO	35°C	45°C	25°C
08 MAYO	36°C	46°C	25°C
09 MAYO	35°C	45°C	22°C
10 MAYO	35°C	44°C	28°C

11 MAYO	33°C	43°C	23°C
12 MAYO	33°C	43°C	24°C
13 MAYO	32°C	43°C	23°C
14 MAYO	33°C	45°C	25°C
15 MAYO	35°C	50°C	25°C
16 MAYO	34°C	53°C	25°C
17 MAYO	34°C	52°C	25°C
18 MAYO	34°C	51°C	25°C
19 MAYO	36°C	55°C	25°C
20 MAYO	36°C	55°C	25°C
21 MAYO	36°C	55°C	26°C
22 MAYO	36°C	56°C	26°C
23 MAYO	32°C	50°C	23°C
24 MAYO	33°C	51°C	21°C
25 MAYO	32°C	48°C	22°C
26 MAYO	35°C	52°C	23°C
27 MAYO	35°C	52°C	24°C
28 MAYO	36°C	58°C	26°C
29 MAYO	36°C	58°C	23°C
FINAL			

Considerando que el laboratorio de suelos de esta universidad tiene limitantes en lo referente a equipo y a reactivos se consideró que los siguientes análisis se realizaran en los laboratorios de la Comisión Nacional del Agua situados en el cruce de las calles paseo de la Rosita y Cipreses de la colonia Campestre la Rosita en la ciudad de Torreón, Coahuila. Los análisis realizados en las pruebas de agua cruda como tanto en el agua destilada se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 9:** Resultados de los análisis químicos del agua cruda y destilada de la UAAAN UL.

Testígo Agua pura		Agua Destilada		Límite permisible NOM-127-SSA1- 1994
<b>Calcio (Ca)</b>	181.60 mg/L	<b>Calcio (Ca)</b>	21.66 mg/L	<b>N.A.</b>
<b>Cloro Cl</b>	85.00 mg/L	<b>Cloro Cl</b>	7.20 mg/L	<b>250.00</b>
<b>Bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	184.47 mg/L	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	59.45 mg/L	<b>N.A.</b>
<b>Magnesio (Mg)</b>	13.41 mg/L	<b>Magnesio (Mg)</b>	0.94 mg/L	<b>N.A.</b>
<b>pH</b>	8.04	<b>pH</b>	7.06	<b>6.5-8.5</b>
<b>Conductividad eléctrica</b>	1178 μS/cm	<b>Conductividad eléctrica</b>	113 μS/cm	<b>N. A.</b>
<b>Arsénico</b>	0.004 mg/L	<b>Arsénico</b>	<0.002 mg/L	<b>0.025</b>

Después de analizar los resultados y comparando las dos pruebas se llegó a la siguiente conclusión.

El calcio del vital líquido cruda presentaba un valor de 181.60 mg/L después del proceso de destilación bajó 21.66 mg/L. El contenido de Cloro en el agua cruda se vio alterado después del proceso de destilación cambiando sus valores de 85.00 mg/L a 7.20 mg/L. Los bicarbonatos si cambiaron los valores después de la destilación de 184.47 mg/L a 59.45 mg/L. Para el caso del magnesio cambiaron los valores del agua cruda pasando de 13.41 mg/L a 0.94 mg/L después de que fuera destilado. Para el calcio, bicarbonatos y magnesio no hay límites permisibles porque no hay una norma que las regule.

El pH del agua cruda era alcalina con un valor de 8.04 pH después de la destilación bajó a 7.06 pH pasando a ser neutra, dentro de la norma hay un límite permisible de un valor de 6.5-8.5 pH, por lo tanto nuestra muestra de agua destilada está dentro de esos límites. En la conductividad eléctrica se vio un gran cambio porque después de la destilación bajó de 1178 a 113  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para éste no hay límites permisibles porque en las normas no aplica.

El arsénico total en el agua cruda era de 0.004 mg/L después de la destilación hubo una gran diferencia de cambio que fue de <0.002 mg/L esto se debe a que si disminuyo el arsénico, lo cual es aceptable en los límites permisibles, porque en la norma nos da un límite de 0.025 para el arsénico. Esta muestra es muy interesante debido a que este destilador de cristal transparente disminuyo una gran cantidad de arsénico, lo cual este es una ventaja para el consumo de agua potable hacia las personas.

