

Captación pluvial en Chihuahua: una alternativa sustentable

Rainwater harvesting in the state of Chihuahua: a sustainable alternative

MÉLIDA GUTIÉRREZ^{1,3} Y HÉCTOR O. RUBIO ARIAS²

Resumen

La captación de agua de lluvia a pequeña escala se presenta como una alternativa sustentable para zonas áridas y semiáridas. El estado de Chihuahua, en el norte de México, presenta más de la mitad de su territorio como un ecosistema árido o semiárido. El objetivo de esta publicación es dar a conocer y, en su caso, sugerir la práctica de captación pluvial con énfasis en zonas urbanas del estado de Chihuahua, especificando una metodología fácil y barata. Las metodologías incluyen la captación del agua que cae en techos de casas y edificios para su posterior almacenamiento en depósitos, ya sea sobre el suelo, depósitos en el subsuelo (cisternas o aljibes), y jardines pluviales. El agua almacenada en un depósito se podrá utilizar por gravedad, mientras que el agua en una cisterna o aljibe necesitará de bombeo.

Palabras clave: captación pluvial, sustentable, Chihuahua, semiárido, jardín pluvial.

Abstract

Rainwater harvesting methods for small-scale operations are presented as a sustainable alternative to water conservation in the arid and semiarid regions of the state of Chihuahua. More than half of surface area the state of Chihuahua is arid or semiarid. The objective of this paper is to list and, in accordance to specific needs, suggest rain harvesting methods that are inexpensive and easy to maintain and that can be utilized in urban areas of the state of Chihuahua. These methods include the collection of rain water from the roof in either barrels or cisterns, as well as rain gardens. In rain barrels, the water is withdrawn by gravity, while a pump is required for cisterns.

Keywords: rainwater harvesting, sustainable, Chihuahua, semiarid, rain garden.

Introducción

Cuando se habla de captación de lluvia, generalmente el término se relaciona con un lago artificial o se identifica con la construcción de una presa, ya que este ha sido el método convencional de captación de agua implementado a través de la historia. En el caso particular de México, existen más de 4,462 presas que tienen como propósito captar el agua de lluvia; de este total, 667 se encuentran clasificadas como grandes y, 100 de ellas, son consideradas como las más importantes en función de su capacidad de almacenamiento (CNA, 2012). En el caso particular del estado de Chihuahua, se tienen 10 presas; donde el Lago Toronto mejor conocida como "Presa la Boquilla", es la más grande del estado, con una capacidad de 2,894 hm³ y es considerada como de los embalses más importantes en el norte del país (CNA, 2010).

¹ Missouri State University. Department of Geography, Geology and Planning. 901 S. National Ave., Springfield, MO, EUA. 65897.

² Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. Perif. Francisco R. Almada, Km. 1, Chihuahua, Chih., Mexico. 31453.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: mgutierrez@missouristate.edu.

Para el caso particular de zonas áridas y semiáridas, el método de captación de agua en presas es ineficiente debido a las altas pérdidas por evaporación. Por ejemplo, en el desierto de Chihuahua la tasa de evaporación es ocho veces la de precipitación, lo que se traduce en una pérdida por evaporación del orden de una tercera parte del agua recolectada por presas (Herting *et al.*, 2004). A pesar de la baja disponibilidad de agua en el estado de Chihuahua, en la parte semiárida se concentra la mayor parte de la población (INEGI, 2012), así como actividades industriales, comerciales y de producción agropecuaria. Como consecuencia, la demanda de agua se ha incrementado en la medida en que se desarrollan las comunidades y los sectores productivos, lo que ha ocasionado un déficit debido a la diferencia entre lo que se utiliza y lo que la naturaleza puede proveer. Este déficit se manifiesta en el abatimiento de pozos (ACUM5, 2012; INEGI, 1999), la contaminación de cuerpos de agua (Rubio-Arias *et al.*, 2011; Rubio-Arias *et al.*, 2012) y el incremento en la salinidad de agua y suelos (Gutiérrez y Carreón, 2004). Esta situación, evidentemente crítica y no sostenible, exige esfuerzos de todos los sectores, y no únicamente de las dependencias gubernamentales.

