Clasificación geoespacial de los indicadores del medio físico para la recarga del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, Chihuahua, México

Geospatial classification of the physical environment indicators to recharge the aquifer Palomas-Guadalupe Victoria, Chihuahua, Mexico

Oscar Ramírez-Villazana[1,3], Alfredo Granados-Olivas[1] y Adán Pinales-Munguía[2]

Recibido: Noviembre 19, 2015 *Aceptado: Febrero 8, 2016*

Resumen

La recarga de agua es una estrategia importante para el sostenimiento del nivel hidrostático de los acuíferos. En el norte de México se localiza el acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, donde gran parte de su recarga ocurre sobre la superficie de la Cuenca Baja del río Casas Grandes (CBRCG), en esta cuenca la principal pérdida de agua ocurre en los procesos de evapotranspiración y evaporación, ya que es una cuenca endorreica. El proceso metodológico para el presente estudio consistió en la clasificación geoespacial de los Factores Potenciales de Recarga (FPR) como indicadores del medio físico, procesando y analizando datos vectoriales e imágenes satelitales ASTER. Los resultados obtenidos a partir del procedimiento metodológico determinan tres clases, que indican el potencial de recarga; la clase tres que se distribuye en los piedemonte de la sierra de Las Coloradas, sierra de Boca Grande, sierra Las Lilas, sierra El Cartucho y sobre el cauce del río Casas Grandes, y tiene un área de 192.94 km², la clase dos que se distribuye principalmente en el valle que forman la sierra de las Coloradas, la sierra de Boca Grande, y por el río Casas Grandes, y cuenta con un área de 838.83 km², por último se tiene la clase uno, la cual se distribuye al este del río Casas Grandes, y cuenta con un área de 747.97 km². Se concluye que la metodología empleada para la clasificación de los indicadores del medio físico es altamente efectiva para identificar las zonas potenciales para la recarga de acuíferos.

Palabras clave: FPR, CBRCG, lineamientos.

Abstract

The groundwater recharge is a strategic important to the water table aquifers sustainability. In northern Mexico the aquifer Palomas-Guadalupe Victoria is located, where much of its recharge occurs on the surface of the Lower Casas Grandes Basin (LCGB), in this basin the main water loss occurs in the processes of evaporation and evapotranspiration, since it is an endorheic basin. The methodological process for this study consisted of geospatial classification of the Recharge Potential Factor (RPF) as indicators of the physical environment, processing and analyzing vector data and satellite images ASTER. The obtained results from the methodological process determine three classes that indicates the recharge potential; the class three is distributed in the foothills of the Sierra Las Coloradas, Sierra Boca Grande, Sierra Las Lilas, Sierra El Cartucho and on the Casas Grandes River, and it has an area of 192.94 square kilometers; the class two is mainly distributed in the valley formed by the Sierra Las Coloradas, Sierra Boca Grande and the Casas Grandes River, and it has an area of 838.83 square kilometers; finally, it is the class one, that is distributed to the east of the Casas Grandes River and it has an area of 747.97 square kilometers. It is concluded that the methodology for the classification of the indicators of the physical environment is highly effective to identify the potential zones for ground water recharge.

Keywords: RPF, LCGB, lineaments.