Para tomar en cuenta los límites permisibles para estas pruebas se tomó en cuenta la NOM-127-SSA1-1994.

### **4.3 Tercera prueba**

Para la tercera prueba el agua se tomó en el siguiente punto. Este proceso de destilación del agua que proviene de la noria interna que abastece a ciertas actividades de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango la cual se encuentra en el ejido de Venecia municipio de Gómez Palacio, Durango; se realizó desde el día 18 de junio del 2015 al 21 de julio de ese mismo año. Para la destilación del agua es importante tomar en cuenta la temperatura, es por eso que se tomó lectura como en las otras dos pruebas, como se muestran en las siguientes tablas las temperaturas máximas y mínimas.

**Tabla 10:** Lectura de temperatura del destilador transparente de la tercera prueba.

<b>AGUA DE LA FAZ-UJED VENECIA (POR LOS TALLERES)</b>		
<b>DESTILADOR TRANSPARENTE</b>		
	<b>TEMPERATURAS</b>	
<b>DÍA</b>	<b>INTERNA</b>	<b>MÍNIMA</b>
18 JUNIO	28°C	18°C
19 JUNIO	30°C	19°C
20 JUNIO	44°C	18°C
21 JUNIO	48°C	21°C
22 JUNIO	46°C	24°C
23 JUNIO	46°C	18°C
24 JUNIO	54°C	19°C
25 JUNIO	55°C	21°C
26 JUNIO	54°C	22°C
27 JUNIO	50°C	23°C
28 JUNIO	47°C	19°C
29 JUNIO	44°C	18°C
30 JUNIO	47°C	20°C
01 JULIO	48°C	18°C
02 JULIO	52°C	20°C
03 JULIO	54°C	18°C

04 JULIO	52°C	20°C
05 JULIO	50°C	20°C
06 JULIO	52°C	18°C
07 JULIO	50°C	16°C
08 JULIO	52°C	20°C
09 JULIO	52°C	22°C
10 JULIO	53°C	22°C
11 JULIO	54°C	24°C
12 JULIO	54°C	23°C
13 JULIO	54°C	24°C
14 JULIO	54°C	24°C
15 JULIO	54°C	24°C
16 JULIO	54°C	24°C
17 JULIO	54°C	24°C
18 JULIO	54°C	24°C
19 JULIO	52°C	22°C
20 JULIO	54°C	22°C
21 JULIO	54°C	22°C
22 JULIO	54°C	18°C

Así la temperatura más alta que se obtuvo dentro del destilador correspondió al 21 de junio de ese año a las 4 pm, en tanto que al iniciar la medición de la temperatura del agua a las 8 am de ese mismo día era de 21°C, así existe una diferencia entre esas dos temperaturas de 34°C.

También el día más fresco durante este proceso de destilación correspondió al 18 de junio de ese año con una temperatura mínima dentro del destilador de 18°C a las 8 am, en tanto que la máxima temperatura se alcanzó a las 4 pm con 28°C, algo inusual para esa época del año. Por lo tanto existió una diferencia de tan solo 10°C entre las temperaturas mínimas y máximas de ese día.

Las pruebas se analizaron en el laboratorio de la Comisión Nacional del Agua, debido a que la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna no cuenta con equipo para realizar pruebas de Arsénico. En dicho laboratorio se llevó medio litro de agua cruda de la noria que abastece la Instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango, situados en el ejido Venecia municipio de Gómez Palacio Durango. Al realizarse dichos análisis se encontraron los siguientes datos como se observa en el siguiente cuadro.

Una vez realizado el proceso de destilación en el artefacto de cristal transparente se encontraron los siguientes resultados.