Una solución sustentable sería preservar un balance entre la cantidad de agua utilizada por el hombre con la cantidad disponible aportada por la naturaleza. Este balance se podría lograr con la implementación de las siguientes acciones: 1) regulando la cantidad de agua extraída de los acuíferos; 2) reciclando agua tratada; 3) utilizando métodos de irrigación eficientes y, 4) aumentando la captación y conservación del agua, entre otras. En especial, la acción 3 es fundamental cuando se analiza que alrededor de un 80% del agua superficial y subterránea es utilizada por los sectores agrícola y pecuario (CNA, 2006; Murad, 2010; ACUM5, 2012). En otras palabras, cualquier medida de eficiencia en este sector tendría como resultado grandes ahorros de agua.

El sector industrial se ha concentrado en las zonas urbanas y las medidas de conservación han girado alrededor del reuso del agua. Por ejemplo, para las cuatro cuencas que conforman el área de la ciudad de Chihuahua, se reporta que del total de precipitación

(100%), alrededor de un 40% se pierde por escorrentías y únicamente el 3% se retiene en presas (IMPLAN, 2006). El resto del recurso se evapora o se infiltra. Desde 2004 la ciudad de Chihuahua cuenta con un sistema de reciclaje de agua (Espino *et al.*, 2004) que se ha estado utilizando para regar áreas verdes como parques y áreas deportivas. Otras ciudades en el estado han iniciado acciones similares para el reuso de aguas tratadas (aguas grises) y se espera que más agua pueda ser reutilizada en un futuro próximo.

Es importante mencionar que a pesar de los destacados esfuerzos por parte de los sectores agrícolas e industrial, no se ha alcanzado la sustentabilidad en el suministro de agua. Obviamente, es necesario desarrollar más y mejores acciones, así como buscar otros métodos que hasta la fecha no han sido debidamente aprovechados; por ejemplo, la tecnología de captación pluvial a pequeña escala. Este tipo de tecnologías son por lo general de fácil instalación y mantenimiento. Su implementación permite el almacenamiento de agua de lluvia en cisternas o barriles, o bien, directamente al acuífero por medio de jardines pluviales, identificándose desde sistemas simples hasta muy complejos. Estas tecnologías llamadas «verdes» han ganado popularidad a nivel mundial en años recientes, ya que pueden contribuir a cosechar una cantidad considerable de agua limpia, además de que reducen picos hidrográficos y recargan los acuíferos. El objetivo de este análisis es la descripción de esta tecnología en su forma más simple. Se espera que esta información contribuya a divulgar un método sencillo y sustentable para resolver o mitigar el problema de carencia de agua limpia, en especial para zonas urbanas en zonas áridas y semiáridas como es el caso de las comunidades del norte de México.

La disponibilidad del recurso agua

A pesar de que el agua es uno de los recursos naturales más abundantes en el planeta, su disponibilidad para el hombre apenas alcanza el 0.62%. Este porcentaje representa el agua que se localiza en lagos, ríos y agua subterránea. Este bajo porcentaje se explica por el hecho de que alrededor del 97% del agua en el planeta se encuentra en los mares, o bien, en diversas masas salinas que no están

disponibles en forma inmediata para uso humano. El resto se encuentra en estado sólido, por lo que se considera prácticamente inaccesible para el hombre. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación ha estimado que alrededor del 40% de la población mundial sufre por carencia de agua; una prognosis para el año 2025 específica que 1,800 millones de personas vivirán en regiones con escasez de este recurso (FAO, 2007).

