

PRIMEROS RESULTADOS DEL DISEÑO TECNOLÓGICO Y DE UN PROCESO DE TRANSFERENCIA DE DESTILADORES SOLARES EN LA PROVINCIA DE MENDOZA

A. Benito, R. Cantaloube, E. Fiscaro,
N. Zottola, M.M. Stanziola, P. Arena, G. Clement.
Grupo CLIOPE
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza
C.P. 5500 – Mendoza
Tel. 0261-5243001 – e-mail: andresbenito@frm.utn.edu.ar

RESUMEN. Se presentan los primeros resultados del diseño tecnológico y del proceso de transferencia del proyecto: PNUD ARG/07/G43. Como objetivo general se planteó abordar la provisión de agua potable en el secano de Lavalle. Además de un déficit general del recurso, el agua de la zona presenta altas concentraciones de sales disueltas y arsénico, entre otros. Mediante la destilación utilizando energía solar, se trata de eliminar o reducir los compuestos químicos y los microorganismos que afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano. Para ello se diseñó un modelo de destilador solar basado en las necesidades de los pobladores dispersos del lugar. Los resultados obtenidos en los pilotos de campo demuestran que el método de destilación utilizado es apto para cumplir los objetivos propuestos no sólo desde el punto de vista químico y bacteriológico sino desde la consecución de un efectivo proceso de transferencia.

Palabras Claves: energías renovables, transferencia, dispositivos solares, destilación solar, arsénico, microorganismo.

1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto ARG/07/G43: “Sostenibilidad social, económica y ambiental mediante transferencia de tecnologías que aprovechan las energías renovables”, aprobado y financiado por Global Environment Facility (G.E.F.) e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2008-2009), plantea las siguientes metas:

- Instalar la capacidad de plantear soluciones alternativas a las problemáticas energéticas en actores gubernamentales, sociales y habitantes de la zona en estudio.
- Aplicar transferencia de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables, en un núcleo de la comunidad del secano de Lavalle.
- Abordar la provisión de agua potable, cocción y conservación de alimentos en comunidades dispersas y aisladas, aprovechando el recurso solar, disminuyendo así la emisión de gases de efecto invernadero que se producen con los métodos que actualmente satisfacen estas necesidades.

Por lo antes expuesto, para hacer un uso eficiente del recurso solar disponible, es que el Grupo CLIOPE propone afianzar la línea de investigación acción participativa, mediante el cumplimiento de las acciones correspondientes al proyecto PNUD ARG/07/G43, en los aspectos de diseño de dispositivos y desempeño de la metodología de transferencia.

1.1. El Agua como recurso esencial para la vida

1.1.1. Observación global

El agua es un recurso esencial para la vida, y la porción que puede ser usada para satisfacer el consumo humano es cada vez más escasa cuantitativamente y cualitativamente. El agua en la tierra está distribuida en seis reservorios interconectados cuyo conjunto constituye la hidrosfera, pudiendo encontrarse en estado líquido, sólido (hielo, nieve) y gaseoso (vapor). Aunque la cantidad de agua presente en el planeta resulta muy significativa, es muy poca la que está disponible para el consumo humano.

En el mundo se estima que hay cerca de 2500 millones de personas que sufren enfermedades asociadas a la contaminación de agua y a la falta de higiene, señalando una estrecha relación entre la insuficiencia y calidad del recurso y la ocurrencia de enfermedades de origen hídrico. En este sentido, uno de los problemas más graves que enfrenta la utilización de agua subterránea es el contenido de elementos perjudiciales para la salud de quienes la consumen, como es el caso del arsénico.

1.1.2. Observación en Argentina

En Argentina, el 85% del agua superficial corresponde a territorios de la Cuenca del Plata. La cantidad de agua en esta región ha permitido la mayor concentración de población y actividad productiva nacional. En el otro extremo se sitúan las provincias áridas y semiáridas, entre ellas Mendoza, que disponen de menos del 1% del total del agua superficial. En cuanto al agua subterránea, esta ha tenido un papel estratégico en el desarrollo socioeconómico de las regiones áridas y semiáridas como fuente de abastecimiento a la población, la industria y el riego. Las áreas urbanas, así como la rural se abastecen total o parcialmente con dicha agua. No obstante presentan limitaciones para determinados usos por su calidad y vulnerabilidad a la contaminación, ya sea natural o provocada por el hombre, por ejemplo: altos contenido de flúor, arsénico y una alta salinidad.

La Organización Mundial de la Salud muestra datos actualizados a 2004, para áreas urbanas y rurales. Según estos datos, Argentina ha alcanzado en zonas urbanas un acceso a fuentes mejoradas de agua potable del 98% y una cobertura de saneamiento del 92%. Sin embargo, en las zonas rurales, donde vive el 10% de la población, el acceso a una fuente mejorada de agua potable es del 80% y la cobertura de saneamiento es del 83%, siempre utilizando la definición amplia de acceso de la OMS. Utilizando una definición más estrecha, aun en áreas urbanas solamente un 79% tiene acceso a conexiones domiciliarias de agua potable y un 83% al alcantarillado [OMS/UNICEF 2006].

