



## **Una aproximación al debate sobre estrategias de gestión para obtención de agua de calidad en la población rural de Argentina mediante el uso de energía solar**

*Mauro D. Rivera<sup>1</sup>; Argelia Combetto<sup>2</sup>; Luis A. Silva<sup>3</sup>*

### **Resumen**

Las posibilidades de disponer de energía en porciones de territorio aisladas, desde el punto de vista de su integración a redes de infraestructura de servicios públicos es, sin lugar a duda, un factor clave para la mejora de la calidad de vida de sus habitantes. La gran dispersión de la población, las grandes distancias a los centros de producción y provisión de servicios públicos, torna imperativo el desarrollo de estrategias de gestión que permitan acercar, de algún modo, beneficios inherentes a la disponibilidad de éstos.

En este contexto, el presente trabajo pretende introducir al debate sobre la obtención de agua de calidad para consumo humano, mediante el uso de tecnologías simples y de bajo costo basadas en la utilización de energía solar en Argentina. Ello permitiría contribuir a una mejora de la calidad de vida de aquellas poblaciones con bajas o nulas posibilidades de accesibilidad al agua de calidad, reduciendo el riesgo de enfermedades y generando nuevas perspectivas y redefiniendo las relaciones socio-territoriales de los beneficiarios.

**Palabras clave:** agua; energía solar; tecnologías; consumo; utilización.

### **Approach to the debate on management strategies for obtaining quality water in the rural population of Argentina through the use of solar energy**

#### **Summary**

The possibilities of having power in portions of territory isolated, from the point of view of its integration infrastructure of public services networks is, without a doubt, a key factor for the

---

<sup>1</sup> Grupo de Agua y Energía – Instituto de Geografía – UBA. Mail: [maurodrivera@yahoo.com.ar](mailto:maurodrivera@yahoo.com.ar)

<sup>2</sup> Grupo de Agua y Energía – Instituto de Geografía – UBA. Mail: [acombetto@fibertel.com.ar](mailto:acombetto@fibertel.com.ar)

<sup>3</sup> Grupo de Agua y Energía – Instituto de Geografía – UBA. Mail: [luissilva@fibertel.com.ar](mailto:luissilva@fibertel.com.ar)

improvement of the quality of life of its inhabitants. The great dispersion of the population, the distances to the centers of production and provision of public services, becomes imperative to the development of management strategies that allow approach somehow benefits inherent to the availability of the same.

In this context, this paper aims to introduce the debate on water quality for human consumption, through the use of simple technologies and low-cost based on the use of solar energy in Argentina. This would contribute to an improvement of the quality of life of those populations with low or no possibilities of access to quality water, reducing the risk of diseases and generating new perspectives and redefining the socio-territorial relationships of the beneficiaries.

**Keywords:** water, solar energy, technologies, consumption, utilization.

## **Introducción<sup>4</sup>**

Más de un tercio de la población rural de los países en desarrollo, particularmente la población rural dispersa, carece de acceso al agua en calidad y cantidad (Fundación Bariloche y Universidad de San Pablo, 2013). Problemas de salud tales como enfermedades gastrointestinales de tipo infeccioso, parásitos, dermatitis varias, distintos tipos de cáncer (piel, pulmón, riñón e hígado), problemas vasculares en extremidades, todos ellos derivados de elevados contenidos bacteriológicos y/o de arsénico en el agua, son algunas de las consecuencias de dicha situación. A pesar de ello, dichos países continúan dando un tratamiento precario o nulo a este problema, sin llegar a solucionarlo.

Ahora bien, cualquier proceso de tratamiento de agua en función de mejorar su calidad para el consumo humano (sea o no por red), requiere del uso de energía para completarse. En el escenario aquí planteado, esto se convierte en un problema pues la población dispersa carece de acceso a la energía convencional (electricidad por red y gas), además los costos de obtenerla mediante el uso de combustibles líquidos son difíciles de sostener.

---

<sup>4</sup> La metodología utilizada en el proceso de investigación y posterior realización del presente artículo fue la siguiente: búsqueda y recopilación de publicaciones de difusión académica, científica y gubernamental, mapas y datos censales.

Las diversas formas propuestas por las investigaciones para desarrollar y optimizar estos procesos en relación con la eficacia de los resultados (obtener la mayor cantidad de agua apta para consumo humano en el menor tiempo posible), involucran tecnologías basadas en el aprovechamiento de energía solar, cuya factibilidad sociocultural y económica deben ser probadas para determinar su grado de aceptación por parte de las poblaciones destinatarias.

En este contexto y para lograr equidad en el diseño y aplicación de políticas públicas sobre el tópico, es necesario generar alternativas que hagan viable la posibilidad de obtener los beneficios de acceder a agua de calidad. Una política activa de inversión pública y concientización hídrica en este sentido permitiría, no sólo una elevación progresiva de los estándares de calidad de vida de la población rural dispersa reduciendo, además, presión y costos sobre el sistema de salud, sino también un equilibrio en las tensiones de las relaciones socioterritoriales.

### **Acceso al agua y gestión socioterritorial**

Ante este panorama, resulta insoslayable plantear políticas públicas que contemplen el acceso de la población rural dispersa a agua para consumo, a partir de un abordaje integral desde el territorio. Para lo cual es relevante el concepto de *gestión de la proximidad* (Chiara, 2015), como mecanismo de interpretación y canalización de las demandas sociales en el marco de relaciones de proximidad y conectividad geográfica.

Concepto no fácil de desarrollar con la población rural que suele habitar en aglomerados rurales, concentrados en torno a pequeños caseríos, mientras que el resto se distribuye en *puestos* aislados, según un patrón disperso. Alrededor del puesto se organizan las actividades productivas de estas unidades domésticas dedicadas fundamentalmente a la cría de ganado menor y/o agricultura en pequeña escala. La producción se destina en buena medida al autoconsumo, aunque una parte de lo producido puede colocarse en el mercado.

