

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 FILTRA
SOL.

POR:

DALIA ASUCENA DE LA CRUZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA.

DICIEMBRE 2015

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 FILTRA
SOL

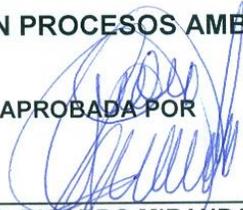
POR
DALIA ASUCENA DE LA CRUZ HERNÁNDEZ
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

PRESIDENTE:


DR. RICARDO MIRANDA WONG

VOCAL:

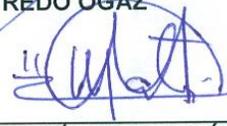

DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL:


ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL SUPLENTE:


DR. ALFREDO OGAZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS
AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2015

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 FILTRA
SOL

POR
DALIA ASUCENA DE LA CRUZ HERNÁNDEZ
TESIS

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

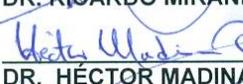
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR

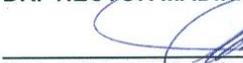
ASESOR PRINCIPAL:


DR. RICARDO MIRANDA WONG

ASESOR:

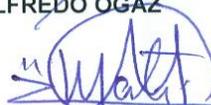

DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

ASESOR:


ING. JOEL LIMONES AVITIA

ASESOR:


DR. ALFREDO OGAZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

DCIEMBRE DE 2015

DEDICATORIA

A Dios y la Virgencita de Guadalupe por no dejarme sola en ningún momento, por darme salud y fuerza para terminar mi carrera de ingeniería para tener un logro más en mi vida.

A mis padres

Moisés De la Cruz Sotero y Amalia Hernández De la Cruz por todo el esfuerzo que han hecho para cumplir otra de las metas en mi vida, que también es un logro para ellos y también por darme la oportunidad de seguir estudiando por tener un logro. Por su amor incondicional, por sus oraciones, preocupaciones y apoyo en todo momento.

A mis hermanas(os)

Laura Angélica De la Cruz Hernández, Anabel De la Cruz Hernández, Sara Amalia De la Cruz Hernández, Alejandra Guadalupe De la Cruz Hernández y Jonathan Moisés De la Cruz Hernández por todo su apoyo moral y emocional en todo momento.

A mis sobrinas(os)

Mariela Giselle Ortiz De la Cruz, Iker Axel Damián Ortiz De la Cruz y Laura Patricia Nicole Ortiz De la Cruz por su amor y darme los ánimos en todo momento.

A mis abuelos

Pedro De la Cruz Muñoz, Micaela Sotero Díaz y María Guadalupe De la Cruz por darme los ánimos y las palabras de aliento para lograr mis metas.

A **José Roberto Márquez Cruz** por todo el cariño, apoyo, sabiduría, confianza, amor, tiempo, etc. Por su compañía en mi último paso en este logro y todo lo aprendido de él.

A **Edna Yolanda Arellanes Ávila** por acogerme como parte de su familia, por ser como una segunda madre, por el apoyo y cariño obtenido de ella.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe por acompañarme siempre en todas las actividades realizadas durante el desarrollo de la carrera. Por darme el tiempo y la vida para lograr otra más de mis metas en mi vida.

UAAAN-UL

Agradezco a la Universidad por haberme aceptado en sus instalaciones para seguir preparándome, por prestarme sus instalaciones de laboratorio para realizar los análisis de prueba de mi tesis.

ASESORES

Al Dr. Ricardo Miranda Wong, Dr. Héctor Madinaveitia Rios y al Ing. Joel Limones Avitia por hacer realidad este proyecto, por compartir todas sus sabidurías hacia mí para poder realizar este proyecto. En especial al Dr. Ricardo Miranda Wong por su tiempo, sabiduría, apoyo y toda la facilidad para poder realizar y terminar el proyecto.

A los laboratoristas de suelo por su apoyo y permitirnos trabajar en el laboratorio para llegar a realizar el trabajo de este proyecto en especial al Ing. Juan Carlos por ayudarme a realizar las pruebas de laboratorio.

CONAGUA

A la Comisión Nacional del Agua por hacer las pruebas de laboratorio.

ÍNDICE GENERAL	
DEDICATORIA	2
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN:	1
II. OBJETIVO GENERAL:	5
2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO:	6
III. HIPÓTESIS	7
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	8
4.1 Sol	8
4.2 La luz	9
4.3 Constantes Solar	10
4.4 Energía renovable	10
4.5 Energía solar	11
4.6 Agua	13
4.7 Usos del agua	14
4.8 Problemas del agua	15
4.9 Destilación solar	16
4.10 Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994	19
4.10.1 Objetivo y campo de aplicación	19
2.9.2 Métodos de prueba	26
V. METODOLOGÍA	27
5.1 Localización del sitio experimental	27
5.2 Construcción de un destilador solar	28
Figura 1: Prototipo del destilador solar	28
5.3 Variables estudiadas	28
5.4 Determinación de calcio y magnesio	29
5.5 Determinación de Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺	29
5.6 Determinación de Ca⁺⁺	29
5.7 Determinación de carbonatos y bicarbonatos en extracto de suelo a saturación o en agua	30
5.9 Bicarbonatos (HCO₃⁻²)	31
5.10 Determinación de cloro en extracto de suelo a saturación	31
VI. Resultados y discusión	33