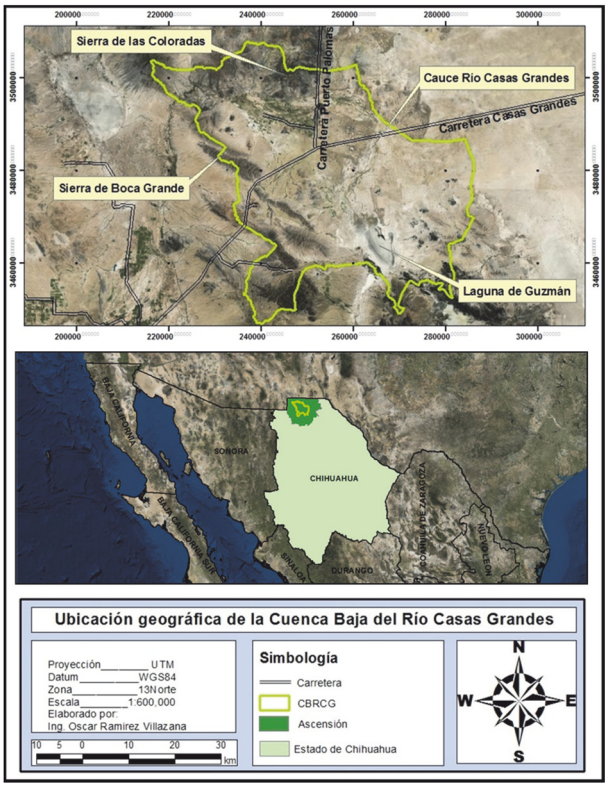
[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Avenida Del Charro #450 Norte. Ciudad Juárez, Chihuahua. México. 32315. Tel. (656) 688-2100.
[2] Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Circuito Número I s/n, Nuevo Campus Universitario II, 31100 Chihuahua, Chih. Tel. (614) 442-9500.
[3] Dirección electrónica del autor de correspondencia: oramirez.villazana@gmail.com.

Introducción

En el mundo, uno de los recursos naturales más valiosos es el agua, y sólo el 2.5% corresponde al agua dulce (Shikolomanov, 1993). En la actualidad, la principal fuente de abastecimiento de agua dulce son los acuíferos, ya que estos se encuentran distribuidos a lo largo de la corteza terrestre, y a su vez, se recargan mediante el conducto del agua que cae sobre la superficie.

En México se tienen contabilizados a la fecha 653 acuíferos, de los cuales 101 se encuentran sobreexplotados y a 49% de ellos se les extrae agua para todos los usos (CONAGUA, 2012). En el norte de México, en el estado de Chihuahua, existen al menos 14 acuíferos sobreexplotados, uno de ellos es el acuífero Palomas-Guadalupe Victoria (CONAGUA, 2012). Este acuífero se ubica en el Municipio de Ascensión (Figura 1), cuya principal fuente de recarga es proporcionada por la Cuenca Baja del río Casas Grandes (CBRCG). Esta cuenca se delimita por; la sierra de las Coloradas al norte y noroeste, para el suroeste por la sierra de Boca Grande, para el sur por la sierra Las Lilas y sierra El Cartucho, mientras que al este de la cuenca se delimita por el escarpe de las Montañas del Camello, (Reeves, 1969; SGM, 2001). Esta cuenca se compone de suelos arcillosos y limosos formados a partir del depósito de sedimentos transportados por medio del viento y corrientes de agua (Morrison, 1969). La geomorfología en la sierra de las Coloradas corresponde a flujos de lava basálticos de edad del cuaternario medio al cuaternario tardío, mientras que en la sierra de Boca Grande, el basamento se encuentra mayormente expuesto en la superficie, aunque en algunas partes se halla a pocos metros por debajo de la superficie, los piedemonte son compuestos de pendientes aluviales (Morrison, 1969). La elevación promedio del valle es de 1210 msnm, mientras que en las sierras se alcanzan elevaciones de 1300 a 1800 msnm con ligeros escarpes y pendientes muy pronunciadas, principalmente en la sierra de Boca Grande. La geología en la superficie de la CBRCG corresponde al 10.27% de rocas sedimentarias, 16.40% rocas ígneas extrusivas, 0.03% rocas ígneas intrusivas, distribuidas de forma heterogénea, lo que hace que las sierras presentes dentro de la cuenca sean similares, en cuestión, de su composición geológica, excepto la sierra Las Coloradas, que se compone principalmente de rocas ígneas extrusivas, que forman parte del campo volcánico Palomas (Hawley *et al.*, 1999; SGM, 2001; INEGI, 2007).

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica la CBRCG con una vista desde la parte norte de la República Mexicana (Fuente: elaboración propia).



