

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Como ya se ha mencionado en el primer capítulo de este trabajo, la principal situación a enfrentar en las regiones semiáridas en materia de suministro de agua para los diversos usos, es la escasez de medios proveedores, debido a las bajas precipitaciones, elevadas evaporaciones, suelos erosionados y escasez de vegetación para aumentar la infiltración.

En este caso particular el suministro de agua no es el problema principal, ya que la batería de pozos operados por SAPSAM hasta cierto punto provee a la población de agua para uso doméstico, mientras que en la región existen aprovechamientos particulares que se utilizan para los diversos usos de acuerdo a la actividad de cada sector de la región. La calidad de los aprovechamientos se convierte en la principal preocupación de las autoridades dedicadas a la administración de los recursos hídricos, ya que el deterioro en algunos pozos y/o norias es patente, principalmente en la zona de descarga del sistema donde se encuentra la ciudad de Matehuala como se ha observado en los resultados de los dos muestreos llevados a cabo para el fin de esta investigación.

En general, el suministro de agua para consumo humano en las principales poblaciones se ve sustentado por la batería de pozos que SAPSAM opera en la parte oeste de Cedral, donde la calidad de la mayoría de esos aprovechamientos cumple con los estándares marcados por las autoridades sanitarias para el uso a que se destina, teniendo valores medios de salinidad, dureza, alcalinidad, etc, los valores de sulfato muestran concentraciones superiores a las recomendadas por la NOM-127-SSA1-1994 en el 25% de los aprovechamientos muestreados.

Haciendo una comparación con los datos químicos históricos con los que se cuenta, se aprecia una ligera elevación de los valores de algunos iones como lo son los sólidos totales disueltos que presentaban para 1981 valores de 1190 mg/l (Figura 35), igualmente los registros de sulfato promediaban para el mismo año 283 mg/ y el promedio de la dureza se registraba en 961 mg/l , registrándose a la fecha promedios de 1291 mg/l de

sólidos totales disueltos, 740 mg/l de sulfato y 941 mg/l de CaCO₃ (dureza). El principal indicador de la evolución química del agua subterránea a través del tiempo en esta zona es sin duda el anión sulfato que muestra un incremento muy fuerte en este lapso de tiempo.

La elevación del sulfato en el agua subterránea según indican los resultados de este trabajo se debe a la disolución de yeso, que se encuentra presente en gran cantidad dentro del material aluvial de la cuenca como se ha puntualizado en la descripción litológica de algunos pozos ubicados dentro del área de estudio en las investigaciones realizadas anteriormente.

En su recorrido a lo largo de toda la línea de flujo el agua subsaturada de yeso en el inicio (Figura 32), sigue disolviendo este mineral hasta alcanzar el equilibrio con el mismo, sucediendo esto en la parte sur del acuífero Cedral-Matehuala, lo que explica las altas concentraciones de sulfatos en el área de Matehuala donde se tienen los valores más elevados (Figura 37).

Este proceso, no se lleva a cabo de una manera simple, sino que además están involucrados los cambios en las concentraciones Ca y Mg.

Por medio de las gráficas de saturación se ha encontrado que la causa del comportamiento del yeso, el calcio y magnesio en particular se debe al proceso de dedolomitización (Figuras 38, 39 y 40) presente en el área de estudio.

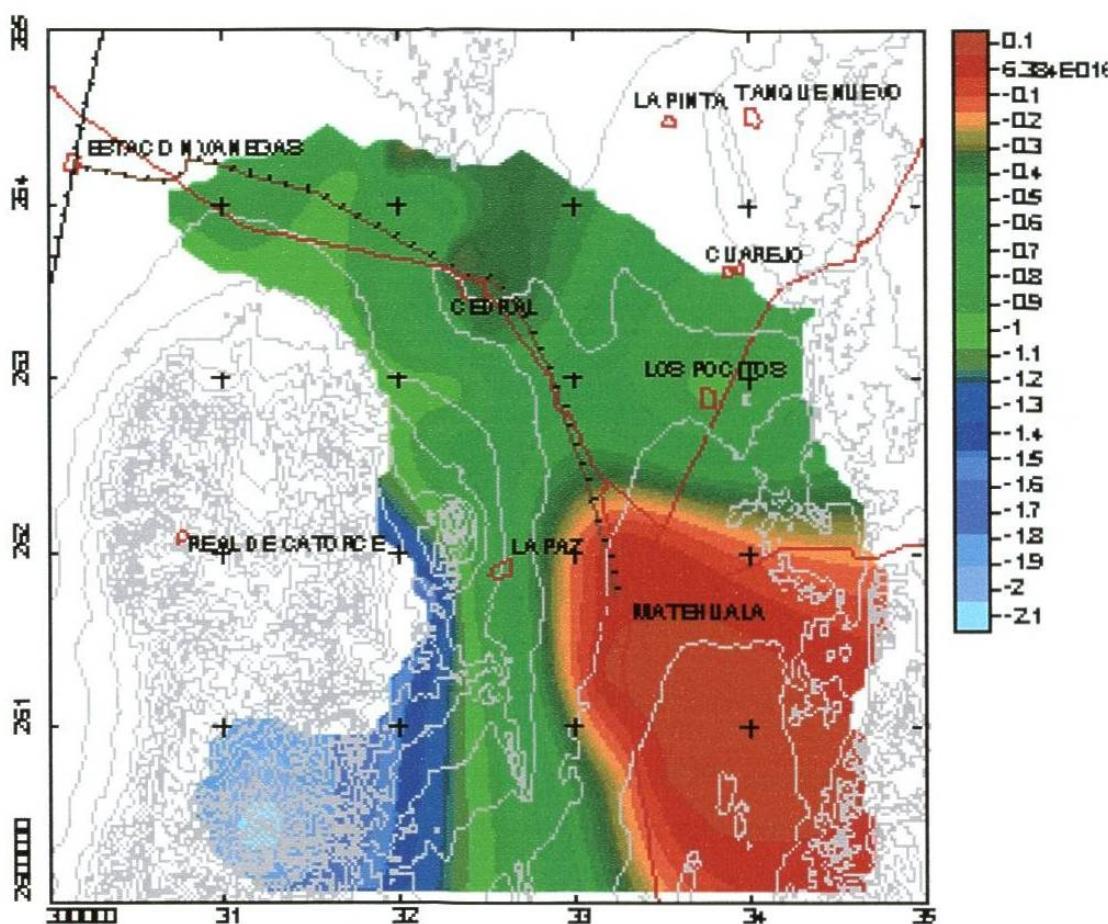
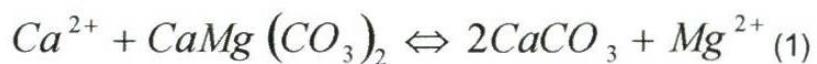


Figura 37. Mapa que muestra la distribución de la saturación de yeso en el agua subterránea.

La dedolomitización ocurre en acuíferos que contienen calizas y dolomías, en combinación con capas yesíferas (Back y Hanshaw, 1970; Wingley, 1973; Atkinson, 1983; Back et al., 1984). Como resultado de la disolución de yeso o anhidrita, la dolomita se disuelve y la calcita precipita. La reacción ha sido deducida en la mayoría de los casos de la tendencia en la química del agua, pero esto fue además confirmado en estudios petrográficos por Deike (1991).

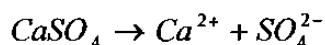


En un acuífero que contiene dolomita y calcita, podemos esperar que el agua subterránea esté muy cercana al equilibrio con ambos minerales:

Y de acuerdo a la relación $[Mg^{2+}]/[Ca^{2+}]$ permanece fijo como

$$K_1 = \frac{[Mg^{2+}]}{[Ca^{2+}]} = \frac{K_{dol}}{K_{cc}^2} = \frac{10^{-17.09}}{(10^{-8.48})^2} = 0.8 \text{ para } 25^\circ \text{ (2)}$$

La disolución de la anhidrita o yeso tiene lugar de acuerdo a:



El incremento en la concentración de calcio debido a la disolución de yeso causa la precipitación de la calcita. La concentración de CO_3^{2-} decrece cuando la calcita precipita, y esto provoca la disolución de la dolomita y un incremento en la concentración de Mg^{2+} . Cuando el magnesio incrementa, el calcio también incrementa por la relación de la ecuación 2. El resultado es por lo tanto que la disolución del yeso induce a la transformación de dolomita a calcita en la roca y produce aguas con elevadas concentraciones de Mg^{2+} , Ca^{2+} y SO_4^{2-} (Figuras 38,39 y 40) y baja alcalinidad.

El pronóstico que se puede obtener de las gráficas de saturación de las figuras siguientes es que la disolución mineral continuará en algunas zonas, principalmente donde se sitúan las muestras del grupo 1 (Figura 38) donde se observa que hay sub saturación del mineral yeso, una buena parte de las muestras.