1.1.3. Situación general actual del Secano de Lavalle

El Sector oriental de la provincia de Mendoza presenta un ambiente de alta fragilidad con tendencia creciente a la desertificación ante la presión antrópica. La vulnerabilidad de los distintos ecosistemas es relevante, porque determina las potencialidades y limitaciones que el medio natural ofrece para el desarrollo de las actividades humanas. Dentro del ámbito provincial, el departamento de Lavalle corresponde a un ambiente de secano donde las condiciones imperantes llevan a sus pobladores a utilizar diversas estrategias para el aprovisionamiento de recursos. Entre los principales problemas que se detectan son: déficit hídrico, aguas subterráneas con altos índices de arsénico (hasta 0,5mg/l), suelos esqueléticos y salinizados, comunidades muy dispersas, vías de comunicación insuficientes y en mal estado, redes de servicios (agua potable, energía) insuficientes. Los núcleos poblacionales están muy dispersos y hacen uso de la leña para resolver sus necesidades energéticas para cocción, (se considera el consumo de leña por familia en un promedio de 45 Kg por día) incrementando el riesgo de desertificación y liberando cantidades de CO₂ que contribuyen al cambio climático, ya que esa materia vegetal no es sustituida por otra en crecimiento. En cuanto al agua potable, esta les es provista en la mayoría de los puestos de Lavalle a través de camiones que contrata el municipio o es suministrada por personas que vienen de otras localidades. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, debido al déficit de vías de comunicación adecuadas, el abastecimiento por acceso terrestre en momentos de fuertes lluvias se ve truncado por el anegamiento de los caminos, lo que imposibilita a los medios de transporte el ingreso a los parajes por exceso de peso.

Por otra parte, la salinización excesiva del agua, ya sea por saturación de carbonatos, bicarbonatos, cloruros o sulfatos hace inadecuada su ingesta, siendo esta el único recurso con que cuentan para satisfacer la necesidad básica de hidratación.

En la actualidad el Departamento ha sido declarado en emergencia sanitaria. Entre las potencialidades de los recursos naturales que posee Lavalle, se encuentra la energía solar como fuente de energía renovable (radiación solar promedio 18,4 MJ/m² anuales), por lo cual la implementación de dispositivos solares se plantea aprovechando uno de los principales recursos energéticos que posee la zona.

El municipio destina un monto importante de recursos y combustible para el aprovisionamiento de agua a los puestos. En caso de fallar la distribución, los pobladores no tienen otra opción que abastecerse de pozos o jagüeles. Estos reservorios no solo tienen una importante carga salina y metales pesados, sino que también presentan un alto contenido bacteriológico que es introducido por los animales al utilizarlos de abrevadero. Para resolver esta situación el municipio ha proyectado un acueducto, pero este no llegará a los puestos de las localidades piloto propuestas por el proyecto en cuestión.

1.2. El Arsénico

Arsénico. El arsénico (As) es un elemento químico minoritario en nuestro planeta que se presenta en forma natural en rocas sedimentarias y rocas volcánicas, y en aguas geotermales. El arsénico se presenta en la naturaleza con mayor frecuencia como sulfuro de arsénico y arsenopirita, que se encuentran como impurezas en los depósitos mineros, o como arseniato As⁺⁵ y arsenito As⁺³ en las aguas superficiales y subterráneas, fundamentalmente.

1.2.1. Situación en Argentina

Hablando del arsénico en agua, hoy en día se estima que la población argentina que habita en áreas con aguas arsenicales es de alrededor de 2.500.000 habitantes, casi el 7% de la población del país. El arsénico está presente en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica, siendo de estas tres, la principal la primera. El origen del As en las aguas subterráneas de la Argentina es atribuido a la actividad volcánica ocurrida en la cordillera de Los Andes durante el período Cuaternario. La contaminación se produce cuando las napas, que se escurren bajo la tierra como un río subterráneo, pasan por zonas que fueron invadidas por cenizas originadas en las erupciones del Período Terciario y más tarde resultaron sepultadas por los plegamientos del Cuaternario. Sin embargo, aunque en menor escala, también existen aguas contaminadas por actividades realizadas por el hombre: minería, fundiciones y el uso de herbicidas y plaguicidas que contienen arsénico.

Las comunidades más afectadas corresponden a poblaciones rurales dispersas (incluidas las comunidades de pueblos originarios) que se ven forzadas a abastecerse de agua subterránea. Las provincias más afectadas son: Salta, La Pampa, Córdoba, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Santiago del Estero, Chaco y Tucumán y, en menor medida, Mendoza.

1.2.1.1. Afectación Sanitaria. Regulación y Reglamentación

El Código Alimentario Argentino en su CAPITULO XII, Artículo 982, define al agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario como: “aquella que es apta para la alimentación y uso doméstico, que no deberá tener substancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radioactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud”.

En él se establece como límite máximo de concentración de arsénico 0,05 mg/l [Código Alimentario Argentino, Capítulo XII, 2009]. Según estudios médicos, el cuerpo humano es capaz de eliminar mediante la orina el arsénico presente en el agua, siempre que la concentración no supere dicho nivel.

