

Centro demostrativo para el manejo del agua lluvia en San Andrés Isla

Camilo Arturo GANTIVA RODRÍGUEZ, Ingeniería Química, sede Bogotá
gantisue@yahoo.com

Resumen

Una de las alternativas realmente sostenibles de abastecimiento de agua en San Andrés isla es la lluvia, que reduce la presión sobre fuentes finitas y fácilmente contaminables, como las subterráneas. No obstante, el abastecimiento actual de agua subterránea es insostenible y no cubrirá la demanda total; la desalinización resulta costosa; falta atención a posibles alteraciones en el ecosistema (cambios en la temperatura del agua debidos a salmueras vertidas, presencia de metales pesados y fugas de combustible) y los captadores de brumas son inaplicables. En este trabajo, realizado bajo la tutoría del profesor Francisco Avella, se hace un prediseño para la construcción de un Centro Demostrativo para el Manejo del Agua Lluvia a nivel doméstico teniendo en cuenta los diferentes componentes del sistema de abastecimiento y se realiza una comparación de éste con otros existentes.

Palabras clave: agua lluvia, abastecimiento, fuentes subterráneas, sostenibilidad.

Metodología

En primer término se hizo una revisión bibliográfica, a partir de la cual se identificaron las diferentes variables de operación en los sistemas de abastecimiento, la relación costo/beneficio en cada sistema y se cotizaron los materiales, los equipos, la financiación, etc.

Sistemas de abastecimiento

Aguas subterráneas

Existen dos tipos de pozos: los excavados a mano o aljibes y los de pequeño diámetro. En esta segunda clase se distinguen los perforados con maquinaria especializada para tal fin, conocidos como "pozos profundos".

Los aljibes son pozos de gran diámetro que normalmente no sobrepasan los 6 m de profundidad, si bien algunos pueden llegar a tener 15 m. Debido a su gran diámetro presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación, por lo que su mantenimiento demanda especiales cuidados. Generalmente son explotados a mano (con balde) y por ello representan un bajo riesgo de salinización o por motobombas. Debido a la facilidad de instalar en forma temporal mangueras de succión, algunos aljibes se han sometido a excesivos caudales de extracción.

Los pozos denominados "profundos" presentan individualmente los mayores caudales de bombeo (hasta 6 l·s⁻¹). Algunos de éstos fueron perforados a profundidad excesiva, siendo abandonados poco tiempo después por extraer agua con altas concentraciones de cloruros.

Los barrenos son fáciles de construir. Su profundidad promedio es de 6 m, su reducido diámetro facilita el descenso rápido de sus niveles dinámicos, por lo que su inadecuado manejo representa un riesgo alto de salinización.

Sólo ocho pozos del acueducto en la isla han funcionado en forma regular desde 1999. Las pérdidas físicas no se conocen con precisión, ya que ni los pozos ni los usuarios activos cuentan con medidores. No obstante, se estima que las pérdidas físicas pueden estar en 37-50%. Las principales fugas están en la boca de los pozos (empalmes y llaves de paso en mal estado) y en las conexiones domiciliarias.

Desalinización de recursos salobres

En síntesis los procesos de desalinización se pueden agrupar en métodos que: 1) incluyen cambio de fase (evaporación súbita, compresión de vapor, etc.) y 2) no precisan cambio de fase (ósmosis inversa, electrodiálisis, intercambio de iones, etc.).

El objetivo del sistema de ósmosis inversa es producir agua desalinizada, para ello el agua fuente se presuriza mediante bombas de alta presión al objeto de vencer la presión osmótica. Una vez alcanzada la presión óptima para el tipo de membrana y recurso utilizado, el agua es conducida a los bastidores, donde se encuentran las membranas en las que se produce el proceso de desalinización. El rendimiento del proceso es muy variable y depende de muchos factores; puede llegar a valores en torno al 90%. En todo caso, el agua no desalinizada constituye el rechazo o salmuera residual que, a diferencia del agua producto, tiene una presión de salida alta, susceptible de ser aprovechada energéticamente en la propia instalación. Este sistema de recuperación es aplicado en general a plantas de ósmosis inversa de agua de mar, ya que el aprovechamiento de la energía residual sólo es posible con caudales elevados y presiones altas. Los rechazos de plantas de ósmosis inversa de aguas salobres suponen un 20 o 30% del caudal aportado (frente

al 55 o 60% del agua de mar) y además, debido a las bajas presiones de operación, es difícil encontrar un sistema de recuperación que presente rendimientos aceptables.

