

GEOH-1

CONCIENCIA EN EL USO DEL RECURSO HÍDRICO EN CHIHUAHUA, MÉXICO

Reyes Cortés Ignacio Alfonso, Chávez Rodríguez Adolfo,
Chávez Aguirre Rafael, Royo Ochoa Miguel y González Cantú
Javier

Universidad Autónoma de Chihuahua
Correo Electrónico: ireyes@uach.mx

El agua como tema de discusión de papel para el estado de Chihuahua de papel. Porque cada vez que se inicia el estiaje a finales de abril, las necesidades de disponibilidad de agua se incrementan de manera tal, que se manifiesta una escasez temporal del líquido, y por supuesto es tema cotidiano de los periódicos de la región. Pero, una vez que se inicia la temporada de lluvias, el tema se olvida hasta el siguiente año.

Pero la realidad es que el problema de la escasez del agua no solo es de los veranos, el problema del agua es un problema que esta a punto de convertirse en crisis permanente para todo el estado de Chihuahua, especialmente si se continúa creciendo de la manera en que se ha crecido en los últimos 25 años.

Se ha visto que la solución permanente para el problema de la escasez del agua en la Ciudad de Chihuahua no es precisamente el agua superficial de las presas actuales, inclusive el de la Presa del Granero. El Granero es inapropiada por todos los problemas que trae consigo, desde los problemas de contaminación, ya que el agua del río al pasar por el Distrito de Riego 05 recoge las aguas de retorno de las parcelas, además de que todas las ciudades dentro de la Cuenca del Conchos drenan sus aguas negras directamente al río, incluyendo Chihuahua, hasta los problemas involucrados en el costo de operación del acueducto, que tendría que bombear el agua al menos 300 metros de altura. Todo esto sin considerar que la disponibilidad del agua de la presa no esta asegurada por la escasez misma. Esto no significa que el agua superficial sea vedada para la ciudad, absolutamente que no, existe potencial para ser evaluado en algunas de las subcuencas del Río Conchos, pero que requiere de más estudios de monitoreo de campo que de gabinete.

La alternativa que no se ha evaluado ni siquiera en parte, es la de los acuíferos que rodean la zona urbanizada alrededor de la ciudad de Chihuahua. Todo lo que se dice es que ya se tienen conocidos los acuíferos y que fueron estudiados hace más de 50 años. Que los valores de agua subterránea y superficial que son exhibidos por las diferentes dependencias gubernamentales y privadas, así como las descentralizadas, son valores obtenidos con fórmulas y factores que no corresponden a estas latitudes, altitudes y condiciones hidroclimáticas. Como resultado de aplicar esos valores, los resultados pueden ser aleatoriamente buenos, malos o irrelevantes.

GEOH-2

ASPECTOS GEOHIDROLÓGICOS PARA LA UBICACIÓN DE PLANTAS DESALADORAS EN ZONAS COSTERAS

Vázquez González Rogelio¹, Almeida Vega Margarita¹ y Jorquera Flores Doris Nathalie²

¹ Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
Correo Electrónico: rvazquez@cicese.mx

² Depto. de Geología, CICESE

El abastecimiento de agua potable en la zona costera del noroeste de México es cada vez más problemático debido, por una parte, a la escasa precipitación que es característica de esta región del país, y por otra, al incremento de la demanda de agua por los diferentes sectores de la sociedad. Ante este panorama, se ha considerado como alternativa para el abastecimiento de agua de buena calidad, la instalación de plantas desaladoras. Actualmente existen numerosos ejemplos en la región de la península de Baja California, de la utilización de esta tecnología por el sector turístico y en empresas agrícolas altamente tecnificadas. El creciente mercado de plantas desaladoras ha motivado el desarrollo tecnológico dirigido a mejorar los procesos de separación de sales en las plantas desaladoras. Sin embargo, hay varios aspectos en la selección de sitios para la ubicación de este tipo de instalaciones, que requieren estudios relacionados con las ciencias de la tierra.

En este trabajo se analizan las condiciones de operación de los diferentes tipos de plantas desaladoras existentes en el mercado, en función de: la tecnología que utilizan, la calidad del agua que procesan y el consumo energético. En cada caso se describe en secuencia las características del agua de entrada al sistema, los mecanismos que conllevan a la remoción de sales y la producción de agua de rechazo como efluente del sistema. A partir de este análisis se establecen los criterios técnicos que deben considerarse en la selección de un sitio destinado a la ubicación de una planta desaladora de agua con alto contenido salino. En particular, se consideran las características geohidrológicas que deben buscarse para la obra de toma de agua de entrada al proceso y para la obra de descarga de los efluentes salinos de la planta. Finalmente se presentan los resultados preliminares de un proyecto dirigido a la evaluación de las características geohidrológicas de la región costera al sur de la ciudad de Ensenada, B.C., como sitio potencial para la ubicación de una planta desaladora.

GEOH-3

ESTIMACIÓN DEL FLUJO REGIONAL Y LOCAL A PARTIR DEL ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO USANDO TÉCNICAS DE CAMPO POTENCIAL

Belmonte Jiménez Salvador¹, Campos Enríquez José Oscar² y
Herrera Barrientos Jaime³

¹ CIIDIR, Oaxaca, IPN
Correo Electrónico: sbelmont@prodigy.net.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

³ CICESE

Se realizaron mediciones piezométricas en el valle de Zaachila, Oaxaca en tres períodos de tiempo para conocer el comportamiento de los niveles del agua subterránea. Considerando un medio homogéneo e isotrópico en estado estacionario, la carga hidráulica h es una función armónica, ya que cumple con la ecuación de Laplace, por lo que h se comporta como un campo potencial a la que se le aplicó

el procesado de datos utilizado en la Prospección Gravimétrica, la separación del regional-residual. Los resultados han permitido conocer la dirección del flujo regional y local a partir del análisis mencionado, con lo que se han podido identificar zonas de recarga y direcciones de flujo preferencial en el mencionado Valle.