La mayor amenaza que conlleva el arsénico para la salud humana proviene de la ingestión prolongada de agua con bajas concentraciones de arsénico inorgánico. Esa exposición puede derivar en la aparición del síndrome de hidroarsenicismo

crónico regional endémico (HACRE), que se puede manifestar como problemas cutáneos tales como melanoderma, leucoderma y/o queratosis palmo-plantar, cuya característica principal es la pigmentación de la piel y callosidades localizadas en las palmas de las manos y pies; puede producirse cáncer de piel, de vejiga, riñón y pulmón; enfermedades de los vasos sanguíneos de las piernas y pies, y posiblemente también diabetes, hipertensión arterial y trastornos reproductivos. La intoxicación por arsénico (arsenicismo) se manifiesta de forma característica a lo largo de un periodo de cinco a veinte años. Como algunos efectos de la exposición al arsénico son irreversibles, la principal medida de salud pública consiste en la prevención. Ver Figura N° 1 y Figura N° 2, distribución de arsénico en Argentina y Mendoza, respectivamente.

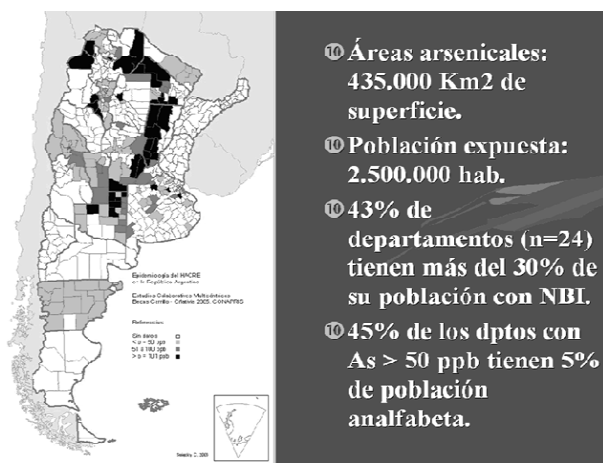


Figura 1. Mapa de riesgo de Argentina. Las áreas más oscuras son las que contienen mayor concentración de arsénico. NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas) indicador que refleja la pobreza estructural y el riesgo sanitario [CONAPRIS 2006].

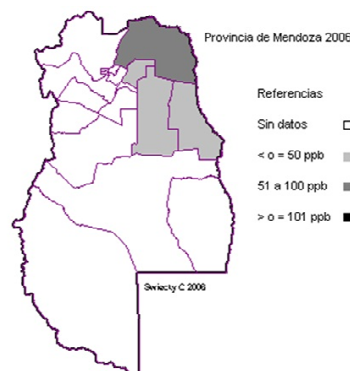


Figura 2. Mapa de la Provincia de Mendoza. Epidemiología del HACRE. Estudios colaborativos multicéntricos CONAPRIS. Las áreas sombreadas muestran los departamentos con altos contenidos de arsénico en el agua subterránea [CONAPRIS 2006].

1.2.2. Situación en Mendoza

La provincia de Mendoza se sitúa en la parte centro-oeste del país a una altura de 720 metros sobre el nivel del mar. Ocupa una superficie de 150.839 km² donde solamente existen 360000 hectáreas sistematizadas para riego. La obtención del recurso hídrico proviene fundamentalmente de la fusión anual de las nieves invernales acumuladas en la Cordillera de Los Andes, que aporta agua a los distintos arroyos que vierten al río colector, apenas iniciada la primavera. Los ríos que conforman la hidrografía mendocina son: Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, Malargüe y Colorado, formado por los ríos Grande y Barrancas. Estos ríos alimentan los oasis Norte, Centro y Sur en la provincia que ocupan algo menos del 4 % de la superficie del territorio y donde se concentra la totalidad de la población. Sobre un territorio de alta fragilidad la competencia por el uso del agua surge como uno de los principales conflictos ambientales en la interacción oasis-secano. Las áreas deprimidas del desierto ya no reciben aportes hídricos superficiales, pues los caudales de los ríos se utilizan íntegramente para el riego de la zona cultivada y el consumo de los asentamientos humanos. Por esta razón en zonas tales como la del secano de Lavalle el único suministro propio de agua es la subterránea que contiene altas concentraciones de sales, concentraciones de arsénico y carga bacteriológica mayores a la establecida por el Código Alimentario Argentino y por la Organización Mundial de Salud (OMS) [OMS 2006].

1.3. Alternativas de solución a la problemática

Existen distintas alternativas para mejorar la calidad de agua, como la osmosis inversa, la filtración, la destilación, etc. Sin embargo, no todas son fácilmente adaptables a las problemáticas del lugar. Si bien cumplen con la función de eliminar el arsénico, algunas de ellas son muy costosas para ser utilizadas en el abastecimiento del agua familiar, o bien son tecnológicamente complejas para su operación, o requieren insumos difíciles de conseguir. La adopción de estas tecnologías no sería fácil de implementar, y difícilmente serían sostenibles en el tiempo.

Para enfrentar estas dificultades es necesario desarrollar estrategias de tratamiento del agua del tipo “tecnologías de punto de uso”, las cuales realizan el tratamiento en el mismo lugar de consumo.

