

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN LOS DESARROLLOS INMOBILIARIOS BAJO EL PROGRAMA DE HIPOTECA VERDE DE INFONAVIT

- Ortiz Moreno, Jorge Adrián; Arroyo Zambrano, Tania; Fuentes Gutiérrez, Alfredo -

INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA

Las transformaciones sociales y económicas de los últimos 40 años han convertido a México en un país hegemónicamente urbano, en el año 2010 la población residente en ciudades ascendió a 78% (ECLAC, 2010). Por lo anterior, resulta un reto enorme brindar los servicios básicos a toda la población urbana, sobre todo considerando que la dinámica en este sector se fundamenta actualmente en la importación de servicios ecosistémicos como alimentos, agua y energéticos. Dotar diariamente a las ciudades de los recursos que necesitan para su subsistencia representa, además de una fuerte inversión económica, un gasto constante de energía con impactos ambientales a escala global. En México el 90.5% de la oferta de energía proviene de hidrocarburos fósiles (SENER, 2010), como el petróleo; de tal manera que el abasto de recursos hacia las viviendas urbanas representa también una magnitud significativa de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

El agua, en particular, es un recurso muy valioso y a la vez escaso. De la totalidad que abunda en la Tierra sólo el 2.5% es dulce, y de ésta menos del 1% está disponible para consumo. Representa una gran preocupación a futuro, de acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) la falta de agua potable es uno de los mayores desafíos que la humanidad deberá enfrentar en este siglo. Aunado a ello se estima que los efectos del Cambio Climático, como el aumento de temperatura y la disminución de la precipitación media anual, serán factores que influirán para que la escasez global de agua se incremente en alrededor de un 20% (Perló, 2006; IPCC, 2001). A nivel nacional, esto representaría

una disminución en la disponibilidad del recurso, provocando un incremento sobre la vulnerabilidad hídrica a nivel de entidades (SEMARNAT, 2010:145).

La obtención y potabilización del recurso, así como su distribución hasta los hogares representa un gran consumo de energía y muchas pérdidas por fugas en los sistemas de agua potable, éstas alcanzan en promedio un 36.7% en los estados de la República Mexicana (CONAGUA, 2012). La cobertura de abastecimiento de agua en los hogares ha ido en aumento (en 1990 se tenía el 83% de cobertura y en el 2010 ya se tenía una cobertura del 91.5%) (OMS, 2010; INEGI, 2011) , no obstante, la disponibilidad es deficiente e intermitente. En algunas ciudades como la Ciudad de México la situación es crítica.

La distribución asimétrica del agua es otro factor importante que dificulta el acceso al recurso, ya que existen grandes contrastes debido a la accidentada topografía del territorio (e.g. la alta disponibilidad en la región sureste y baja disponibilidad en el norte) (Chacón et al., 2006; Perló, 2006). La situación del acceso al agua en el país es también complicada debido a que la proporción de la población urbana sigue en aumento, y porque buena parte de los cuerpos de agua dulce se encuentran contaminados. Por todo lo anterior; es imprescindible generar nuevas alternativas de obtención de agua y mejorar la eficiencia en el manejo del recurso.

La captación de agua de lluvia es una alternativa para el abastecimiento del recurso hídrico en la vivienda. Mediante ella los usuarios de las ciudades pueden independizarse total o parcialmente de la red pública de agua potable (dependiendo de la zona), en muchas ocasiones insuficiente. La instalación de sistemas de cosecha de lluvia ofrece beneficios muy valiosos en áreas donde, aunque haya mucha precipitación, el agua es escasa debido a la inexistencia de mecanismos permanentes de abastecimiento; en este caso puede representar grandes ahorros económicos al evitar el gasto en la obtención de agua mediante pipas o, por otro lado, hacerla accesible a quienes no pueden pagar por ella.

Debido a que es necesario utilizar grandes cantidades de energía para transportar el agua a las viviendas y, como ya se comentó anteriormente, la producción de energía en México es altamente dependiente de las fuentes de

energías no renovables, la captación de agua pluvial puede constituirse como una alternativa para la mitigación de gases de efecto invernadero. Al obtenerse el recurso *in situ* se disminuye el gasto energético por transporte y potabilización del agua, así como el desperdicio de agua por fugas en casi un 40%; asimismo, como el agua ya no se está canalizando hacia el drenaje sino que se está almacenando, se puede inferir que representa un factor que podría amortiguar la magnitud de las inundaciones.

Un sistema de captación pluvial consiste básicamente en tres componentes: el sistema de recolección, el sistema de distribución y el sistema de almacenamiento (Ilustración 1). Un cuarto componente, un filtro o *first-flush*, puede agregarse para garantizar la calidad del agua.