GEOH-4

CARACTERIZACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA Y DESCARGA A PARTIR DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Bautista Belmonte Aarón, Belmonte Jiménez Salvador, Aragón Sulik Manuel y Navarro Mendoza Susana
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Oaxaca, IPN
Correo Electrónico: sjimenez@ipn.mx

El Valle de Tlacolula se localiza al este de la cd. de Oaxaca de Juárez abarcando la zona arqueológica de Mitla y cubre una extensión aproximada de 410 km². Las rocas que afloran en los alrededores del Valle son tobas riolíticas y andesititas del terciario hacia la parte norte y lutitas y areniscas del cretácico hacia oeste y sur. El relleno del valle son sedimentos del cuaternario. Los suelos existentes en el área están constituidos por tres tipos predominantes; arcilloso, arcillo-arenoso y arcillo – limoso.

Mediante la realización de 38 sondeos eléctricos verticales arreglo Schlumberger (SEV's) y una vez realizada la interpretación usando la técnica del modelado directo en 1-D se obtuvo un modelo geohidrológico para determinar las zonas de recarga y descarga. En las zonas con suelo arenoso las resistividades son altas, en tanto que en las de materiales arcillosos y de textura fina bajas. La identificación de las zonas de carga y descarga esta en función de las características de los sedimentos así como de la composición química del agua que contienen los estratos saturados.

Niveles freáticos someros en medios granulares se ha observado favorecen la evaporación del agua subterránea. Por otra parte la presencia de zonas fracturadas encontradas en el valle principalmente en zonas altas permiten la recarga del acuífero. Los sev's también han permitido conocer la geometría del sistema acuífero asociado con fosas tectónicas.

Además existen sitios con agua salobre (más de 15 mil ppm) mismas que se determinaron con la interpretación de los SEV's y en algunos casos con la perforación de pozos, asociando su origen con aguas congénitas y que hace que sea un recurso no apto para el uso humano.

GEOH-5

DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD EN MEDIOS SUBSUPERFICIALES HETEROGÉNEOS MEDIANTE UN MÉTODO INDIRECTO, ESTUDIO DE CASO

Aragón Sulik Manuel, Belmonte Jiménez Salvador, Navarro Mendoza Susana y Bautista Belmonte Aarón
CIIDIR, Oaxaca, IPN
Correo Electrónico: maragon@ipn.mx

Para la evaluación del riesgo a la contaminación en acuíferos, se requiere conocer las propiedades del suelo y subsuelo en función de sus parámetros geohidrológicos tales como la permeabilidad, esto se complica en zonas donde existe una alta heterogeneidad, en donde los métodos directos generan valores puntuales.

Mediante la aplicación del método indirecto de bobinas electromagnéticas, se determinó una relación heurística de los valores de resistividad eléctrica con el campo de permeabilidades bajo condiciones de medios altamente heterogéneos en dos zonas de interés de los Valles Centrales de Oaxaca. Los resultados obtenidos son validados con pruebas de infiltración y de bombeo, los cuales generaron una variabilidad del medio, encontrando en algunos sitios un alto fracturamiento.

GEOH-6

FLUJO DE AGUA EN LA ZONA NO SATURADA. ESTUDIO DEL CASO EN EL VALLE DE MEXICALI

Reyes Lopez Jaime A., Reyes Hernández Rocio, Ramírez Hernández Jorge y Lázaro Mancilla Octavio
Instituto de Ingeniería, UABC, Mexicali
Correo Electrónico: jaimel@iing.mx

El estudio se realiza en parcelas agrícolas ubicadas en el Valle de Mexicali con dos fuentes distintas de agua de riego. En uno de los casos la parcela es regada con agua residual y en el otro se riega con agua normal que suministra el Río Colorado a través del sistema de canales del Valle de Mexicali. El suelo en la zona de estudio es de textura limo-arcilloso y con valores altos de salinidad. Para reconocer los flujos de agua y transporte de solutos a través de la Zona No Saturada (ZNS) se han instalado una serie de dispositivos a diferentes profundidades que nos permiten medir las propiedades de almacenamiento y de transmisión hidráulica, las propiedades físico-químicas del agua de percolación y del suelo. También se ha reunido información de parámetros agroclimatológicos y edáficos y con relación al cultivo.

Así, el flujo de agua se controla mediante un conjunto de tensiómetros colocados a diferentes profundidades. Estas profundidades de investigación son 15, 30 45, 60, y 90 cm que nos permite observar estos flujos. El flujo de agua es complejo observándose movimientos ascendentes después de los riegos desde el tensiómetro situado a 45 cm de profundidad y descendentes hasta la profundidad de 90 cm. En cuanto sucede el riego y dada la condición de humedad del suelo, en pocas horas, se alcanza (12 a 24 hr) una saturación casi total de la zona no saturada con flujos descendentes por gravedad. Una vez terminado este flujo dominante por gravedad (agua de percolación) se mantiene un estado de humedad en el suelo hasta por 7 días en la que los flujos son apenas perceptibles. A los 15 días del iniciado el riego, las condiciones del flujo son ascendentes

hacia la superficie y descendentes hacia los 60 y los 90 cm desde los 45 cm de profundidad. Cabe resaltar que en este caso (inicios a mediados de marzo) los requerimientos de agua del cultivo ya son apreciables aunque la temperatura y por lo tanto la evaporación es moderada. Estos efectos se incrementan conforme crece el cultivo y se acercan los días más calientes del año. Se aprecian diferencias en las magnitudes de los valores de tensión aunque parecen depender de alguna condición física del suelo que puede ser el mayor contenido de materia orgánica en el suelo regado con agua residual.

El estudio se complementa con la instalación de una serie de lisímetros de succión que permite la recuperación del agua de precolación para cuantificar el transporte de solutos a través de la ZNS. Estos lisímetros se han colocado a cada 30 cm y hasta una profundidad de 150 cm. También se han colocado una serie de piezómetros para controlar las oscilaciones del nivel freático (límite de la ZNS) así como para extraer muestras del acuífero superior. El nivel freático se mantuvo durante la experiencia alrededor de los 3.5 metros en promedio.