Estos son llamados espacios invisibles, espacios periféricos ya que no se encuentran entre las áreas de desarrollo prioritarias (Montaña, E. et al, 2005)

Ante las dificultades de acceder, frecuentemente, de manera directa a muchos hogares de pobladores rurales dispersos, adquieren importancia vital las escuelas rurales, los centros de salud como nodos de una red territorial que aproxime las políticas públicas a este sector de la

población y contribuya a construir gestión con el objetivo de ofrecer soluciones a sus necesidades.

Es en esta instancia donde se incorpora un segundo concepto: *participación ciudadana* (Academias Nacionales de Ingeniería, Ciencias Económicas y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2010). La participación ciudadana permite mejorar la eficacia con que las sociedades humanas dan respuesta a los retos del medio ambiente y la sostenibilidad, interviniendo en las cuestiones endógenas de cada comunidad dependiendo del caso.

La intervención de la población permite, en primer lugar, realizar mejores diagnósticos de los problemas existentes, generar un conjunto más amplio de alternativas para resolver los retos planteados y movilizar los recursos, humanos y materiales, con que cuentan diversos actores sociales, para procurar un mejor proceso de construcción de gestión socioterritorial. Motivo por el cual define a la población rural como actor relevante en la adquisición de conocimientos sobre el funcionamiento y mantenimiento de las tecnologías para el mejoramiento de la calidad del agua. En este contexto surge, entonces, la necesidad de administrar y gestionar adecuadamente el acceso al recurso hídrico para mejorar su calidad. La participación ciudadana se refuerza con la noción de identidad, entendida como un conjunto de valores compartidos, a través de los cuales la realidad es percibida en términos de prioridades, de secuencias de acción a diferentes niveles y de objetivos en la vida. Este sentido de pertenencia resulta relevante entre la población rural dispersa, ya que permite afianzar lazos, manifestar problemáticas e inquietudes comunes entre los mismos.

En sitios donde se extrae el agua a través de pozos o aguas superficiales de uso comunal, se conforman comités o cooperativas de agua. Como ejemplo de organización participativa, se presenta la región de Tiquipaya-Colcapirhua en Bolivia (Villarreal, 2004), donde la gestión del agua está organizada de este modo.

En dicha región boliviana, las principales fuentes de los comités son los pozos. En el caso de pozos la organización que se encarga de la perforación adquiere automáticamente derechos sobre dicha fuente. En el caso de aguas superficiales se deben tener convenios claramente establecidos con otros usuarios.

Además, el hecho de formar parte de una organización otorga el derecho de participar en una serie de decisiones que se toman colectivamente, pero también otorga el derecho de decidir en forma individual o familiar en algunos aspectos.

En materia de gestión del agua para consumo, se destacan como derechos colectivos el acceso al agua de la fuente y decidir sobre la infraestructura y la gestión del sistema. Mientras que como derechos individuales, destacan el uso del agua para consumo en el hogar, ser elegido y tener responsabilidades en la organización.

### **Estado y participación comunitaria**

Con el objeto de realizar una efectiva realización de políticas públicas de alcance provincial, es necesario el abordaje de los conceptos de *descentralización* y *desconcentración*.

Existen diversos enfoques vinculados al concepto de *descentralización*. Entre ellos destaca el propio de los regionalistas o localistas, quienes la consideran como un medio para el desarrollo endógeno, una alternativa de democratización, una mayor transparencia en la gestión regional y local y en la participación social (Escobar, 2004).

Otro enfoque es de quienes la conciben como un medio para una democratización popular motorizada desde las comunidades locales. O incluso aquellos que la observan como un medio para la reestructuración capitalista.

No obstante, operativamente se entiende el concepto de descentralización como la transferencia de poder a niveles inferiores dentro de una jerarquía o transferencias de competencias a gobiernos subnacionales (descentralización territorial o política).

Para que sea efectivamente democratizante la tendencia hacia la descentralización político-administrativa de la gestión estatal, deben darse ciertas condiciones. Por un lado, una participación real de la ciudadanía en la gestión de la administración local. Por otro lado, una dotación, a dicha administración, de los recursos necesarios y capacidades para afrontar las demandas de la población.

La descentralización supone un achicamiento del Estado nacional y una correlativa expansión de los estados locales que asumen funciones descentralizadas, a lo cual debe agregarse por lo general una mayor presencia de la sociedad local en los procesos de decisión, gestión o control vinculados con estas funciones (Oszlack, 1994 citado en Poggiese et al, 1999).

El concepto de *desconcentración*, por su parte, refiere al traspaso de capacidades para la toma de decisiones en forma exclusiva y de modo permanente, desde un nivel determinado de la

estructura administrativa (provincial o local) hacia otro de nivel inferior, dentro de la propia organización (comités, unidades, etc.).

Existe un tercer concepto que se relaciona directamente con los anteriores, el de *equidad territorial*. Esta promueve mayor equilibrio en la distribución de la población, mediante la instrumentación de subsidios a zonas vulnerables, corrigiendo las economías de escala de muchos servicios sociales en perjuicio de las zonas rurales.

Es relevante una política de equidad territorial cuando realiza el recorte de la unidad territorial en la que se basará. La selección de la misma determinará en gran medida la complejidad de los mecanismos y volúmenes de traspaso de recursos (Poggiere et al, 1999).

En sintonía con los conceptos anteriores, se proponen las *políticas de focalización* como mecanismos de asignación de recursos económicos para combatir la pobreza, entendidas como un principio de eficiencia en la distribución de los recursos.

Además del rol fundamental que debe cumplir el Estado como regulador y decisor de políticas públicas, su accionar no sería completo sin la participación ciudadana, concepto desarrollado con anterioridad en el presente artículo.

### **Servicios, Invisibilidad y Exclusión**

Una forma de superar las inequidades y atender las necesidades más urgentes desde las políticas públicas han sido los sistemas de protección social de los que se reconocen al menos dos enfoques: uno centrado en la superación de la pobreza y otro con énfasis en el capital humano y el desarrollo sostenible y equitativo (Hernández Bello y Gutiérrez Bonilla, 2010).