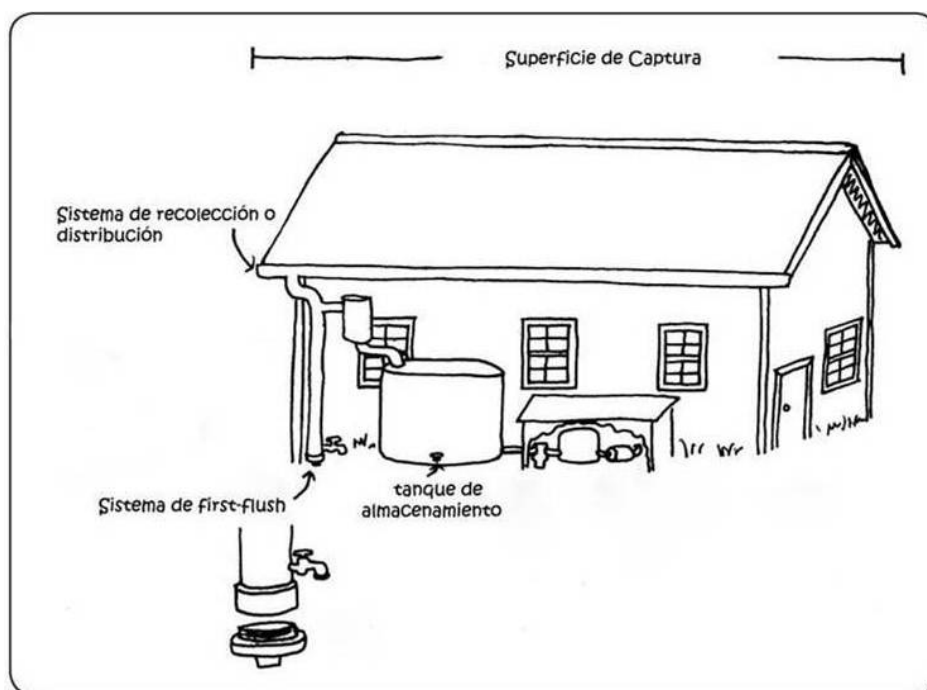


Ilustración 1: Componentes de un sistema de recolección de agua pluvial

La cosecha de agua de lluvia ha sido considerada como una práctica urbana sustentable (Meera y Mansoor Ahammed, 2006; Farahbakhsh *et al.*, 2009). La tecnología es sencilla, fácil de implementar y sin impedimentos mayores para su transferencia. Por lo tanto, el desarrollo de programas para la instalación masiva de sistemas de captación de agua pluvial puede tener un gran impacto ecológico, económico y social. La implementación de estos

sistemas en la vivienda es un gran reto que debe ser abordado tanto para las existentes como en las que se construyen a diario, equipar las nuevas casas con sistemas pluviales hace menos vulnerables a sus habitantes a la escasez de agua.

En México se construyen 700,000 viviendas nuevas cada año (Aguilar, 2011). Buena parte de ellas y de las crecientes áreas urbanas han surgido a partir de desarrollos inmobiliarios financiados por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). La expansión de las ciudades mexicanas ha sido tal que resulta difícil ampliar las redes de agua potable y sobre todo garantizar el abasto y la calidad del vital líquido en las nuevas viviendas.

En 2007 el INFONAVIT echó a andar el programa “Hipoteca Verde”; el cual consiste en sobrecréditos, adicionales al crédito de la vivienda, para que el usuario pueda adquirir ecotecnias e implementarlas para disminuir sus consumos de energía eléctrica, agua y gas LP, y derivar así en ahorros económicos. El monto de los sobrecréditos va desde 15 hasta 36 mil pesos. En el 2011 el Instituto planteó que a partir de ese año todas las hipotecas serían verdes, esto representa un gran nicho de oportunidad para la instalación de sistemas de captación pluvial porque los mecanismos de financiamiento ya existen y se aplican en cada una de las nuevas viviendas adquiridas por derechohabientes del INFONAVIT.