GEOH-7

ANÁLISIS DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO CANAL TODO AMERICANO-EL DREN MESA-ACUÍFERO DEL VALLE DE MEXICALI, B.C.: RESULTADOS PRELIMINARES

Ramírez Hernández Jorge¹, Reyes López Jaime A.¹, Lázaro Mancilla Octavio¹, Torres Santillán Mauricio² y Román Contreras Jesús³

¹ Instituto de Ingeniería, UABC
Correo Electrónico: jorger@uabc.mx

² Facultad de Ingeniería, UABC

³ Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC

El origen del agua del acuífero del Valle de Mexicali esta estrechamente ligado al agua del Río Colorado, única fuente de recarga directa hasta hace 70 años, después de entonces sus aguas han sido desviadas. El régimen de recarga ha pasado de ser producto de la transferencia directa del río al acuífero; a la recarga espacial difusa, producto de la infiltración del agua excedente del riego agrícola en cada parcela (500x106 m³/año), y de la percolación de agua en los canales de riego (200x106 m³/año). El canal de mayor importancia, por su longitud (132 km) y magnitud de pérdidas (100 x106 m³/año) es el "All-American Canal" (Canal Todo Americano, CTA), ubicado a lo largo de la línea internacional, entre México y los Estados Unidos, en el Sur del Estado de California. La dirección del flujo subterráneo regional actualmente esta directamente asociada a las infiltraciones de este canal, provocando un parteaguas del flujo subterráneo en dirección norte, para descargar en el Salton Sea y, en dirección sur hacia el Golfo de California.

Las infiltraciones que se dirigen al sur, hacia terreno mexicano, son parcialmente captadas por el Dren Mesa (DM) ubicado en el perímetro de la Mesa Arenosa de Andrade sobre la cual el CTA presenta mayores pérdidas. En este trabajo se cuantificaron los volúmenes captados por el DM en 6 puntos de aforo, mediante el método de area-velocidad, cada 15 días durante los meses de marzo a julio encontrándose un aumento paulatino en el caudal de agua captado por el dren desde 1 km de su nacimiento (198 l/s) hasta la zona en que se aleja de la Mesa Arenosa después de 22 km de recorrido (926 l/s). Se encontró que las variaciones en el caudal cuantificado durante este período están estrechamente relacionadas

con el régimen de riego del Valle de Mexicali, con una extracción directa del DM más intensa durante los meses de marzo y julio. No se observaron cambios significativos en los niveles freáticos en los dos piezómetros de observación construidos entre CTA y el DM durante el periodo medido aunque la diferencia de potencial confirmó la transferencia de agua desde el CTA hasta el DM. La escasa aportación de agua proveniente de drenes agrícolas afluentes al DM fue corroborada con los resultados de los análisis físicoquímicos de muestras de agua en los puntos de aforo que mostraron que no existe aporte considerable de agua de retorno por riego y la evolución química del agua en el trayecto analizado puede ser atribuida a procesos de evaporación más que de mezcla. Aunque aún no se cuenta con mediciones durante todo el año hidrológico y los resultados presentados deben ser considerados como preliminares, se espera que no existan cambios significativos, ya que el CTA presenta niveles de espejo de agua muy estables durante todo el año y las variaciones más intensas en el régimen de riego ya han sido contabilizadas.

GEOH-8

COKRIGEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CARGA HIDRÁULICA: SU APLICACIÓN EN EL ACUÍFERO DE MEXICALI, B.C., MÉXICO

Mendoza Cázares Edgar Yuri¹, Herrera Zamarrón Graciela² y Díaz Viera Martín³

¹ División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM
Correo Electrónico: edgaryuri@hotmail.com

² Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

³ Instituto Mexicano del Petróleo

La elevación del nivel estático es una variable fundamental para el estudio de un acuífero. La representación de esta variable mediante mapas piezométricos es usada para identificar la dirección del flujo subterráneo, zonas de recarga o descarga y para evaluar las fuentes subterráneas que interactúan con el sistema.

En la geohidrología es reconocida la estrecha relación que existe entre el nivel freático y la elevación del terreno natural, estableciendo que: El contorno de la elevación del agua subterránea muestra características como cimas y valles parecidas a las formas superficiales, aunque el agua subterránea es por lo general más profunda. En otras palabras la fuerza gravitacional dirige el flujo subterráneo, de zonas altas a zonas con menor elevación, y esto hace que la superficie freática sea similar a la superficie del terreno. Esta observación fundamental sugiere que los datos topográficos pueden usarse como guía para mapear la elevación del nivel freático, y no solo utilizar los escasos datos piezométricos.

La carga hidráulica es una variable de interés, que en la mayoría de los casos no cuenta con suficientes datos, por lo que los hidrogeólogos han aplicado técnicas estadísticas para obtener mejores interpolaciones. Los métodos de interpolación lineal simple o krigado, han demostrado su efectividad, sin embargo, al aplicarse en sistemas donde existe poca información, las interpolaciones resultan ser una aproximación "media" de la realidad.

El empleo de técnicas estadísticas, que utilizan la autocovarianza y varianza cruzada entre dos ó más variables, que están espacialmente relacionadas, es una alternativa para mejorar la interpolación. El cokrigeado es utilizado para obtener mejores estimaciones de una variable, muestreada en menor número de veces, con respecto a otra que es observada con mayor intensidad.

El objetivo de este trabajo es implementar la técnica de cokrigado, mostrando cómo se puede usar para obtener mejores estimaciones de la elevación del nivel estático. Esto se ilustra aplicando el proceso de cokrigado a las cargas hidráulicas y la topografía del acuífero de Valle de Mexicali, B.C., México.

GEOH-9

ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN HIDROGEOQUÍMICA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Tejada Bautista Edgardo y Vázquez González Rogelio
 Depto. de Geofísica Aplicada, CICESE
 Correo Electrónico: etejada@cicese.mx

El agua subterránea en la zona del valle de Mexicali ha sido afectada en cantidad y calidad por la explotación intensiva ocasionada por las actividades agrícolas. Otro aspecto particular de esta región, que tiene relación con las condiciones hidrogeoquímicas del acuífero, es la actividad geotérmica presente. La importancia del recurso ha motivado la ejecución de diversas campañas de muestreo y análisis de la calidad del agua subterránea, por parte de la Comisión Nacional del Agua (CNA), esta información es básica para estudiar la evolución del sistema geohidrológico y determinar los factores de mayor importancia en el acuífero. En este trabajo se analiza detalladamente información hidroquímica de los pozos del acuífero del valle de Mexicali, para definir el tipo y calidad de agua, asimismo se establece la correlación con la litología presente en el área y con la dirección de flujo subterráneo.