En la CBRCG, la mayor pérdida de agua se debe a la evapotranspiración y evaporación, a consecuencia de que la cuenca es endorreica, por lo tanto, si las condiciones del medio físico no son las óptimas, provocará que la tasa de recarga no sea suficiente para mantener el nivel estático del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria. Por este motivo, la presente investigación tiene como objetivo clasificar los indicadores del medio físico en la CBRCG para determinar las zonas potenciales de recarga del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, y de este modo aportar información que contribuya a desarrollar planes que incrementen la recarga de agua.

Materiales y métodos

Los indicadores del medio físico de la CBRCG para determinar las zonas potenciales de recarga en el acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, fueron clasificados geoespacialmente. De los indicadores del medio físico se tomó la geología, pendientes, uso de suelo/vegetación, drenaje y lineamientos. Para la clasificación de los indicadores del medio físico, el presente estudio se enfocó en determinar cuáles son los Factores Potenciales de Recarga (FPR) que contribuyen en la recarga del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, por lo que de acuerdo a investigaciones referentes a la recarga de los mismos se determinó que los FPR, son la geología, pendientes, uso de suelo/vegetación, drenaje y lineamientos (Hsin-Fu *et al.*, 2009; Shaban *et al.*, 2006).

Para llevar a cabo el análisis geoespacial es necesario contar con los FPR en formato vectorial, por lo que se buscó en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las curvas de nivel a escala 1:50,000 con el fin de delimitar la CBRCG y a partir de ella encontrar los FPR que cubran el área. Una vez que los FPR fueron generados, se cotejaron y clasificaron con apoyo del software AutoCAD y ArcMap. La delimitación de la CBRCG, se realizó aplicando un análisis visual de las elevaciones de las curvas de nivel hechas por el INEGI. Una vez que se obtuvo el polígono de la CBRCG, se buscó cada uno de los FPR, encontrando que las pendientes y lineamientos no están realizados, por tal motivo se generó un mapa de pendientes a partir de las elevaciones de las curvas de nivel del INEGI, en el caso de los lineamientos, se trabajó con imágenes ASTER del año 2007 (Al Saud, 2008; Mancebo, 2008). Para los demás FPR se adquirió la información a partir de investigadores e instituciones (CONABIO, 1999; Hawley *et al*, 1999; INEGI, 2007). De los FPR se tiene que los lineamientos y el drenaje se encuentran definidos por la continuidad de líneas, lo que resulta complicado cotejar con la demás información, por este motivo, se realizó un análisis geoespacial que consiste en determinar la frecuencia de líneas a partir de las coordenadas de inicio y fin de cada una de ellas, y determinar una malla de lineamientos y de drenaje (Prabu y Rajagopalan, 2013). Una vez obtenida la información geoespacial de los FPR, ésta se convirtió a ráster, con el objetivo de clasificar los indicadores del medio físico de acuerdo con su potencial de recarga, por lo que se realizó una tabla de indicadores del medio físico que maneja tres clasificaciones; la clase 3 corresponde a una permeabilidad alta, la clase 2 corresponde a una permeabilidad media y la clase 1 corresponde a una permeabilidad baja. Para la asignación de clases en la tabla, se tomó la información proporcionada por diferentes literaturas; para la clasificación de la geología, y pendientes se basó en el manual de hidrología, hecho por Heat en 1983, para el uso de suelo/vegetación se basó en la tabla de valores *k* de SAGARPA en 2009 (Cuadro 1). En el caso de los lineamientos, la clasificación se basó, de acuerdo a la frecuencia de lineamientos, ya que entre mayor sea la presencia de lineamientos, mayor es la permeabilidad, por este motivo se realizó un proceso extra, el cual, consistió en reclasificar el ráster de frecuencia de lineamientos, realizando tres intervalos; la clase 3 corresponde a frecuencia alta, la clase 2 corresponde a una frecuencia media y la clase 1 corresponde a una frecuencia baja (Shaban *et al.*, 2006).