En el caso particular de México, la disponibilidad del recurso agua es altamente contrastante; la región del sureste recibe alrededor del 70% de lluvias y escasamente concentra el 24% de la población, mientras que en el norte y altiplano se recibe solamente el 9% del agua de lluvia, pero en esta región se concentra más del 75% de la población mexicana. El estado de Chihuahua recibe una precipitación media anual de 448 mm, aunque en aproximadamente el 60% del territorio llueve menos de 350 mm anuales (CNA, 1997). La precipitación es muy variable, en algunos años se presentan lluvias abundantes y en otros años lluvias escasas. El problema de suministro de agua en este estado se acentúa debido a la presencia de sequías que en ocasiones pueden ser severas. Resulta claro que, en años de sequía, la disponibilidad del agua se reduce a niveles alarmantes, afectando las actividades normales e, inclusive, impactando el escurrimiento hacia las partes bajas de la región hidrológica Río Bravo/Río Grande. En este estado, debido a su localización geográfica, un evento de sequía también puede repercutir en el ámbito de la política internacional, toda vez que se tienen tratados internacionales de agua entre México y los Estados Unidos de América. Por ejemplo, el tratado internacional de aguas de 1994, donde se señala que México deberá entregar anualmente la cantidad de 432 Mm³ de agua a Estados Unidos; de esta cantidad, el Río Conchos deberá aportar la cantidad de 234 Mm³ anuales (CNA, 1997).

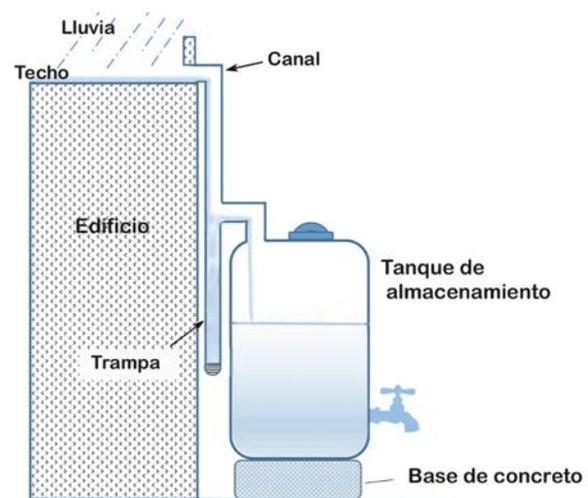
Captación pluvial en tanques de almacenamiento

La captación de agua de lluvia es una técnica muy antigua, donde el agua cosechada se almacena en aljibes o cisternas. Esta agua puede ser utilizada posteriormente para el suministro de una familia, o bien, para toda una ciudad. Algunos antecedentes de

la implementación de estas tecnologías son consideradas a la fecha como joyas arquitectónicas; por ejemplo, la cisterna en la Basílica en Turquía, la cisterna en El_Jadida en Marruecos y Los Chultunes en Yucatán, México.

En sistemas de menor escala, la lluvia se recolecta en los techos por dos razones; la primera es que no se requiere de bombeo o energía adicional, ya que el agua es captada por gravedad. La segunda razón es que los techos generalmente se encuentran limpios; aunque son acumuladores contaminantes como polvo y heces de aves, por lo que se requiere considerar la eliminación del agua que se capta en los primeros minutos de un evento de precipitación mediante la utilización de algún tipo de trampa. La trampa puede ser un tubo de PVC de aproximadamente 1 m de largo con un tapón de rosca en su extremo inferior (Figura 1). De esta manera, los primeros minutos de lluvia se recolectan en la trampa desviando el agua captada subsecuentemente hacia el tanque de almacenamiento. Una segunda alternativa sería la utilización de un filtro antes de que el agua sea almacenada en el tanque respectivo. Luego, el agua de lluvia se captaría en un dispositivo (barril, cisterna, aljibe) como se muestra en la Figura 2.

Figura 1. Esquema de diseño de la trampa en un sistema de captación de agua de lluvia en un tanque de almacenamiento sobre el suelo.



El proceso completo de captación de agua en estos sistemas consiste de tres pasos. El primero es la recolección, el segundo el almacenamiento y el tercero es el suministro. Según el diseño, pueden

existir pasos adicionales de tratamiento en los pasos 1-3 por medio de filtración y asegurando que animales u objetos extraños no tengan acceso al tanque de almacenamiento. El depósito puede estar sobre el suelo (Figura 1) o bien en el subsuelo. La ventaja de estar sobre el suelo es que no hay necesidad de utilizar una bomba para su extracción, mientras que un tanque enterrado sí requeriría la utilización de una bomba, aunque es más estético. Para el caso particular de zonas rurales existe la opción de usar el agua captada para recarga del acuífero en vez de almacenarla en un tanque.