1.3.1. Alternativa desarrollada por este proyecto

El proceso de producción de agua fresca en la naturaleza es una destilación solar a gran escala. Las características esenciales de este proceso son: la producción de vapor sobre la superficie de lagos, ríos y mares, su transporte por medio de los vientos, el enfriamiento de la mezcla aire-vapor, la condensación y posterior precipitación en forma de lluvia. En pequeña escala, este proceso es replicado en un destilador solar de batea.

En comunidades remotas y aisladas, donde la demanda de agua potable por unidad familiar es pequeña, la instalación de acueductos no resulta económica, el aprovisionamiento a través de camiones es costoso y poco confiable, y los otros tipos de plantas potabilizadoras requieren costos de inversión muy elevados.

Por lo antes expuesto y conociendo que la disponibilidad de radiación solar es alta, se considera a la destilación solar [De Paul 1996; De Paul 2000; De Paul 2001; G.N. Tiwari *et al.* 2003] como la tecnología de punto de uso más adecuada y accesible para asegurar una provisión regular de agua para consumo humano.

Para que la alternativa antes propuesta sea utilizada eficazmente por el usuario y que este se apropie de la misma, se utiliza un modelo adaptado y mejorado del método de transferencia [Egg, E. A. 2003; Cadena *et al.*2004; Javi 2006; Buch *et al.* 2008; Stanziola *et al.*2008]. Con esto se pretende que los dispositivos no solo tengan un uso y mantenimiento prolongado en el tiempo, sino que también exista la capacidad de replicarlos.

2. OBJETIVOS GENERALES

- Abordar la provisión de agua potable en el secano de Lavalle aprovechando el recurso solar como una alternativa de solución a una problemática histórica.
- Instalar y efectuar el seguimiento de destiladores solares ubicados en puestos dispersos de la zona en estudio.

2.1 *Objetivos Particulares*

- Eliminar o reducir la cantidad de compuestos químicos y microorganismos que afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano de poblaciones dispersas en localidades del secano de Lavalle.
- Efectuar mediante la construcción de destiladores solares pruebas de distintos diseños ponderando un rendimiento eficiente, hasta encontrar un dispositivo que se adapte a las condiciones locales (físicas y de usuario).
- Formular antecedentes para generar un modelo térmico-solar de un destilador que utiliza energía renovable.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 *Estrategia de trabajo*

La propuesta de trabajo plantea como estrategia la transferencia de tecnologías solares, tomando como referencia los trabajos llevados a cabo en otras provincias con características poblacionales y climáticas comparables como Catamarca y Santiago del Estero.

Como parte de la estrategia de transferencia y para garantizar la sostenibilidad del proyecto, se plantea el trabajo conjunto y asociado a los actores históricos de la región: referentes técnicos, sociales, políticos, educativos, comunitarios en general. Este punto se considera de vital importancia, ya que en general se plantean proyectos en una región, afines en el abordaje de las problemáticas u objetivos similares, pero no articulan las actividades entre sí ni incluyen los demás actores. Esta situación en muchos casos es la principal responsable del fracaso de muchas buenas ideas y proyectos. El trabajo simultáneo, pero sin coordinación de diversos actores, lejos de mejorar las condiciones locales, muchas veces resulta ineficiente y contraproducente para la comunidad, que visualiza las desintelencias y potencia su sentido de indefensión. Por ello la propuesta apunta a la comunidad y sus problemas y también pretende implementar estrategias de trabajo que mejoren las modalidades de abordaje tradicionales.

3.2 *Diseño constructivo de destilador solar*

Es dispositivo en cuestión está construido en su mayoría con materiales de fácil acceso y que se pueden encontrar en el lugar de estudio, más otros que indefectiblemente tienen que ser adquiridos en los asentamientos urbanos cercanos. No obstante, tales materiales y procesos aplicados pueden ser reemplazados por innovaciones tecnológicas acordes al fin propuesto.

Este destilador solar está conformado por las siguientes partes principales, las cuales se explican brevemente:

- Batea contenedora: fabricada de madera de álamo y aglomerado MDF en su base. Pintada en su totalidad con barniz con protección UV. Posee unos separadores, también de madera, a lo ancho que permiten el distanciamiento de la capa aislante. Esta batea está montada sobre cuatro patas de rigidez suficiente para soportar su propio peso y posterior cantidad de agua a destilar. Tiene aproximadamente 2,2 m² de superficie.

- Capa aislante: malla conformada por paños de lana de vidrio, colocada en cinco espacios debidamente delimitados (base y separadores). La altura alcanzada por este recubrimiento es de 50 mm, lo que permite aprovechar al máximo la capacidad aislante de este elemento.

En la Figura 3 se pueden observar los elementos antes descriptos.

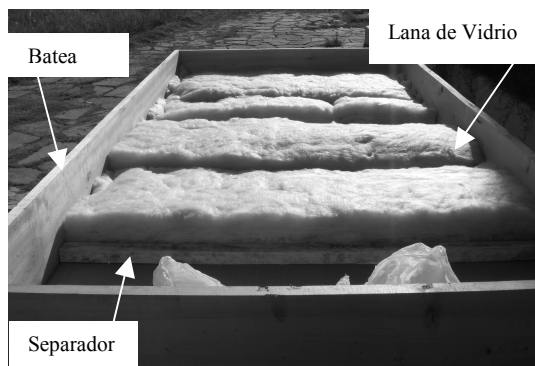


Figura 3. Elementos constituyentes de destilador solar. Batea, capa aislante y separadores.