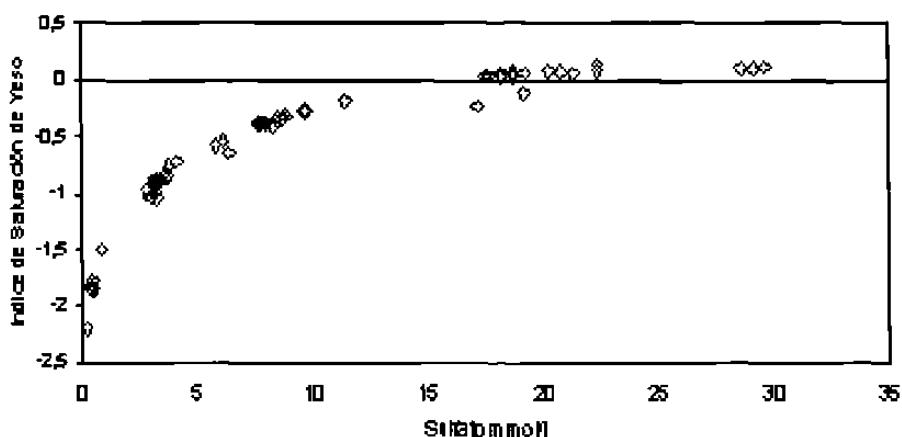


Figura 38. Comparación de la saturación del yeso como función de la concentración total de sulfato

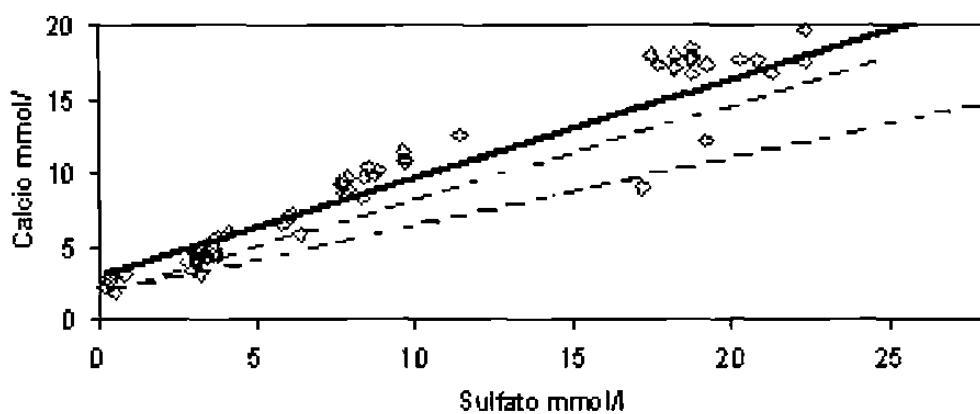


Figura 39. Concentraciones de calcio en relación con la concentración sulfato

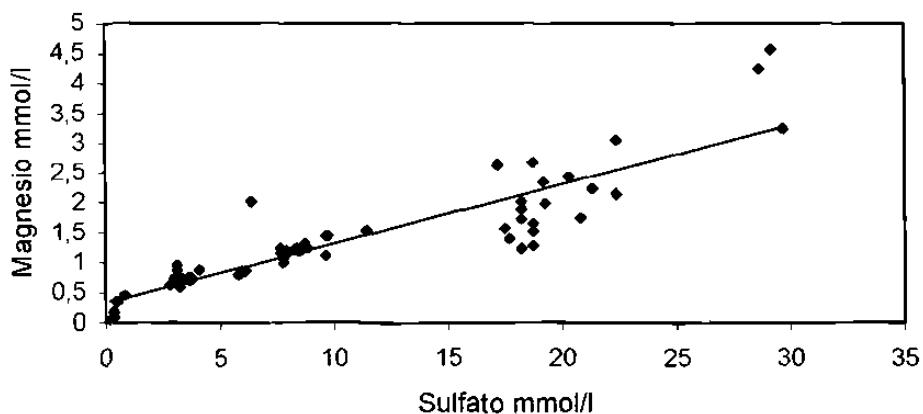


Figura 40. Concentración de magnesio con relación a la concentración de sulfato

Los cambios que presenta el anión sulfato a través de la línea de flujo son significativos, aunque se localizan zonas con contenidos muy elevados de este al igual que STD dentro de la zona de buena calidad (parte norte del área de estudio), esto puede representar la presencia de flujos muy locales, producidos por retornos de riego como es el caso de m7 (Cerro de Flores) y m18 (Cedral), donde algunos parámetros físicos y químicos como elevados valores de STD, conductividad eléctrica, y baja alcalinidad, no guardan concordancia con los resultados de muestras tomadas en los pozos adyacentes a estos puntos.

Cloruro y magnesio

Por su parte el anión cloruro se hace presente en concentraciones elevadas solamente en 4 muestras (m7, m39, m55 y m56), situándose estos aprovechamientos principalmente en la ciudad de Matehuala. Los contenidos altos de sodio excediendo hasta más de cuatro veces el límite máximo establecido (200 mg/l) coinciden con los de cloruro como se puede observar en las siguiente gráfica (Figura 41), por lo que es necesario relacionarlos como de posible origen marino, aunque se ignora en dónde se encuentran contenidos. Debido a la diversa mineralogía de los sedimentos que forman el material aluvial del acuífero, existe la posibilidad que estos iones se encuentren alojados en los fragmentos minerales que componen el mismo. Una característica que comparten los aprovechamientos que registran los más altos contenidos de cloro con un promedio de 442 mg/l Cl, es la profundidad, siendo esta superior a 100 m en todos los pozos con estos valores altos.

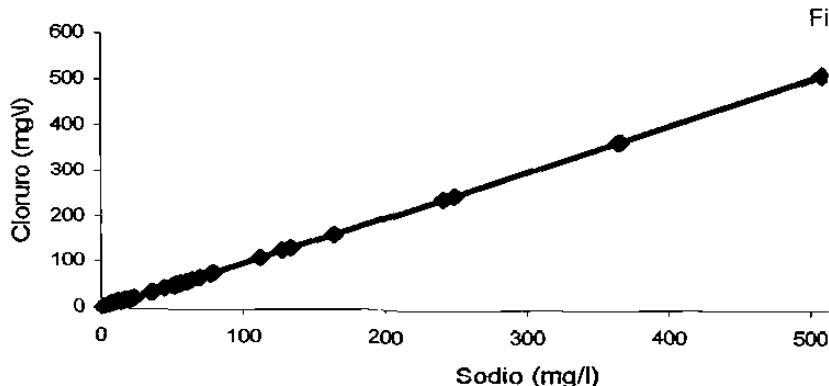


Figura 41. Relación de las concentraciones de cloruro y sodio.

Los cambios que presenta el anión sulfato a través de la línea de flujo son significativos, aunque se localizan zonas con contenidos muy elevados de este al igual que STD dentro de la zona de buena calidad (parte norte del área de estudio), esto puede representar la presencia de flujos muy locales, producidos por retornos de riego como es el caso de m7 (Cerro de Flores) y m18 (Cedral), donde algunos parámetros físicos y químicos como elevados valores de STD, conductividad eléctrica, y baja alcalinidad, no guardan concordancia con los resultados de muestras tomadas en los pozos adyacentes a estos puntos.

Cloruro y magnesio

Por su parte el anión cloruro se hace presente en concentraciones elevadas solamente en 4 muestras (m7, m39, m55 y m56), situándose estos aprovechamientos principalmente en la ciudad de Matehuala. Los contenidos altos de sodio excediendo hasta más de cuatro veces el límite máximo establecido (200 mg/l) coinciden con los de cloruro como se puede observar en las siguiente gráfica (Figura 41), por lo que es necesario relacionarlos como de posible origen marino, aunque se ignora en dónde se encuentran contenidos. Debido a la diversa mineralogía de los sedimentos que forman el material aluvial del acuífero, existe la posibilidad que estos iones se encuentren alojados en los fragmentos minerales que componen el mismo. Una característica que comparten los aprovechamientos que registran los más altos contenidos de cloro con un promedio de 442 mg/l Cl, es la profundidad, siendo esta superior a 100 m en todos los pozos con estos valores altos.

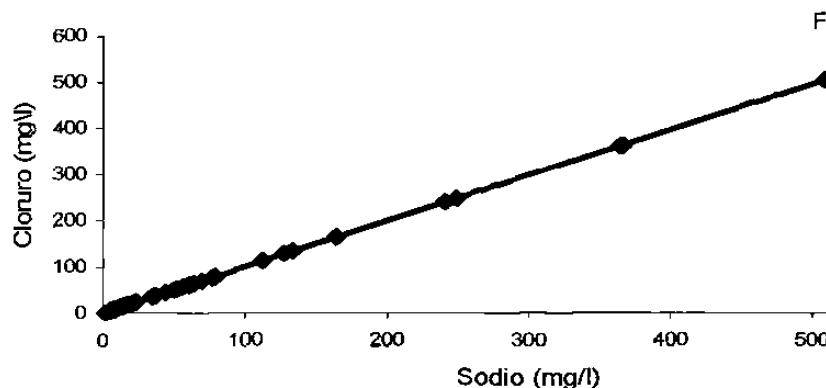


Figura 41. Relación de las concentraciones de cloruro y sodio.

Nitratos.

Las muestras de agua con contenido elevado de nitratos deben la abundante presencia de este anión, principalmente a las prácticas agrícolas tradicionales que se ejecutan en la zona, ya que se observó en gran parte de los terrenos de cultivo donde se cosecha tomate, ajo, cebolla, alfalfa, col, etc. existe el uso de abonos orgánicos (estiércol), previo a la temporada de siembra, también se utilizan fertilizantes de amonio, además de que existen, sitios dedicados a la crianza de ganado (reses, cabras, ovejas, avestruz), por lo que es posible afirmar que las altas concentraciones de N-NO₃ tienen un origen antrópico.

A pesar de que los pozos, norias y manantiales impactados por nitratos son relativamente bajos en número (9 de las 67 muestras analizadas) y sus concentraciones no sobrepasan en valores alarmantes (18.7 en promedio) como el caso del arsénico por ejemplo, es un aspecto importante a considerar desde el punto de vista de contaminación del agua subterránea, ya que no se encuentran limitados a una zona específica, sino por el contrario, son puntos esparcidos indistintamente a lo largo de toda el área de estudio, lo que puede en un futuro ser una importante fuente de contaminación orgánica dentro del acuífero Cedral-Matehuala sobre todo por la poca o nula atención que se le presta a aspectos como este dentro de las prácticas agrícolas entre la gente que las lleva a cabo.

Distribución geográfica de las familias de agua

Las familias de agua formados por medio de los diagramas de Piper (Figura 28), muestran con definición zonas con una química diferente entre estas. La distribución del grupo de aguas cárnicas-bicarbonatadas está bien ubicada, ocupando la parte de los manantiales de la Sierra de Catorce. Esta composición se debe a la corta residencia del agua subterránea en ese medio. En este inicio del tránsito del agua subterránea a través del medio, el agua se encuentra supersaturada con respecto a la calcita (Figura 31), ya que proviene de una formaciones principalmente calcáreas, presentes en el área de

recarga (Sierra de Catorce) encontrándose gran cantidad de material para disolver hasta saturarse con respecto a esta.

Conforme va aumentando el recorrido del agua a través del sistema, los nuevos componentes que se encuentran en el mismo como son las arcillas con grandes cantidades de cristales de yeso como lo reportan las descripciones litológicas de algunos pozos perforados en los años 70's y 80's, van reaccionando con el agua, y ya que el yeso es un mineral altamente reactivo comienza la disolución, incorporándose cantidades importantes de sulfato provenientes de la disolución del yeso, mientras tanto el calcio proveniente del mismo mineral comienza a precipitar debido a que existe supersaturación (efecto del ión común) por lo que el agua subterránea ya no tiene la capacidad de disolver y trata de mantenerse en equilibrio. El sulfato se hace presente en concentraciones bajas (promedio de 383 mg/l de sulfato). La saturación del agua con respecto del yeso continúa incrementando, aunque no alcanza todavía el equilibrio, por lo que sigue la disolución.