Figura 2. Captación pluvial en tanques de almacenamiento (diseño <http://www.greenplanhomes.com/>, reproducido con permiso).



Jardines pluviales

Una modalidad de captación pluvial consiste en los llamados jardines de lluvia, los cuales son pequeñas áreas verdes instaladas en lugares estratégicos. Una vez identificado el lugar hacia donde fluyen las escorrentías, la construcción es muy sencilla y consiste en donde hacer un hoyo o zanja y rellenarlo de grava en el fondo, y una capa de tierra arriba donde se plantan arbustos o plantas ornamentales. Un creativo diseño con plantas vistosas y piedras pueden hacer de éste un bello jardín (Figura 4). Estos jardines contribuyen de forma importante a regular las escorrentías y a filtrar contaminantes, además de promover la infiltración al acuífero y reducir la erosión.

¿Qué tanta agua se puede cosechar?

El agua captada por estos sistemas es una cantidad modesta, representa un máximo de aproximadamente el 10 a 15% del agua que se consume en un hogar promedio. No obstante, tiene

un valor agregado por los beneficios adicionales, como la producción de áreas verdes, sombra, y recarga al acuífero en el caso de jardines pluviales, y la reducción de picos hidrológicos, en el caso de la captación por techos. Para ciudades del norte de México, y según datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional, se estima una cantidad aproximada de 386 litros por m² por año (Cuadro 1). Un país con larga historia de captura pluvial en techos es Bermudas, el cual es una isla donde la lluvia es la fuente principal de agua dulce. Es importante mencionar que en Bermudas, la captación pluvial por edificio es obligatoria para todos los edificios, así como para casas-habitación, edificios comerciales, hospitales, etc. Por ley, cada techo debe captar el 80% del agua de lluvia; de esta manera, la captación pluvial provee alrededor de 56% del agua que se consume en la isla (BDAGOV, 2013).

Figura 3. Esquema de un sistema de captación de agua de lluvia en tanque enterrado. El agua pasa por un filtro de arena previo a su almacenamiento en la cisterna.

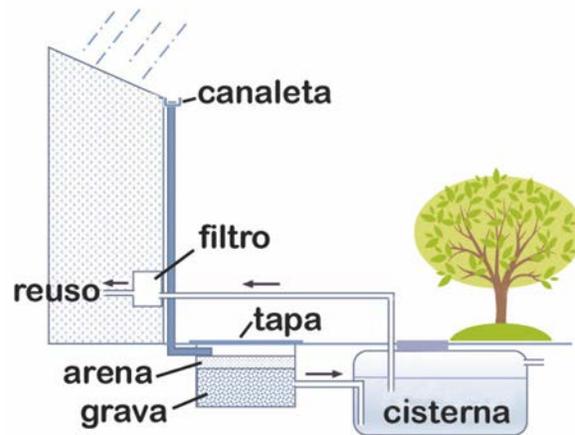


Figura 4. Jardín pluvial en área urbana (foto: epa.gov).



No toda la superficie se considera como área efectiva de captación. Existe lo que se conoce como factor o porcentaje de escurrimiento, que se estima en aproximadamente 0.85. A la fecha se cuenta con una gran variedad de manuales y compañías que proveen el servicio de diseño y construcción de estos sistemas.

Cuadro 1. Precipitación promedio para algunas ciudades del norte de México, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional

Ciudad	Precipitación (litros/m ² /año)
Chihuahua	385.7
Saltillo	432.4
San Luis Potosí	367.4
Culiacán	690.1
Hermosillo	287.7

Proyección a futuro

El aumento y el dinamismo en la población sugieren sin duda una tendencia a corto plazo hacia una mayor demanda de agua potable. Esta tendencia tiende a incrementarse debido a la escasez por contaminación, ya que aunque exista agua, si se encuentra contaminada y no se puede utilizar para los usos requeridos, su empleo estaría limitado. Sin embargo, este análisis asume que continuará operando la misma cultura del agua que se ha practicado en los últimos 50 años. Si en cambio se produce un giro hacia la sustentabilidad, estas proyecciones cambiarían a un panorama más favorable, ya que cualquier paso hacia la sustentabilidad traería consigo efectos positivos para el entorno. Por ejemplo, sería interesante cuantificar qué tanto las áreas verdes regadas con agua tratada han ayudado a incrementar la infiltración y reducido la evapotranspiración (Litvak *et al.*, 2013).