El área en estudio se ubica en la parte noreste del estado de Baja California, definida geográficamente por las coordenadas UTM 3'553,000 a 3'623,000 de latitud norte y 650,000 a 730,000 de longitud este, cubriendo una extensión aproximada de 5600 km². Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó una base de datos hidroquímicos proveniente de 228 pozos para un periodo de ocho años (1987-1995 excepto 1993). Después de un proceso de recopilación, análisis y depuración utilizando entre otros el criterio del balance iónico, se obtuvieron un total de 918 análisis químicos con las concentraciones (en ppm) de seis iones principales: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, SO₄²⁻, HCO₃⁻ y Cl⁻ y de sólidos totales disueltos (STD). Con base en esta información se hizo la caracterización hidrogeoquímica del acuífero, considerando: a) los resultados del tipo o familia de agua en función de los iones dominantes, b) la calidad del agua de acuerdo a la concentración de STD y, c) la evolución del agua tomando en cuenta la dirección de flujo subterráneo.

Como resultado se presentan y discuten mapas del área donde se observa la distribución espacial de los pozos, su clasificación en familias de agua y la concentración de STD.

La caracterización hidrogeoquímica del acuífero forma la base para postular un modelo conceptual que considera las interacciones agua-medio poroso y explica las condiciones actuales.

Este trabajo forma parte del proyecto: "Caracterización Química del Agua Subterránea en el Área Fronteriza México-Estados Unidos de los Valles de Mexicali e Imperial" desarrollado en colaboración con la Universidad de California en Riverside, y financiado por el programa UC-MEXUS.

GEOH-10

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SUR DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Alcalá Ochoa Salvador, Arreygue Rocha Eleazar y Garduño
 Monroy Víctor Hugo
 Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH
 Correo Electrónico: huany_75@yahoo.com.mx

La evidente degradación del lago de Pátzcuaro, tiene gran influencia en su entorno. Al bajar el nivel del lago baja consecutivamente el nivel estático (nivel freático), lo cual impacta en los manantiales que son los que sustentan tanto la vida humana, como vegetal y animal en la zona.

La contaminación acelerada de los cuerpos hídricos superficiales y la creciente demanda del agua, ha generado que se lleven a cabo exploraciones para localizar otras fuentes, como es el caso de las aguas subterráneas. Desafortunadamente la contaminación antrópica, ya iniciada, hace casi imposible la recuperación de los acuíferos dañados.

Los contaminantes pueden provenir de muchas fuentes, y su velocidad de propagación depende de los medios por donde circula el agua, como es el caso del tipo de material (rocas o sedimentos granulares), estos pueden aportar a los fluidos elementos químicos naturales, que para el hombre resultan dañinos. Un caso concreto sería el plomo.

El presente análisis tiene por objetivo caracterizar los materiales naturales a través de los cuales circula el agua superficial y subterránea, con la finalidad de determinar el impacto que producen y las propiedades que le infieren al agua esos medios.

Cualquier impacto, ya sea natural (plomo) o por el hombre (agroquímicos, lixiviados) en las aguas se reflejará en la recarga del lago de Pátzcuaro, por lo que todo los habitantes del lago (acuáticos y terrestres) resentirán dicha contaminación.

Además se pretende conocer las posibles zonas de recarga de los manantiales de la zona, también se están realizando muestreos de todos los manantiales, norias y pozos profundos del Sur del lago, con la finalidad de conocer sus características químico-físicas y analizar la relación de su composición con posibles elementos contaminantes.

GEOH-11

MONITOREO DE LOS EFECTOS AL ACUÍFERO DE GUASAVE SINALOA, DEBIDOS A LA PLUMA CONTAMINANTE DEL BASURERO MUNICIPAL

Herrera Barrientos Jaime¹, Norzagaray Campos Mariano², Ladrón de Guevara Torres María², Palafox Ávila Germán², Díaz Cervantes Edel², Monroy Contreras Arturo² y Muñoz Sevilla Patricia²
¹ CICESE

Correo Electrónico: jherrerac@cicese.mx

² CIIDIR, IPN, Sinaloa

Esta investigación da propuestas de solución al fenómeno de la contaminación del acuífero del Valle de Guasave, Sinaloa, México, la cual es ocasionada por el basurero municipal abandonado ubicado en la parte sudoeste de un acuífero libre costero tipo granular. Se comprueba que la presencia de dicha fuente puntual de contaminación

se debe a que en el pasado no se llevaba a cabo una separación de adecuada de la basura, por lo que la contaminación de las aguas incluía en aquel entonces tanto desechos inorgánicos como orgánicos, mismos de no reacción con el medio acuífero. Lo anterior ocasiona en el presente la presencia de grasas, sales y aceites en el sistema hídrico. A tal efecto con la técnica geofísica Dipolo-Dipolo, se analiza de manera integral la dinámica espacio temporal del comportamiento de la pluma contaminante en base a la variación de la resistividad del suelo. Las mediciones tomadas con la técnica mencionada anteriormente, se realizan directamente en campo en un área cercana al basurero municipal. Las observaciones permitieron sustentar una técnica de monitoreo no destructiva de la pluma de contaminantes así como su dilución. Los resultados servirán para generar una propuesta de desarrollo regional y establecer la sustentabilidad tan deseada en la región de las aguas subterráneas, mismas que en últimos años se enfrentan al fenómeno de la sequía.