El primer enfoque incluye el concepto de Protección Social en el término más amplio de Manejo Social del Riesgo. Este ideario del Banco Mundial tiene como blanco las causas de la pobreza y la vulnerabilidad y la inclusión social de los pobres, y en su definición se justifica como una ampliación de la protección social tradicional en tanto que, además de proteger la subsistencia básica, promueve la disposición a asumir riesgos como mecanismo para superar la pobreza, haciendo de la protección social un complemento del mercado en materia de bienestar.

Un enfoque distinto de las dimensiones y funciones de la protección social es el de la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Internacional de Trabajo, que se

nutre del ideario universalista y de derechos humanos y tiene como objetivo garantizar protección social universal en salud superando la exclusión y reduciendo o eliminando inequidades. Para ello propone intervenciones públicas en rectoría, aseguramiento, financiamiento y provisión de servicios encaminadas a garantizar el acceso y la dignidad de la atención, proteger la seguridad financiera de los hogares y lograr su efectiva participación en las decisiones.

Se destaca que la exclusión no sólo depende de las relaciones entre oferta y demanda o de las relaciones de redistribución, sino también de factores culturales, simbólicos y de poder que tienen implicaciones normativas, institucionales y de gobierno sobre prácticas de inclusión-exclusión, asignación de recursos, estratificación de individuos y grupos para acceder a los recursos y reconocimiento o desconocimiento de la autonomía, entre otras.

### **El escenario local**

En Argentina el Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 revela que el 16% de la población del país (unos 6.400.000 habitantes) no cuentan con acceso a agua proveniente de red pública. En febrero de 2016 el Gobierno Nacional presentó el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento. En él se proponen las bases para el desarrollo del sector con el objetivo de alcanzar para 2019 niveles de cobertura de agua potable del 100% de la población urbana de nuestro país. De manera que sólo quedaría sin abastecer la población rural.

La población rural es de 3.599.764 habitantes, de los cuales 1.307.701 viven en centros rurales (de menos de 2000 habitantes), que tienen una cobertura de agua promedio del 85%. No obstante, algunas de estas localidades se abastecen con fuentes de mala calidad. Los servicios están a cargo de operadores comunitarios y cooperativas, que como bien señala el Plan Nacional,

Ello identifica un déficit institucional debido a que las provincias carecen de organismos, o estos tienen capacidad insuficiente para asistir a pequeños operadores. En consecuencia, deben recurrir al prestador provincial que no puede incorporar estas tareas a sus costos (Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2016, p. 20).

A lo que se agrega:

Las intervenciones en la población rural dispersa admiten otras soluciones tecnológicas que garanticen agua y saneamiento seguro y en los pequeños centros deben evaluarse

soluciones adaptadas a las situaciones que se presentan (Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, 2016, p. 23).

La población rural dispersa es de 2.292.063 habitantes, cifra que equivale al 5,71% de la población total del país (Censo Nacional de Población y Vivienda, 2010). Esta población queda fuera del alcance del Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento impulsado por la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, que limita la expansión del servicio a las zonas urbanas (Hernández Bello y Gutiérrez Bonilla, 2010). Ello implica una exclusión, realizada por el propio Estado, del beneficio de mejoramiento de la salubridad pública asociado a la provisión de agua de calidad.

Como ejemplo de lo complejo que significa resolver la problemática que presentan las áreas rurales que carecen de agua de calidad en nuestro país, resulta relevante destacar la configuración espacial de un amplio sector de los territorios ubicados en las regiones del noroeste y cuyo. Dichos territorios se caracterizan por ser espacios de secano, integrados a partir de su funcional subordinación, sin posibilidades de implementar sistemas de riego artificial y amparados en prácticas ganaderas y agrícolas de subsistencia. La mayoría consisten en ámbitos degradados desde el punto de vista de los recursos naturales que albergan una población que vive al límite de sus condiciones de subsistencia y reproducción.

El recurso hídrico disponible suele ser escaso y generalmente no apto para consumo humano, según los estándares. Los pequeños cursos, como así también los ojos de agua y otros cuerpos lenticulares de diversas dimensiones con poco o nulo drenaje, son utilizados tanto por la fauna silvestre como por el ganado y las personas con el consecuente impacto en la salud de la población.

En dichas regiones pueden llegar a obtener agua subterránea para consumo, pero mayormente no poseen los recursos económicos para solventar las inversiones en pozos para la extracción del agua. Sumado a esto, la presencia de arsénico y sus consecuencias negativas en una vasta región del país, impone otra dificultad para el consumo adecuado. La región afectada es una de las más extensas del mundo y comprende parte de las provincias de Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, San Juan y Mendoza.

El origen de la contaminación natural con arsénico en las aguas subterráneas se debe a la actividad volcánica de la cordillera de Los Andes. Los acuíferos arseníferos están formados



por una secuencia sedimentaria con predominio de loess de edad cuaternaria. El contenido de arsénico afecta tanto al agua para consumo humano como a las actividades agro-ganaderas asociadas a pobladores que no suelen tener acceso a agua de red provista de tratamientos tecnológicos previos de abatimiento de este mineral (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2009).

No solo los pobladores rurales de zonas áridas y semiáridas de la Argentina poseen serias limitaciones en el acceso al agua de calidad para consumo, sino también aquellos que habitan en zonas húmedas o subhúmedas, donde suele haber acceso a cursos hídricos superficiales, pero con la presencia de elementos contaminantes de origen industrial, agroganadero o domiciliario que no pueden ser eliminados si no son sometidos a procesos físicos y/o químicos.

En este sentido, las políticas públicas (nacionales y locales) de provisión de agua apta para consumo humano no consideran este hecho, quedando entonces desatendida una parte de la población, tornándola invisible a los ojos del Estado y aumentando así su grado de vulnerabilidad.

Según el Censo 2010, existen diversas formas de abastecimiento de agua para beber y cocinar. Las mismas son: Red pública (agua corriente); Perforación con bomba a motor; Perforación con bomba manual; Pozo; Transporte por cisterna; Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia.