Para la clasificación del drenaje, el análisis fue inverso a los lineamientos, ya que si no hay demasiadas líneas de drenaje, es porque no hay suficientes escurrimientos debido a que gran parte del agua se infiltra, por lo que la clase 3 corresponde a una frecuencia baja de líneas de drenaje, la clase 2 corresponde a una frecuencia media de líneas de drenaje y la clase 1 corresponde a una frecuencia alta de líneas de drenaje (Shaban *et al*, 2006).

Una vez asignada la clasificación a cada uno de los factores de recarga, se procedió a cotejar los factores, para poder llevar a cabo una suma ponderada de los indicadores del medio físico aplicando algoritmos de adición (Ortega *et al.*, 2008).

En este estudio, el análisis geoespacial de los FPR consistió en convertir los datos vectoriales en una superficie de Red Irregular de Triángulos (TIN, por sus siglas en inglés). Dicha TIN se obtiene a partir de mediciones de origen que son proporcionadas según el medio físico, sin perder la información original, y de este modo obtener un ráster que mantenga la información de origen demostrando un alto grado de confiabilidad (Kennedy, 2013). Durante el cotejo y ponderación de los indicadores del medio físico se sumó la información existente, es decir, en áreas donde alguno de los FPR no cubre, la operación no puede ser llevada a cabo por lo que ese espacio se queda sin información, eliminando el ruido que puede afectar en la interpretación de dichos datos.

Resultados y discusiones

El desarrollo de la metodología para el análisis geoespacial de los FPR, dio como resultado un mapa de clasificaciones de recarga en la CBRCG, para la recarga de agua del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria (Figura 2).

En el mapa de la Figura 2 hay dos polígonos empalmados, el polígono color verde corresponde a la CBRCG y el polígono color magenta corresponde al acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, la cobertura de la CBRCG

Cuadro 1. La tabla muestra los FPR, así como también la clasificación que se usó para los indicadores del medio físico.

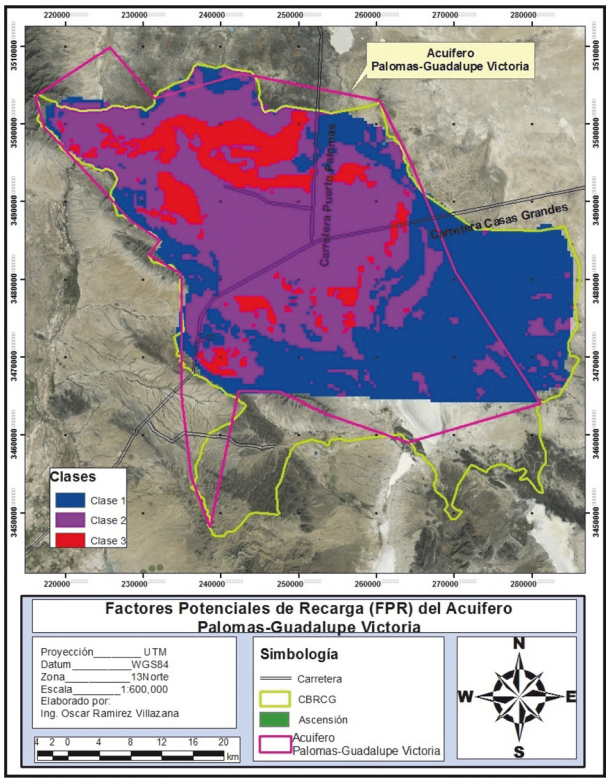
Indicadores del medio físico	
GEOLOGÍA	**CLASIFICACIÓN**
Aluvial	2
Basalto	3
Caliza	3
Riodacita	1
Conglomerado	2
Basalto-Toba básica	2
Caliza-Lutita	3
Arenisca	3
Toba ácida	2
Traquita-Andesita	1
Eólico	1
Riolita-Toba ácida	1
Lacustre	1
Lutita-Arenisca	3
Granito	1
PENDIENTES	**CLASIFICACIÓN**
Pendiente (< 1°)	3
Pendiente (1° - 5°)	3
Pendiente (5° - 10°)	3
Pendiente (10° - 15°)	2
Pendiente (15° - 27.36°)	1
USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	**CLASIFICACIÓN**
Asentamientos humanos	1
Sin vegetación aparente	1
Cuerpo de agua	1
Matorral desértico micrófilo	2
Matorral desértico rosetófilo	2
Mezquital xerófilo	3
Pastizal halófilo	1
Pastizal inducido	1
Pastizal natural	1
Agricultura de riego anual	1
Vegetación halófila xerófila	1
Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico rosetófilo	1
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	1
Zona urbana	1