GEOH-12

INOCULACIÓN BACTERIANA ESPACIO-TEMPORAL EN AMBIENTES SUBTERRÁNEOS DEL TERRENO DEL BASURERO DEL MUNICIPIO DE GUASAVE, SINALOA

Norzagaray Campos Mariano¹, Gerardo Suárez Luis², Ochoa Loza Francisco Javier³, Herrera Barrientos Jaime⁴, Muñoz Sevilla Patricia¹ y Ladrón de Guevara Torres María¹

¹ CIIDIR, IPN, Sinaloa

Correo Electrónico: mnorzaga@ipn.mx

² Ganadera VIZUR

³ Universidad Autónoma de Sinaloa

⁴ CICESE

Los organismos patógenos se transmiten a través del agua contaminada y son vectores que originan diversas enfermedades intestinales. Hasta el momento la investigación mundial ha sido orientada hacia la aplicación de pruebas bacteriológicas para indicar la presencia de contaminación fecal en este recurso vital para la vida, y son pocos los trabajos que se han realizado para analizar su período de vida y difusión en el ambiente de las aguas subterráneas, que en este caso son importantes para establecer una fuente de abastecimiento futuro de agua de calidad para consumo humano en la región en estudio. Aquí se presentan los resultados de la determinación mediante la experimentación en el laboratorio y diseño de un modelo de simulación física, del período de vida y distancia de difusión de los coliformes fecales presentes en la interacción de las aguas subterráneas hacia los sedimentos. El estudio se realiza en la parte del acuífero de la zona del relleno sanitario ubicado en el valle de Guasave Sinaloa, México. La problemática existente es que los lixiviados generados se infiltran al subsuelo llevando consigo coliformes fecales los cuales recorren distancias distintas debido al mal diseño del basurero. Con esta investigación se logran obtener una propuesta para la ubicación de basureros y/o rellenos sanitarios, así como lagunas de tratamiento de aguas residuales, considerando los resultados de la inoculación de los coliformes fecales por el momento en suelos del sitio de estudio. Los análisis bacteriológicos se realizaron en base a técnicas microbiológicas tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, AOAC Oficial Meted 998.08.

GEOH-13

TIEMPO ADVECTIVO DE VIAJE VERTICAL DE UN CONTAMINANTE EN ZONA VADOSA, ÁREA DE TAMAZULA, SINALOA, MÉXICO

Herrera Barrientos Jaime¹, Verduzco Heredia María², Ladrón de Guevara Torres María³ y Muñoz Sevilla Patricia³

¹ CICESE

Correo Electrónico: jherrera@cicex.mx

² Ayuntamiento de Guasave

³ CIIDIR, IPN, Sinaloa

Tamazula, Sinaloa es una población eminentemente agrícola, con un nivel freático somero (de 2 a 5 m), carente de drenaje, por lo que, es de interés conocer el tiempo de viaje de un contaminante considerando un mecanismo de transporte advectivo considerando una carga puesta en la superficie o en profundidad. En el caso de la superficie, la presencia de contaminantes que yacen en la superficie del suelo está asociado a la actividad agrícola. Respecto a la profundidad se debe a la precolación de la carga asociada a las fosas sépticas domésticas.

El tiempo de viaje vertical se estimó a partir del conocimiento de la recarga en la zona de estudio, humedad del subsuelo y espesor de los materiales atravesados. El tiempo de recarga encontrado fue de 15 años, el cual es lo suficientemente largos de forma que los coliformes fecales no alcanzan a llegar con vida al acuífero superior de tipo libre.

La extracción de agua en la zona de Tamazula proviene de un acuífero cautivo que infrayace al superior libre, por lo que el tiempo de viaje de un contaminante hacia dicho acuífero cautivo será mayor a los 15 años. Al momento no se ha determinado el tiempo de viaje a lo largo del cuerpo confinante.

GEOH-14

ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE LA ZONA ACUÍFERA DE TAMAZULA, SINALOA, MÉXICO

Verduzco Heredia María¹, Herrera Barrientos Jaime², Ladrón de Guevara Torres María³ y Muñoz Sevilla Patricia³

¹ Ayuntamiento de Guasave

Correo Electrónico: mariverher@hotmail.com

² CICESE

³ CIIDIR, IPN, Sinaloa

Es de interés para las autoridades de la Sindicatura de Tamazula el conocer el índice de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero en la zona de Tamazula, Sinaloa, ya que se desarrollan diversas actividades con potencial a la contaminación.

El cálculo del índice de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea se realizó mediante la metodología DRASTIC, evaluando la sensibilidad y contribución de cada parámetro DRASTIC a través de indicadores (sensibilidad, índice de remoción y eficacia del factor de ponderación) que muestran la contribución y relevancia de la información utilizada en el cálculo del índice de vulnerabilidad.

Se usó la metodología DRASTIC, ya que la determinación de cada uno de los índices que corresponden a los acrónimos del nombre de la metodología, se expresan de forma que son funcionalmente independientes, por lo que la carencia o poca información de algún parámetro no limita la aplicación de la metodología.

Los resultados encontrados indican que las zonas más vulnerables corresponden a la porción NE y SO del área de Tamazula, correspondiendo a las zonas donde se desarrolla la actividad agrícola.

Se encontró que los parámetros R y T contribuyen al índice de vulnerabilidad por encima de su valor teórico.

GEOH-15

DETERMINACIÓN DE LA INTERFACE SALOBRE EN EL ACUÍFERO COSTERO DE GUASAVE, SINALOA MEDIANTE LA RELACIÓN DE GHYBEN-HERZBERG

Norzagaray Campos Mariano¹, Palafox Avila Germán¹, Díaz Cervantes Edel¹, Herrera Barrientos Jaime², Monroy Contreras Arturo¹, Ladrón de Guevara Torres María¹ y Muñoz Sevilla Patricia¹

¹ CIIDIR, IPN, Sinaloa

Correo Electrónico: m_norzagaray@yahoo.com.mx

² CICESE

La planicie costera del Valle de Guasave, Sinaloa ha sido objeto de intensos bombeos históricos que han propiciado la intrusión salina, por lo que, varios pozos y norias cercanos a la zona de costa han sido abandonados.

Es de interés conocer el avance que ha tenido la intrusión salina, ya que esta planicie costera presenta un suave relieve del orden de 1 m/km, generándose zonas de recarga asociadas a intensas precipitaciones y aporte de canales de riego, drenes y el Río Sinaloa en los periodos de lluvia, para luego volver a situaciones de calma el resto del año (periodo de estiaje). La dinámica de recarga y descarga de agua al acuífero en la zona próxima a la línea de costa tiende a un estado de equilibrio entre el nivel freático y la intrusión salina, ya que las norias y pozos en dicha zona no están en explotación, propiciándose así condiciones de balance hidroestático, permitiéndose así utilizar la relación de Ghyben-Herzberg en la obtención de la profundidad de la interfase (z) y la longitud de penetración (L) de la cuña salobre. Los valores de z obtenidos varían de 4 a 10 m y de L entre 12 y 40 km.