VII. Conclusiones.....	45
VIII. Revisión bibliográfica.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido de organismos resultantes.....	20
Tabla 2: Características físicas y organolépticas.....	21
Tabla 3: Límites permisibles de características químicas.	22
Tabla 4: Cumplimiento gradual.	23
Tabla 5: Límites permisibles de características radiactivas.	23
Tabla 6: Lectura de temperatura del destilador oscuro de la primera prueba.....	34
Tabla 7: Análisis químicos de agua cruda y destilada de la colonia Torreón Jardín.....	35
Tabla 8: Lectura de temperatura del destilador oscuro de la segunda prueba.	37
Tabla 9: Resultados de los análisis químicos del agua cruda y destilada de la UAAAN UL.....	38
Tabla 11: Lectura de temperatura del destilador oscuro de la tercera prueba.....	40
Tabla 12: Resultados de los análisis químicos del agua cruda y destilada de la FAZ-UJED, Venecia.....	43

RESUMEN

En el presente documento se muestra el estudio de la destilación solar para obtener agua pura que sea para consumo humano donde se eliminan sales nocivas para el ser humano. Es posible tratar aguas no potables por medio de tecnologías solares. La destilación solar es un éxito ya que disminuye los niveles de las sales nocivas para el organismo humano contenidas en el agua.

Se espera que este proyecto fomente el uso de las energías renovables, ya que éstas tienen la bondad que constituyen energías limpias que no generan residuos apreciables al ecosistema, y su viabilidad proporciona herramientas para que pueda considerarse la alternativa de ser implementados en nuestro país.

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

I. INTRODUCCIÓN:

El Sol es el objeto central de nuestro sistema solar. Se ha formado hace 6.5 mil millones de años de una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente toda (99.8 %) la masa del sistema solar y es más de 333,000 veces más masivo que la Tierra. Su radio de 700,000 km, es 109 veces más grande que el radio de la Tierra. El Sol está compuesto principalmente de dos elementos – hidrógeno y helio. 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)

El sol es una fuente natural de radiaciones electromagnéticas que se caracterizan por su frecuencia y longitud de onda, y suelen clasificarse atendiendo a estas dos propiedades en diferentes grupos. Al conjunto de todas ellas se le denomina espectro electromagnético y en él se distinguen desde ondas de radio, microondas, infrarrojos, luz visible, luz ultravioleta, rayos X, rayos gamma. 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 (Duro-Mota *et al.*, 2003).

Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1,6 millones de kWh, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable. El aprovechamiento energético está entonces condicionado por la intensidad de radiación solar recibida por la Tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas del lugar. Se define energía solar a aquella que mediante

conversión a calor o electricidad se aprovecha de la radiación proveniente del sol; otra forma de aprovechamiento asociado considera la posibilidad de hacer uso de la iluminación natural y las condiciones climatológicas de cada emplazamiento en la construcción de edificios mediante lo que se denomina arquitectura bioclimática (Yabroudi, 2008).

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

La tecnología fotovoltaica busca convertir directamente la radiación solar en electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, en el proceso emplea unos dispositivos denominados celdas fotovoltaicas, los cuales son semiconductores sensibles a la luz solar; de manera que cuando se expone a ésta, se produce en la celda una circulación de corriente eléctrica entre sus dos caras. Los componentes de una sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considera (conectada o no a la red) y de las características de la instalación (Velmurugan, 2008).

Con respecto a la tecnología solar térmica que convierte la energía radiactiva en calor, su principal componente es el captador, por el cual circula un fluido que absorbe la energía radiada del sol. De acuerdo a la temperatura de aprovechamiento se puede clasificar el aprovechamiento en de alta, media y baja. 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 (Shatat *et al.*, 2008).

Variados y profundos son los problemas actuales que afronta la Humanidad, el problema energético es uno de ellos, porque es vital para el futuro del planeta. La energía es, al mismo tiempo, una solución y un problema para el desarrollo sostenible. Nuestras economías utilizan combustibles que, además de no ser

renovables, ocasionan daños al entorno en que habitamos. Las fuentes renovables de energía son aquellas que, administradas de modo adecuado, pueden explotarse ilimitadamente, es decir, la cantidad disponible no disminuye a medida que se aprovecha. De todas las fuentes renovables, la energía solar es la única que puede ser aprovechada en todo el planeta, independientemente del clima o la geografía, sin detrimento al ambiente y –teóricamente- con la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas de la población mundial (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).

Se dice que las energías renovables provienen de manera directa o indirecta del sol, una fuente ilimitada de energía; al menos a escala terrestre. Aproximadamente del 1 al 2% de la energía solar total recibida por la Tierra se convierte en energía cinética en la atmósfera (Zamora-Machado *et al.*, 2010).

Con el crecimiento poblacional, el incremento de la demanda industrial, y la contaminación, los recursos naturales se ven afectados, y por ende, el agua requerida para las necesidades humanas se convierte en un problema básico y vital, por lo que se presenta la urgencia de desarrollar tecnologías capaces de aprovechar los recursos hídricos disponibles, considerando obtener agua de calidad a bajos costos y con el menor uso de energía fósil, lo que representaría un bajo impacto ambiental (Lechuga *et al.*, 2007). La oferta y la demanda de agua dulce han aumentado gradualmente en las últimas dos décadas (Alkhudhiri *et al.*, 2012).

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. Con la expansión de la población y el desarrollo de la industria, el suministro de agua dulce se ha convertido en un problema grave en muchas áreas (Xiao *et al.*, 2013).

El agua y la energía son dos productos inseparables que siguen influencia del crecimiento de la civilización humana. La energía es necesaria para suministrar agua de buena calidad y el agua es esencial para producir la energía en su forma útil (Gnaneswar *et al.*, 2011).