La implementación de sistemas de captación pluvial en las nuevas áreas urbanas del país representaría una estrategia de mitigación de gases de efecto invernadero; reduciría la vulnerabilidad de éstas a la escasez de agua; evitaría las pérdidas por fugas en las redes de distribución; disminuiría la presión sobre las fuentes convencionales como pozos subterráneos, presas y ríos; así como también podría constituir un significativo ahorro económico para los organismos encargados de la potabilización y distribución del agua, de esta manera el presupuesto salvado podría invertirse en mejorar la calidad del agua y evitar desperdicios.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La presente propuesta se fundamenta en el estudio de la viabilidad de la incorporación de sistemas de captación pluvial en los nuevos desarrollos inmobiliarios que están dentro del esquema de Hipoteca Verde del INFONAVIT. Se tomaron en cuenta datos promedio y se calcularon los beneficios e inversión tomando en cuenta el número de viviendas verdes financiadas en 2011. Es importante resaltar que los mecanismos de difusión y financiamiento de la tecnología ya existen. También se tienen asegurados los usuarios de la tecnología, ya que serían los mismos usuarios que pertenecen a la Hipoteca Verde. Lo anterior favorece y facilita la implementación del proyecto.

La propuesta integra diferentes puntos que analizan los beneficios relacionados a la implementación masiva de estos sistemas:

- Cantidad de agua pluvial que puede obtenerse.
- Capacidad de almacenamiento requerida.
- Porcentaje del requerimiento diario que puede satisfacerse.
- Cantidad de agua que deja de desperdiciarse.
- Emisiones de CO_{2eq} que pueden mitigarse.
- Monto que puede adquirirse por venta de bonos de carbono.
- Inversión económica necesaria.
- Otros beneficios a obtener por la implementación de la propuesta.

Dado que el mecanismo de implementación ya existe, de inicio sería necesario certificar a los proveedores de la tecnología. Para ello se propone la realización de un taller nacional en el cual se pueda capacitar a las empresas interesadas en formar parte del padrón de proveedores del INFONAVIT. Este taller podría llevarse a cabo en las ciudades más grandes del país y/o en las capitales de los estados que han demandado más Hipotecas Verdes (sólo en 7 estados se demandó el 71% del total de los sobrecréditos (Aguilar, 2011)). En el país se cuenta con expertos en la implementación de sistemas pluviales tales como el grupo que coordina el

proyecto “Isla Urbana” del Instituto Internacional de Recursos Renovables (IRRI), quienes desde 2009 han implementado más de 700 sistemas pluviales en aproximadamente dos años. Estos talleres podrían ser coordinados por un grupo de expertos como con los que cuenta el IRRI, o bien por ellos mismos.

Para determinar la cantidad de agua que puede obtenerse utilizando un sistema de captación pluvial, es necesario conocer la precipitación promedio de la zona y la superficie de captura. De acuerdo a datos del Sistema Meteorológico Nacional (S/A) la precipitación promedio nacional para el periodo 1941-2005 es de 773.5 mm anuales. De acuerdo a expertos regionales, las viviendas de interés social medio cuentan con azoteas de aproximadamente 50 a 70 m² de superficie. Promediando nuevamente, podríamos considerar una superficie de captura de 60 m² por cada vivienda.

De acuerdo a los datos mencionados anteriormente, cada vivienda podría capturar un aproximado de **46,404 litros al año**. En septiembre del 2011 INFONAVIT llevaba 261,295 créditos marcados como Hipoteca Verde y pretendía cerrar el año con más de 337,000 créditos. Considerando que el número de créditos verdes fuera constante a futuro, que todas las viviendas de cada año implementaran sistemas de captación pluvial, y de acuerdo a los promedios de precipitación y de superficie de captura, existiría un **potencial de captura de 15,638,148,000 m³ de agua al año**. Tomando en cuenta un consumo de 150 litros por persona¹² y familias de cuatro integrantes, el potencial de captura podría cubrir el **21% de la demanda total anual** de las nuevas áreas urbanas.

Conocer la capacidad de almacenamiento necesaria es de suma importancia. De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (S/F), durante el 67% de la precipitación total anual ocurrió durante los meses de junio a septiembre. Es durante esta temporada cuando es necesario contar con la máxima capacidad de almacenamiento. El cálculo necesario para conocer el

¹ CONAGUA asegura que una persona necesita 150 l/día para satisfacer sus necesidades higiénicas y demás actividades del hogar (Rodríguez, 2011; Del Castillo, 2011). Asimismo, Profeco (2011) menciona que la familia promedio (integrada por cuatro miembros) consume aproximadamente esta misma cantidad de agua.

volumen requerido para almacenar el agua consiste en multiplicar los m^3 de lluvia que se podrían recolectar anualmente por la fracción del año que no llueve (2/3). El resultado indica que es necesario contar con una capacidad promedio de **7.8 m^3 en cada vivienda** para almacenar la precipitación durante dicho lapso.

Considerando que del total del agua que se potabiliza se desperdicia un 37.6% a través de las redes estatales, y tomando en cuenta el aproximado de colecta pluvial anual, **se evitaría la pérdida de 5,879,943.65 m^3 de agua cada año**, esto porque se hace una recolección *in situ* y no necesita transportarse.