GEOH-16

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DEL MARCO HIDROGEOLOGICO DEL ACUÍFERO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Minjárez Sosa Ismael, Rangel Medina Miguel, Monreal Saavedra Rogelio, Morales Montaña Mariano y Grijalva Noriega Francisco Javier

Depto. de Geología, Universidad de Sonora
Correo Electrónico: iminjare@geologia.uson.mx

Se presentan estudios de Geología, Geomorfología y Geofísica de una parte importante del acuífero del Valle del Yaqui.

El Valle del Yaqui se encuentra en la Planicie Costera de Sonora. Ocupa gran parte del Delta del Río Yaqui. Este desemboca en el Golfo de California, en la Bahía de Guaymas, cuenca asociada al desplazamiento lateral de la Falla San Andrés.

El Valle se encuentra limitado por sierras compuestas fundamentalmente de rocas volcánicas terciarias y mesozoicas, así como por la Formación Báucarit del mioceno.

Estudio de las anomalías de Bouguer muestra la estructura profunda del Valle, que hacia el Este sepulta un pilar tectónico y un semigraben formados por la Falla Obregón, de orientación N-S y debida a la tectónica terciaria del Basin and Range. Esta estructura corta a su vez a la Falla Cocoraque, de orientación NE-SW y probablemente de edad mesozoico. El Valle hacia la parte central y Oeste sobreyace una estructura esencialmente monoclinial.

Geomorfológicamente se identifican los elementos correspondientes a un sistema deltaico, con sus derivas, cauce activo y típicos ambientes costeros. El estudio de SEV's y de cortes litológicos de pozos, ha permitido delimitar en profundidad la distribución de los diversos ambientes del delta.

A partir de este estudio, y considerando la información de parámetros hidráulicos, es posible poner al día el modelo conceptual del acuífero, para efectos de avanzar en su conocimiento.

GEOH-17 CARTEL

CONDICIONES CLIMÁTICAS Y HIDROLÓGICAS DURANTE Y DESPUÉS DEL HURACÁN ISIDORO EN EL ÁREA "CONO SUR" DEL ESTADO DE YUCATÁN.

Wurl Jobst¹, Frausto Martínez Oscar², Giese Steffen³, Deutsch Steffi² y Chavez Geysler²

¹ UABCS

Correo Electrónico: jwurl@uabcs.mx

² Universidad de Quintana Roo

³ Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Jena, Alemania

El "Cono Sur", está en el centro de la península de Yucatán donde convergen los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo con las poblaciones más grandes Tzucacab, Peto y Tekax.

La plataforma de Yucatán se formó por carbonatos desde el Cretácico. A causa de la carstificación de las rocas existe una alta permeabilidad por grutas y cavernas y el agua se infiltra in situ o después del corto flujo. En la zona de estudio no existen escurrimientos superficiales relevantes. El nivel freático regional esta situado a aproximadamente 10m sobre el nivel del mar con una pendiente baja, que indica un movimiento horizontal muy lento hacia el mar.

La tormenta tropical "Isidore" impactó Yucatán el 21 de Septiembre en Telchac Puerto y retornó al mar el día 24 por la mañana. Durante del huracán se registraron entre 350 y 650 mm de precipitación en 5 días en el Cono Sur. Gran parte del terreno fue afectado por inundaciones (con una altura máxima reportada de 11m sobre el nivel del terreno).

Se aplicaron el método de Gumbel para calcular la probabilidad de precipitaciones máximas a base de los datos de la precipitación mensual de siete estaciones climatológicas en la región con respecto a los años 1960 hasta 2002. En promedio los meses sin huracanes tienen 80 mm hasta 90 mm de precipitación mientras en meses de huracanes el doble fue registrado.

GEOH-18 CARTEL

APORTACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL VALLE DE AGUASCALIENTES PARA LA REEVALUACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Mitre Salazar Luis Miguel y Martínez Reyes Juventino
 Centro de Geociencias, UNAM
 Correo Electrónico: lmitre@geociencias.unam.mx

Se presentan los resultados obtenidos del proyecto multidisciplinario intitulado "Estudio Integral sobre la Problemática del Agua, Subsistencia y Sismicidad en el Valle de Aguascalientes" desarrollado, por la Universidad Autónoma de Querétaro y la Universidad Nacional Autónoma de México, para el Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes.

El "Valle de Aguascalientes" es una estructura tectónica conocida como "Graben de Aguascalientes", que a lo largo de unos 80 Km. atraviesa de Norte a Sur al estado. Se trata de una depresión topográfica más o menos regular que oscila entre los 1850 y 1900 m altitud, de unos 20 Km. de anchura máxima en sus extremos Norte y Sur, y de unos 10 kms. de anchura mínima en su parte central. Las fallas que lo limitan tienen una orientación casi meridiana y una continuidad que se manifiesta a lo largo del territorio estatal. Localmente sin embargo tal continuidad es interrumpida por un sistema de fallamiento de orientación preferencial NE-SW, así como otro NW-SE. Estos sistemas de fallas le confieren a la región un estilo estructural de pilares y fosas tectónicas (horsts y grabens).

Los trabajos realizados permiten individualizar a lo largo de cada uno de esos flancos, una serie de bloques tectónicos que corresponden a pequeñas fosas o altos estructurales, limitados por fallas importantes.

La cartografía geológica elaborada resalta características estratigráficas importantes en cada uno de los flancos:

Occidental, con un basamento de rocas plutono-volcánicas y volcansedimentarias y sedimentarias jurásico-cretácicas marinas y una cubierta volcánica terciaria potente y compleja de composición riolítica.

Oriental, el basamento está representado por dos formaciones de naturaleza marina del cretácico: la inferior, compuesta de lutitas y areniscas, y la superior predominantemente de calizas. La cubierta terciaria, está representada por una unidad sedimentaria continental en la base y por diversas unidades de rocas volcánicas y una gruesa secuencia de sedimentos fluvio lacustres.