sobre el acuífero Palomas-Guadalupe Victoria es de aproximadamente el 90%, por lo que se demuestra que la CBRCG es la principal fuente de abastecimiento del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria. En el mapa se observan tres clases de recarga de agua que fueron obtenidas a partir de la suma ponderada de los FPR (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clases de recarga de agua obtenidas a partir de la suma ponderada de los FPR.

Clasificación	Descripción	Área (km²)
Clase 1	Bajo potencial de recarga	747.97
Clase 2	Medio potencial de recarga	838.83
Clase 3	Alto potencial de recarga	192.94

Figura 2. Mapa de las zonas potenciales de recarga del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, donde los tonos rojos representan las zonas con un potencial alto de recarga (Fuente: elaboración propia).



En el mapa se observa que la clasificación geoespacial no cubre por completo la extensión territorial del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, sin embargo, por ser un área menor al 5% del área total del acuífero no produce un efecto adverso para el conocimiento de las zonas potenciales de recarga. La clasificación geoespacial de la clase uno en el mapa corresponde al color azul, se distribuye en el este de la CBRCG y se encuentra en los límites que forman el río Casas Grandes y el escarpe de las Montañas de Camello, en esta clase las pendientes y las líneas de drenaje contribuyen en la recarga de agua. La clase dos, corresponde al color morado y se encuentra en el valle que forman la sierra de las Coloradas y la sierra de Boca Grande; en esta clase, las pendientes, líneas de drenaje y los lineamientos son los FPR que contribuyen en la recarga de agua. La clase tres corresponde al color rojo y se distribuye de un modo circular, ubicándose principalmente en los piedemonte de la sierra las Lilas, sierra El Cartucho, sierra de Boca Grande, y sierra Las Coloradas, la última corresponde al cauce del río Casas Grandes, en el tramo que va de la sierra Las Coloradas a la Laguna de Guzmán. En la CBRCG, el medio físico presenta diversas heterogeneidades, sin embargo, al realizar la clasificación geoespacial se observa que la clase 3, es una frontera que divide la clase 1 de la clase 2, por lo que al verificar el medio físico en ambas clases, se observa que la clase tres se encuentra en estructuras geológicas asociadas a los abanicos aluviales, no obstante, existe una zona donde se ubica la clase 3 y corresponde al cauce del río Casas Grandes, en el trayecto que va de la sierra Las Coloradas, a la Laguna de Guzmán, en este tramo provoca ciertas dudas, ya que por el escurrimiento se infiere en una baja tasa de recarga, sin embargo por las velocidades que se alcanzan de los escurrimientos aguas arriba, impide que se infiltre adecuadamente, también se tiene un lineamiento que por su longitud se asocia a un fractura geológica, aunado a esto, o quizás sea el factor más importante, está el cambio de dirección del cauce del río Casas Grandes, debido a que lleva una dirección de oeste a este y cambia bruscamente en un ángulo de 90° para llevar una dirección de norte a sur, indicando que este cambio de dirección puede ser producto de la actividad ígnea del Campo Volcánico Palomas.

Existen estudios que sugieren la búsqueda de fracturas geológicas para la recarga de agua, debido a su alta conductividad hidráulica, empleando métodos geofísicos como principal herramienta (Parizek, 1999; Reynolds, 2011). Sin embargo, en este tipo de estudios la eficiencia está en función de la cantidad de estudios geofísicos que se realicen para conocer el medio físico, lo que provoca mayor cantidad de tiempo, y por ende resulta excesiva en cuestión de costos (Reynolds, 2011). Por este motivo es importante realizar la metodología empleada en la presente investigación, para conocer con mayor detalle las condiciones del medio físico en la región que se esté trabajando.