Tecnologías de destilación se han utilizado durante cerca de un siglo en las plantas terrestres y en los buques para proporcionar agua a una tripulación. El uso regular de las tecnologías de destilación se aceleró después de la Segunda Guerra Mundial, ya que la demanda de agua potable en los países áridos aumentó. El costo para la destilación ha ido disminuyendo rápidamente, especialmente en los últimos años con la introducción de la eficiente y más tecnologías rentables. La destilación es uno de los muchos procesos disponibles para purificación del agua y la luz solar es una de las varias formas de energía de calor que pueden utilizarse para alimentar ese proceso. La luz del sol tiene la ventaja de costo de combustible cero (Kabeel, 2011).

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.

II. OBJETIVO GENERAL:

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

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO:

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

III. HIPÓTESIS

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

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Sol

Posiblemente es el símbolo más vivo y objetivo para la percepción humana. El sol se sitúa como centro del cielo real y simbólico y representa una fuerza que lo hace girar todo a su alrededor, por ello simboliza, en el ser humano, al corazón (Ravindra, 2015).

El sol es una estrella mediana de color amarillo. Su temperatura superficial es de 5,500 °C y su temperatura interna es de 15'000,000 °C. Su núcleo está formado básicamente por átomos de hidrógeno que al reaccionar entre si forma helio y desprenden mucha energía, es la denominada energía atómica o nuclear de fusión del hidrógeno. Su diámetros 109 veces el terrestre, lo cual implica un volumen superior a un millón a veces el volumen de la Tierra.

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). Las pequeñas duran un o dos días pero la mayoría crecen y pueden durar entre unas semanas a un par de meses (Berardi, 2015).

El Sol se formó hace unos 4,600 millones años por condensación de hidrógeno, helio y polvo cósmico (actualmente presenta un 75% de hidrógeno, un 23% de helio y un 2% de polvo cósmico) y se cree que se apagará dentro de otros 4,500 millones de años, cuando se consuma todo su hidrógeno (Peñaloza-Murillo, 2015).

El Sol emite energía como radiación electromagnética que viaja desde el solar de la base y se distribuyen de manera uniforme e isotrópicamente por todo el universo. Parte de esta energía alcanza las capas superiores de la atmósfera de la Tierra. Su valor se conoce como la constante solar (C), según el día del año (Villicana-Ortiz *et al.*, 2015).

4.2 La luz

A comienzos del siglo XIX la luz, la electricidad y el magnetismo eran considerados tres fenómenos independientes (Beléndez, 2008).

No cabe duda del componente fascinante y misterioso que la luz ha tenido para el hombre. Ha sido generalmente un símbolo de vida e inmortalidad, y se le han opuesto las tinieblas como símbolo de muerte. No es de extrañar, por tanto, que la curiosidad humana por desentrañar los secretos de la naturaleza haya elegido a la luz como uno de sus objetivos principales desde el principio de las civilizaciones.

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).

Se llama luz a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. En física, el término luz se usa en un sentido más amplio e incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético, mientras que la expresión luz visible señala específicamente la radiación en el espectro visible (Qingwu, 2015).

4.3 Constantes Solar

La radiación emitida por el Sol, junto con sus condiciones geométricas respecto de la Tierra, dan por resultado que, sobre la atmósfera terrestre, incide una cantidad de radiación solar casi constante. Esto ha dado lugar a la definición de la llamada constante solar. La constante solar, G_{sc} , es el flujo de energía proveniente del Sol, que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a la distancia media de la Tierra al Sol, fuera de toda atmósfera (Mendoza, 1995).

La constante solar es una cantidad medible y calculable a través de procedimientos matemáticos. Ambos argumentos son válidos porque la irradiación solar que incide en la capa más exterior de la atmósfera terrestre ya ha sido cuantificada a través de instrumentos satelitales. El valor obtenido a través de las mediciones coincide perfectamente con los valores calculados. Así mismo, la cantidad de radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra, sea en suelo firme o en los océanos, ha sido cuantificada a través de mediciones realizadas por instrumentos ajustados para detectar, exclusivamente, la radiación solar incidente a ras del suelo. El valor de 1368 W es la cantidad de potencia solar recibida por cada metro cuadrado de la superficie formada por la esfera orbital de la Tierra, es decir, 1368 W/m². Dicha esfera se denomina Esfera Exterior y tiene un radio igual a la distancia entre el Sol y la Tierra (Nahle, 2011).

4.4 Energía renovable

Energía nueva y renovable es una de las principales energías alternativas que pueden responder a la disminución de los combustibles fósiles, el movimiento mundial del cambio climático y la reciente alza de los precios del petróleo porque es más sostenible y respetuosa con el medio ambiente que los combustibles fósiles (Azamat, 2015).

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 (Zeineb *et al.*, 2015).

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 (Jan, 2015).

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 (Peter *et al.*, 2015).

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 (Reboredo, 2015).

4.5 Energía solar

Energía solar, y más específicamente Concentración de Energía Solar (CSP), es considerado como uno de las opciones más prometedoras para el futuro desarrollo de la energía, ya que su costo reducido y relativamente bajo impacto

medioambiental lo hace apto para contribuir a la demanda mundial de energía con múltiples aplicaciones en la industria (Gutierrez-Trashorras, 2015). En México existen alternativas que garanticen una asequible y ecológicamente aceptable suministro de energía en el futuro (Broderick *et al.*, 2015).

Con el fin de cubrir las necesidades de energía del país, estas alternativas se deben desarrollar más racional y sistemática, en el corto y mediano plazo. Estudios indican que México cuenta con una interesante variedad de recursos renovables, capaz de ser transformado en energía final (Peng *et al.*, 2015).