Es importante aclarar que el Censo no distingue entre población urbana y rural, sino que las agrupa en cada categoría. Es por ello, que se observará una diferencia entre el número total de pobladores rurales dispersos aportados por el Censo 2010 y el provisto en el Cuadro 1. De las 6 categorías definidas, se considera arbitrariamente que la PRD sólo puede acceder al abastecimiento de agua mediante: Perforación con bomba manual, pozo, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia. Las otras categorías no son de acceso a esta población por encontrarse alejados de la red pública, del servicio de energía eléctrica y de aglomerados rurales o localidades urbanas donde accede el transporte por cisterna.

Su número total asciende a 1.590.177 habitantes, distribuidos de la siguiente forma:

**Cuadro 1.** Población Rural Dispersa (sin acceso a agua potable)

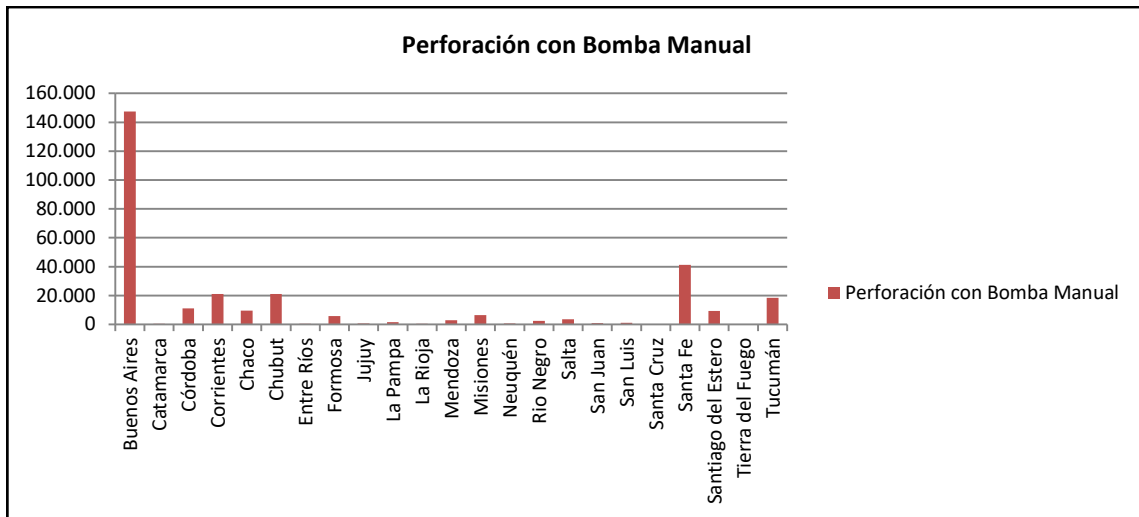
Provincia	Perforación con Bomba Manual	Pozo	Agua de lluvia, río, canal, arroyo o	Total por provincia

			acequia	
Buenos Aires	147.491	262.566	18.790	428.847
Catamarca	358	4.248	6.486	11.092
Córdoba	11.075	49.676	21.733	82.484
Corrientes	21.114	35.697	5.550	62.361
Chaco	9.567	108.779	50.507	168.853
Chubut	21.114	3.542	4.180	28.836
Entre Ríos	497	21.371	2.973	24.841
Formosa	5.729	11.250	44.366	61.345
Jujuy	598	5.459	11.080	17.137
La Pampa	1.429	2.651	1.002	5.082
La Rioja	457	1.879	3.332	5.668
Mendoza	2.780	54.347	12.843	69.970
Misiones	6.302	193.223	34.005	233.530
Neuquén	572	6.468	10.363	17.403
Rio Negro	2.337	6.956	8.050	17.343
Salta	3.593	13.730	26.791	44.114
San Juan	851	9.063	7.454	17.368
San Luis	1.060	4.679	4.366	10.105
Santa Cruz	182	1.488	779	2.449
Santa Fe	41.302	30.032	10.986	82.320
Santiago del Estero	9.248	55.306	63.860	128.414
Tierra del Fuego	40	145	2.240	2.425
Tucumán	18.361	39.005	10.824	68.190
TOTAL	306.057	921.560	362.560	1.590.177

Fuente: INDEC (Censo 2010).

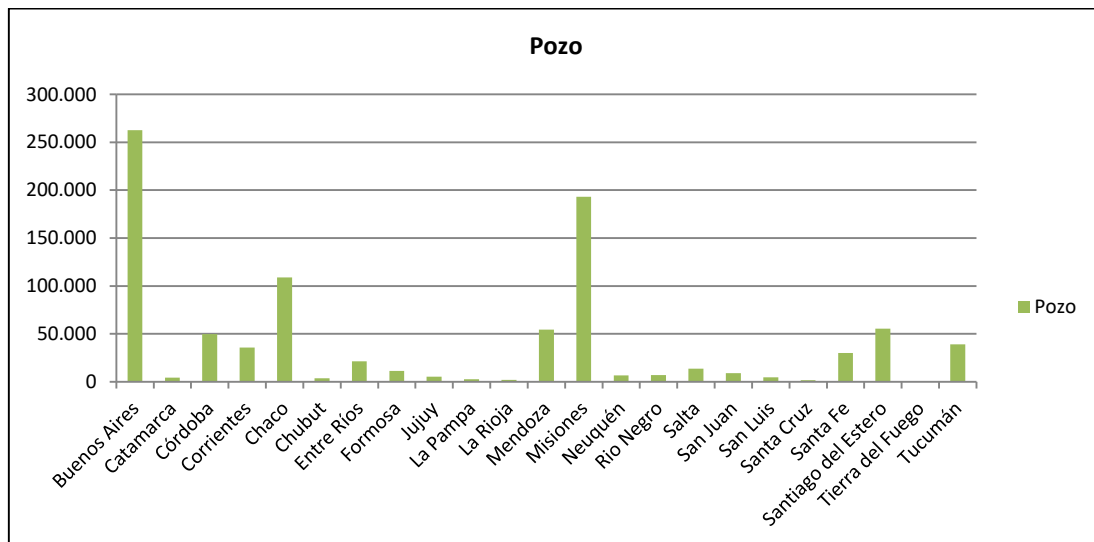
A continuación, se presentan desglosadas en gráficos individuales las cifras correspondientes a cada categoría por provincia:

**Gráfico 1:** Población Rural Dispersa provista de agua mediante Perforación con Bomba Manual



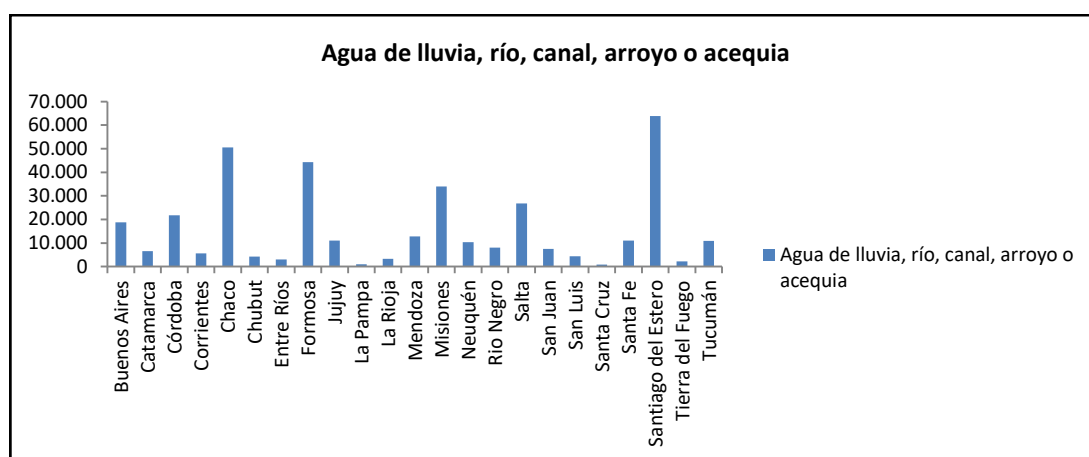
Fuente: elaboración propia en base a Censo Nacional de Población 2010 (INDEC)

**Gráfico 2.** Población Rural Dispersa provista de agua mediante Pozo



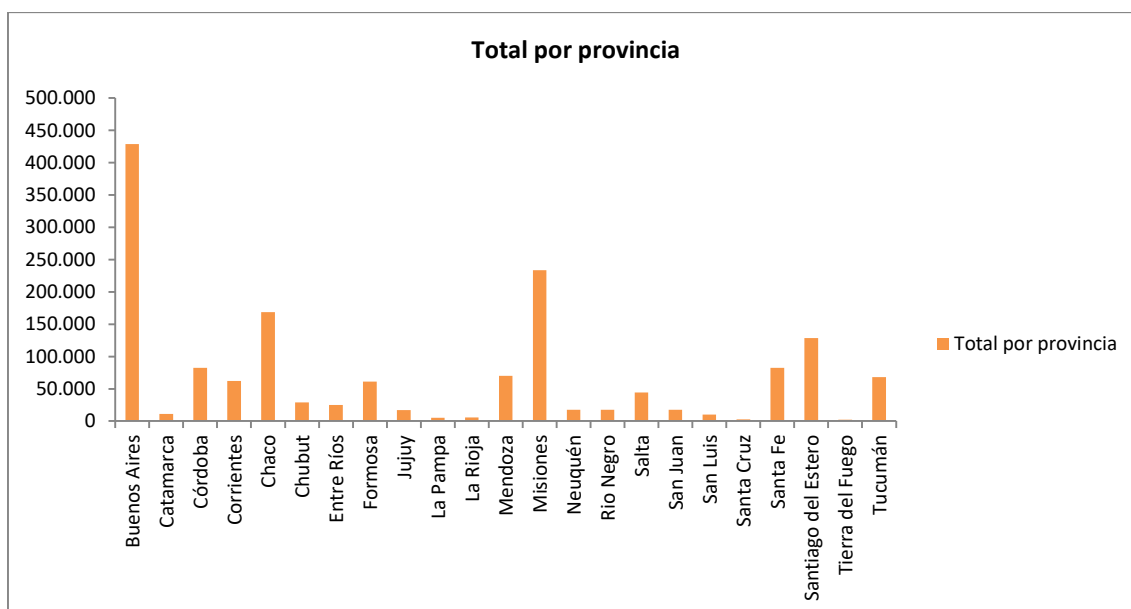
Fuente: elaboración propia en base a Censo Nacional de Población 2010 (INDEC)

**Gráfico 3.** Población Rural Dispersa provista de agua mediante Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia



**Fuente:** elaboración propia en base a Censo Nacional de Población 2010 (INDEC)

**Gráfico 4.** Población Rural Dispersa provista de agua mediante las fuentes citadas. Total por Provincia



**Fuente:** elaboración propia en base a Censo Nacional de Población 2010 (INDEC)

A pesar de las dificultades con que cuenta buena parte de la población rural de nuestro país para acceder a agua de calidad mediante el uso de sistemas convencionales de extracción, es importante destacar las buenas condiciones de radiación solar (heliofanía) fundamentalmente en las regiones del noroeste, cuyo y centro de la Argentina, que se ven plasmadas en los siguientes mapas:

**Mapa 1.** Distribución espacial del promedio de la heliofanía efectiva (horas de brillo solar) correspondiente al mes de enero.



**Fuente:** “Atlas de energía solar de la República Argentina”, Grupo de Estudios de la Radiación Solar de la Universidad Nacional de Luján.

**Mapa 2.** Distribución espacial del promedio de la heliofanía efectiva (horas de brillo solar)

correspondiente al mes de julio.



**Fuente:** “Atlas de energía solar de la República Argentina”, Grupo de Estudios de la Radiación Solar de la Universidad Nacional de Luján.

A continuación, se presenta la metodología implementada para la confección de los mapas citados.

El Servicio Meteorológico Nacional cuenta en su Banco de Datos con información proveniente de 197 estaciones en las cuales se ha medido la heliofanía diaria. Con la intención de tratar de mejorar la resolución espacial de las cartas mencionadas se encaró el análisis de la distribución de la heliofanía, tanto efectiva cuanto relativa, utilizando técnicas geoestadísticas (“kriging”) para interpolar sus valores medios mensuales.