Conclusiones

La metodología empleada para el análisis geoespacial de los indicadores del medio físico ha demostrado ser efectiva. La aplicación de instrumentos computacionales para el procesamiento y análisis de los datos vectoriales e imágenes satelitales ha sido relevante debido a que se conservó la información de origen, por lo que se obtuvieron tres clases que indican el potencial de recarga de agua, para el acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, cuya clasificación tiene un orden numérico de mayor a menor, que es de la tasa mayor de recarga a la menor tasa de recarga.

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos de los FPR para cada una de las clases, se encontró que la alta densidad de lineamientos es lo que diferencia la clase uno de la clase dos, las pendientes muy inclinadas, los suelos arcillosos son lo que se oponen al incremento de la tasa de recarga, y las zonas que cambian abruptamente su medio físico, en al menos tres de sus FPR, se relacionan con la clase tres.

Estos estudios son de suma importancia ya que permiten identificar en campo las zonas con alto potencial de recarga, demostrando su comportamiento en el medio físico para evitar la disminución del nivel hidrostático de los acuíferos sobreexplotados. Por esta razón, la identificación de las zonas potenciales de recarga forma parte de las herramientas necesarias para dar solución a los problemas de gestión de recursos hídricos, sobre todo en zonas donde la escasez de agua representa uno de los límites para el desarrollo social y económico.

Literatura citada

Al Saud, M. 2008. Using ASTER Images to Analyze Geologic Linear Features in Wadi Aurnah Basin, Western Saudis Arabia. *The Open Remote Sensing Journal 1*:17-25.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) 1999. Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO, [En línea]. México, disponible en http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/ [accesado el día 15 de octubre de 2015].

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Atlas digital del Agua México, en *Comisión Nacional del Agua*, [En línea]. México, disponible en: http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo21.html [accesado el día 20 de agosto de 2015].

Hawley, J. W., Kennedy, J. F., Johnson, M., Dinterman, P., y J. Martin 1999. Plate 1. Surface geology and hydrostratigraphic units of the southern New Mexico region. En: NM Water Resources Research Institute (ed.). Escala 1: 500,000. NM Water Resources Research Institute.

Heat, R. C. 1983. Basic Ground-Water hydrology. *En:* United States Geological survey Water-Supply. Paper 2220. p. 86.

Hsin-Fu, Y., Cheng-Haw, L., Kuo-Chin, H., & Po-Hsun, C. 2009. GIS for the assessment of the groundwater recharge potential zone. *Environmental geology 58*:185–195.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). 2007. Carta topográfica Ciudad Juárez H13-1. Escala 1: 250,000: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Kennedy, M., 2013. Introducing Geographic Information Systems with ArcGIS: A Workbook Approach to Learning GIS. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada. 628 p.

Mancebo, Q. S., 2008. Cambios de formato. *En:* Mancebo, Q. S., Ortega P. E., Valentín C. A., Martín R. B., y L. F. Martín (eds.). Libro SIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Primera edición, Madrid, España. p. 46-49.

Morrison, R. B. 1969. Photointerpretive mapping from space photographs of Quaternary geomorphic features and soil association in northern Chihuahua and adjoining New Mexico and Texas *En:* New Mexico Geological Society 20th Annual Fall Field Conference Guidebook. p. 228.

Ortega, P. E., Q. S. Mancebo, y A. P. Espluga. 2008. Análisis ráster. *En:* Mancebo, Q. S., Ortega P. E., Valentín C. A., Martín R. B., y L. F. Martín (eds.). Libro SIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. Primera edición, Madrid, España. p. 88-96.

Parizek, R. 1999 Fractures traces and lineaments. En: National Groundwater Association (eds). Fractures traces and lineament analysis: application to ground water resources characterization and protection. Ohio, NGWA.