Para cuantificar la mitigación de emisiones de CO_{2eq} es necesario conocer a detalle los mecanismos de potabilización y abastecimiento de agua en cada ciudad, para así determinar la cantidad de energía que consumen. Dado que no se encontraron estudios que expresen promedios nacionales, se tomó en cuenta el estudio de caso de Arroyo (2010) en el que se cuantifica el CO_{2eq} emitido por la potabilización y transporte de agua a una colonia en la ciudad de Morelia, Michoacán. A partir de la información generada en dicha tesis es posible generar un factor de emisión de CO_2 igual a 0.25 Ton CO_{2eq} por cada metro cúbico de agua potabilizado y transportado. Cabe destacar que este factor es muy conservador porque Morelia se abastece de agua de fuentes locales, requiriendo así, relativamente una cantidad menor de energía que la que se requeriría para importar el agua de zonas más lejanas. Simulando que la situación es similar en el resto del país y que se puede almacenar toda el agua de lluvia que se recolecta, **se podrían mitigar 5,306,927.12 Ton CO_{2eq} anuales** mediante la implementación de sistemas pluviales, considerando las viviendas beneficiadas en 2011 con el programa Hipoteca Verde. Esta cifra considera también las pérdidas por ineficiencias en la red de abastecimiento.

Si el total de emisiones de CO_{2eq} mitigadas se ingresara al mercado internacional de bonos de carbono, considerando un precio de 13.54 €/Ton CO_2 (Kruppa, 2010), se podrían percibir € 71,855,793.24 al año. Lo cual equivale a un **ingreso de \$1,221,548,485.12 MN anuales por venta de bonos de carbono**.

De acuerdo al Proyecto “Isla Urbana”, el costo de los materiales para cada sistema pluvial varía entre \$3,000.00 y \$4,500.00. Mientras que una cisterna de 10 m³ oscila entre los \$10,000 y \$12,000 de acuerdo a expertos locales. Promediando los rangos, cada sistema requeriría una inversión de aproximadamente \$14,750.00. Tomando en cuenta el número de viviendas financiadas en 2011, **el monto aproximado de la inversión sería de \$4,970,750,000.00 MN.**

Simulando un período de vida útil de 15 años de los sistemas pluviales y la comercialización continua de los bonos de carbono, **la inversión se recuperaría en 4.1 años.** Cabe destacar que esta cifra no toma en cuenta el ahorro de los organismos de agua potable por evitar potabilizar y transportar el recurso que sería aprovechado en las azoteas, y que el tiempo de vida útil puede ser mucho más largo. Al final del período mencionado **se habrían mitigado 79,603,906.84 Ton CO_{2eq}.**

En la siguiente tabla se resume la información presentada a través planteamiento de la propuesta:

Tabla 1: Resumen de criterios cuantificados en la propuesta

Criterio evaluado	Valor resultante
Potencial de captación	15,638,148 m³/año
Requerimiento de almacenamiento necesario	7.8 m³/vivienda
Inversión económica necesaria	4,970,750,000 MN
Porcentaje de satisfacción del requerimiento de agua diario	21%
Omisión de pérdidas por fugas	5,879,944 m³/año
Mitigación de CO _{2eq}	5,306,927 ton CO_{2eq} /año
Potencial de ingreso por bonos de carbono	1,221,548,485 MN/año

Es pertinente interpretar con mesura la información generada a partir del presente análisis, ya que representa una aproximación a la realidad bajo distintos supuestos y toma en cuenta datos muy generales. Su objetivo es dimensionar cuantitativamente los beneficios de la propuesta.

CONCLUSIONES

La recolección de agua pluvial no es la solución total al problema del agua en nuestro país, sin embargo es una medida que coadyuva a solucionarlo. Los sistemas de captación pluvial deben complementarse con mejoras en la eficiencia de obtención, potabilización, transporte y uso final del recurso. Las pérdidas a través de la red pública y la ineficiencia de los dispositivos domésticos son situaciones críticas que también deben ser abordadas. Justamente, el programa Hipotecas Verde pretende crear un paquete de ecotecnias relacionadas con el uso eficiente del agua para disminuir el consumo en la vivienda. Nuestra propuesta ataca un punto que no había sido tomado en cuenta: la obtención del recurso.

La cuantificación de los beneficios asociados a la implementación de sistemas pluviales revela que existe un nicho de oportunidad muy grande para combatir conjuntamente el cambio climático y la escasez de agua en las ciudades. Es una alternativa sencilla y con grandes beneficios que aprovecha una estrategia de implementación y financiamiento ya establecida. Por lo tanto consideramos que es imprescindible aprovechar esta oportunidad.