De estos, la radiación solar es de especial importancia, debido a su disponibilidad en casi todo el territorio nacional. Se estima que tasa promedio de radiación solar es de 5 kW/m² al día, en más de un 75% del territorio. La topografía del Golfo de México favorece el desarrollo de tanto eléctricos como instalaciones solares térmicas, además de concentrar las principales fuentes de petróleo (Somanchi, 2015).

La mayor ventaja de la energía solar, en comparación con otras formas de energía es que es limpia y puede ser suministrado sin contaminación del medio ambiente. Durante el siglo pasado, los combustibles fósiles han proporcionado la mayor parte de nuestra energía, pues estos son mucho más baratos y más convenientes que energía a partir de fuentes de energía alternativas, y hasta hace poco la contaminación ambiental ha sido de poco interés (Chavez, 2010).

Placas solares hoy en día son muy utilizados en el proceso de desalación solar. Es uno de los más importantes y viables desde el punto de vista técnico las aplicaciones de la energía 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 (Berrecil-Bravo, 2009).

4.6 Agua

El agua es un elemento vital del planeta. Los sistemas fluviales mantienen la vida terrestre y proveen de agua al 90% de la población mundial. En los últimos años se ha observado una creciente preocupación mundial por los temas referidos a la calidad del agua.

Numerosos científicos que participaron en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente (Dublín, 1992) 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 (Ramírez, 2002).

Si por agua entendemos el compuesto químico H_2O , cualquier cosa distinta a este elemento está cambiando su característica y podría considerarse como un contaminante. Por supuesto que este concepto es muy poco práctico, puesto que el agua pura rara vez se encuentra en la naturaleza. Tendemos a aceptar la noción de que un contaminante del agua es cualquier sustancia o compuesto cuya concentración límite o impida sus usos benéficos (Banus, 2015).

Se define entonces la contaminación del agua como la introducción por el hombre en el ambiente acuático (mares, ríos y lagos) de elementos abióticos o bióticos que causen efectos dañinos o tóxicos, perjudiquen los recursos vivos, constituyan un peligro para la salud humana, obstaculicen las actividades marítimas (incluida la pesca), menoscaben la calidad del agua o disminuyan los valores estéticos y de recreación. Entre los numerosos contaminantes que afectan la calidad de las aguas los plaguicidas químicos merecen especial atención (Vigiak, 2015).

4.7 Usos del agua

La falta de recursos hídricos en las regiones áridas y semiáridas del mundo agrega presión a crecientes necesidades de agua potable para el consumo humano directo, irrigación, los procesos industriales y ambientales. Actualmente más del 20% de la población mundial enfrenta escasez de agua y se espera que esta proporción alcanza 33% en el año 2025 (Martinez, 2002).

Como medidas para aumentar el suministro de agua mediante la construcción de embalses y la explotación de las aguas subterráneas está llegando a límites de almacenamiento en muchas cuencas fluviales del mundo, la gestión de la demanda de agua se ha convertido en una de las medidas más opcionales viables para resolver problemas con la disponibilidad del agua (Xue *et al.*, 2015).

El volumen de agua utilizada en el mundo, y nuestra dependencia de su alimentación está notablemente subestimado. Agua dulce está disponible en abundancia en algunas regiones del mundo, pero es cada vez más escaso otros (Walsh *et al.*, 2014).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) declaró recientemente que el agua une el nivel local hasta el regional y mundial, reúne a las cuestiones relativas a la seguridad alimentaria, la salud pública, la urbanización y la energía. Abordar cómo se utiliza y la gestión de los recursos hídricos es fundamental para establecer el mundo de manera más sostenible y equitativa ruta (Hua *et al.*, 2015).

En todo el mundo, el agua, la energía y los alimentos son considerados como un nexo con el agua -conexión de energía ya que es una filial. Aspectos de la relación existente entre la gran interdependencia existente entre el agua y la generación de energía (Arrazcaeta, 2002).

El aumento de la utilización de agua y energía ha tenido efectos sobre el cambio climático y posteriormente sobre el medio ambiente. Ambos están experimentando un rápido aumento de la demanda mundial, mientras que también sirve como la limitación de los recursos. Ambos están sujetos a variaciones regionales de calidad, con fluctuaciones en la oferta y la demanda. Internacionalmente, la energía se ha incluido en los mercados regulados por un largo tiempo, mientras que el agua se ha añadido más recientemente (Bekchanov *et al.*, 2015).

4.8 Problemas del agua

Los contaminantes antropogénicos se han dispersado ampliamente en el ambiente y están emergiendo en las aguas superficiales y subterráneas, como resultado de emisiones industriales, la ineficiente disposición de residuos sólidos (por ejemplo la incineración y los tiraderos de basura), los derrames accidentales, la aplicación controlada (pesticidas en la agricultura, recarga artificial del agua subterránea, disposición en el suelo de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales) y las actividades de consumo (que incluye la excreción y la disposición natural de una amplia gama de productos químicos).

Todas estas fuentes se han sido reconocidas, pero principalmente las últimas, como, rutas potenciales e importantes de eliminación del contaminante. Las actividades de consumo se reconocieron recientemente como una fuente potencialmente importante de contaminación, dispersa no controlada (Barrecil, 2009).

4.9 Destilación solar

El agua es una necesidad básica del hombre. Los recursos de agua dulce son considerados como los ríos, lagos y embalses de aguas subterráneas. El uso del agua de los ríos, los lagos y mares no siempre es posible, especialmente a causa de la contaminación del medio ambiente. Así que buscar otras fuentes se convierte en una obligación.