Para zonas de nuestro país que presentan condiciones de altitud, el proceso de kriging se realizó sobre los datos de heliofanía relativa con el objeto de remover las tendencias asociadas con la variación de la duración del día con la latitud y el mes, las que fueron luego adicionadas para obtener como resultado final los mapas de heliofanía efectiva.

Los mapas obtenidos pueden considerarse como una adecuada representación de la distribución de la heliofanía efectiva en Argentina a lo largo de los meses analizados, representando una valiosa información debido a lo extenso de las series temporales analizadas.

De los mapas se observa que durante el mes de enero (verano en el hemisferio sur) una amplia superficie del centro y cuyo de la Argentina presentan entre 9 y 10 horas de brillo solar diario; mientras que durante el mes de julio (invierno en el hemisferio sur) es la región del noroeste la que presenta entre 8 y 9 horas de brillo solar diario.

Esto se convierte en un elemento clave a considerar para la aplicación de tecnologías basadas en el uso de energía solar para el mejoramiento de agua para consumo humano. La presencia de buenas condiciones de radiación solar en las zonas citadas con anterioridad, posiciona favorablemente a las mismas al momento de decidir la utilización de una fuente renovable como la solar.

### **La energía solar como herramienta**

Muchas comunidades rurales no cuentan con los recursos económicos para instalar un sistema convencional de potabilización de agua, ya que estos métodos implican sistemas de filtrado que de antemano requieren una alta inversión en instalación y mantenimiento, pero es posible que algunas comunidades puedan instalar un sistema con energía solar que comparativamente con otros métodos es eficiente y puede resultar más económico para comunidades de bajos recursos (Castrillón Forero e Hincapié Zuluaga, 2012).

El acceso a agua de calidad mediante la utilización de tecnologías que funcionen con energía solar, se destaca como una alternativa que muchas comunidades han implementado desde la antigüedad, y para ello utilizan el principio de transformación del agua en la naturaleza (ciclo del agua) aplicándolo a sistemas pequeños donde se aprovechan cambios de temperatura para

hacer cambiar el agua de fase y limpiarla de sus contaminantes más pesados, por ejemplo las sales disueltas en aguas salinas o elementos que enturbian las aguas como minerales disueltos.

Estas prácticas son posibles de realizar utilizando los llamados colectores solares. Se tratan de dispositivos que aprovechan la energía proveniente del sol en un área de captación expuesta a la radiación y que transfieren dicha radiación a un fluido que se necesita calentar, en este caso hasta la temperatura necesaria para potabilizar agua.

Un análisis de los contaminantes existentes en el agua permite saber qué temperaturas se le debe aplicar para lograr la eliminación total de microorganismos. El principio de funcionamiento de estos equipos es que las altas temperaturas tienen un marcado efecto sobre todos los microorganismos; las células vegetativas mueren debido a la desnaturalización de las proteínas y la hidrólisis de otros componentes. En el agua, si bien hay algunas bacterias con capacidad de generar esporas, lo que significa que genera resistencia a las altas temperaturas, para la gran mayoría de las bacterias puede afirmarse que mueren entre los 40° C y los 100° C, mientras que las algas, protozoarios y hongos lo hacen entre los 40° C y los 60° C lo que permite que los sistemas solares sean capaces de limpiar el agua de dichos contaminantes (Castrillón Forero e Hincapié Zuluaga, 2012).

### **Desarrollos tecnológicos que funcionan mediante el uso de energía solar**

Existen en el mundo variados casos de desarrollos de tecnologías para el mejoramiento de agua para consumo humano que funcionan mediante energía solar. Instituciones académicas, organismos gubernamentales y no gubernamentales, empresas, vienen trabajando en diversas alternativas que logren adaptarse a las necesidades de pobladores de todo el planeta que no tengan acceso a sistemas convencionales de agua de calidad ni a red eléctrica, y tengan que recurrir a otras tecnologías para mejorar y posteriormente consumir agua sin tratamiento previo.

Entre este tipo de tecnologías destacaremos, según su escala, algunas de aplicación domiciliaria y otras de aplicación comunitaria. Las mismas se desarrollan a continuación:

1. Método SODIS o Desinfección Solar del Agua (Fundación SODIS, 2003): la Desinfección Solar del Agua (SODIS) es una solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel



doméstico, en lugares en los que la población consume agua cruda y microbiológicamente contaminada. El método SODIS usa la energía solar para destruir los microorganismos patógenos que causan enfermedades transmitidas por el agua y de esa manera mejora la calidad del agua utilizada para el consumo humano. Los microorganismos patógenos son vulnerables a dos efectos de la luz solar: la radiación en el espectro de luz UV-A (longitud de onda 320-400nm) y el calor (incremento en la temperatura del agua). Se produce una sinergia entre estos dos efectos, ya que el efecto combinado de ambos es mucho mayor que la suma de cada uno de ellos independientemente. Esto implica que la mortalidad de los microorganismos se incrementa cuando están expuestos a la temperatura elevada y a la luz UV-A simultáneamente. SODIS es ideal para desinfectar pequeñas cantidades de agua con baja turbiedad. Se llena el agua contaminada en botellas de plástico transparente, las cuales se exponen a la luz solar durante seis horas. La exposición al sol destruye los patógenos. Cuando la nubosidad es mayor de 50%, es necesario exponer las botellas de plástico durante 2 días consecutivos para obtener agua segura para el consumo humano. Sin embargo, si la temperatura del agua supera los 50°C, una hora de exposición es suficiente para obtener agua segura. Es posible mejorar la eficacia del tratamiento si las botellas de plástico se exponen a la luz solar mediante superficies reflectoras como calaminas de aluminio o fierro corrugado.