**Tabla 11:** Resultado de los análisis químicos del agua cruda y destilada de la FAZ-UJED, Venecia.

Testígo Agua pura		Agua Destilada		Límite permisible NOM-127-SSA1- 1994
<b>Calcio (Ca)</b>	62.12 mg/L	<b>Calcio (Ca)</b>	22.73 mg/L	<b>N.A.</b>
<b>Cloro (Cl)</b>	59.80 mg/L	<b>Cloro (Cl)</b>	5.70 mg/L	<b>250.00</b>
<b>Bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	467.83 mg/L	<b>Bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b>	78.55 mg/L	<b>N.A.</b>

<b>Magnesio (Mg)</b>	16.8 mg/L	<b>Magnesio (Mg)</b>	7.35 mg/L	<b>N.A.</b>
<b>pH</b>	8.21	<b>pH</b>	7.01	<b>6.5-8.5</b>
<b>Conductividad eléctrica</b>	3240 μS/cm	<b>Conductividad eléctrica</b>	187.6 μS/cm	<b>N. A.</b>
<b>Arsénico</b>	0.576 mg/L	<b>Arsénico</b>	0.011 mg/L	<b>0.025</b>

Una vez analizado los resultados obtenidos antes y después de la prueba se llegó a la siguiente conclusión.

La cantidad de calcio era de 62.12 mg/L antes de entrar a la destilación pero después de ese mismo proceso cambiaron sus valores disminuyendo a 22.73 mg/L para este parámetro no hay norma que la regule porque no aplica.

Los cloruros del agua tenían una concentración de 59.80 mg/L antes de la destilación y después del proceso de la destilación bajaron sus valores de concentración a 5.70 mg/L, lo cual están dentro de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994.

Los bicarbonatos antes de ser destilada tenían un valor de 467.83 mg/L descendiendo su valor a 78.55 mg/L después de la destilación. El magnesio presentaba un valor de 16.8 mg/L antes de la destilación, después del proceso de la destilación obtuvo un valor de 7.35 mg/L, para éste no hay límites permisibles dentro de las normas.

El pH del agua antes de ser analizada tenía un valor de 8.21 pH el cual era alcalina y después de la destilación presentaba un valor de 7.01 pH pasando a ser neutra, estos valores permiten que este dentro de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994. La conductividad eléctrica del agua cruda era de 3240 μS/cm y bajó a 187.6 μm/cm después de ser destilada, no hay una norma que limite la conductividad eléctrica porque no aplica.

El Arsénico total del agua cruda tenía una concentración de 0.576 mg/L pero cambiaron sus valores después de ser destilada a una concentración de 0.011 mg/L bajo mucha la concentración del arsénico, esto señala que esta dentro de los límites permisibles que aplica la NOM-127-SSA1-1994.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que las condiciones climatológicas de la Comarca Lagunera son favorables para el funcionamiento eficaz de este aparato.

Comparando los resultados con los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, el agua obtenida de este proceso pudiera ser utilizada como agua potable. Es posible tratar con aguas no potables por medios de tecnologías solares. Para la obtención del agua destilada de buena calidad, la gran ventaja de la destilación solar, la evaporación se desarrolla en forma tranquila y no contaminan los vapores generados. Así se puede concluir que la destilación solar es un éxito ya que baja los niveles de las sales nocivas para el organismo humano contenidas en el agua y el arsénico fue muy satisfactorio, porque se encontró muy por debajo del límite máximo permisible en la norma. Este proceso de la destilación lo pudimos comprobar con las tres pruebas que se realizó.

## VI. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Alatorre, F., C. 2009. "Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México." 12.
- Blanco, C., X. 2009. "El sol, nuestra estrella." 10.
- Ojinaga, S., L. y R. Foster 2001. "Experiencias en el uso de destiladores solares en San Luis Potosí y Chihuahua." 1.
- Schallenberg-Rodríguez, J., G. Piernavieja-Izquierdo, C. Hernández-Rodríguez, P. Unamunzaga-Falcón, R. García-Déniz, M. Díaz-Torres, D. Cabrera-Pérez, G. Martel-Rodríguez, J. Pardilla-Fariña y V. Subiela-Ortin 2008. "Energías renovables y eficiencia energética." 14.
- Alatorre-Frenk, C. 2009. "Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México." La secretaría de energía: 12.
- Armendáriz, S. I., M. A. Porta-Gándara, R. E. Foster, P. G. Koutsoukos, R. G. Bautista-Margulis y G. Alonso 2003. "Comportamiento isotérmico de la precipitación salina en un destilador solar experimental." Revista de la Sociedad Química de México 47: 2.
- Bahcall, J. N. 2001. "How the sun shines." Museo noble: 2.
- Balcázar-Suárez, Y. E. 2008. "Desarrollo de un prototipo de destilador solar para obtener biotanol a partir de vino de mango (*Mangifera indica* L.)." Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras: 6.
- Bermúdez-Torres, J. 2009. "Destiladores solares." Centro de Investigaciones de Energía Solar: 1.
- Blanco-Cano, X. 2009. "El sol, nuestra estrella." Revista digital universitaria 10: 2.
- Cabello, Q., A. 2006. "energias alternativas y solucion para el desarrollo sustentable." 13-14.
- Carbajal-Azcona, A. y M. González-Fernández 2012a. "Propiedades y funciones biológicas del agua." Departamento de nutrición, facultad de farmacia, universidad complutense de Madrid: 66.