Para superar este problema, existen varios métodos para producir agua dulce agua del mar, agua salada o agua salobre. Procesos de desalación han recibido gran atención como una alternativa de solución para producción de agua dulce. Desalinización es uno de los métodos que sean adecuados para el agua potable. La demanda de funcionamiento fiable y de forma autónoma sistemas de desalación está aumentando continuamente. Estos sistemas están destinados a una necesidad básica y suministro de agua potable (Somanchi *et al.*, 2015).

Un destilador solar es un dispositivo muy sencillo utilizado para convertir agua salobre o salada o aguas residuales en agua potable. Este es fabricado localmente y fácilmente con materiales nobles, como madera, aluminio, etc. El mantenimiento es muy barato y no se requiere mano de obra calificada; además, es una excelente solución para resolver el problema de agua potable (Barceló, 2015).

Todo el conjunto es hermético con la ayuda de juntas de goma y abrazaderas. Entrada de agua en la cuenca a través de una válvula de admisión. Para mantener nivel constante de agua, un flotador es organizado en el solar. El agua destilada se condensa en la superficie interior de cubierta de vidrio y se extiende a lo largo de su borde inferior. El agua se recoge en un frasco y medido por un cilindro graduado. Los termopares se encuentran en lugares diferentes de la energía solar para medir las temperaturas todavía como fuera

cubierta de vidrio, tapa de cristal interior, cuenca temperatura del agua, la temperatura del vapor (López, 2015).

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 salobre, utilizando energía solar. Único solar cuenca todavía es un dispositivo muy simple solar disponible utilizado para convertir las aguas residuales en agua salobre o agua potable (Omara, 2015).

Este dispositivo se puede fabricar fácilmente con materiales disponibles localmente. El mantenimiento también es barato y no se necesita mano de obra calificada. Por otra parte, puede ser una solución adecuada para resolver problema del agua potable. Sin embargo, no es popularmente usado debido a su baja productividad. Por lo tanto, un importante número de obras se lleva a cabo para mejorar la productividad de la todavía (Sampathkumar, 2015).

Aún tiene un excelente gusto en comparación con agua destilada comercial puesto que el agua no es hervida (que baja pH). Están hechos de materiales de calidad para hacer frente a las duras condiciones de agua y luz solar. Aún tiene un excelente gusto en comparación con agua destilada comercial puesto que el agua no es hervida (que baja pH). Están hechos de materiales de calidad para hacer frente a las duras condiciones de agua y luz solar (Afshari, 2015).

La brecha entre oferta y demanda agua dulce será cada vez mayor en el futuro y por lo tanto, hay una necesidad de desarrollar la autonomía las tecnologías y sistemas para satisfacer la creciente demanda de agua dulce.

Sistemas de destilación solar son principalmente clasificados como pasivo y placas solares activas. La forma más conveniente utilizar sistema de destilación

solar pasivo simple compuesto de placas solares, donde el calor de los procesos de destilación y tendrá lugar en el mismo equipo y de la radiación solar es el único suministro de energía (Dehghan *et al.*, 2015).

Hoy en día, un tema clave en el desarrollo de la desalación solar efecto es la forma de aumentar su estabilidad sin escarificadoras su alta eficiencia en transferencia de calor (Xie *et al.*, 2015). Es el mejor método para purificar el agua impura en pequeña escala. Placas Solares se usan ampliamente en desalación solar pero la productividad de las placas solares es muy baja (El-Sebaili *et al.*, 2015).

La destilación solar parece ser un método promisorio y alternativa para suministrar agua dulce. Varios diseños solares aún se han propuesto, y muchos de ellos han encontrado importantes aplicaciones en todo el mundo. Sistemas de desalación solar se baja los costos de operación y mantenimiento y requieren grandes áreas instalación y alta inversión inicial (Elango *et al.*, 2015).

La radiación solar recibida en la superficie es absorbida con eficacia por la superficie negra y el calor se transfiere al agua en la cuenca. Temperatura del agua aumenta y aumenta la tasa de evaporación. Una pendiente cubierta de vidrio transparente es siempre en la parte superior. Vapor de agua producido por evaporación se eleva hacia arriba y se condensa en la superficie interior de la cubierta de vidrio que está relativamente fría. Vapor de agua condensada escurre hacia abajo en el comedero y a partir de allí, se recoge en el contenedor de almacenamiento de agua destilada. El agua destilada de un solar (Kabeel *et al.*, 2015).

4.10 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.

4.10.1 Objetivo y campo de aplicación

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

4.12 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.

5 Límites permisibles de calidad del agua

5.2 Límites permisibles de características microbiológicas.

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

Tabla 1: Contenido de organismos resultantes.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	Ausencia o no detectables

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

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

5.2.4 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.

5.3 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

5.3.1 Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

Tabla 2: Características físicas y organolépticas.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
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.

4.3 Límites permisibles de características químicas.

4.3.1 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.

CARACTERISTICA	LIMITE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN ⁻)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl ⁻)	250,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO ₃)	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F ⁻)	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 ₄ ⁼)	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.

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

4.3.1 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.

4.4 Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

Tabla 5: Límites permisibles de características radiactivas.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE Bq/l
Radiactividad alfa global	0,56
Radiactividad beta global	1,85

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.

4.4 Contaminación microbiológica.

4.4.1 Bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo¹, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.

4.5 Características físicas y organolépticas.

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

5.3 Constituyentes químicos.

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

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

5.3.3 Cloruros. Intercambio iónico, ósmosis inversa o evaporación.

5.3.4 Dureza. Ablandamiento químico o intercambio iónico.

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

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

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

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

5.3.9 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.