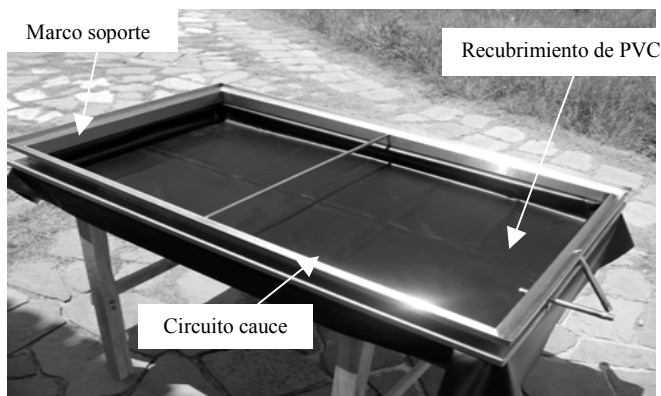


Figura 4. Elementos constituyentes de destilador solar. Marco soporte, circuito cauce de agua y recubrimiento de PVC.

- Separador general y recubrimiento de PVC: Sobre los separadores y el aislante previamente colocados, se apoya una placa de cartón prensado que cumple la función de piso del contenedor de agua propiamente dicho. A su vez todo el conjunto conformado hasta ahora es recubierto por una lona negra de PVC, que será la que estará en contacto efectivo con el líquido a desalinizar.

- Marco soporte y circuito cauce de agua: Este elemento es confeccionado en chapa de acero inoxidable, AISI 304, por lo que requiere del uso de una plegadora y cortadora de chapa. Recorre todo el perímetro de la batea, proveyendo además al dispositivo de un apoyo a las superficies transparentes a través de las cuales ingresará la energía solar. Además conforma un recorrido delimitado para el caudal de agua destilada, una vez producido el ciclo de efecto invernadero. El diseño de este soporte se realiza teniendo en cuenta las características físicas del usuario y la composición familiar de los puestos en estudio. Esto permite que el dispositivo sea seguro para el manejo de las personas encargadas de él, además deja cubiertas posibles zonas de alta temperatura, cantos vivos y bordes metálicos perjudiciales para la manipulación. Además se consideran alturas constructivas que sean cómodas para el buen desempeño y mantenimiento del equipo. En la Figura 4 se pueden observar los elementos precedentes.

- Superficies transparentes: están constituidas por cuatro vidrios comunes (incolores y transparentes) de 4 mm de espesor, con un índice de refracción de 1,52, conformando así una cúpula cerrada. Dos de ellos, de forma triangular conforman los laterales del dispositivo. Un paño de grandes dimensiones da lugar a la superficie anterior del destilador, siendo esta la cara que se orientará en dirección al sol. Luego, por la parte posterior se coloca un vidrio de dimensiones adecuadas, que da cierre a esta bóveda. Las uniones de todos los vidrios son obstruidas con sellador a base de silicona para alta temperatura.

Observando la diferencias cuantitativas de agua desalinizada por un destilador simétrico de laboratorio y consultando la bibliografía pertinente, se procedió a realizar un cambio en el diseño de la cúpula del mismo haciéndola asimétrica. El ángulo de inclinación del vidrio anterior respecto de la horizontal puede variar entre 23° y 33° dependiendo de la latitud del lugar. Este cambio acusa un aumento apreciable en el recurso hídrico desalinizado obtenido [De Paul 2001, De Paul *et al.* 2001; Franco *et al.* 2000; Rubio *et al.* 2004].

En la figura 5 se pueden observar las superficies en cuestión, como así también un panorama del dispositivo totalmente armado.

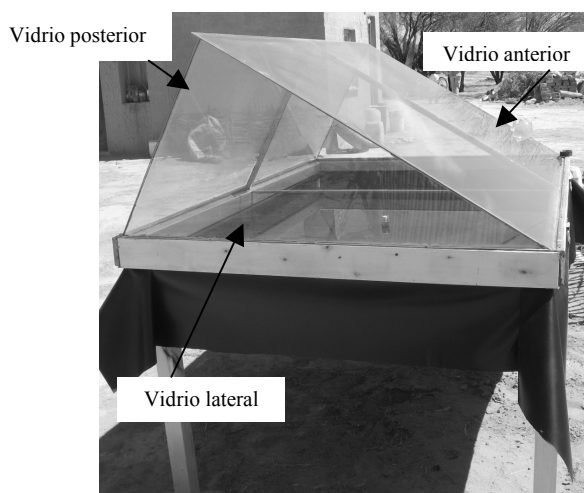


Figura 5. Elementos constituyentes de destilador solar. Vidrios

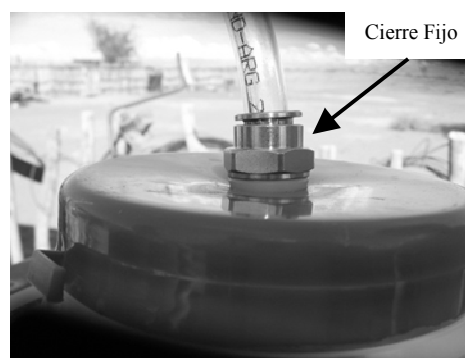


Figura 6. Elementos constituyentes de destilador solar. Descarga de agua desalinizada (recipiente acumulador), acople rápido fijo.