Hacia el sur el agua subterránea sigue enriqueciéndose con sulfato por el mismo proceso anterior, hasta que alcanza el equilibrio con respecto al yeso en la zona de descarga (Matehuala) por lo que la cantidad de sulfato es incrementada presentando los valores tan altos como los que se registran en los aprovechamientos de ese lugar.

Las cantidades tan elevadas de calcio bien puede deberse a ambas situaciones; por un lado el alto contenido inicial de calcita proveniente de las formaciones calcáreas del área de recarga y por otro lado el incremento de calcio debido al efecto del ion común (disolución del yeso), por lo que el agua subterránea se encontrará en diversos sitios supersaturada con respecto a la calcita. Dentro de las gráficas de saturación (Figura 31).

Calidad del Agua Subterránea.

Las muestras pertenecientes a la familia de aguas cárnicas-bicarbonatadas (Tabla 15 y Figura 28) que se encuentran en el norte del área de estudio donde se ubican los pozos

operados por SAPSAM representan además de los manantiales localizados en la parte sur (familia cárquica-bicarbonatada) de la Sierra de Catorce las aguas de mejor calidad, por lo que no representa ningún riesgo su consumo por parte de la población de Cedral y Matehuala.

La familia de agua cárquica-sulfatada se distribuye a lo largo de una franja con dirección norte-sur en la zona dentro del área de estudio, aunque forman parte de la misma familia, existen diferencias significativas entre las muestras de agua de la parte norte y las de la parte sur, mientras que las muestras de esta familia situadas en las cercanías de Cedral presentan valores moderados de sulfatos (902 mg/l sulfato como promedio), mientras que las muestras de esta familia localizadas en la zona adyacente a Matehuala registran promedio de sulfatos de 1350 mg/l, esto refuerza la teoría de disolución de yeso a lo largo de la línea de flujo, llegando a tener los más altos contenidos de sulfatos la parte sur.

Por lo que respecta a los pozos de la zona de Cedral, estos tienen un comportamiento distinto a los pozos vecinos que registran comportamientos típicos para la teoría propuesta en este trabajo. Particularmente se trata de 4 pozos (m17, m18, m21 y m22) que registran contenidos altos de sulfatos, estos tienen la particularidad de ser los pozos más profundos de la zona y están localizados en un área donde los terrenos son fuertemente explotados para la agricultura, ya que la producción agrícola en los mismos se registra durante todo el año, solo cambiando el cultivo de acuerdo a la temporada (excepto m21 que pertenece a SAPSAM), de acuerdo con esto, esta zona específica presentaría aspectos adversos provocados por los retornos de riego, ya que como se mencionó, son irrigados durante todo el año

Arsénico en el agua.

Es importante resaltar que en la ciudad y en las cercanías de Matehuala, los pozos más profundos registran contenidos de arsénico bajos, como los son las muestras m55, m56 estando estos en relativa cercanía a otros pozos donde se obtuvieron valores altos de arsénico, esto implica que la presencia de arsénico se limita a la zona donde el nivel del

agua se encuentra más somero, ya que los datos obtenidos en este trabajo así lo reflejan.

Las muestras pertenecientes a los pozos del hotel Las Palmas, que son las que registran los contenidos más elevados de arsénico (13160 ppb y 9480 ppb en el primer muestreo y 12310 y 9510 para el segundo muestreo), las pertenecientes a Ojo de Agua, así como todo el sistema de canales de Cerrito Blanco, se encuentran dentro de una zona muy limitada donde el flujo es visiblemente afectado, precisamente por el sistema de canales de Cerrito Blanco, modificando localmente el flujo que generalmente es norte-sur, haciéndolo oeste-este.

El cambio en la dirección de flujo es muy evidente si observamos la distribución de la salinidad y de los sulfatos además del comportamiento de las concentraciones de arsénico, en donde en los siguientes mapas (Figura 42) se puede apreciar de manera clara la modificación en la dirección de flujo ya mencionada, ya que la tendencia general de aumento de la mayoría de los parámetros químicos (dureza, salinidad, sulfatos, etc.) hacia el sur se ve modificada, registrando una desviación en dirección al este, en toda la zona de Matehuala, siendo válidos los cambios hidrogeoquímicos dentro del acuífero como herramienta para establecer direcciones de flujo.

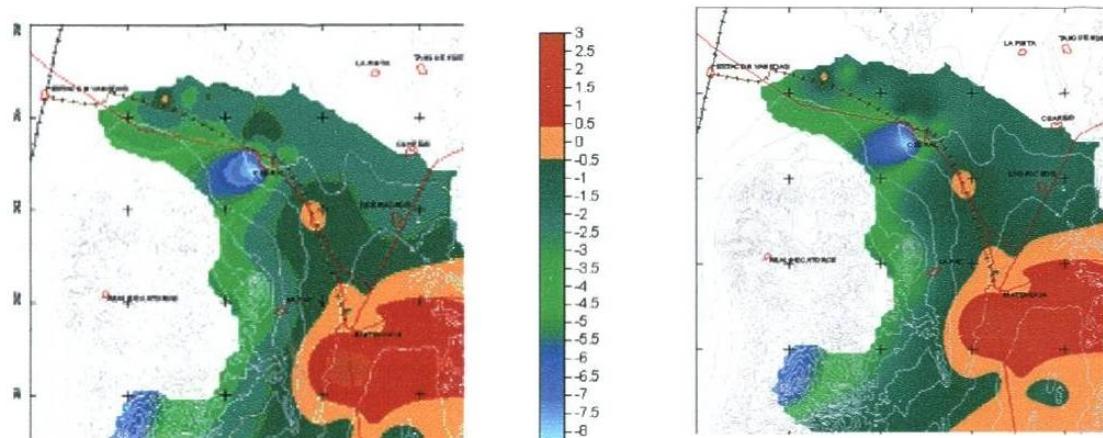


Figura 42. Mapas de saturación de jarosita y yeso en el agua subterránea.

La presencia de tales concentraciones de arsénico como las que en este trabajo se han reportado es de origen incierto todavía, los múltiples mecanismos que provocan alteraciones en la composición del agua subterránea enriqueciéndola o empobreciéndola en iones disueltos son tan variados que casi siempre actúan de manera combinada, aunque ciertamente es de suma importancia la mineralogía del acuífero, así como el clima, etc. sobre todo cuando se tiene como este caso la presencia de una zona mineralizada como lo son las vetas que conforman la mina de Santa María de la Paz. En trabajos previos se sostiene la hipótesis sobre la influencia de los deshechos de mina de Santa María de La Paz, donde propone como mecanismo contaminante principalmente la dispersión física de las partículas alojadas en las presas de jales (Razo, 2002).

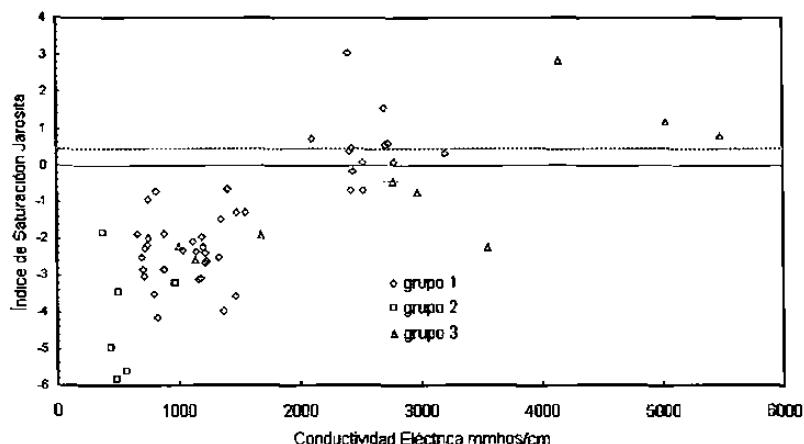
En este trabajo debido a que no se realizaron estudios mineralógicos de los sedimentos que componen el acuífero no es posible establecer un origen claro del arsénico que se presenta a concentraciones tan altas, aunque apoyándose en la literatura existente al respecto y tomando en cuenta aspectos como la distribución de arsénico como mineral traza dentro del acuífero, siendo ésta muy uniforme en toda la parte norte del área de estudio, y la distribución tan puntual de las altas concentraciones registradas exclusivamente en el área de Matehuala y las variaciones tan altas que se registran en los valores de arsénico en una área relativamente pequeña, así como los niveles estáticos de los aprovechamientos contaminados los cuales son en todos los casos muy someros es posible interpretar como fuente de esta contaminación del agua subterránea a los deshechos provenientes de las operaciones de la mina de La Paz, por medio de el agua bombeada del interior de la misma que posteriormente se infiltraría de manera casi directa en las aberturas que se encuentran en la zona, o bien, los polvos esparcidos de las presas de jales, etc. apoyando la hipótesis anteriormente establecida por Razo aunque los mecanismos no están del todo establecidos. Los posibles a estarse desarrollando de acuerdo con los resultados de la especiación calculada son:

Especiación de arsénico en hidróxidos amorfos.

Sustitución.

Sustitución de arsenato por sulfato en la superficie de la jarosita ($KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$).

Este proceso ha sido documentado en estudios espectroscópicos (Foster et al., 1999; Savage et al., 2000). Donde la jarosita proveniente de ambientes donde existe explotación de minerales está estrechamente asociada al As(V). La manera como el As(V) se incorpora a la jarosita es mediante la sustitución de sulfato adsorbiéndose en la superficie de la primera. Por medio del modelado utilizando el software PHREEQC se obtuvo el índice de saturación de la jarosita al igual que las demás especies, resultando en un incremento del índice de saturación en la parte de Matehuala, encontrándose sobresaturada el agua subterránea con respecto a la jarosita y algunas muestras de la misma zona en estado de equilibrio.



de la jarosita para la misma área recortada, aunque como se mencionó antes, quizás no sea un mecanismo único el que opere en la zona.

Adsorción.

Adsorción en goetita y ferrihidrita.