Captadores de brumas

La niebla o bruma se define como una masa de vapor de agua condensada en minúsculas gotas sobre la superficie terrestre. La técnica de captación de agua de brumas o "lluvia horizontal" consiste básicamente en la posibilidad de que el agua pueda ser recogida, ya que las gotas contenidas en la bruma precipitan al contacto con objetos. Las brumas pueden ser así, una alternativa a la obtención de agua natural en zonas secas, mediante la utilización de sistemas sencillos de recolección de bajo coste y mantenimiento, llamados colectores de brumas o nieblómetros. Las precipitaciones se consideran en muchas regiones como la única vía de obtención de agua; sin embargo, existen áreas, principalmente en regiones altas, donde la captura de gotas de bruma no sólo mantiene la vegetación sino que contribuye al mantenimiento de los acuíferos. En los trópicos se conoce a estas regiones como bosques de nubes o mares de nubes, ya que la fuente de bruma es la propia nube moviéndose sobre el terreno.

Agua lluvia para uso doméstico

Estimación del volumen disponible

El aprovechamiento de esta precipitación está supeditado a la eficiencia del sistema recolector y al área de captación. El cuadro 1 muestra la precipitación disponible (m^3) con una eficiencia del 80 % en el sistema recolector (techo, canales, etc.), una probabilidad de ocurrencia del 75% en la precipitación y diferentes áreas de recolección.

CUADRO 1. Valores promedio de diferentes variables que determinan la disponibilidad de agua lluvia en l/habitante⁻¹·d⁻¹ en los diferentes sectores de San Andrés (2003).

Área vivienda (m^2)	75	125	100
No. habitantes/vivienda	5	5	5
Capacidad de recolección para $P = 0.75$ y eficiencia = 0.8 ($m^3 \cdot \text{año}^{-1}$)	69,2	115,3	92,2
Dotación posible (l·habitante ⁻¹ ·d ⁻¹)	37,9	63,2	50,5

Con base en el volumen neto disponible ($0,92 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{año}^{-1}$) en San Andrés y al número promedio de habitantes por vivienda, se calcula la dotación disponible de agua lluvia por habitante. Esta dotación depende de la precipitación esperada y del área recolectora y se calculó así:

$$\frac{0,9224 \text{ m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{año}} * \frac{1000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} * \frac{100 \text{ m}^2}{\text{vivienda}} * \frac{1 \text{ vivienda}}{5 \text{ habitantes}} = 50,54 \frac{\text{litros}}{\text{habitante-día}}$$

En el cuadro 2 se muestran los resultados de este cálculo.

Cálculo del volumen de la cisterna.

La determinación del volumen mínimo de la cisterna no debe presentar valores deficitarios (cisterna completamente desocupada) y se debe aprovechar el 100%. Este procedimiento garantiza que la cisterna tenga el volumen óptimo y, por lo tanto, no se desperdicia agua, si la cisterna es muy pequeña, o dinero, si se sobredimensiona. Por un balance de masas en donde la demanda está dada por los valores de la dotación hallados en el cuadro 2, multiplicados por el número promedio de habitantes y el de días del mes. La oferta está dada por la precipitación mensual, multiplicada por el factor de eficiencia del sistema de recolección y por el área recolectora.

Una vez establecido el balance, se ensayan diferentes volúmenes iniciales para el tanque, buscando que el valor al final del periodo de recolección sea aproximadamente igual a aquel en el cual se inició el balance y que el volumen almacenado en la cisterna nunca presente valores negativos. Una vez hallado este valor se busca el mayor volumen almacenado en la cisterna durante el año, y éste será el tamaño a construir.

Centro demostrativo

En el Plan de Manejo de las Aguas Subterráneas CORALINA (2000) recomienda la implementación de tecnologías alternativas para el manejo del recurso hídrico. Más adelante el proyecto "Tipología cultural del manejo del agua en la isla de San Andrés" (Avella, 2002) hace un diagnóstico de la manera como diferentes comunidades (nativas e inmigradas) manejan el recurso hídrico. En conclusión se propone apoyar una serie de proyectos endógenos, uno de los cuales es la construcción de un Centro Demostrativo para el Manejo del Agua Lluvia bajo la directa responsabilidad de la Universidad Nacional de Colombia, sede San Andrés, con el fin de tener la mayor cantidad de variantes o posibilidades para resolver los problemas de abastecimiento y, especialmente, de aguas servidas apli-

CUADRO 2. Volumen de agua disponible en $\text{m}^3 \cdot \text{mes}^{-1}$ en San Andrés isla, para una eficiencia del 80% en el sistema recolector, una probabilidad de lluvia esperada del 75% y diferentes áreas de recolección.