- Carga y Descarga de Agua: están conformadas por dos conductos debidamente direccionados que proporcionan una vía segura de ingreso y egreso del recurso hídrico. Además se ha adecuado un acople rápido a modo de cierre fijo de acceso restringido en la descarga, condicionando así a los usuarios, animales y vectores a tener contacto con los recipientes contenedores de agua desalinizada. En la figura 6 se pueden observar los detalles mencionados.

4. RESULTADOS

4.1 Observaciones técnico-constructivas y de usuario

Se observa que la modificación en la forma de la cúpula, con el consecuente cambio de inclinación de los vidrios del destilador, incide predominantemente en la obtención de agua destilada.

A continuación se expone una gráfica, con los valores de producción máxima mensual de agua destilada (Figura 7).

Los datos de irradiación solar global diaria antes presentados se obtuvieron realizando mediciones en campo en los meses centrales de cada estación del año, durante una serie de días consecutivos, variable de mes a mes debido a la disponibilidad de equipamiento y movilidad para poder llegar al punto de medición. Los restantes meses del año se han estimado tomando como base el Atlas de Energía Solar de la República Argentina [Grossi Gallegos *et al.* 2007], considerando un error relativo porcentual por defecto respecto de la fuente de datos antes mencionada. Es decir, se ha considerado como valor real al

propuesto por el Atlas y como valor medido al obtenido en campo. Esto conlleva a sobrevalorar el recurso energético en los meses de otoño e invierno y a subvalorarlo en los meses de primavera y verano.

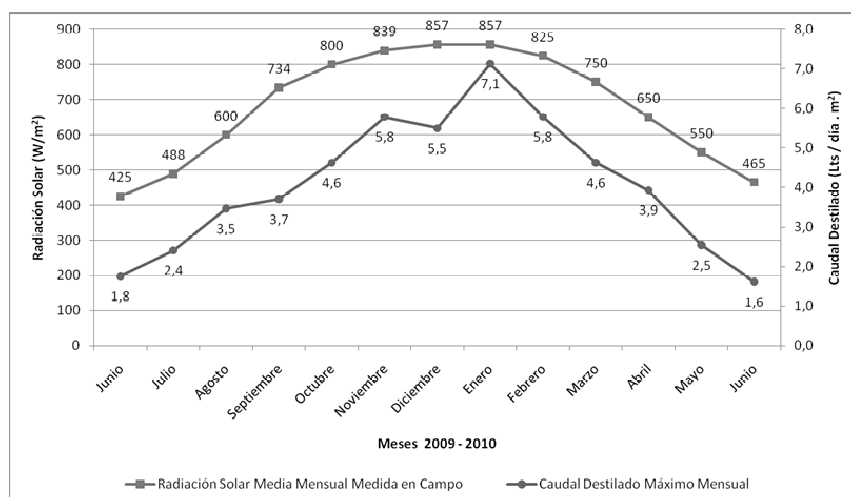


Figura 7. Producción Máxima Mensual de Destilador Solar instalado en el secano de Lavalle, Mendoza.

La producción de destilado se mantiene con una media casi estable en el tiempo, que se corresponde con las condiciones climáticas reinantes. Esto comprueba un buen comportamiento en cuanto a los aspectos constructivos del dispositivo (escasa pérdida de calor y buen escurrimiento de la gota de agua condensada).

Se valora la labor de las familias llevando el registro de la producción diaria de agua destilada, como así también, la colaboración de los mismos en cuanto al cuidado del dispositivo. Este cuidado es fruto del propio proceso de transferencia, que logra que los habitantes vean y sientan como propio un equipamiento que ayuda a suplir la falta de un recurso tan indispensable como es el agua.

4.2. Observaciones sanitarias del agua

4.2.1. Análisis físico-químicos

A continuación se presentan análisis de tipo físico-químicos realizados en el Laboratorio de Aguas de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Mendoza.

En las tablas se encuentran los valores de los análisis realizados a dos destiladores instalados en la zona en estudio. En la primera y segunda columna se muestran los valores aconsejados por la OMS y el CAA, respectivamente. Luego, en la tercera y cuarta columna, se muestran los análisis del agua extraída de la fuente de consumo y de la descarga del destilador, respectivamente.

Punto de extracción				Fuente 1	Destilador D-01
Parámetro	Unidades	Valor propuesto por OMS	Valor propuesto por CAA	Valor	Valor
pH	U. de pH	6,5 – 8	6,5 – 8,5	7,8	5,7
Conductividad específica	µS/cm			2210	15
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	mg/L			Ausencia	Ausencia
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L			374	13
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	200-300	350	145	1
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	mg/L	< 250	400	722	2
Fluoruros (F ⁻)	mg/L	1,5	0,7 – 1,2	1,1	< 0,1
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	45	3,15	0,78
Calcio (Ca)	mg/L	100-300		261	2
Magnesio (Mg)	mg/L	100-300		78	Ausencia
Sodio (Na)	mg/L	< 200		102	0.5
Potasio (K)	mg/L			16	< 0,1
Arsénico (As)	mg/L	0,01	0,05	0,031	< 0,005

Tabla 1. Análisis físico-químico destilador D-01. Fuente y agua desalinizada.