Al igual que la jarosita, estas dos especies químicas han sido espectroscópicamente estudiadas por diversos autores (Fendorf et al, 1997; Manceau, 1995; Waychunas et al., 1993; Manning et al., 1997). En este caso particular es posible encontrar tanto As(III) como As(V) absorbido en la superficie de goethita y ferrihidrita, ya que para la zona sur del área de estudio se tiene supersaturación de ambas especies en el agua subterránea. (Figuras 45 y 46).

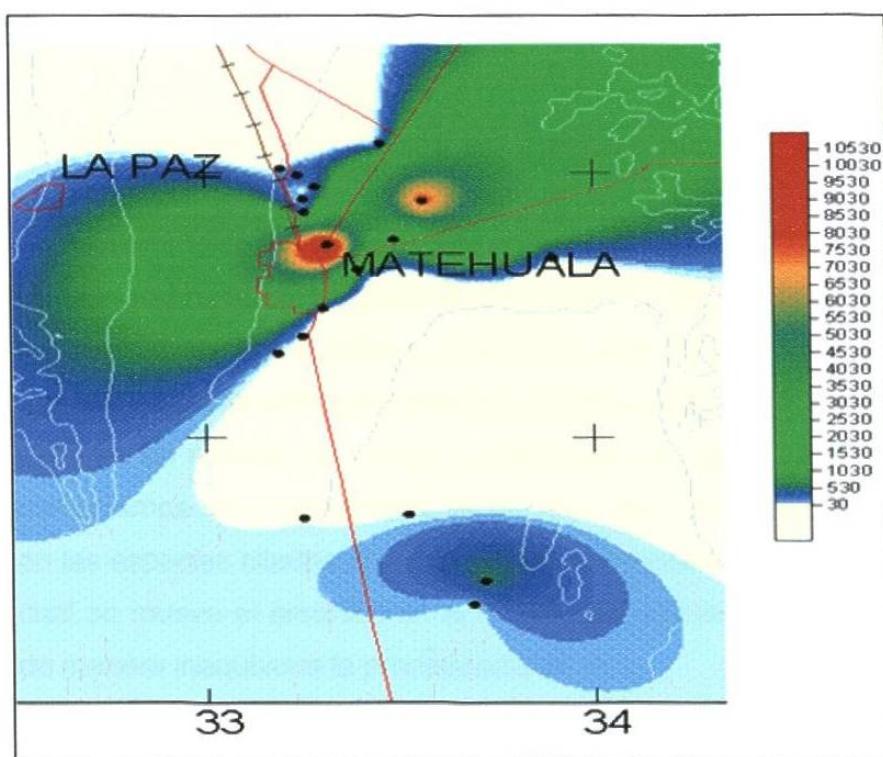


Figura 44. Distribución de arsénico en la zona sur del área de estudio. Unidades en ppb

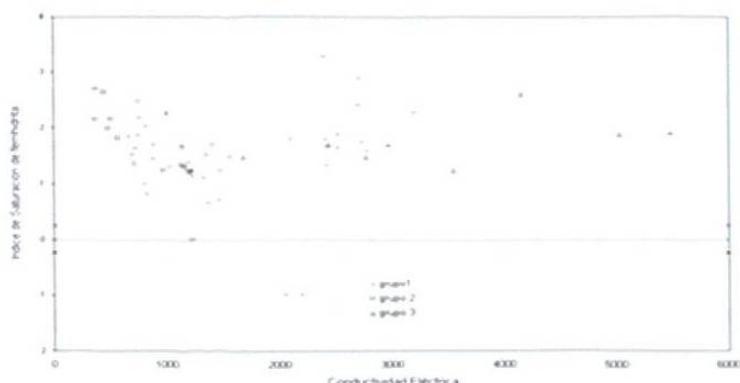


Figura 45. Saturación de la ferrihidrita, donde se observa la sobresaturación de todas las muestras de agua subterránea.

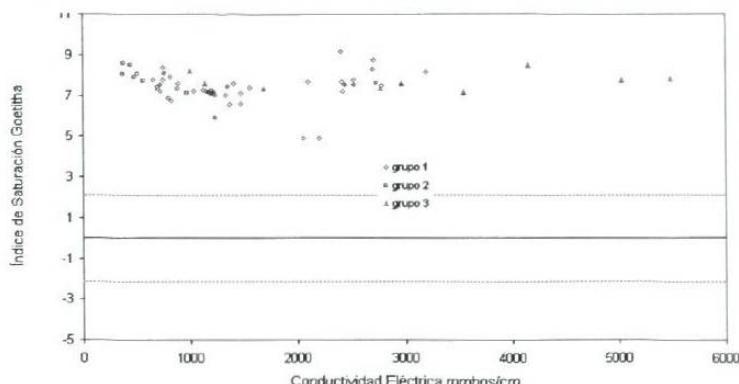


Figura 46. Gráfica de saturación de goethita.

Como se aprecia en las gráficas anteriores, la zona contiene importantes cantidades de los estos minerales disueltos en el agua subterránea, por lo que no se puede descartar que los procesos anteriormente mencionados estén actualmente operando en esta parte del área de estudio, ya que las condiciones son aptas para que se lleven a cabo estos mecanismos de incorporación de arsénico por medio de la adición de una u otra forma en las especies citadas. Aunque este es solamente un intento por explicar la forma en la cual se mueve el arsénico en el medio subterráneo, quedando por definir claramente y de manera inequívoca la procedencia de este.

Un signo preocupante es la movilización de arsénico hacia la parte sur del área de estudio, debido a que se encuentran situadas a través de toda la zona diversos puntos de población, donde el abastecimiento de agua potable se sustenta en pozos o norias que no tienen un monitoreo frecuente de las características físicas y químicas del agua que de estos se extrae. Aunque los pozos y norias afectados por concentraciones de más de 10 mg/l de arsénico no presentan fluctuaciones grandes respecto a las mismas,

el solo hecho de estar dentro de esos 10 µg/l los debe hacer sujeto de monitoreo continuo para permitir en cualquier momento el conocimiento de una situación de emergencia sanitaria ante un aumento de los valores de arsénico pudieran elevarse a través de los años.

El promedio de las muestras con contenidos mayores a 10 µg/l de arsénico es de 20 µg/l, por lo que la norma mexicana la contempla como agua para uso potable, sin embargo el valor establecido por la OMS que es de 10 µg/l se encuentra rebasado, bastando este hecho para que se considere como agua no potable, aunque precisamente en uno de estos lugares el agua que se extrae del aprovechamiento contaminado es para uso exclusivamente potable (m45).

Observando la distribución de arsénico en el mapa anterior, se aprecia la movilización del mismo hacia la parte sur teniendo concentraciones más pequeñas (<50 µg/l y > 10 µg/l para el azul más claro), aunque se encuentra también una pequeña zona que registra concentraciones de más de 50 µg/l de arsénico (m49), pero es preciso mencionar que el valor registrado durante el primer muestreo sufrió una fuerte fluctuación habiendo registrado 582 µg/l de arsénico en el primer muestreo y 49 µg/l durante el segundo muestreo. Este suceso ocurrió en diversas muestras de agua, donde los primeros valores de arsénico registrados en el primer muestreo cambiaron drásticamente en el segundo, atribuyendo este hecho a la dilución debida a la recarga casi inmediata del agua proveniente de las lluvias de verano por medio del sistema de canales que cruzan la ciudad de Matehuala de oeste a este, además como también ya se ha mencionado, el hecho de que los pozos y norias tengan poca profundidad ayuda a que la interacción entre el agua de lluvia y el agua subterránea sea hasta cierto punto rápida para mecanismos como la dilución.

De acuerdo con lo anterior, la mayoría de las muestras tomadas durante la segunda etapa de muestreo presentan sensibles cambios químicos y físicos, los más visibles son en los valores de sulfato, que en el primer muestreo alcanzó un promedio de 1049 mg/l, en el segundo muestreo se registró un promedio de 949 mg/l, esto es más visible en la zona sur, donde el primer y el segundo muestreo registraron 1896 y 1698 mg/l de sulfato

respectivamente. Esta diferencia de 200 mg/l se puede atribuir igualmente a la dilución por parte del agua de lluvia, ya que como se ha mencionado, en la zona sur se tiene una infiltración rápida.

Las diferencias en lo relativo a la composición química del agua se pueden determinar por medio de la división en tres zonas incluidas dentro del acuífero, debido a que las muestras tomadas de aprovechamientos localizados en la parte de Cedral-Vanegas presentan similitudes en composición y enormes diferencias entre las muestras tomadas en la zona sur del área de estudio con valores de los principales iones visiblemente más altos que los primeros, también es necesario tratar por separado los aprovechamientos situados en las cercanías de la Sierra de Catorce (Limones, Blanco de Arriba, Refugio de Monjas y La Boca, además de los manantiales situados en la misma sierra). Dentro de la segunda zona (Matehuala), es conveniente hacer una distinción entre los aprovechamientos de profundidades diferentes, porque como ya se ha visto las muestras que presentan contaminación por arsénico fueron tomadas de pozos y norias cuyo nivel estático es relativamente alto (Tablas 18 y 19).

Basándose en estas observaciones se puede aseverar que la contaminación por arsénico no ha avanzado en el sentido vertical a distancias considerables. Este puede ser en el futuro un aspecto de suma importancia para la determinación de la magnitud de las medidas a tomar cuando se proyecte un programa de control de la dispersión de arsénico o mitigación del mismo en las fuentes de agua subterránea invadidas por concentraciones mayores de 10 µg/l.

En general la evolución química del agua subterránea en el área Cedral –Matehuala está claramente definida por el tránsito de la misma a lo largo del sistema de flujo, siendo la parte norte el inicio del recorrido de un sistema de flujo regional donde los parámetros químicos presentan contenidos medios de cationes y aniones. Conforme se va avanzando en dirección al rumbo del flujo de agua las concentraciones minerales se van incrementando, teniéndose valores elevados de STD (Figura 21) y sulfatos principalmente (m52) debido a los procesos de disolución ya explicados anteriormente. En la zona de Matehuala se registran los valores más elevados de cationes y aniones,

que es la zona de descarga del flujo de agua subterránea, y en todo su recorrido se ha ido disolviendo gran cantidad de minerales, llegándose a saturar de varias especies minerales justamente en esta zona (Figuras 32 y 35). Hacia el límite sur continúan los valores elevados de los principales iones.