MES	Área del techo en m^2									
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	50
Ene	0,04	0,22	0,43	0,65	0,86	1,08	1,30	1,51	1,73	2,16
Feb	0,02	0,08	0,17	0,25	0,34	0,42	0,50	0,59	0,67	0,84
Mar	0,01	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24	0,29	0,34	0,38	0,48
Abr	0,01	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,22	0,25	0,29	0,36
May	0,05	0,26	0,51	0,77	1,02	1,28	1,54	1,79	2,05	2,56
Jun	0,09	0,46	0,91	1,37	1,82	2,28	2,74	3,19	3,65	4,56
Jul	0,11	0,56	1,11	1,67	2,22	2,78	3,34	3,89	4,45	5,56
Ago	0,10	0,48	0,10	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,8
Sep	0,13	0,67	1,34	2,00	2,67	3,34	4,01	4,68	5,34	6,68
Oct	0,16	0,81	1,62	2,42	3,23	4,04	4,85	5,66	6,46	8,08
Nov	0,12	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	6,00
Dic	0,08	0,40	0,81	1,21	1,62	2,02	2,42	2,83	3,23	4,04
Total	0,92	4,61	9,22	13,83	18,44	23,06	27,67	32,28	36,90	46,12

cadras al manejo de un espacio social y comunitario con el acceso a un gran público, tanto local como de turistas.

Sólo una tercera parte de las viviendas poseen sistemas permanentes de captación y almacenamiento de agua lluvia. Las reservas de agua dulce subterránea, ubicadas en la cuenca del Cove, sólo pueden satisfacer el 28% de la demanda actual. Únicamente el 1% del agua que finalmente llega al usuario es potable, de la cual, la mayor parte procede de empresas comercializadoras de agua embotellada.

Adicionalmente, fenómenos asociados, tales como la sobreexplotación de los pozos, el aumento del contenido de cloruros en las aguas y la contaminación fecal por filtraciones provenientes de pozos sépticos pueden generar más problemas para la comunidad. Por eso se planteó definir los elementos más funcionales y adaptables para el manejo integral del recurso, compararlos con otros sistemas en uso pero de difícil acceso a las comunidades y hacer un análisis costo/beneficio para, finalmente, formular los criterios básicos de diseño para los sistemas de captación y abastecimiento de aguas lluvias. Este proyecto se muestra como un modelo de desarrollo sostenible en el futuro para la Reserva de la Biosfera "Seaflower".

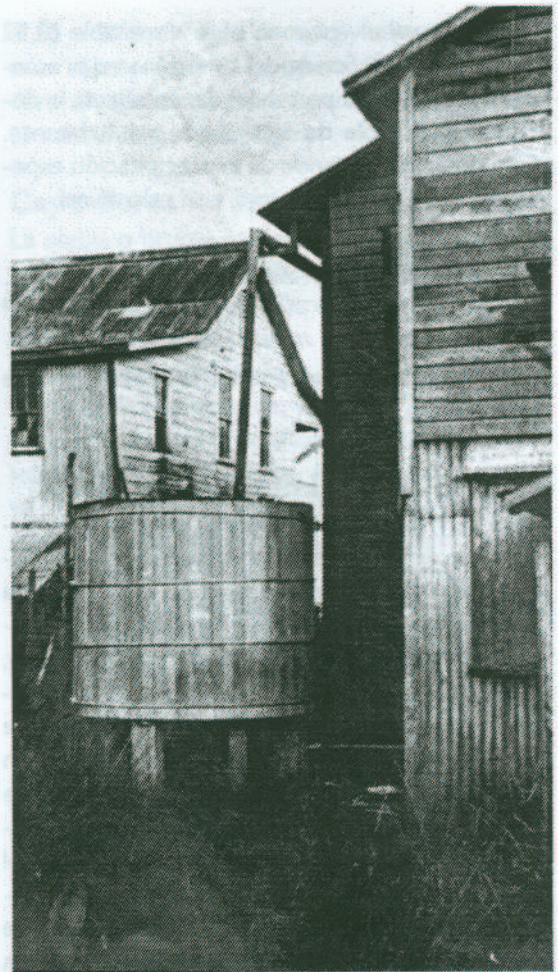


FOTO 1. Cisterna en San Andrés (Foto Archivo SENA).