Punto de extracción				Fuente 2	Destilador D-02
Parámetro	Unidades	Valor propuesto por OMS	Valor propuesto por CAA	Valor	Valor
pH	U. de pH	6,5 – 8	6,5 – 8,5	8,0	6,4
Conductividad específica	µS/cm			20400	22
Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	mg/L			25	Ausencia

Bicarbonatos (HCO₃⁻)	mg/L			226	3,1
Cloruros (Cl⁻)	mg/L	200 – 300	350	6471	1
Sulfatos (SO₄²⁻)	mg/L	< 250	400	2659	1
Fluoruros (F⁻)	mg/L	1,5	0,7 – 1,2	1,7	< 0,1
Nitratos (NO₃⁻)	mg/L	50	45	3,81	1,24
Calcio (Ca)	mg/L	100-300		849	2
Magnesio (Mg)	mg/L	100-300		367	1
Sodio (Na)	mg/L	< 200		3725	1
Potasio (K)	mg/L			83	0,4
Arsénico (As)	mg/L	0,01	0,05	0,026	< 0,005

Tabla 2. Análisis físico-químico destilador D-02. Fuente y agua desalinizada.

Comparando los valores estandarizados por los agentes reguladores antes mencionados con los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se puede concluir:

- En ambos casos el agua extraída de las fuentes (Fuente 1 y Fuente 2), presentan un contenido de sales disueltas que sobrepasa altamente el límite permitido por la OMS para agua de consumo humano. Una vez destilada, esta agua posee una cantidad de sales disueltas totales muy inferior a las que se consumen con el agua potabilizada por plantas destinadas a tal fin. Por ello se recomienda realizar una mezcla en partes previamente determinadas, para así llevar los contenidos salinos a los niveles saludables para el cuerpo humano.
- Si bien el contenido de arsénico es menor al aconsejado por el C.A.A. (0,05 mg/l), en las dos fuentes de extracción sobrepasa el límite aconsejable por la O.M.S. (0,01 mg/l). Se puede observar que el agua destilada obtenida de ambos destiladores, contiene valores de arsénico disuelto muy inferior a los valores aconsejados por ambos entes reguladores.
- Se aprecian valores bajos del pH en el producto obtenido a la salida de los dispositivos, cercanos al límite inferior permisible.

4.2.2. Análisis bacteriológico

A continuación se presentan análisis de tipo bacteriológico realizados en el laboratorio de agua antes mencionado.

En las tablas se encuentran los valores de los análisis efectuados a un destilador instalado en la zona en estudio. En la primera columna se muestran los valores aconsejados por el CAA. Luego, en la segunda y tercera columna, se exponen los análisis del agua extraída de la fuente de consumo y de la descarga del destilador, respectivamente.

Muestra N° 1 – D-01		
Valores máx. según CAA	Agua de pozo	Agua destilada
-Bacterias mesófilas totales: 500 ufc/ml	-Cantidad de bacterias mesófilas totales: 540 ufc/ml	-Cantidad de bacterias mesófilas totales: 2560 ufc/ml
-Coliformes: 3 ufc/100 ml	-Coliformes totales, NMP: 93/100ml. -Coliformes fecales: 21/100ml	-Ausencia de coliformes totales, NMP; -Ausencia de coliformes fecales
-Pseudomonas sp: Ausencia	-Ausencia de pseudomonas aeruginosas.	-Ausencia de pseudomonas aeruginosas

Tabla N°3: Análisis bacteriológico destilador D-01. Muestra N° 1. Fuente y agua destilada.

Confrontando los análisis de agua de laboratorio (Tabla N° 3) se percibe una apreciable cantidad de microorganismos tanto en la entrada como en la salida del dispositivo. Esto se mejoró con un cambio en el diseño final de la descarga del recurso, esto se puede observar ostensiblemente en la Tabla N° 4.

Muestra N° 2 – D-01		
Valores máx. según CAA	Agua de pozo	Agua destilada
-Bacterias mesófilas totales: 500 ufc/ml	-Cantidad de bacterias mesófilas totales: 5112 ufc/ml	-Cantidad de bacterias mesófilas totales: 90 ufc/ml
-Coliformes: 3 ufc/100 ml	-Coliformes totales, NMP: 9/100ml -Ausencia de coliformes fecales	-Ausencia de coliformes totales, NMP; -Ausencia de coliformes fecales
-Pseudomonas sp: Ausencia	-Ausencia de pseudomonas aeruginosas.	-Ausencia de pseudomonas aeruginosas.

Tabla N°4: Análisis bacteriológico destilador D-01. Muestra N° 2. Fuente y agua destilada.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos anteriormente y en respuesta a una problemática histórica, se encuentra a los destiladores solares como una alternativa de base para el abastecimiento de agua apta para consumo humano en puestos dispersos e inaccesibles para la provisión del recurso.