El flujo regional tiene una dirección nor-noroeste sur-sureste, aunque en la zona de Matehuala se desvía hacia el este, formando un flujo local, debido en cierta medida al sistema de canales de Cerrito Blanco que corren en dirección oeste-este. También existen pequeños flujos locales como es el caso de la zona agrícola de Cedral que presenta cambios fuertes en el nivel estático en una zona muy pequeña (Figura 36), pero este hecho es debido a las fuertes extracciones de agua subterránea por el sistema de pozos utilizados para los fines agrícolas. Otro cono de abatimiento se observa en la parte sur de Matehuala, en donde igualmente se extraen volúmenes importantes de agua subterránea con fines agrícolas, ya que en la zona existe un grupo de ranchos agrícolas importantes donde las lecturas de los niveles estáticos muestran la intensiva explotación del acuífero.

De manera general se pueden apreciar dos zonas anómalas tomando el consideración la distribución de los niveles estáticos en toda el área de estudio. En primer lugar en el norte de Cedral donde se tienen los máximos abatimientos es relativamente sencillo explicar este hecho como un reflejo de las fuertes extracciones tanto por parte del sector agrícola así como para satisfacer la demanda para uso doméstico. Hasta el momento esta situación no ha repercutido fuertemente en la calidad del agua, pero tomando en cuenta los contenidos de cationes y aniones en el agua analizada hace 20 años, se aprecia un ligero incremento sobre todo en los valores de sulfatos y un poco de nitratos. Por otra parte en la ciudad de Matehuala con los contrastes mostrados en la distribución de los niveles estáticos es posible determinar un efecto mayor de esas diferencias entre niveles, con elevada salinidad y valores altos de la mayoría de los parámetros medidos, para este caso las altas extracciones principalmente para abastecer las necesidades agrícolas es la causa principal de los abatimientos mostrados.

Otra consideración que es pertinente hacer la define el comportamiento totalmente anómalo del pozo perteneciente al ejido Cerro de Flores, el cual difiere totalmente del comportamiento de los pozos de la región.

Con base en todas las observaciones de las características hidrogeoquímicas, prevalecientes en toda el área de estudio y las modificaciones existentes a lo largo de la línea de flujo en las diferentes zonas diferenciadas en este trabajo, se propone el siguiente modelo conceptual:

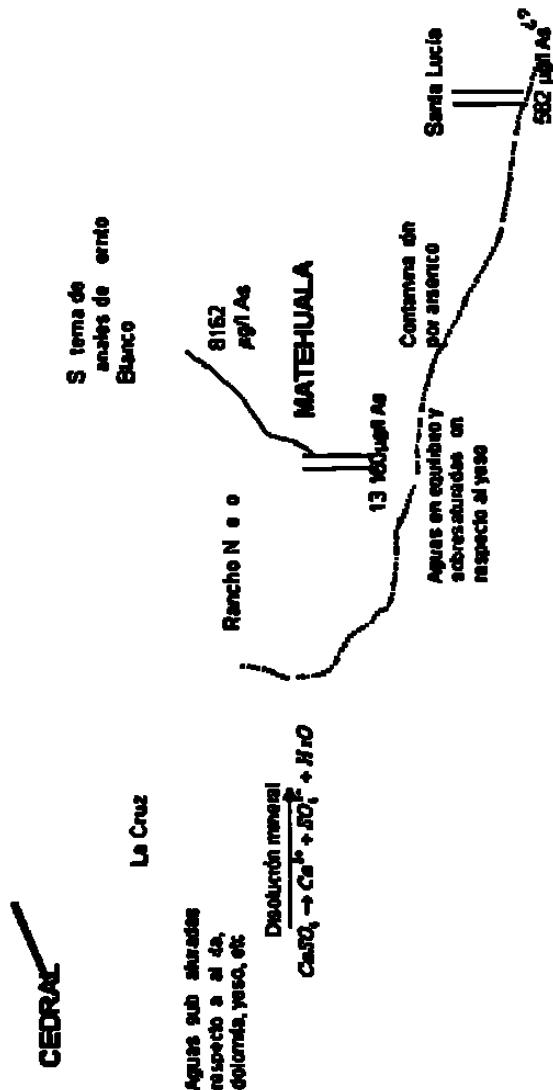


Figura 47 Modelo conceptual del área de estudio

6. CONCLUSIONES.

El área Cedral –Matehuala desde el punto de vista hidrogeológico presenta fuertes contrastes, sobre todo en lo que respecta a la calidad del agua. Con zonas de excelente calidad situadas distanciamente de la ciudad principal que es Matehuala se hace un esfuerzo por parte de las autoridades que manejan el recurso para proveer agua de buena calidad a una población que está en constante crecimiento. El problema del arsénico se hace visible a los ojos de toda la población que comienza a mostrar preocupación tanto por el desconocimiento de las posibles afectaciones como por la aparente indiferencia de los propios usuarios de los aprovechamientos afectados.

Otro aspecto a tomar en cuenta tal vez con más prontitud lo sea el hecho de que los pozos de agua potable operados por SAPSAM se encuentran en visible deterioro en la calidad del agua que ofrecen, deterioro que se traduce en elevadas concentraciones de sulfatos presentes en agua que aún se clasifica como potable, va incrementándose también la salinidad y dureza de la misma, por lo que es necesario planear el uso sustentable de las fuentes que aún ofrecen agua de calidad potable y también contar con alternativas de otras fuentes distintas a las actuales para prever el problema de la calidad del agua que se presentará en el futuro. De esta manera tomando medidas preventivas y correctivas donde sea necesario se evitará recurrir a prácticas desesperadas, las cuales la mayor parte de las ocasiones constituyen solo una solución momentánea sin resolver el problema desde su origen.

El caso de la contaminación por nitratos es una cuestión que ofrece oportunidad de practicar igual que para la problemática anterior medidas preventivas, debido a que se observan apenas casos de contaminación leve, aunque es preciso darle la debida importancia, ya que la contaminación por nitratos provoca problemas de salud rápidamente en los consumidores del agua contaminada. Por otro lado también es clara la procedencia de los nitratos, donde las concentraciones que rebasan la norma establecida por la SSA provienen de aprovechamientos situados en zonas agrícolas.

La contaminación por arsénico reportada en este trabajo en la zona de Matehuala y que avanza en dirección al sur representa los resultados más preocupantes de esta investigación, por lo que es un aspecto urgente a resolver, ya que algunos de los aprovechamientos utilizados con fines potables están viéndose afectados por esta situación por lo que, es preciso incluir este problema de contaminación por arsénico como un punto esencial para la planeación de cualquier nueva fuente de extracción de agua, sobre todo en la zona de Matehuala y al mismo tiempo controlar las políticas de extracción de los aprovechamientos afectados por este problema.

En la zona de Cedral después de la problemática del aumento de la salinidad del agua toma importancia la cantidad del agua extraída, ya que se observa que es la zona que presenta los abatimientos mayores de los niveles estáticos, esto puede resultar en lo futuro un factor de riesgo para los pozos operados por SAPSAM, ya que al norte de Cedral (Cerro de Flores), se tiene agua de muy mala calidad que debe evitarse que se pudiera dar una mezcla entre esa agua de mala calidad y el agua hasta el momento de buena calidad que se extrae de los pozos de San Isidro y los demás pozos de SAPSAM.

La calidad del agua de los manantiales situados al pie de la Sierra de Catorce, así como el de Limones y el manantial de San Juan de Vanegas presentan excelentes características hidrogeoquímicas, siendo los aprovechamientos que registraron los valores más bajos de sulfato y STD, por lo que su uso como fuente de agua potable para la población que fuera necesario proveer debe ser considerada en un proyecto formal.

8. APÉNDICES

Apéndice 1. Parámetros físicos y químicos del primer muestreo.

.Parámetros de Campo

Muestra	X	Y	Censo	Tipo	Prof.m	Fecha	T(°C)	pH	Eh (mV)	Eh	CE
m1	325159	2636036	25	pozo	100	19/03/2003	24.5	6.85	145	344.03	1216
m2	325632	2635420	19	pozo	90	19/03/2003	24.8	6.87	87	285.8	1230
m3	324996	2635198	17	pozo	90	19/03/2003	25.9	7.05	79	276.7	1352
m4	324783	2634774	13	pozo	80	19/03/2003	24.3	7.05	131	330.2	1219
m5	325035	2634941	16	pozo	80	19/03/2003	24	7.09	100	299.5	1183
m6	324756	2635002	15	pozo	58	19/03/2003	22.1	7.02	170	371.3	1206
m7	326357	2640506	27	pozo	150	20/03/2003	24.6	7.19	95	293.9	3550
m8	324550	2632422	26	pozo	60	20/03/2003	22.2	7.12	136	337.2	1169
m9	323728	2637201	1	pozo	160	20/03/2003	24.8	6.85	105	303.8	1328
m10	322887	2637487	2	pozo	150	20/03/2003	24	6.95	147	346.5	1147
m11	322777	2637691	3	pozo	100	20/03/2003	25.3	6.9	156	354.3	1191
m12	316881	2642412	45	pozo	200	20/03/2003	25.4	7.09	135	333.2	717
m13	316570	2643275	44	pozo		20/03/2003	24.5	7.1	146	345.0	703
m14	316106	2643053	46	pozo	150	20/03/2003	23.7	7.11	174	373.8	697
m15	314646	2641944	52	pozo	120	20/03/2003	23.6	7.07	119	318.9	724
m16	312054	2643061	49	pozo	67	20/03/2003	22	6.94	143	344.4	885
m17	324727	2637266	10	pozo		21/03/2003	23.9	6.89	127	326.6	1554
m18	324901	2637825	11	pozo	300	21/03/2003	24.1	7.01	119	318.4	2770
m19	325763	2636141	23	pozo		21/03/2003	24	6.87	91	290.5	1367
m20	323389	2637109	5	pozo	90	21/03/2003	26	6.86	137	334.6	1466
m21	323183	2634260	33	pozo	180	21/03/2003	22.3	6.85	-54	147.1	2050
m22	323492	2633973	34	pozo		21/03/2003	22.3	6.82	-58	143.1	2200
m23	322315	2636538	28	pozo	50	21/03/2003	22.6	7.08	-59	141.8	1225
m24	311886	2642922	48	pozo	78	21/03/2003	21.9	6.99	145	346.5	880
m25	317815	2641304	41	pozo	150	22/03/2003	23.6	7.14	205	404.9	661
m26	318240	2642053	42	pozo	150	22/03/2003	24.5	7.08	166	365.0	817
m27	316465	2642588	53	pozo	150	22/03/2003	28	7.12	210	405.8	826
m28	319501	2640664	39	pozo	150	22/03/2003	24.8	7.02	132	330.8	1034
m29	321039	2641227	67	pozo		22/03/2003	25.7	6.92	245	442.9	1121
m30	320459	2643142	61	pozo	155	22/03/2003	29.3	6.72	132	326.6	1474
m31	321340	2638960	58	pozo		22/03/2003	21.7	7.18	141	342.6	747
m32	320837	2618482	70	noria		23/03/2003	18.7	7.78	177	381.4	567
m33	321144	2617641	71	pozo		23/03/2003	21.1	7.26	171	373.2	505
m34	323882	2616903	72	pozo		23/03/2003	27	7.05	153	349.7	968
m35	323074	2629392	74	pozo		23/03/2003	25.6	7.3	194	392.0	1140
m36	322937	2626181	75	pozo		23/03/2003	25.4	7.02	93	291.2	1679
m37	328488	2630175	32	pozo	100	24/03/2003	23.7	6.92	103	302.8	2440
m38	332534	2619013	78	noria	10	24/03/2003	19.6	6.93	205	408.6	2520
m39	333040	2614892	89	pozo	120	24/03/2003	22.7	6.75	156	356.7	5030
m40	333150	2617271	84	pozo		24/03/2003	22	6.63	227	428.4	2780
m41	333157	2617300	85	pozo		24/03/2003	22.3	6.66	183	384.1	2730
m42	337604	2629420	83	galería		24/03/2003	18.2	7.51	220	424.9	1002
m43	310809	2637879	22	manantial		25/03/2003	28.6	6.85	216	411.2	798
m44	334873	2617486	93	pozo	38	25/03/2003	22.4	6.69	174	375.0	2420
m45	339004	2616786	86	pozo	120	25/03/2003	23.6	7.15	182	381.9	2700
m46	332402	2619918	100	pozo		25/03/2003	18.3	7	122	326.8	2520