- Carbajal-Azcona, A. y M. Gonzáles-Fernández 2012b. "Propiedades y funciones biológicas del agua." Departamento de nutrición, facultad de farmacia, universidad complutense de Madrid.
- Castillo-Tellez, M. 2013. "Análisis teórico-experimental de un destilador solar de doble caseta con convención forzada." Universidad Nacional Autónoma de México: 21-23.
- Castrillón-Forero, J. y D. Hincapié-Zuluaga 2012. "Potabilizar agua con energía solar, una alternativa para las comunidades más alejadas de los centros urbanos." Trilogía.
- Colmenares-Angarita, S. M. y J. A. Pinzol-Rangel 2008. "Diseño, construcción y pruebas de un destilador solar." Universidad pontificia bolivariana: 5.
- CONAGUA 2000. "Norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994, salud ambiental. agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que se debe someterse el agua para su potabilización." Normas oficiales para la calidad del agua México: 2-7.
- Costa-Rica, S. J. 2002. "Manual sobre energía renovable: solar fotovoltaica." Biomass users network: 4.
- chen, G., Z. 2009. "Energías renovables para el desarrollo sustentable en México." SENER: 25.
- Chu, Y. 2011. "Review and comparison of different solar energy technologies." Instituto Global Energy Network: 5-6.
- David-Mesa, J., A. Escobar-Mejía y R. A. Hincapie-Isaza 2009. "Analysis and description of the photovoltaic effect in the zone." 15: 2.
- Delgadillo-Prado, S. 2012. "Termodinámica básica." Instituto politécnico nacional: 47.
- Delgadillo, S. 2011. "Ley de los gases." 2.
- Denholm, P., E. Ela, B. Kirby y M. Milligan 2010. "The role of energy storage with renewable." National renewable energy laboratory: 9.
- Destouni, G. y F. Harry 2010. "Renewable Energy." Journal of the Human Environment: 2.
- Education, N. S. 2011. "The importance of the sun: solar energy introduction and overview." Science and technology: 2.

- Ellabban, O., H. Abu-Rub y F. Blaabjerg 2014. "Renewable energy resources: current status, future prospects and their enabling technology." Elsevier: 764.
- Faninger, G. 2004. "Estado gaseoso." 5.
- Faninger, G. 2010. "The potencial of solar thermal, technologies in a sustainable energy future." International energy agency: 21.
- Fernández-Crespo, J. y P. Garcés-Andreu 2003. "El agua un recurso indispensable." Departamento de campañas y educación para el desarrollo.
- Gutiérrez-Salas, P., G. Pacheco-Pacheco y N. Ognio-Solís 2011. "Obtención de agua destilada para laboratorios de la Universidad Católica de Santa María utilizando energía solar." Simposio Peruano de energía solar y del ambiente 14: 7.
- Haolvorsen, I. J. y S. Skogestad 2010. "Distillation theory." Departamento of chemical engineering: 20.
- Hashim, A. Y., J. M. Al-Asadi y W. A. Taha-Alramdhan 2010. "An attempt to solar still productivity optimization; solar still shape, glass cover inclination and inner surface area of a single basin solar still, optimization." Basrah journal of scienc 28: 39.
- Hernández- Rodríguez, C. 2008. "Energías renovables y eficiencia energética." 49.
- Hernández-García, L. 2007. "Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia." Digital Universitaria 8: 7.
- Huezo-Bautista, F. y J. Morán-Urrutia 2012a. "Diseño, construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química."
- Huezo-Bautista, F. R. y J. I. Morán-Urrutia 2012b. "Diseño, construcción y validación de un destilador solar para uso en los laboratorios de la planta piloto de la escuela de ingeniería química." Universidad de el Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura: 19.
- Jackson, T. y M. Oliver 2000. "Sistema híbrido fotovoltaico-eólico para la generación de energía eléctrica." Energy policy: 6.
- Kozisek, F. 2004. "Health risks from drinking demineralised water." World health organization geneva.