Finalmente, y esto es válido para toda el área de estudio y como parte de la cubierta volcánica y sedimentaria, existen depósitos recientes de gravas sin consolidar. De igual modo, aparecen aislados testimonios de un volcanismo andesítico-basáltico también muy reciente, en forma de lavas de poco espesor.

La diferenciación de la región en bloques estructurales es muy importante para evaluar el agua subterránea, ya que hasta el momento se ha considerado la existencia de acuíferos distribuidos de manera regular a lo largo y ancho del valle. Esto obliga al análisis individual de cada uno de ellos, considerando su posible conformación estratigráfica distinta, y que los límites entre ellos pudieran constituir barreras o bien planos de conductividad para el agua subterránea.

Los resultados de esta interpretación son una alternativa para reevaluar el potencial del recurso agua y entender el fenómeno de subsidencia, elementos suficientes para proponer el reordenamiento territorial de la zona, y que los recursos puedan ser aprovechados racionalmente sin exceder la capacidad de carga del medio.

GEOH-19 CARTEL

AGOTAMIENTO DE ACUÍFEROS Y SUBSISTENCIA DE TERRENOS EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES. MARCO ESTRATIGRÁFICO Y ESTRUCTURAL

Martínez Reyes Juventino y Mitre Salazar Luis Miguel
 Centro de Geociencias, UNAM
 Correo Electrónico: jmr@geociencias.unam.mx

Fenómenos de fallamiento del suelo son conocidos en la ciudad de Aguascalientes desde hace más de dos décadas; el agotamiento de los acuíferos que la abastecen se ha venido agudizando en los últimos años. Para dar respuesta a estos problemas, la UAQ y la UNAM han venido desarrollando el "Estudio Integral sobre la Problemática del Agua, Subsistencia y Sismicidad en el Valle de Aguascalientes" para el INAGUA, dependencia del gobierno estatal.

En ese estudio el objetivo central de la Geología ha sido el de proporcionar el conocimiento básico e indispensable a las disciplinas geofísicas, geoquímicas y geohidrológicas para proponer soluciones a tal problemática, la cual actualmente no solo enfrenta la ciudad de Aguascalientes, sino que ya se plantea para todo el valle; este resumen da cuenta de las conclusiones geológicas.

El Valle de Aguascalientes es una depresión topográfica que a lo largo de 80 kms atraviesa de N a S el estado de Aguascalientes, con una anchura máxima de 20 kms en sus extremos septentrional y meridional, y mínima de 10 kms en su parte central; su altitud se sitúa entre los 1850 y 1900 msnmm. Fisiográficamente limita a la Mesa Central de la Sierra Madre Occidental.

La estratigrafía que enmarca el Valle de Aguascalientes está representada por dos secuencias litológicas bien definidas: una cenozoica de origen continental compuesta por lavas, tobas e ignimbritas de composición riolítica y por sedimentos clásticos y volcánoclasticos lacustres poco consolidados; otra mesozoica de origen marino compuesta, por un lado, por tonalitas y dioritas atravesadas por filones de diabasa, lavas basálticas almohadilladas, tobas y cherts con radiolarios, brechas volcánicas y sedimentos calcáreo-terígenos, y por otro lado, por areniscas y lutitas y calizas. La primera, sin más deformación que un fallamiento normal, descansan en discordancia angular sobre la segunda, plegada y con metamorfismo regional de bajo grado; ésta última constituye el basamento regional de esta parte del país.

Tectónicamente el Valle de Aguascalientes corresponde a un graben (el Graben de Aguascalientes), limitado por dos grandes fallas de orientación casi meridiana sobrepuestas a estructuras de orientaciones NE-SW y NW-SE que confieren a la región un estilo estructural de cuencas y pilares. El subsuelo del valle refleja este mismo estilo estructural, evidenciado por el relleno de sedimentos no consolidados. Para los fines de la Geohidrología se han considerado dos basamentos: uno somero constituido por formaciones no compresibles correspondientes a los términos volcánicos terciarios (entre 300 y 600 m de profundidad a lo largo del valle), y otro profundo representado por las formaciones mesozoicas (a 700 m de la superficie en algunos sitios).

Esta nueva interpretación del marco estratigráfico y estructural del Valle de Aguascalientes, son los parámetros fundamentales para una nueva interpretación geofísica, geoquímica y geohidrológica del mismo. Esto desembocará en un nuevo modelo del o los acuíferos allí presentes. Servirá al mismo tiempo para una mejor interpretación del origen del fallamiento de los terrenos en el valle y con ello predecir los sitios de futura aparición del fenómeno. Agotamiento de acuíferos y subsidencia parecen estar íntimamente relacionados.

GEOH-20 CARTEL

TÉCNICAS DE REGULARIZACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Alvarez González Rosa Margarita y Guerrero Grajeda José
UNAM
Correo Electrónico: rmalvarezmx@yahoo.com.mx

Si partimos de la forma operacional $Lh=q$, para un acuífero confinado, donde h es la altura piezométrica, q representa la recarga y extracción, y el operador L depende de los parámetros de transmisividad hidráulica (T) y del coeficiente de almacenamiento (S), la propuesta es presentar alternativas que permitan calcular estimaciones de T a partir de observaciones hobs de la altura piezométrica, que como se sabe, constituye un caso típico de problema inverso muy sensible a perturbaciones en los datos.

Se presentarán también resultados computacionales para un caso real.