5.3.10 Nitratos y nitritos. Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración.

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

5.3.12 pH (potencial de hidrógeno). Neutralización.

5.3.13 Plaguicidas. Adsorción en carbón activado granular.

5.3.14 Sodio. Intercambio iónico.

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

5.3.16 Sulfatos. Intercambio iónico u ósmosis inversa.

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

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

5.3.19 Zinc. Evaporación o intercambio iónico.

5.4 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.

2.9.2 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.

V. METODOLOGÍA

5.1 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.

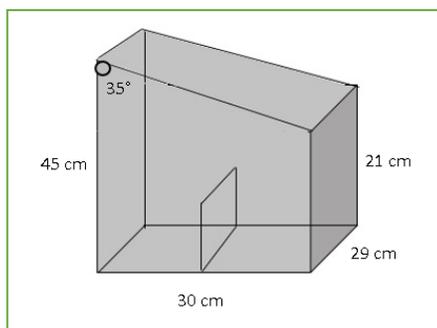
La comarca lagunera es una región que comprende el suroeste del estado de Coahuila y el noreste del estado de Durango y tiene entre sus actividades económicas a la industria, al comercio y al sector agropecuario. La Comarca Lagunera se localiza a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de longitud oeste,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

5.2 Construcción de un destilador solar

Para poder desarrollar este experimento se construyó un destilador solar de cristal filtra sol 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.

5.3 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.

5.4 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

5.5 Determinación de Ca^{++} + Mg^{++}

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.

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

5.6 Determinación de Ca^{++}

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.

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

ml. Muestra

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

$$\text{Meq/lto Mg}^{++} = X - \text{Ca}$$

5.7 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

5.8 Carbonatos (CO₃⁻²)

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 H_2SO_4 0.01 N, hasta decoloración de la muestra.
5. Registrar el volumen empleado en la titulación.

5.9 Bicarbonatos (HCO_3^{-2})

1. Al matraz que contiene la muestra ya decolorada, agregarle 3 gotas de anaranjado de metilo.
2. Titular con H_2SO_4 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:

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

5.10 Determinación de cloro en extracto de suelo a saturación

Material

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

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:

$V \text{ AgNO}_3$ = volumen de Nitrato de plata gastado para titular los cloruros

$N \text{ AgNO}_3$ = 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.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 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.

En el espacio de captación inicial del destilador solar de cristal filtra sol 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.

Durante la destilación del agua se tomó lectura de temperatura constantemente, en la siguiente tabla se muestran las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante los días 29 de marzo de 2015 al 06 de abril de ese mismo año.

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

AGUA: TORREÓN JARDÍN		
DESTILADOR OSCURO		
	TEMPERATURAS DEL AGUA DENTRO DEL DESTILADOR	
DÍA	MÁXIMA	MÍNIMO
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.

Testigo Agua pura		Agua Destilada		Límite permisible NOM-127-SSA1- 1994
Calcio (Ca)	2.96 meq/lt	Calcio (Ca)	0.64 meq/lt	N.A.
Cloro (Cl)	3.4 ml	Cl	0.9 ml	250.00
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻²)	2.4 ml	HCO ₃ ⁻²	2.4 ml	N.A.
Magnesio (Mg)	0.72 meq/lt	Magnesio (Mg)	0.24 meq/lt	N.A.
Sodio (Na)	4.07 meq/lt	Sodio (Na)	0.509 meq/lt	200.00
pH	7.85	pH	7.30	6.5-8.5
Conductividad eléctrica	0.776	Conductividad eléctrica	0.1389	N.A.

Como puede observarse en el anterior cuadro los niveles de las diferentes contenidos de sales antes y después del proceso de destilación si se vieron 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 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 0.9 ml y está por debajo de los límites. Para el pH la norma dice se debe de tener un pH de 6.5-8.5 upH y el resultado

de la prueba del pH después de ser destilada fue de 7.30 lo que indica que no hay ningún problema para ser potable.

En cuanto la conductividad eléctrica los límites permisibles indican que no debe de pasar de 1.0 mc/cm los resultados de la prueba dieron de 0.1389 mc/cm, y el valor del resultado de la muestra indica 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 0.509 meq/lit por lo cual es muy baja la cantidad de Sodio presente en el agua destilada. Todos los valores presentados de los resultados obtenidos entran dentro de los límites permisibles para que éste puede ser de consumo humano.

6.2 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 oscuro de la segunda prueba.

AGUA DE LA NARRO (POR IRRIGACIÓN)			
DESTILADOR OSCURO			
	TEMPERATURAS		
DÍA	MÁXIMA		MÍNIMA
	EXTERNA	INTERNA	INTERNA
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 tabla.

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

Testigo Agua pura		Agua Destilada		Límite permisible NOM-127-SSA1- 1994
Calcio (Ca)	181.60 mg/L	Calcio (Ca)	34.04 mg/L	N.A.
Cloro Cl	85.00 mg/L		14.30 mg/LI	250.00
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻²)	184.47 mg/L	HCO ₃ ⁻²	76.43 mg/L	N.A.
Magnesio (Mg)	13.41 mg/L	Magnesio (Mg)	7.04 mg/L	N.A.
pH	8.04	pH	7.04	
Conductividad eléctrica	1178	Conductividad eléctrica	221	6.5-8.5
Arsénico	0.004 mg/L		0.004 mg/L	0.025

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 después del proceso de destilación bajó 34.04 mg/L. El contenido de Cloro en el agua cruda se vio alterado después del proceso de destilación cambiando sus valores de 85.00 a 14.30 mg/L. Los bicarbonatos si cambiaron los valores después de la destilación de 184.47 a 76.43 mg/L. Para el caso del magnesio cambiaron los valores del agua cruda pasando de 13.41 a 7.04 mg/L después de que fuera destilado. Para el calcio, magnesio, y bicarbonatos 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 upH después de la destilación bajó a 7.04 upH pasando a ser neutra, dentro de la norma hay un límite permisible de un valor de 6.5-8.5 upH, 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 221 $\mu\text{m}/\text{cm}$ 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 presentaba los mismos valores no vieron alteradas total del arsénico que contenía el agua cruda pero aún sigue dentro de los límites permisibles porque la norma tiene un límite de 0.025 para el arsénico.