Parámetros de Campo											
Muestra	X	Y	Censo	Tipo	Prof.m	Fecha	T(°C)	pH	Eh (mV)	Eh	CE
m47	332507	2606963	87	pozo		25/03/2003	22.7	7.05	127	327.7	2970
m48	333728	2593873	91	pozo		25/03/2003	25.8	7.65	56	253.8	375
m49	337184	2604582	92	pozo		25/03/2003	22.3	6.73	187	388.1	2430
m50	314179	2641891	51	pozo	184	26/03/2003	18.9	7.33	107	311.2	755
m51	318933	2642139	40	pozo	150	26/03/2003	25	6.93	190	388.6	1402
m52	334528	2621094	104	tajo		26/03/2003	21.8	7.9	165	366.5	2710
m53	333925	2616341	105	noria	10	26/03/2003	22	6.68	103	304.4	2100
m54	335621	2618942	106	galería		26/03/2003	19.8	7.34	225	428.4	2400
m55	331879	2613188	90	pozo	126	27/03/2003	23.8	6.97	142	341.7	4150
m56	332515	2613838	107	pozo		27/03/2003	23.2	6.93	142	342.2	5480
m57	335197	2607104	102	pozo	24	27/03/2003	22.8	7.39	53	253.6	3200
m58	336868	2603699	88	pozo	12	27/03/2003	23.2	6.92	195	395.2	2410
m59	322257	2637724		pozo		28/03/2003					
m60	312897	2601569		manantial	0	04/04/2003	15.4	8.12			443
m61	311978	2603959		manantial	0	04/04/2003	18.1	7.95			370
m62	308866	2605205		manantial	0	04/04/2003	16.5	7.62			484

Parámetros de Campo										Aniones	
Muestra	Localidad	O.D(%)	O mg/l	HCO ₃	STD	Uso de Agua	HCO ₃	Alc..	SO ₄	N-NO ₃	
m1	Cedral	56	4.6	269.74	912	Agrícola	234.38	221.10	758.4	1.6	
m2	Cedral	52	4.2	240.3156	922.5	Agrícola	257.82	196.98	818.88	1.2	
m3	Cedral	-	9.2	170.9	1014	Agrícola	234.38	88.44	934.56	1.5	
m4	Cedral	57	4.9	205.98	914.25	Agrícola	222.66	168.84	808.32	1	
m5	Cedral	35	3	211.87	887.25	Agrícola	246.1	173.66	745.92	2.4	
m6	Cedral	63	57	211.87	904.5	Agrícola	234.38	173.66	734.88	4.7	
m7	C. de Flores	10	0.8	154.98	2662.5	Agrícola	234.38	127.03	1843.68	17.5	
m8	Cedral	79	7.1	219.72	876.75	Agrícola	187.5	180.1	741.6	5	
m9	Cedral	60	5.2	219.72	996	Potable	234.38	180.1	849.6	1.5	
m10	Cedral	40	3.3	234.38	860.25	Potable	234.38	180.1	745.92	1.6	
m11	Cedral	54	47	225.6	893.25	Potable	234.38	184.92	735.36	1.5	
m12	N.S Pedro	48	4.2	211.87	537.75	Potable	234.38	173.66	307.2	3.2	
m13	N.S Pedro	75	6	207.95	527.25	Potable	234.38	170.45	302.88	1.8	
m14	N.S Pedro	-	21.6	219.72	522.75	Potable	234.38	180.1	302.88	1.5	
m15	Vanegas	31	2.7	207.95	543	Potable	222.66	170.45	327.84	1.8	
m16	Vanegas	42	3.9	262.88	663.75	Potable	269.54	215.47	392.64	3.7	
m17	Cedral	109	9.8	211.87	1165.5	Agrícola	222.66	173.66	1097.76	1.3	
m18	Cedral	62	5.3	149.09	2077.5	Agrícola	164.07	122.21	2049.6	1	
m19	Cedral	38	3.3	227.56	1025.25	Agrícola	246.1	186.53	836.64	4.3	
m20	Cedral	-	9	223.64	1099.5	Agrícola	234.38	183.31	924.96	1.5	
m21	Cedral	69	5.9	215.79	1537.5	Agrícola	234.38	176.88	1699.68	1.2	
m22	Cedral	52	4.6	200.1	1650	Agrícola	210.94	164.02	1800	1.1	
m23	Cedral	66	5.9	227.56	918.75	Agrícola	234.38	186.53	762.24	1	
m24	Vanegas	57	5.3	241.3	660	Potable	269.54	197.78	360	1.2	
m25	San Isidro	93	8	211.87	495.75	Potable	234.38	173.66	269.76	1.5	

Muestra	Localidad	Parámetros de Campo							Aniones		
		O.D(%)	O mg/l	HCO ₃	STD	Uso de Agua	HCO3	Alc..	SO ₄	N-NO ₃	
m26	San Isidro	31	2.7	211.87	612.75	Potable	234.38	173.66	360	1.2	
m27	Vanegas	98	8	204.02	619.5	Agrícola	222.66	167.23	349.92	1.9	
m28	N. Dolores	33	2.7	200.1	775.5	Potable	222.66	164.02	557.76	1.3	
m29	N. Dolores	71	5.8	204.02	840.75	Agrícola	234.38	167.23	587.04	1.7	
m30	N. Dolores	38	2.9	215.79	1105.5	Agrícola	257.82	176.88	924.96	0.8	
m31	N. Dolores	79	7.2	192.25	560.25	Agrícola	222.66	157.58	300	2.2	
m32	Limones	60	5.6	257.82	425.25	Potable	257.82		79.96	10.4	
m33	Limones	62	5.7	257.82	378.75	Potable	257.82		43.39	6.8	
m34	La Boca	25	2	281.26	726	Potable	281.26		300	9.6	
m35	R. Monjas	14	1.1	210.94	855	Potable	210.94		312.5	6.1	
m36	B. Arriba	80	6.9	234.38	1259.25	Potable	234.38		612.48	10.4	
m37	La Cruz	24	2	145.17	1830	Agrop.	175.68	118.99	1800	1.6	
m38	Matehuala	29	2.7	184.41	1890	Servicios	199.1	151.15	1750	9.3	
m39	Matehuala	27	2.2	227.56	3772.5	Pecuario	222.52	186.53	2850	15.8	
m40	Matehuala	15	1.3	235.41	2085	Servicios	327.93	192.96	1750	7	
m41	Matehuala	8	0.6	231.49	2047.5	Servicios	257.66	189.74	2000	4.6	
m42	Pocitos	35	3.3	345.27	751.5	Potable	374.78	283.01	285	3.4	
m43	Sn.J. Vanegas	58	4.5	235.41	598.5	Pecuario	257.66	192.96	290	2	
m44	Matehuala	49	4.3	219.72	1815	Pecuario	257.66	180.1	1680	9.2	
m45	C.Blanco	43	3.7	74.55	2025	Potable	117.19	61.1	1750	6.5	
m46	O.Agua	22	2	274.65	1890	Agrícola	292.98	225.12	1950	1.2	
m47	P. Blanca	67	5.9	223.64	2227.5	Agrícola	257.66	183.31	1650	18.4	
m48	Pastoriza	25	2.1	180.48	281.25	Potable	210.94	147.94	50	2.4	
m49	St. Lucia	20	1.7	176.56	1822.5	Agricola	210.94	144.72	1800	4.1	
m50	Vanegas	73	6.9	235.41	566.25	Agricola	269.54	192.96	312.5	2.7	
m51	San Isidro	21	1.2	258.95	1051.5	Agricola	246.1	212.26	800	1	
m52	R. Nuevo	63	5.6	125.55	2032.5	Construcción	128.91	102.91	2150	3.3	
m53	Matehuala	2	0.1	302.11	1575	Agrop.	292.98	247.63	1800	3	
m54	C. Blanco	68	6.3	211.87	1800	Agrop.	246.1	173.66	1850	6	
m55	Matehuala	38	3.2	145.17	3112.5	Agrop.	187.5	118.99	2750	27.6	
m56	Matehuala	54	4.7	180.48	4110	Agricola	210.94	147.94	2800	43	
m57	Sarabia	48	4.2	94.16	2400	Agricola	117.19	77.18	2150	10.2	
m58	E. de Abajo	39	3.3	125.55	1807.5	Agricola	164.07	102.91	1750	15.5	
m59	Cedral			210.81	0	Potable	210.81		350	6.5	
m60	Adjuntas	70	7.4	231.49	332.25	Potable			269.54	7.56	7.08
m61	Jordán				284.46	277.5	Potable		281.26	1.914	8.87
m62	Alberca				274.65	363	Potable		316.42	5.74	10.62