- Lambertucci, R. 2011. "Estudio teórico del comportamiento de un destilador solar." Ingeniería Química, UTN, Facultad Regional Villa María.: 5.
- Masini, O., J. Carletto, L. Rodrigo y V. Rodrigo 2007. "Diseño de un destilador solar modular de agua, de bajo costo para la facultad de ingeniería y ciencias económico sociales, villa mercedes, san luis, evaluación de rendimiento y alternativas de optimización." 2.
- Ojinaga-Santana, L. y R. Foster 2001. "Experiencias en el uso de destiladores solares en San Luis Potosí y Chihuahua." Semana Nacional de Energía Solar-ANES 1: 1.
- Olaiz-Fernández, G. 2000. "Norma Oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización"." Secretaría de Salud 1: 3.
- Orellana, J. A. 2005. "Características del agua potable." Ingeniería Sanitaria: 2-5.
- Perez-Fernández, M. A. 2003. "La luz y el color en la naturaleza." Área de ecología: 1.
- Pibernat, I. V. y C. A. Abella 1994. "Effect of light quality and intensity on the growth of green sulfur bacteria in an experimental column." Instituto de ecología acuática y departamento de biología.
- Pocarreta, L. y E. Javier 2002. "Diseño de planta experimental de desalinización solar para abastecer de agua potable a zonas rurales de la guajira venezolana." Universidad central de venezuela: 44.
- Ranjan, K. y S. Kaushik 2013. "Economic feasibility evaluation of solar distillation systems based on the equivalent cost of environmental degradation and high-grade energy savings." 3.
- renovables, c. d. e. 2008. "Energías renovables." 8.
- Ruiz-Arcos, J. M. 2012. "Desalinización de agua del mar mediante el uso de energía solar." Universidad Veracruzana: 46.
- Sánchez-Miño, S. J. 2003. "Energías renovables: conceptos y sus aplicaciones." Fundación natura: 56.
- Schallenberg-Rodríguez, J., G. Piernavieja-Izquierdo, C. Hernández-Rodríguez, P. Unamunzaga-Falcón, R. García-Déniz, M. Díaz-Torres, D. Cabrera-Pérez, G.

- Martel-Rodríguez, J. Pardilla-Fariña y V. Subiela-Ortín 2008a. "Energías renovables y eficiencia energética." Instituto Tecnológico de Canarias S. A.: 14.
- Schallenberg-Rodríguez, J., G. Piernavieja-Izquierdo, C. Hernández-Rodríguez, P. Unamunzaga-Falcón, R. García-Déniz, M. Díaz-Torres, D. Cabrera-Pérez, G. Martel-Rodríguez, J. Pardilla-Fariña y V. Subiela-Ortín 2008b. "Energías renovables y eficiencia energética." 14.
- Suárez-Ántola, R. 2009. "Perspectivas sobre las energías alternativas." facultad de ingeniería y tecnologías- universidad católica del Uruguay 15: 4.
- Timilsina, G. R., K. Lado y P. A. Narbel 2011. "A review of solar energy: markets, economics and policies." 3-4.
- Torchía-Núñez, J. C., M. Porta-Gándara y J. G. Cervantes-de Gortari 2009. "Steady-state exergy analysis of a simple solar still." 11: 26.
- UNESCO 2003. "Water for people, water for life." World water assessment programme: 8.
- Vargas-León, L. 2012. "Diseño y construcción de un destilador solar." Simposio peruano de energía solar: 6.
- Velásquez-Márquez, A. 2007. "Ley de Boyle." UNAM: 5.
- Yabroudi-Carolina, S., C. Cárdenas, L. Aladana, J. Núñez y L. Herrera 2011. "Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular." Asociación Interciencia Venezuela 36: 731.