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

6.3 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, en la siguiente tabla se muestran las temperaturas máximas y mínimas.

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

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

3 JULIO	54	18
4 JULIO	52	20
5 JULIO	50	20
6 JULIO	52	18
7 JULIO	50	16
8 JULIO	52	20
9 JULIO	52	22
10 JULIO	53	22
11 JULIO	54	24
12 JULIO	54	23
13 JULIO	54	24
14 JULIO	54	24
15 JULIO	54	24
16 JULIO	54	24
17 JULIO	54	24
18 JULIO	54	24
19 JULIO	52	22
20 JULIO	54	22
21 JULIO	54	22
22 JULIO		18

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 cuadro número.

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

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

Testigo Agua pura		Agua Destilada		Límite permisible NOM-127-SSA1- 1994
Calcio (Ca)	62.12 mg/L	Calcio (Ca)	24.24 mg/L	N.A.
Cloro (Cl)	59.80 mg/L		12.80 mg/L	250.00
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻²)	467.83 mg/L	HCO ₃ ⁻²	103.49 mg/L	N.A.
Magnesio (Mg)	16.8 mg/L	Magnesio (Mg)	5.51 mg/L	N.A.
pH	8.21	pH	7.31	
Conductividad eléctrica	3240	Conductividad eléctrica	530	6.5-8.5
Arsénico	0.576 mg/L	Arsénico	0.068 mg/L	0.025

Después de analizar 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 24.14 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 12.80 mg/L, estos valores ya 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 103.49 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 tenía un valor 5.51 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 upH el cual era alcalina y después de la destilación presentaba un valor de 7.31 upH pasando a ser neutra, estos valores permiten que este dentro de los límites permisibles de la NOM-127-SSA1-1994. La conductividad eléctrica era del agua cruda era de 3240 $\mu\text{m}/\text{cm}$ y bajó a 530 $\mu\text{m}/\text{cm}$ 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 0.068 mg/L bajó mucha la concentración del arsénico pero aún no está dentro de los límites permisibles de las normas.

VII. CONCLUSIONES

Es posible tratar aguas no potables por medio de tecnologías solares. Los sistemas de potabilización de agua con energía solar permiten obtener agua limpia con un consumo energético bajo. 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. Los destiladores se utilizan la evaporación natural, esto permite que el pH natural produzca un sabor excelente. El agua destilada con energía solar tiene un sabor agradable. 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. Este proceso de la destilación lo pudimos comprobar con las tres pruebas que se realizó.

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Afshari, A. 2015. Thermal modeling and exergetic analysis ScienceDirect 115283.
- Alkhudhiri, A., N. Darwish y N. Hilal. 2012. Membrane distillation: A comprehensive review. Desalination 287.
- Anfré, F. J., L. M. Castro y E. Cerdá. 2009. Las energías renovables en el ámbito internacional. Universidad Complutense de Madrid.
- Arrascaeta, O. L. 2002. Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. Fitosanidad 6(3): 58.
- Azamat, S. 2015. Measuring the efficiency of the investment for renewable energy in Korea using data envelopment analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews 47694.
- Banus, M. 2015. H2O Elixir de vida. Elementalwatson "la" revista 1015.
- Barceló, P. 2015. Basin Solar Still Using Different Energy Absorbing Materials. ScienceDirect 41488.
- Barrecil, B. 2009. Contaminantes emergentes en el agua. Digital Universitaria 10(8): 1067.
- Bekchanov, M., A. Bhaduri y C. Ringler. 2015. Potential gains from water rights trading in the Aral Sea Basin. Agricultural Water Management 15245.
- Beléndez, A. 2008. La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la síntesis electromagnética" de Maxwell. Brasileiru de Ensino de Física 30(2): 2601.
- Berardi, M. 2015. On the fragility of sunspot equilibria under learning and evolutionary dynamics. Economic Behavior & Organization 112252.
- Berrecil-Bravo, J. E. 2009. Contaminantes emergentes en el agua. Digital Universitaria 10(8).
- Blanco-Cano, X. 2009. El sol, nuestra estrella. Revista Digital Universitaria 10(10): 2-5.
- Broderick, L., B. Albert, B. Pearson, L. Kimerling y J. Michel. 2015. Design forenergy: Modeling of spectrum, temperature and device structure dependences of solar cell energy production. Solar Energy Materials & Solar Cells 13648-63.
- Conagua. 2010. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015. Conagua.
- Chavez, P. 2010. Aspectos: Ambiental, Institucional, y Economía en la valoración del agua potable en Huancayo. Renewable and Sustainable Energy Reviews 33178.
- Dehghan, A., A. Afshari y N. Rahbar. 2015. Thermal modeling and exergetic analysis of a thermoelectric assisted solar stil. ScienceDirect 115285.
- Duro-Mota, E., S. Campillo-Paez y S. Causín-Serrano. 2003. El sol y los filtros solares. MEDIFAM 13(3).
- El-Sebaili, A., M. Ramadan, S. Aboul-Enein y M. El-Naggar. 2015. Hoy en día, un tema clave en el desarrollo de la desalación solar efecto es la forma de aumentar su estabilidad sin escarificadoras su alta eficiencia en transferencia de calor Desalination 36520.