Prabu, P. y B. Rajagopalan. 2013. Mapping of Lineaments for Groundwater Targeting and Sustainable Water Resource Management in Hard Rock Hydrogeological Environment Using RS- GIS. *En:* Zhang, Y., y P. Ray (ed.). Climate Change and Regional/Local Responses. [En línea]. Disponible en: http://www.intechopen.com/books/climate-change-and-regional-local-responses/mapping-of-lineaments-for-groundwater-targeting-and-sustainable-water-resource-management-in-hard-ro [accesado el día 15/10/2015].

Reeves, C. C. 1965. Pluvial Lake Palomas, northwestern Chihuahua, Mexico. *En:* New Mexico Geological Society 20th Annual Fall Field Conference Guidebook. p.228.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Estudio de factibilidad de alternativas de riego por medio de una presa en el Municipio de Tétela de Ocampo en el Estado de Puebla. SAGARPA tomo 1, México, 160 p.

Servicio Geológico Mexicano (SGM). 2001. Carta Geológico-minera Ciudad Juárez H13-1. Escala 1:250,000: Servicio Geológico Mexicano.

Shaban, A. Mohamad, K. y A. Chadi. 2006. Use of remote sensing and GIS to determinate recharge potential zones: the case of occidental Lebanon. H*ydrogeology journal 14*: 433–443.

Shikolomanov, I. A. 1993. World fresh water resources. *En:* P. H. Gleick (ed.). *Water in crisis: A guide to the world's fresh water*. New York and Oxford, Oxford University press.

Reynolds, J. M. 2011. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley and sons ltd. United Kingdom. 681.

Este artículo es citado así:

Ramírez-Villazana, O., A. Granados-Olivas, A. Pinales-Munguía. 2016. Clasificación geoespacial de los indicadores del medio físico para la recarga del acuífero Palomas-Guadalupe Victoria, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua 10(1)*: 32-38.

Resumen curricular del autor y coautores

Óscar Ramírez Villazana. Terminó su licenciatura en ingeniería Física en el año de 2012 en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Actualmente se encuentra terminando el grado de Maestría en Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Del 2012 a la fecha labora en grupo TESCO S. de R.L., donde se desempeña como jefe de proyectos. Su área de especialidad es la Geofísica, Sistemas de Información Geográfica, Sensores Remotos y Geotecnia. Ha participado en congresos como ponente, en abril del 2011 participó como auxiliar en la capacitación para el levantamiento de datos sísmicos en Sabinas, Zacatecas. En 2009 a 2011 participó en proyectos FOMIX desempeñando la actividad de colaborador técnico, en los veranos 2009 y 2010 fue becario en la empresa PEÑOLES participando en el proyecto polarización inducida y levantamiento de magnetometría, prospecto Chiquihuitillo, y el levantamiento de datos gravimétricos y topografía de alta precisión, en San José de Iturbide, Guanajuato, respectivamente. En 2007-2008 fungió como analista de GPS en la empresa BiWater.