La magnitud del potencial de mitigación con el que cuenta la presente propuesta supera al total de emisiones de CO_{2eq} del sector residencial de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en 2006 (SMA GDF, 2008), en donde existen más de dos millones de viviendas (INEGI, 2011). Esto es ampliamente relevante tomando en cuenta que nuestra cuantificación únicamente consideró al número de viviendas financiadas por la Hipoteca Verde en 2011, las cuales son menos de 400,000 y constituyen apenas un 48% del total que se construyeron en ese mismo año.

La propuesta contempla beneficios de índole energético, hídrico, social, económico y urbanístico. No obstante, se queda corta si a la par no se presta atención a modificar los patrones de consumo. Con esto se hace referencia a la conciencia ambiental y sobre todo a la responsabilidad que se necesita impulsar socialmente.

En esta propuesta se ha demostrado que la implementación de sistemas de captación pluvial puede difundirse mediante mecanismos

existentes; que pueden aportar una cantidad significativa del agua total que demandan las nuevas áreas urbanas; que se pueden evitar pérdidas del recurso por ineficiencias en el transporte; que es posible prescindir de la emisión de millones de toneladas de gases de efecto invernadero; así como también se demuestra que la implementación del proyecto es costo negativa (las ganancias superan la inversión). Por lo tanto; es un plan que contribuye al manejo sustentable del agua en México.

Bibliografía

- Aguilar D. 2011. Vivienda, desafío sustentable. *Energía 360*. Año 1, No. 4. Pp. 24-29.
- Arroyo T. 2010. Colecta de agua pluvial como medida para el aprovechamiento sustentable de la energía. Tesis para obtener el título de Licenciado en Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (S/F). Lámina de Lluvia Media Mensual. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=119 [Consulta: 28/02/2012].
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. “Se emite norma para reducir fugas en sistemas de agua potable y drenajes”. Comunicado de Prensa No. 062-12. México, D.F., 19 de febrero de 2012. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Comunicados/Comunicado%20de%20Prensa%20No.%20062-12.pdf> [Consulta: 25/02/12].
- Del Castillo, Agustín. 2011. Habrá cortes del servicio porque falta agua en la ZMG. *Milenio*. 10 de marzo de 2011. Disponible en: <http://www.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/3caab1c4736e2260b6f80d90cf89c1ea> Fecha de consulta: 2/10/2011.
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). 2010. Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean. Disponible en:

http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2010/eng/index.asp[Consulta: 18/08/2011].

Farahbakhsh K., Despins C., Leidl C. 2009. Developing Capacity for Large-Scale Rainwater Harvesting in Canada. *Water Quality Research Journal*, 44(1): 92-102.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 1980. *Carta de Climas escala 1:1,000,000*. Disponible en <http://www.mexico24.org/mapas-mexico/mapas-grande/Precipitaci%F3n-Pluvial.jpg> [Consulta: 27/02/2012]

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2011. México en Cifras. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx> [Consulta: 27/02/2012].

Kruppa M. 2010. Russia wants clarity on JI's future. *Carbon Market Daily*. A point Carbon News Publication. 161(06). 7 de septiembre de 2010.

Meera V., y Mansoor Ahammed M. 2006. Water Quality of Rooftop Rainwater Harvesting systems: a Review. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, XX.

OMS. 2010. La ampliación del acceso al agua potable preoñas, pero es necesario redoblar los esfuerzos en el saneamiento. Comunicados de prensa. 15 de Marzo de 2010. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2010/water_20100315/es/index.html Fecha de consulta: 2/06/2010

Profeco. 2011. Estudio de calidad: regaderas para aseo corporal. No la rieques. *Revista del consumidor*. Marzo 2011.

Rodríguez, Salomón. 2011. No la rieque, mejor cuídela. *El Economista*. 13 de junio de 2011. Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/finanzas-personales/2011/06/13/no-riegue-mejor-cuidela> fecha de consulta: 2/10/2011.

SEMARNAT. 2010. 3.2 Recursos hídricos. Parte 3: Los impactos económicos del cambio climático en México. *La economía del Cambio Climático en México*. Coord. Luis Miguel Galindo. México, D.F.

SENER. 2010. Balance Nacional de Energía 2009. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico. Dirección General de Planeación Energética.

Sistema Meteorológico Nacional. S/A. Precipitación media anual 1941-2005.

Disponible

en:

<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/precipitacion/estados/precipit.gif>

Fecha de consulta: 29/02/2012.