- Elango, C., R. Gugulothu y K. Sampathkumar. 2015. Thermal models of solar still. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47858.
- Gnanaswar, G. V., N. Nirmalakhandan y S. Deng. 2011. Energy. Desalination using solar energy: Towards sustainability.
- Gutierrez-Trashorras, A. 2015. Solar energy potential in the coastal zone of the Gulf of Mexico. *Renewable Energy* 81537.
- Hernández-García, L. M. 2007. Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia. *Digital Universitaria* 8(12).
- Hua, P., E. Vasyukov y W. Uhl. 2015. El volumen de agua utilizada en el mundo. *ScienceDirect* 75115.
- Jan, S. 2015. Willingly or grudgingly? A meta-analysis on the willingness-to-pay for renewable energy use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44877.
- Kabeel, A., Z. Omara y M. Younes. 2015. Techniques used to improve the performance of the stepped solar still. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 46185.
- Kabeel, A. E. 2011. Review of researches and developments on solar stills. *Desalination* 28.
- Lechuga, A. J., M. Rodriguez y M. J. Lloveras. 2007. Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica. *Académica de la FI-UADY*.
- López, J. 2015. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 461782.
- Martinez, J. 2002. Estudio de la calidad de las aguas. *Fitosanidad* 6(3): 59.
- Mendoza, M. 1995. Energía Solar. *Procesos Tecnológicos e Industriales* 15.
- Nahle, N. 2011. Radiación Solar en la Capa Exterior de la At,ósfera Terrestre y sobre la Superficie Terrestre (Suelo y Océano). *Ciencias Físico-Matemáticas* 3.
- Omara, Z. 2015. Techniques used to improve the performance of the stepped solar *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 46180.
- Peng, C., L. Huang, J. Liu y Y. Huang. 2015. En México existen alternativas que garanticen una asequible y ecológicamente aceptable suministro de energía en el futuro. *Renewable Energy* 81136-149.
- Peñaloza-Murillo, M. A. 2015. Air-cooling mathematical analysis as inferred from the air-temperature observation during the 1 st total occultation of the Sun of the 21 st century at Lusaka, Zambia. *Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 125-12661.
- Peter, L., G. Jusso, M. Jani y S. Jyri. 2015. Review of energy system flexibility measures to enable high levels of variable renewable electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45785-807.
- Pooran, K. 2015. Study of enhanced photogalvanic effect of Naphthol Green B in natural sunlight. *Power Sources* 22.
- Qingwu, M. 2015. Low-intensity blue light in night-interruption lighting does not influence flowering of herbaceous ornamentals. *Scientia Horticulturae*.
- Ramírez, A. 2002. Sistemas de saneamiento y abastecimiento de agua potable, a su servicio a la comunidad. *Fitosanidad* 6(3): 60.

- Ravindra, B. 2015. Hemispheric asymmetry of sunspot area in solar cycle 23 and rising phase of solar cycle 24: Comparison of three data sets. *New Astronomy* 3955.
- Reboredo, J., C. 2015. Renewable energy contribution to the energys upply: Is there convergence across countries? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45290-295.
- Sampathkumar, K. 2015. Thermal models of solar still. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47859.
- Shatat, M., M. Worall y S. Riffat. 2008. *Energias Renovables. Tecnología de la Información* 8.
- Somanchi, N., S. Swathi y K. Ashish. 2015. Modelling and Analysis of Single Slope Solar Still at Different Water Depth. *ScienceDirect* 41479.
- Somanchi, R. 2015. Evaluation of a Single Basin Solar Still Using Different Energy Absorbing Materials. *ScienceDirect* 41489.
- Velmurugan, C. 2008. Performance analysis of solar stills based on various factors affecting the productivity *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 1295.
- Vigiak, O. 2015. Filtrado de los agentes contaminantes del agua por la vegetación ribereña. *Agricultural Water Management* 15241.
- Villicana-Ortiz, E., A. J. Gutierrez-Trashorras, J. Paredes-Sanchez y J. Xiberta-Bernat. 2015. Solar energy potential in the coastal zone of the Gulf of Mexico. *Renewable Energy* 29.
- Walsh, B. P., S. N. Murray y D. T. J. O'Sullivan. 2014. The waterenergy nexus, an ISO50001 water case study and the need for a water value system. *Water Resources and Industry* 101528.
- Xiao, G., X. Wang, M. Ni, F. Wang, W. Zhu, Z. Luo y K. Cen. 2013. A review on solar stills for brine desalination. *Applied Energy*.
- Xie, G., J. Xiong, H. liu, B. Xu, H. Zheng y y. Yang. 2015. Experimental and numerical investigation on a novel solar still with vertical ripple surface. *Energy Conversion and Management* 98(151-160).
- Xue, X., M. Schoen, X. Ma, T. Hawkins, N. Ashbolt, J. Cashdollar y J. Garland. 2015. Critical insights for a sustainability framework to address integrated community water services: Technical metrics and approaches. *ScienceDirect* 77155-169.
- Yabroudi, S. C. 2008. *Energías renovables. Tecnología de la Información* 7.
- Zamora-Machado, M., E. Leyva-Sánchez y A. A. Lambert-Arista. 2010. Recurso eólico en Baja California. *Digital Universitaria* 11(02).
- Zeineb, A., R. A. y G. A. 2015. Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45262.