GEOH-21 CARTEL

INTERPRETACION DE CURVAS SEV EN EL BAJIO NORTE DEL EDO.DE GUANAJATO

Randall Roberts John Alexander
ICA, Agronomía, Universidad de Guanajuato
Correo Electrónico: randall@redes.int.com.mx

Exploración para agua subterránea en la parte norte del Bajío del Edo. De Guanajuato con SEV (sondeo eléctrico vertical) ha generado un patrón de diagnóstico de la distribución de acuíferos en tres dimensiones que muestra su control estructural y estratigráfico. La coincidencia entre los resultados geofísicos y la producción de los pozos recomendados a través de esta exploración permite una zonificación entre franjas de alto y baja

favorabilidad en referencia a futuras exploraciones. La distribución de SEV's largos está estrechamente ligado a al fondo hidrológico del acuífero, siendo esto el basamiento rocoso (Mesozoico o Terciario inferior) que es una superficie muy irregular y basculada entre fallas, mayormente de tipo transversal (NE-SO). El hecho que El hecho que la exploración se ha realizada sobre un periodo de casi 25 años, ha permitido reflexionar sobre la interpretación y modificarla según nueva información geológica e Hidrológica. Se ha utilizado sondeos propios con tendidos AB/3 (Wenner) entre 300 y 1000 metros. En general, curvas de tipo "H" se encuentran en los grabens y tipo "K" en los Horst; las curvas más complejas como "HKH" y "KHK" son típicas de áreas estructurales complejas frecuentemente asociados con acuíferos semi confinados y a veces multiples. Desde luego la condición hidrológica del Bajío norte ha cambiado durante el periodo del estudio, cambios en producción en ciertas áreas ha ayudado a la interpretación; la geología estructural obviamente sigue siendo lo mismo.

GEOH-22 CARTEL

INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA EN EL COMPORTAMIENTO DEL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE QUERÉTARO

Carreón Freyre Dora Celia¹, Cerca Martínez Mariano¹, Vargas Cabrera Carlos¹, Luna González Laura², Gámez González Francisco J.³, Hernández Marín Martín¹ y Álvarez Rodríguez Juan³

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Oro.
Correo Electrónico: freyre@geociencias.unam.mx

² Instituto de Geografía, UNAM

³ Comisión Nacional del Agua, Gerencia Querétaro

En este estudio analizamos los registros de piezometría y litología de pozos ubicados en la mitad oriental del graben de Querétaro. Del análisis de los cortes litológicos de pozos disponibles se infiere que el relleno de la cuenca registra un depósito continuo y normalmente graduado desde su formación en el Mioceno Tardío-Plioceno. La secuencia sedimentaria muestra intercalaciones de rocas volcánicas en diferentes niveles. La abundancia de arcillas y limos en la parte superior de la secuencia y el gran espesor de la zona no saturada disminuyen los tiempos de recarga y provocan patrones complejos de flujo en esta zona.

Es importante hacer notar que en el Valle de Querétaro la estructura sedimentaria de la cuenca se encuentra disturbada en zonas de fracturas discretas y localizadas. Estas fracturas son consistentes en dirección (~norte-sur) y dirección del desplazamiento normal, con las fallas regionales que definen una cuenca con estructura de graben cuyos flancos poniente y oriental pueden ubicarse en la Falla Oriente y la Falla San Bartolomé respectivamente. La diferencia del nivel piezométrico entre las partes altas y bajas sugiere que hay un contraste importante en las propiedades hidráulicas de los materiales que se encuentran en estas zonas. Por un lado, en el valle el gran espesor de la zona no saturada y la presencia de estratos limo-arcillosos (particularmente en la parte superficial) que actúan como capas impermeables retardan la llegada de agua superficial por infiltración al acuífero, en la zona de mayor extracción de agua. En las partes altas, predominan las rocas volcánicas fracturadas que ayudan a la infiltración por lo que se consideran zona de recarga y la extracción es menor. La diferencia en el comportamiento del abatimiento piezométrico observado en hidrógramas analizados en ambos lados de la Falla Central y las configuraciones piezométricas utilizando como límites de interpolación las fallas observadas en la superficie, sugieren que estas estructuras tienen una influencia importante en el flujo de agua subterránea. Además, la correlación entre las condiciones estratigráficas con las configuraciones piezométricas obtenidas para las últimas tres décadas, permite proponer un modelo multicapa del acuífero del Valle de Querétaro con un sistema de flujo intermedio entre local y regional.

GEOH-23 CARTEL

DETERMINACIÓN DE LA DIRECCIÓN PRINCIPAL DEL COEFICIENTE DE DISPERSIÓN HIDRODINÁMICA A TRAVÉS DEL ANÁLISIS ARMÓNICO

Herrera Barrientos Jaime¹, Norzagaray Campos Mariano²,
Capurro Filograsso Luis A.³ y Monroy Contreras Arturo²

¹ CICESE

Correo Electrónico: jherrera@cicese.mx

² CIIDIR, IPN, Sinaloa

³ CINVESTAV, Mérida

Se determina la dirección principal del coeficiente de dispersión hidrodinámico D de un acuífero libre a través del análisis armónico de la carga hidráulica. Dicho coeficiente es necesario previo al modelado de transporte de solutos de un acuífero, el cual suele considerarse generalmente en la literatura como homogéneo e isotrópico. En este trabajo se determina la dirección principal del coeficiente D a partir del análisis armónico de la carga hidráulica asociada al flujo regional de un acuífero costero. La metodología se aplica al caso del acuífero del Valle de Guasave, Sinaloa, obteniéndose la dirección principal de dicho coeficiente, la cual es prácticamente perpendicular a la línea de costa.

El valor de D se ha obtenido mediante prueba de campo utilizando trazador de cloruro de sodio.

GEOH-24 CARTEL

INVESTIGACIÓN DE BALANCE HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DE SANTIAGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Wurl Jobst, Martínez Gutiérrez Genaro, Santiago Alarcón
Adriana Gisela y Arce Ojeda José Candelario
UABCS

Correo Electrónico: jwurl@uabcs.mx

El principal recurso hidráulico con que cuenta el estado de Baja California Sur proviene de los acuíferos. Existen muchos factores que provocan su sobre explotación o decaimiento. Con el incremento poblacional crece también la demanda del agua, lo cual conduce a una explotación desmedida; la recarga natural llega a ser insuficiente para restablecer a los acuíferos.

Se realizaron mediciones del escurrimiento en la zona serrana, donde se encuentran las rocas ígneas y metamórficas, para cuantificar el escurrimiento superficial en los arroyos cuyos sedimentos de grava y arena facilitan su infiltración y la recarga de los acuíferos.

El agua subterránea en la cuenca de Santiago proviene de su mayoría de la sierra La Laguna, así es que existe una estrecha relación entre la serranía como proveedora del agua y el valle de Santiago como receptáculo. La cuenca de Santiago se clasifica como subexplotada y la balance hidrológico permite planear un uso sustentable del recurso agua.