2. Pabellón suizo de agua (Fundación Waterkiosk, 2019): tecnología SoWaDis (su nombre original por proceder del Instituto Suizo de Tecnología Solar) y significa “Desinfección solar con agua”. Esta tecnología de tratamiento de agua se basa, así como la ebullición del agua, en una desinfección térmica. El sistema SoWaDis es una técnica que se adapta para “escuelas de agua segura”, “hospitales de agua segura” y “aldeas de agua segura”. Este sistema funciona en un 100% con energía solar y operación convencional. A diferencia de otras tecnologías, el sistema no requiere bombas, no agrega cloro, no reemplaza las lámparas UV y no requiere una limpieza costosa de los filtros. Una unidad producida SoWaDis - dependiendo de la ubicación y uso – genera hasta 600 litros de agua de calidad por día. Con un concepto modular, se puede lograr una mayor producción diaria. Por otra parte, es escalable, es decir que la simple combinación de varias unidades SoWaDis significa que se pueden proporcionar grandes cantidades de agua de calidad limpia sin esfuerzo. SoWaDis desinfecta el agua contaminada microbiológicamente a través del calor. Esta es una de las formas más seguras y efectivas de desinfección del agua. La válvula controlada

térmicamente del sistema y el tiempo de residencia del agua caliente relacionado con el diseño garantizan una limpieza adecuada.

3. Destiladores solares de tipo invernadero (García Pérez et al, 2010): Una tecnología emergente es la destilación solar, la cual puede eliminar sales, bacterias, metales pesados, organismos patógenos, así como pesticidas. Sin embargo, esta tecnología está limitada a la producción de pequeñas cantidades de agua para consumo humano, obteniendo de un destilador con un área superficial de 2 m<sup>2</sup> de 15 a 20 litros diarios dependiendo de la época del año, la incidencia de la radiación solar, velocidad del viento, temperatura ambiental, entre otros; razón por la cual actualmente es utilizada principalmente en comunidades rurales pequeñas. El sistema utilizado para la destilación solar consiste normalmente en: una base metálica que además de contener el agua contaminada, capta la radiación solar, la cual es colocada en una caja trapezoidal, comúnmente de madera, cubierta con un vidrio para retener la energía térmica solar dentro de ella, debido al efecto invernadero se logra el aumento de la temperatura del agua contaminada provocando que ésta llegue a evaporarse, produciendo un incremento de presión dentro de éste. Sin embargo, debido al equilibrio de fases ésta no podrá condensarse en la superficie interna del vidrio de cubierta, razón por la cual se requiere una diferencia de temperaturas entre la cubierta interna y externa del vidrio para lograr un desequilibrio. El interés existente en destiladores solares convencionales se ha debido a la simplicidad de su diseño, construcción y bajos costos de operación y mantenimiento, principalmente en áreas remotas sin suministro eléctrico. Existen diversos tipos de destiladores, entre ellos los siguientes (Enciclopedia Cubana en la Red, 2019): Destilador solar de dos vertientes: Este modelo consta de un “tejado” a dos aguas de material transparente. Las gotas de agua que se han condensado en el panel transparente se deslizan por los lados y precipitan a un depósito situado bajo la bandeja donde se dispone el agua para destilar. Desde el depósito de almacenamiento se extrae el agua por medio de un grifo.  
Destilador solar de invernadero: Este es un modelo de destilador solar de gran tamaño. Se trata de estructuras de invernadero. En esencia es el mismo modelo que el destilador solar de dos vertientes, pero de grandes proporciones.
4. Calentador Solar (Márquez Bravo, 1998): El calentador solar comercial que se utiliza para desinfectar agua no difiere de los calentadores que se ven en muchos techos de viviendas y que se usan para calentar agua para la cocina o la ducha. Está compuesto por un colector que es una caja con marco de aluminio y cubierta de vidrio. El colector

contiene tubos de cobre, pintados de negro, soldados a dos tubos cabezales y que almacenan el agua en proceso de calentamiento. Este colector está conectado, por medio de tubos del mismo material, a un tanque-termo de plástico y fibra de vidrio, aislado con espuma de poliuretano para almacenamiento del efluente tratado. Algunos de estos tanques están divididos para permitir el intercambio de calor entre el agua fría que entra y el agua caliente que sale. El principio de funcionamiento de estos sistemas es conocido como circuito convectivo o calentador solar pasivo, donde el calor de la radiación solar es absorbido por los tubos negros, lo que incrementa la temperatura del agua dentro del colector y produce una consecuente disminución de la densidad de ésta. En estas condiciones, la columna de agua fría en la tubería de retorno al colector ya no queda equilibrada por la columna de agua caliente menos densa, por lo que la gravedad origina que la primera baje y desplace a la última hacia el tanque que está más arriba. Esta circulación natural, conocida como “termosifón”, continúa mientras exista suficiente calor para aumentar la temperatura del agua y la fuerza de empuje resultante pueda vencer la caída de presión en el sistema. Cuando un calentador solar se utiliza con fines de desinfección, la eficiencia depende directamente de la temperatura que alcance para llevar a cabo el proceso de pasteurización. Los equipos convencionales familiares pueden producir unos 15 litros y los equipos mayores hasta 1 m<sup>3</sup> de agua después de tres a cuatro horas de operación al mediodía.

### **Reflexiones Finales**

Históricamente, la Argentina ha padecido el problema de la centralidad estatal con base en su Capital Federal, hoy Ciudad Autónoma de Buenos Aires. A lo largo de los años, muchas decisiones sobre políticas públicas provinciales han surgido del poder central del estado nacional, sin contemplar en reiteradas ocasiones las verdaderas necesidades de las poblaciones locales afectadas.

Dentro de este contexto, los estados provinciales muchas veces han quedado al margen y al desamparo en materia de políticas de bien público. Particularmente, la población rural dispersa es un conjunto poblacional que ha sido postergado históricamente por sus condiciones de dispersión y baja homogeneidad territorial.

Es aquí donde debe ponerse el eje en materia de desarrollo de políticas locales para atender las inequidades que sufre esta población en materia de acceso a servicios básicos (energía eléctrica, agua de calidad, saneamiento).

Se debe poner énfasis en políticas de descentralización. En la Argentina, éstas son desarrolladas por los Gobiernos Provinciales, Departamentales y Municipales. En el interior del país, los funcionarios locales (intendentes, delegados municipales, etc.), juegan un rol fundamental debido a la relevancia de sus vínculos más directos y cotidianos con la población del lugar.