Otro factor a considerar en el futuro del recurso es el fenómeno del calentamiento global. Aunque se ha sugerido que este fenómeno producirá eventos

de precipitación más intensos y más esporádicos, estudios recientes para la zona desértica de Norteamérica reportaron que dichos efectos no serán de gran magnitud, resultando en precipitaciones de la misma intensidad promedio (Brutsaert, 2012). Otro aspecto sumamente importante para la implementación de estas tecnologías es la educación ambiental en la conservación y uso del agua. Los sistemas de conservación urgen a los ciudadanos a cuidar el recurso haciéndolos partícipes de acciones donde el agua no se desperdicie, ni se tire, y se minimice el efecto de evaporación, lo que en sí es un paso adelante hacia una educación ambiental. De hecho, la concientización sobre los beneficios de captación de agua de lluvia es el paso más difícil de dar. Por ejemplo, en la ciudad de Chennai, India, el acuífero se había deteriorado rápidamente y se contempló la recarga pluvial como una solución al problema. Los ciudadanos se mostraron apáticos en un principio, a pesar de una intensa campaña de anuncios en periódicos, radio y folletos. Después de tres años de campaña continua, los sistemas de captación empezaron a ser aceptados (Raghavan, 2004).

Literatura citada

- ASOCIACIÓN CIVIL DE USUARIOS, UNIDAD DE RIEGO MODULO 05 (ACUM5). 2012. Agua en Chihuahua: Sustentabilidad en riesgo. Simposio El Agua en Chihuahua. Reporte disponible en <http://www.modulo05.com/simposium.html>
- BERMUDA GOVERNMENT (BDAGOV). 2013. Bermuda's Water Supply Report Part I. http://judiciary.gov.bm/portal_server.pt?in_hi_space=SearchResult&in_hi_control=bannerstart&in_hi_userid=2&in_sel_1=everything&in_tx_query=water+supply. 36 p.
- BRUTSAERT, 2012. Are the North American deserts expanding? Some climate signals from groundwater storage conditions. *Ecology*, 5, 541-549.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA). 2006. La gestión del agua en México. Avances y retos. Mexico, CONAGUA. 249 p.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA). 1997. Programa Hidráulico Gran Visión del estado de Chihuahua 1996-2020. Gerencia Estatal Chihuahua-CONAGUA. México.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA). 2012. Comisión Nacional del Agua. Atlas Digital del agua en México 2012. Sistema Nacional de Información del Agua. www.conagua.gob.mx/atlas/usuariosdelagua33.html
- ESPINO, M.S., C.J. Navarro, J.M. Perez. 2004. Chihuahua: a reuse case in the desert. *Water Science and Technology*, 50, 323-328.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2007. Afrontar la escasez del agua. *Claridades Agropecuarias* 166:37-39.
- GUTIÉRREZ, M. y E. Carreón. 2004. Salinidad en el bajo Río Conchos: aportes y tendencias. México. *Terra Latinoamericana* 22:499-506.
- HERTING, A., Farmer, T., and J. Evans. 2004. Mapping of the evaporative loss from Elephant Butte Reservoir using remote sensing and GIS Technology. New Mexico State University, CAGE Report. Available at <http://wrri.nmsu.edu/research/rfp/studentgrants03/reports/herting.pdf>

- INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEACIÓN CHIHUAHUA (IMPLAN), 2006. Plan sectorial de agua pluvial 2006. www.implanchihuahua.gov.mx
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 1999. Estudio Hidrológico del Estado de Chihuahua. Aguascalientes, Ags., México. 222 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2012. Perspectiva Estadística Chihuahua, 93 p. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estados/perse_estd/chi/Pers-chi.pdf
- LITVAK, E., N.S. Bijoer and D E. Pataki, Adding trees to irrigated turfgrass lawns may be a water-saving measure in semi-arid environmentse. *Ecohydrology*, published online 2013.
- MURAD, A.A. An overview of conventional and non-conventional water resources in arid region; Assessment and constrains of the United Arab Emirates (UEA), Journal for Water Resource and Protection (JWARP). Scientific Research Publishing, Inc. 2010. HighBeam Research. Consultado el 14 de enero de 2014. www.highbeam.com
- RAGHAVAN, S. 2004. Rainwater harvesting in urban areas: The Chennai experience. *AridLands Newsletter*, 56, 10 pp. <http://ag.arizona.edu/oals/ALN/aln56/raghavan.html>
- RUBIO-ARIAS, H., M. Contreras-Caraveo, R. M. Quintana, R. Saucedo-Terán y A. Pinales-Munguía. 2012. An overall water quality index (WQI) for a man-made aquatic reservoir in Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9:1687-1698.
- RUBIO-ARIAS, H., N. I. Rey, R. M. Quintana, G. V. Nevarez y O. Palacios. 2011. Coliform and metal contamination in Lago de Colina, a recreational water body in Chihuahua State, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8:2386-2400. 

Este artículo es citado así:

Gutiérrez, M., y H. O. Rubio-Arias. 2014: Captación pluvial en Chihuahua: una alternativa sustentable. *TECNOCENCIA Chihuahua* 8(1): 1-6.

Resumen curricular del autor y coautor

MÉLIDA GUTIÉRREZ, obtuvo su grado de maestría en la Universidad de Karlsruhe, Alemania, en sistemas biológicos de tratamiento de agua en 1979, y posteriormente el doctorado en geohidrología en la Universidad de Texas en El Paso, de donde se graduó en 1992. Ha impartido clases en el Instituto Tecnológico de Monterrey-Campus Guaymas, la Universidad del Estado de Nuevo Mexico - Las Cruces, y durante los últimos veinte años, en la Universidad del Estado de Missouri, en Springfield, Missouri. Actualmente imparte los cursos de geología física, geología ambiental, y geoquímica. Su investigación se ha enfocado a la calidad del agua y geoquímica de interacciones entre roca y agua, especialmente los sistemas cársticos en el sur de Missouri y el río Conchos en Chihuahua. Su investigación en el río Conchos incluye, además de la química del agua y de sedimentos, la educación ambiental. Con este motivo viaja a Chihuahua con frecuencia y mantiene nexos de colaboración con colegas de instituciones educativas en el estado.

HÉCTOR OSBALDO RUBIO ARIAS, Terminó su programa Doctoral en New Mexico State University, en los Estados Unidos de América, en el año 1989. Fue Investigador Titular en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por 31 años, de donde se encuentra ya jubilado. Fue maestro invitado por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMA-CONACYT) desde el año 2004 hasta diciembre de 2012. En la actualidad es Profesor-Investigador de medio tiempo en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y participa en tres líneas de investigación: mejoramiento y preservación de los recursos naturales; contaminación ambiental con énfasis en suelo y agua y; estadística aplicada a la conservación, mantenimiento y análisis de ecosistemas. El Dr. Rubio tiene cuatro libros publicados y aparece como co-autor en varios más. Tiene alrededor de 50 publicaciones internacionales y 30 nacionales. Es miembro del Comité Editorial de varias revistas tanto internacionales como nacionales así como revisor científico. Es evaluador en diversos fondos como en los fondos sectoriales de SAGARPA-CONACYT y CONAFOR-CONACYT. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y aparece como experto en bioseguridad por la CONABIO. Fue galardonado con el premio rotario en ciencia y tecnología en 2009 y en 2010 recibió un trofeo en Jackson, Mississippi en los Estados Unidos por su actividad en el área de ciencia y tecnología. Durante los últimos cinco años, el Dr. Rubio ha ofrecido como ponente y/o instructor alrededor de 40 cursos de capacitación, incluidos en CASA-ANUIES y diversas universidades y centros de investigación. En los últimos tres años ha sido asesor de siete estudiantes de licenciatura, tres de maestría y dos de doctorado.