Debido al nivel de urgencia que planteaba el problema en la zona, se trabajó en red con los técnicos que intervienen en el lugar. Los resultados obtenidos del estudio y sistematización del proceso de transferencia de destiladores solares, aportaron una solución de fondo a la problemática que plantea el secano de Lavalle.

En cuanto a la eficiencia del destilador, esta aumentó debido a los cambios de diseño realizados en base a estudios de gabinete. El destilador en su versión final obtuvo un aumento apreciable en los caudales de destilado, como así también una optimización de los materiales de construcción utilizados.

Basados en los análisis físico-químicos realizados a los dispositivos en estudio, se confirma la gran reducción y en algunos casos la eliminación de los compuestos químicos que afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano. Como consecuencia de la intensa desalinización que produce el dispositivo, se aconseja a los usuarios la mezcla del agua desalinizada con el agua de la fuente, en partes previamente determinadas.

Desde el punto de vista bacteriológico los análisis del agua destilada de la primera muestra (Tabla N°3) no resultaron como se esperaba, ya que debía eliminarse la carga biológica durante el proceso de destilación. Estudiando este problema, se dedujo que la principal causa era la manipulación inadecuada del reservorio de agua destilada, donde primaba la falta de hábitos de higiene. Esto facilitaba la transmisión de organismos vivos provenientes del manejo cotidiano del ganado caprino. Debido a esto se mejoraron algunas variables de diseño que estaban relacionadas con el uso regular de la descarga de agua por parte del usuario y se obtuvieron los resultados de la Tabla N° 4, los cuales demuestran que el agua es apta para consumo humano.

6. REFERENCIAS

- Buch, A., Hernan, T. (2008). Actos, Actores y Artefactos. Universidad Nacional de Quilmes. I.S.B.N: 789875581487. Buenos Aires, Argentina.
- Cadena, C., y otros. (2004). Transferencia de equipos que funcionan con energía solar en el departamento de Iruya. AVERMA, Vol. 8, N° 2. ISSN 0329-5184.
- Código Alimentario Argentino (CAA), (2009). Capítulo XII: Bebidas Alcohólicas, Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada. Art. 982. Argentina.
- CONAPRIS, (2006). Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico en la Rep. Argentina. Informe Final.
- De Paul I. (1996). Propuesta de Modelo de Destilador Tipo Batea. INENCO, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- De Paul, I. (2000). Contenido de agua y Productividad de un Destilador Tipo Batea a Alta Temperatura. INENCO, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- De Paul, I. (2001). Comportamiento de un destilador tipo batea con pendiente alta en las cubiertas. ASADES 5, 0329-5184.
- De Paul, I. (2001). Comparación del comportamiento térmico y producción de destiladores con distinta pendiente en las cubiertas en estado estacionario. ASADES 5, 0329-5184.
- Egg, Ezequiel Ander. (2003). Repensando la Investigación-Acción Participativa. Lumen Humanitas ISBN: 987000377X Buenos Aires, Argentina.
- Franco, J., De Paul, I. Sonia, E. (2000). Producción y comportamiento térmico en destiladores de batea con distintas pendientes en la cubierta. Primeros resultados. INENCO, Instituto UNSa-CONICET.
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007). Atlas de Radiación Solar de la República Argentina. Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-9285-36-7.
- Javi, Verónica M. (2006). Actualizaciones al concepto de tecnología apropiada. AVERMA 10, 0329-5184.
- OMS/UNICEF, (2006). Programa de Monitoreo Conjunto.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). Guía para la calidad del agua potable. Vol 1: Recomendaciones. Tercera edición. Suiza, 2006.
- Rubio, E., Fernández, J. L., Porta Gándara, M. A. (2004). Modeling thermal asymmetries in double slope solar stills. Renewable Energy 29, 895-906.
- Sonia, E., Vilte M., De Paul I., Hoyos E. (2001). Comparación de resultados en destiladores con distintas pendientes, medidas de campo. ASADES 5, 0329-5184.
- Stanziola, M.M., O.N. Zottola, M.C. Gardey Merino & A. P. Arena (2008). Apreciaciones acerca del método de transferencia de tecnologías a comunidades en riesgo. AVERMA 12, 0329-5184.
- Tiwari G. N., H.N. Singh, Rajesh Tripathi, (2003). Present status of solar distillation. Solar Energy 75, 367-373.

7. ABSTRACT

The earliest results of the technological design and the transference process of the PNUD ARG/07/G43 project are presented. The aim is to provide drinking water to disperse communities on the dry region of Lavalle (Mendoza). Other than a general problem of lack of water, high concentration of dissolved salts and arsenic, among other pollutants, are found in the available water. The amount of those contaminants that negatively affects water quality for human consumption is reduced or even eliminated through distillation with solar energy. To this aim, a model of solar distiller was designed, based on the local conditions and the needs of the dispersed settlers of Lavalle. The results obtained have shown that the distillation method used is suitable for achieving the goals not only from a chemical and bacteriological point of view, but also from the achievement of an effective process of transference.

Keywords: *renewable energies, transference, solar devices, solar distillation, arsenic, microorganisms.*