Alfredo Granados Olivas. Desde 1990, ha sido Profesor-Investigador asignado al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en el programa de la Licenciatura en Ingeniería Civil y Ambiental y de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Ecosistemas del Instituto de Ingeniería y Tecnología en la UACJ. De igual forma, imparte cátedra en la Maestría en Planeación y Desarrollo Urbano así como en el Doctorado en Estudios Urbanos del Instituto de Arquitectura, Diseño y Artes en la UACJ. Fue Coordinador del Centro de Información Geográfica en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) durante el periodo del 2000 al 2006. Tiene la distinción de haber obteniendo el reconocimiento como Investigador Nacional Nivel I por parte del Sistema Nacional de Investigadores (2005-2018; SNI-CONACyT-SEP) y es Profesor con Perfil PROMEP (2006-2016). El Dr. Alfredo Granados Olivas obtuvo su grado de Doctorado en Filosofía- Área Mayor Agronomía en la Universidad Estatal de Nuevo México especializándose en la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (GIS), Sensores Remotos (teledetección) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) en investigaciones relacionadas al agua, la agricultura y sus impactos en los inventarios de recursos naturales. Su maestría la realizo en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el área de Hidrología Subterránea y su licenciatura en la Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar" con especialidad en Economía Agrícola y Desarrollo Rural. Es especialista graduado del Programa de Liderazgo Aplicado en Energías Renovables y Eficiencia Energética ofrecido por la Escuela de Salud Pública y Medio Ambiente de la Universidad de Harvard con el proyecto "Comunidad de Granjas Eólicas en Ascensión, Chihuahua". El Dr. Granados fue Gerente Técnico del PRONACOSE (Programa Nacional Contra la Sequía) establecido por el Presidente Enrique Peña Nieto a principios del 2013. Obtuvo recientemente el premio "Distintivo Sustentable 2013 en el área de Investigación otorgado por parte de la SAGARPA y el Gobierno del Estado de Chihuahua, por sus estudios en el uso eficiente del agua en la agricultura. Así mismo obtuvo el Premio Estatal en Ciencia, Tecnología e Innovación 2013 categoría de Ciencia en el Área de Medio Ambiente y Recursos Naturales por parte del Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno del Estado de Chihuahua. Fue galardonado en el 2010 con la Medalla al Mérito Docente "Maestros Fundadores" otorgada por la UACJ a profesores que se destacan por su labor docente y de investigación. Así mismo, fue reconocido con la Medalla al Mérito Agronómico-2006 por parte de la Asociación de Profesionales por la Democracia y el Desarrollo (APRODE) y la Comisión de Honor y Justicia de la Asociación Nacional de Egresados de la ESAHE, AC. El Dr. Granados ha sido Director de Tesis en 8 tesis doctorales, 27 tesis de maestría y 25 tesis de licenciatura; y ha sido conferencista en 20 foros nacionales y en 15 foros internacionales (México, Brasil, Francia, Argentina, Costa Rica y Estados Unidos). Ha publicado como autor principal o en co-autoría con pares académicos 28 artículos arbitrados, 44 memorias en extenso y 14 reportes técnicos. Actualmente es el Investigador Principal por la sección mexicana del proyecto financiado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos denominado "Sustainable water resources for irrigated agriculture in a desert river basin facing climate change and competing demands: From characterization to solutions" proyecto que se desarrollara durante el periodo del 2015 al 2020 con una bolsa de 4.9 millones de dolares. El Dr. Granados es Presidente de la firma de consultoría Ingeniería Granados y Asociados SC; fue Presidente del Comité Técnico en Fundación Produce Chihuahua, AC (2010-2015); en el Consejo Estatal Agropecuario de Chihuahua funge como Coordinador General del Foro del Agua en la Expo Agro Internacional Chihuahua; es Presidente de la Asociación Ganadera Local Especializada de Productores de Ovinos de Ascensión, Chih.; es Subsecretario de la Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH)- Sección Frontera Norte; es Miembro de la Sociedad Mexicana de Ingenieros (SMI); Miembro de la Asociación Nacional de Aguas Subterráneas de Estados Unidos (NGWA) y de la Asociación Internacional de Hidrogeología (IAH); es Miembro de la Mesa Directiva del Foro Ciudadano de la CILA-Sección México.

Adán Pinales Munguía. Terminó su licenciatura en Ingeniería Civil en el año de 1996 en la Universidad de Colima (UCol). Realizó el posgrado en la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), en Chihuahua, Chih., donde obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería en Hidrología Subterránea en 1999 y el grado de Doctorado en Ciencia y Tecnología Ambiental en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) en Modelación del Agua Subterránea, en el año de 2004. Desde 2005 labora en la Facultad de Ingeniería de la UACH y posee la categoría de Académico Titular C. Fue miembro del Sistema Nacional de Investigadores en el periodo de 2006 a 2009 (candidato). Sus áreas de especialidad son: Hidrología Subterránea, Modelación Matemática de Sistemas Acuíferos, Diseño de Redes de Monitoreo y Diseño de Códigos de Computadora para la Simulación Matemática de Acuíferos. Ha dirigido 20 tesis de licenciatura y 18 de maestría. Es autor o coautor en más de 40 publicaciones en congresos, capítulos de libros, libro y artículos. Ha dirigido 5 proyectos de investigación financiado por fuentes externas.