Ello es así debido a que la población rural dispersa en Argentina tiende a reunirse en sitios de referencia (escuelas, capillas, centros de salud) y existen lazos de cohesión por poseer intereses comunes, pudiendo materializarse en grupos organizados.

En relación con la descentralización, se plantea el concepto de equidad territorial, fundamental para lograr equidad en la distribución de los recursos. Esto resultará efectivo siempre y cuando no primen intereses o conveniencias políticas a nivel provincial, como por ejemplo que algunos departamentos e intendencias sean beneficiados por obedecer al mismo color político de la gobernación de turno.

Luego de lo desarrollado hasta aquí, ¿es posible la presencia de un estado local que asista a la población rural dispersa con políticas de resolución de conflictos de necesidades básicas como lo es el acceso a agua de calidad para consumo humano? ¿Cómo evitar que dicha población quede excluida de la agenda de políticas públicas? ¿Qué lineamientos pueden adoptarse para la superación de las dificultades más urgentes que se presentan en el territorio?

Se deben tomar plenamente en cuenta las oportunidades y el beneficio que aportan los avances científicos y tecnológicos que ofrecen la posibilidad de mejorar la calidad de vida de este sector de la ciudadanía, aportando simultáneamente soluciones de orden social, mediante la participación de varios actores involucrados tales como la sociedad civil (beneficiarios directos), ONG's<sup>5</sup> y administraciones locales (municipios), razón por la cual la solución pasa por un proceso de aceptación de procedimientos de innovación, organización en torno a los mismos y capacitación para su uso, por parte de dichos actores.

La posibilidad de lograr los beneficios saludables, ambientales y socioeconómicos derivados de lo propuesto se podría basar en:

---

<sup>5</sup> Es de destacar el rol de algunas ONG's que han tratado de introducir tecnologías para mejorar la calidad de agua de las poblaciones rurales, tales como: Ingeniería sin Fronteras, Movimiento Agua y Juventud en la provincia de Santiago del Estero, y Fundación Eco Andina en la Puna.

- el nivel de gobernabilidad de la administración pública con competencia en el tema; la realidad concreta de cada comunidad donde será ejecutado y sus expectativas a futuro; las diversas alternativas que surgen de la adaptación de lecciones aprendidas tanto a través de experiencias en nuestro país como de casos relevantes internacionales;
- la activa participación de la comunidad en el proceso de diseño del sistema a fin de asegurar el conocimiento de la totalidad de los impactos potenciales de su ejecución;
- adoptar las decisiones sobre las modalidades posibles de las diversas alternativas sobre la base de parámetros no sólo técnicos sino también de equidad y justicia.

## **Bibliografía**

Academias Nacionales de Ingeniería, Ciencias Económicas y Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (2010) “La cuestión del agua: consideraciones sobre el estado de situación de los recursos hídricos de la Argentina”. Buenos Aires.

BRUNIARD, E. (1982) “La diagonal árida argentina: un límite climático real”. Revista Geográfica N° 95, pp. 5-20.

CASTRILLÓN FORERO, J.; HINCAPIÉ ZULUAGA, D. (2012) "Potabilizar agua con energía solar, una alternativa para las comunidades más alejadas de los centros urbanos". Revista Trilogía N° 6 pp. 121-132.

CHIARA, M. (compiladora) (2015) *Gestión territorial integrada para el sector salud*. Universidad Nacional de General Sarmiento.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (2012) "El futuro que queremos. Documento final de la Conferencia". Río de Janeiro. Brasil.

ESCOBAR, A. (2004) “Participación Ciudadana y Políticas Públicas. Una problematización acerca de la relación Estado y Sociedad Civil en América Latina en la última década”. Revista Austral de Ciencias Sociales 8: 97-108.

Fundación Bariloche (2011) "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Adaptation to Climate Change. Final Assessment Report".

Fundación Bariloche y Universidad de San Pablo (2013) “Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe”.

Fundación SODIS (2003) “Desinfección solar del agua. Guía de aplicación”. Lima, Perú.

GARCÍA PÉREZ, J. y otros (2010) “Desarrollo y caracterización de un destilador solar para su aprovechamiento en el tratamiento de agua contaminada” Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ingeniería. LACANDONIA, Año 4, Vol. 4, No. 2: 71-77.

GROSSI GALLEGOS, H.; RIGHINI, R. (2007) “Atlas de energía solar de la República Argentina” Universidad Nacional de Luján.

HERNÁNDEZ Bello, A.; C, M, (2010) “Vulnerabilidad y exclusión: Condiciones de vida, situación de salud y acceso a servicios de salud de la población desplazada por la violencia asentada en Bogotá – Colombia”.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2009) “Modelo de intervención para el abatimiento de arsénico en aguas de consumo”. Buenos Aires, Argentina.

MÁRQUEZ BRAVO, L. (1998) *Desinfección solar*. Trabajo presentado en el Simposio CEPIS sobre “Calidad del agua, desinfección efectiva”.

MONTAÑA, E.; TORRES, L.; ABRAHAM, E.; TORRES, E.; PASTOR, G. (2005) “Los espacios invisibles. Subordinación, marginalidad y exclusión de los territorios no irrigados en las tierras secas de Mendoza, Argentina”. Región y Sociedad / Vol. XVII / No. 32.

Organización de las Naciones Unidas (2014) “Sustainable energy for all forum”. Nueva York.

Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento (2016) *Cobertura universal y sostenibilidad de los servicios*. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda de la Nación.

POGGIESE, H.; REDÍN; M. E.; ALÍ, P. (1999) “El papel de las redes en el desarrollo local como prácticas asociadas entre estado y sociedad”. FLACSO Sede Argentina. Buenos Aires.

VILLARROEL, E. (2004) “Identificación de los espacios socio – territoriales – administrativos para la gestión del agua: El caso de la Cuenca Social de la zona Tiquipaya-Colcapirhua en Bolivia”. Proyecto Visión Social del Agua. Cochabamba, Bolivia.

### **Páginas Web**

Fundación Waterkiosk: <https://www.waterkiosk.org/de/> Fecha de consulta: 18/12/2018

Enciclopedia Cubana en la Red: <https://www.ecured.cu/EcuRed> Fecha de consulta: 14/02/2019