Muestra	Aniones (mg/l)		Cationes (mg/l)					Elementos Traza (ppb)						
	PO ₄	F	Na	K	Ca	Mg	Li	B	Al	Si	Sc	Ti	V	Mn
m1	0.14	1.16	13	2.9	389	29	20.50	68.59	7.06	10200.00	2.58	1.47	1.90	1.18
m2	0.1	1.26	12	2.9	418	29	23.39	79.04	22.03	10950.00	2.98	2.12	1.53	9.15

Muestra	Aniones (mg/l)		Cationes (mg/l)					Elementos Traza (ppb)							
	PO ₄	F	Na	K	Ca	Mg	Li	B	Al	Si	Sc	Tl	V	Mn	
m3	0.08	1.49	18	5.4	433	35	49.40	101.94	25.16	13340.00	3.69	2.53	2.59	4.35	
m4	0.06	1.48	15	4.1	389	29	38.08	83.53	12.72	16600.00	4.16	2.53	4.84	2.11	
m5	0.23	1.48	17	3.2	377	26	22.19	62.30	31.58	12880.00	3.29	2.35	2.00	3.24	
m6	0.18	1.27	18	3.1	374	30	18.21	55.34	17.73	10580.00	2.87	2.14	1.88	2.26	
m7	0.13	1.33	630	9.1	490	57	174.95	1344.79	55.63	8050.00	<	2.89	1.46	15.04	
m8	0.28	1.09	14	2.9	373	28	17.22	65.94	<	10840.00	2.94	1.51	1.98	1.01	
m9	0.26	1.17	20	3.3	411	30	24.66	93.94	6.25	10020.00	2.69	1.57	1.62	2.56	
m10	0.14	1.05	14	2.9	350	24	19.46	65.68	6.72	10310.00	2.75	1.62	1.85	1.08	
m11	0.06	1.07	13	2.9	370	28	18.13	62.52	<	10020.00	2.64	1.53	1.80	1.25	
m12	0.11	0.05	20	4.3	178	16	19.63	52.64	<	23100.00	6.66	3.43	3.60	0.79	
m13	0.12	0.48	22	5.5	179	16	26.55	59.32	4.31	24800.00	7.55	3.93	5.35	0.76	
m14	0.18	0.44	20	5.7	184	16	21.10	55.78	5.06	27800.00	8.48	4.41	4.00	1.62	
m15	0.15	0.54	28	3.1	173	17	16.99	76.27	<	11400.00	3.54	1.76	1.69	0.53	
m16	0.04	0.56	17	2.3	241	21	9.76	38.80	<	7290.00	2.09	1.08	0.85	0.89	
m17	0.05	1.51	25	4.1	505	37	36.79	114.07	<	9460.00	2.59	1.45	1.50	2.65	
m18	0.16	1.41	290	30.0	674	54	227.56	763.95	11.30	14960.00	<	2.22	1.95	157.66	
m19	0.08	1.42	13	3.1	396	32	15.44	63.02	9.60	8720.00	2.42	1.39	1.41	5.13	
m20	0.11	1.64	17	3.4	435	35	21.16	82.34	4.90	7090.00	<	1.22	1.36	1.68	
m21	0.88	1.70	38	5.7	693	34	40.02	97.96	<	25133.33	6.57	3.48	0.23	42.84	
m22	0.21	1.60	43	6.9	742	40	48.42	119.44	<	25466.67	6.65	3.34	0.41	43.18	
m23	0.33	0.63	12	3.1	353	28	22.11	61.20	<	26200.00	7.02	3.53	0.76	14.97	
m24	0.05	0.58	15	2.3	231	18	9.97	42.16	<	6871.09	1.84	0.99	0.79	0.66	
m25	0.35	0.56	25	3.9	164	15	16.77	69.53	<	20100.00	5.73	3.02	3.14	0.14	
m26	0.19	0.53	47	5.4	178	17	31.57	123.24	3.05	30600.00	8.80	4.58	6.70	0.30	
m27	0.1	0.65	42	6.3	180	18	54.34	128.60	<	28000.00	8.19	4.08	10.71	0.16	
m28	0.11	0.63	35	6.8	265	19	26.44	119.32	4.01	15716.66	4.55	2.43	4.84	0.82	
m29	0.13	0.91	24	3.9	290	21	25.44	141.88	<	11600.00	3.22	1.72	1.93	0.56	
m30	0.16	1.26	14	3.8	462	27	19.66	79.54	<	14720.00	3.85	1.96	1.63	2.54	
m31	0.09	0.72	11	2.8	187	21	21.31	42.60	2.10	28700.00	8.17	4.14	3.43	1.16	
m32	0.28	0.28	18	1.8	127	11	16.21	61.26	<	11300.00	3.57	1.78	4.64	0.16	
m33	0.21	0.23	12	1.4	119	8	12.06	40.43	<	11900.00	3.51	1.78	3.18	1.88	
m34	0.53	0.42	82	3.3	158	23	29.95	281.20	<	9813.80	2.53	1.32	0.24	0.94	
m35	0.49	0.97	171	4.6	128	18	58.44	426.02	9.34	10640.00	2.75	1.77	4.97	2.22	
m36	0.09	0.58	192	4.9	236	49	70.69	929.34	16.44	9566.67	<	1.89	0.87	2.86	
m37	0.62	1.65	98.0	11	670	65	102.95	344.49	12.36	19933.33	5.00	3.38	2.98	5.73	
m38	0.64	1.64	73.0	9	683	46	56.94	298.45	10.61	22466.67	5.83	3.28	13.55	2.03	
m39	0.57	1.54	814.0	11	713	79	133.58	3003.50	53.78	16931.20	<	3.52	4.59	10.56	
m40	6.5	1.57	176.0	7	719	49	93.71	895.52	0.77	22200.00	5.37	2.89	15.15	11.42	
m41	12.5	1.6	173.0	7	707	42	79.20	653.09	10.91	21520.00	5.40	3.26	23.01	8.46	
m42	0.45	1.41	135.0	3	141	16	45.02	676.36	4.69	12266.62	3.12	1.69	6.86	25.36	
m43	0.97	0.57	13.0	2	191	18	7.91	42.39	<	6480.00	1.71	0.92	0.40	0.37	
m44	1.21	1.43	64.0	10	720	38	38.51	224.41	<	19433.33	4.95	2.77	5.40	1.61	
m45	0.44	1.59	71.0	19	687	42	38.54	144.70	6.70	22866.66	5.71	3.04	13.64	5.47	

Muestra	Aniones (mg/l)		Cationes (mg/l)					Elementos Traza (ppb)							
	PO ₄	F	Na	K	Ca	Mg	Li	B	Al	Si	Sc	Ti	V	Mn	
m46	0.73	1.83	65.0	17	710	59	46.37	381.32	12.43	26066.66	6.45	3.60	5.18	28.93	
m47	0.11	0.84	446.0	6	362	64	100.70	928.13	<	7233.33	<	1.42	0.46	2.28	
m48	0.31	0.3	23.0	5	75	8	22.17	91.95	<	25900.00	6.81	3.52	5.17	3.18	
m49	1.03	1.46	71.0	15	708	37	45.35	224.35	<	21766.66	5.63	3.36	7.18	27.56	
m50	0.16	0.54	14.0	2	185	14	9.74	34.47	<	7825.00	2.09	1.09	0.97	6.35	
m51	0.23	0.72	52.0	6	333	30	34.20	213.50	<	27600.00	7.52	3.90	7.92	0.76	
m52	0.2	1.6	65.0	12	787	52	52.00	-0.10	40.00	26200.00	8.00	4.80	7.32	35.60	
m53	1.04	1.4	93.0	9	714	31	39.75	200.66	8.88	21566.67	5.45	3.14	14.98	117.54	
m54	4.1	1.57	75.0	9	696	48	62.61	367.65	11.40	34662.00	8.43	4.82	13.15	23.17	
m55	0.07	1.56	568.0	13	702	103	135.94	1314.21	14.12	7938.00	<	1.63	1.23	5.63	
m56	0.17	1.62	836.0	13	705	111	131.35	1568.04	24.20	11470.00	<	3.22	2.19	4.64	
m57	0.34	1.71	226.0	12	700	74	48.54	311.32	12.29	33200.00	9.05	5.02	14.18	13.75	
m58	0.33	1.48	48.0	19	720	30	31.56	121.47	<	24766.64	6.37	3.30	8.33	1.82	
m59	0.1	0.48	14.0	2.86	202	17	10.00	31.00	<	9670.00	3.00	1.40	1.12	21.10	
m60	1.6	5.00	0.009	5.0	2.09	107	5.00	31.00	<	6360.00	2.00	0.90	0.16	47.30	
m61	2	3.00	0.003	2.0	0.51	91	-1.00	9.00	3.00	3900.00	<	0.60	0.37	0.40	
m62	2.4	4.00	0.01	2.0	0.68	123	-1.00	10.00	3.00	4280.00	<	0.60	0.38	0.20	

Muestra	Elementos Traza (ppb)													
	Fe	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Mo	Sb	
m1	508.10	1.02	1.60	14.56	0.24	2.16	4.28	115.53	4.38	7240.00	0.07	4.17	0.39	
m2	634.54	1.08	1.75	39.23	0.25	3.71	2.21	107.50	4.49	8275.00	0.09	4.27	0.19	
m3	691.39	1.00	2.09	18.66	0.30	3.22	0.70	90.30	5.27	8540.00	0.10	4.44	0.21	
m4	537.92	2.19	1.18	5.82	0.35	2.41	7.88	97.48	5.49	10360.00	0.08	5.87	0.87	
m5	488.12	<	1.79	5.22	0.27	2.10	2.85	141.71	4.38	8420.00	0.10	3.67	0.29	
m6	460.75	2.60	6.49	5.82	0.23	1.83	3.19	212.10	3.89	6580.00	0.08	5.06	0.32	
m7	709.27	4.43	13.58	33.16	0.30	0.80	1.76	4990.64	9.99	12350.00	0.22	11.14	0.10	
m8	464.17	<	1.35	2.66	0.22	2.08	3.26	228.84	3.85	6240.00	0.05	3.71	0.30	
m9	546.10	<	1.12	1.86	0.24	1.95	3.51	147.46	4.86	7500.00	0.06	4.51	0.21	
m10	426.16	<	2.22	32.32	0.20	2.04	1.72	126.32	4.08	6310.00	0.06	3.92	0.30	
m11	453.04	<	1.05	3.26	0.18	1.86	1.29	109.45	4.12	6480.00	0.06	3.72	0.30	
m12	219.70	<	0.49	7.59	0.19	2.28	1.39	159.31	6.55	3050.00	0.03	4.22	0.28	
m13	234.49	<	0.90	12.49	0.28	3.40	1.47	102.56	9.19	3490.00	0.03	4.26	0.14	
m14	229.34	0.37	2.01	13.92	0.27	2.68	1.29	88.17	12.65	3190.00	0.04	3.63	0.14	
m15	220.66	<	1.16	3.23	0.12	1.06	0.61	103.10	6.83	2800.00	0.03	4.28	0.07	
m16	308.90	<	1.26	20.18	0.09	0.85	3.74	286.04	2.84	3260.00	0.03	2.33	0.78	
m17	645.22	<	1.40	4.01	0.24	1.74	0.72	174.97	6.05	10420.00	0.08	5.46	0.12	
m18	756.26	3.08	4.91	5.75	0.80	0.91	<	829.56	34.78	11600.00	0.11	29.87	0.07	
m19	624.14	0.65	1.44	29.45	0.24	1.43	1.94	97.12	4.81	7880.00	0.07	4.41	0.16	
m20	561.39	0.67	1.53	73.24	0.23	1.73	0.91	116.90	4.92	7930.00	0.07	4.86	0.16	
m21	948.89	<	1.46	5.63	0.32	7.04	<	345.54	4.58	15566.67	0.15	21.54	0.50	
m22	1034.98	1.11	1.25	4.26	0.31	7.00	<	482.92	4.87	15533.33	0.13	26.15	0.36	

Muestra	Elementos Traza (ppb)												
	Fe	Ni	Cu	Zn	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Mo	Sb
m23	624.07	<	0.70	1.61	0.25	1.87	0.55	73.70	3.71	19240.00	0.13	3.42	0.29
m24	268.56	<	0.68	21.68	0.08	0.88	3.56	244.62	2.67	3056.99	0.04	2.30	0.80
m25	188.61	<	1.18	-0.50	0.19	2.68	1.23	66.12	4.96	2670.00	0.02	3.90	0.14
m26	215.27	<	1.22	-0.50	0.27	4.66	1.44	89.57	5.52	3570.00	0.03	4.81	0.12
m27	204.26	<	1.16	-0.50	0.22	6.21	1.06	114.21	7.20	5750.00	0.04	7.86	0.12
m28	224.84	<	1.21	2.32	0.20	2.05	1.07	70.03	4.88	3700.00	0.04	3.30	0.07
m29	361.81	<	0.95	2.81	0.19	1.79	1.42	158.83	5.07	5100.00	0.05	5.28	0.31
m30	556.46	<	0.82	4.57	0.31	2.09	0.90	70.71	8.84	7490.00	0.09	4.72	0.08
m31	233.34	<	0.57	4.34	0.10	3.18	1.19	118.03	3.20	3550.00	0.03	4.05	0.90
m32	157.14	<	0.59	5.19	0.04	1.38	2.84	516.04	0.76	1220.00	0.01	1.86	0.10
m33	157.26	<	0.59	111.35	0.05	0.50	3.17	437.87	0.41	797.32	0.02	2.50	0.07
m34	191.22	<	1.58	2.55	0.15	0.26	11.28	674.14	1.91	4271.22	0.04	4.42	0.08
m35	163.75	<	3.28	12.58	0.28	2.03	2.07	1450.71	4.73	3800.00	0.05	10.31	0.03
m36	330.66	<	3.19	10.60	0.17	0.45	6.18	2021.02	3.41	6900.00	0.10	3.76	0.06
m37	893.26	1.05	2.90	29.51	0.36	4.93	5.11	678.52	9.01	13200.00	0.14	10.24	0.22
m38	808.55	<	2.04	7.88	0.19	65.99	5.07	835.58	4.08	13966.67	0.14	12.83	0.39
m39	722.38	4.96	14.50	56.26	0.23	10.08	10.94	4798.37	4.89	10485.80	0.21	13.95	0.21
m40	741.92	2.06	4.24	2.74	0.28	13160.00	6.84	853.03	3.90	12580.00	0.13	69.09	0.43
m41	803.87	4.04	4.79	9.81	0.29	9480.00	3.92	573.01	4.22	12560.00	0.14	51.13	0.44
m42	145.92	<	2.89	1.78	0.07	7.87	2.08	488.33	2.30	3499.99	0.05	22.44	0.06
m43	225.33	0.60	0.33	7.70	0.07	2.46	3.30	167.72	3.45	2730.00	0.02	2.52	1.84
m44	872.82	1.23	2.23	6.66	0.19	833.80	5.00	606.87	5.05	12633.33	0.11	21.54	0.59
m45	895.70	<	1.95	281.30	0.12	18.79	3.24	1340.29	5.51	12633.33	0.11	19.20	0.52
m46	912.64	2.21	2.99	58.48	0.18	391.28	0.71	505.50	9.37	15833.33	0.15	126.56	6.68
m47	403.54	4.16	6.15	4.99	0.14	1.58	12.07	2864.92	4.50	14266.67	0.14	4.87	0.04
m48	262.40	<	1.14	255.11	0.11	10.74	1.00	103.03	3.34	1030.00	0.01	2.49	0.20
m49	873.85	1.22	2.34	40.51	0.23	581.69	2.65	662.56	6.25	13133.33	0.13	13.60	1.66
m50	238.81	<	0.69	7.92	0.09	0.61	1.43	155.26	3.23	2470.00	0.02	2.64	0.10
m51	372.51	<	1.13	4.29	0.39	4.85	1.17	88.45	6.67	6280.00	0.06	4.08	0.09
m52	1556.00	2.80	5.20	11.20	0.32	54.40	2.00	812.00	5.60	20560.00	0.22	15.20	2.64
m53	1033.30	9.13	3.43	5.60	0.30	849.40	0.67	631.41	5.40	11766.67	0.15	17.02	0.52
m54	1352.83	4.76	4.63	6.02	0.43	8162.00	9.98	926.81	7.74	20511.00	0.20	35.60	1.23
m55	955.06	5.42	8.50	5.23	0.23	8.36	15.13	4337.01	6.86	13171.20	0.18	16.21	-0.06
m56	1105.36	8.52	10.34	21.35	0.30	4.83	18.79	7034.87	5.36	12728.00	0.20	14.90	-0.07
m57	1148.30	1.90	3.90	670.86	0.09	16.85	1.31	1553.76	3.88	11550.00	0.09	26.72	0.39
m58	985.41	<	1.22	6.32	0.22	18.37	1.83	735.09	5.88	12333.32	0.11	7.45	0.55
m59	556.21	1.30	0.50	18.10	0.10	0.80	2.20	365.00	3.70	3060.00	0.02	2.50	0.31
m60	218.03	0.90	0.90	32.90	0.00	8.56	1.50	27.00	1.03	953.00	0.03	1.20	2.09
m61	150.01	<	0.30	1.00	<	1.35	0.20	26.00	0.49	249.00	0.01	0.20	0.34
m62	183.28	<	-0.20	2.10	<	1.99	0.60	26.00	0.27	614.00	0.04	0.50	2.33

Elementos Traza (ppb)

Muestra	I	Cs	Ba	La	Ce	Re	Pb	U		I	Cs	Ba	La	Ce
m1	26.69	2.03	16.43	0.012	0.028	0.07	0.37	2.95	m44	109.55	0.23	10.61	0.025	0.05
m2	123.49	2.10	17.19	0.035	0.066	0.03	0.86	3.13	m45	77.11	0.05	8.51	0.028	0.048
m3	156.58	1.82	15.53	0.034	0.070	0.03	0.92	4.80	m46	94.22	0.04	14.15	0.049	0.093
m4	123.29	2.62	21.18	0.012	0.022	0.09	0.59	8.46	m47	138.64	0.40	11.58	0.024	0.053
m5	76.94	2.35	16.06	0.038	0.082	0.08	1.42	3.75	m48	84.22	0.01	133.4	0.005	0.008
m6	31.98	1.79	15.38	0.027	0.057	0.16	1.23	4.96	m49	116.49	0.12	16.08	0.035	0.061
m7	291.94	4.52	13.23	0.096	0.207	0.16	4.45	3.83	m50	23.95	0.47	28.48	0.002	0.003
m8	37.76	1.69	16.70	0.014	0.028	0.10	0.81	3.79	m51	53.37	0.07	26.48	0.013	0.018
m9	31.17	2.47	17.50	0.015	0.028	0.08	0.79	2.94	m52	144.00	0.09	49.60	0.064	0.136
m10	30.76	1.71	19.60	0.014	0.027	0.05	1.12	3.27	m53	770.35	0.39	12.68	0.037	0.091
m11	32.86	1.75	20.04	0.014	0.023	0.05	0.24	2.96	m54	499.81	0.37	12.61	0.047	0.076
m12	26.69	0.45	26.95	0.003	0.003	0.06	0.20	3.16	m55	358.95	0.65	10.80	0.056	0.121
m13	21.44	0.14	26.79	0.009	0.016	0.04	0.61	3.44	m56	296.92	0.09	9.70	0.072	0.128
m14	22.02	0.11	29.16	0.021	0.036	0.04	0.30	3.60	m57	215.61	0.02	5.49	0.025	0.053
m15	23.61	0.35	25.06	0.005	0.007	0.04	0.12	2.38	m58	70.46	0.09	6.11	0.033	0.047
m16	15.37	1.68	32.75	0.003	0.005	0.15	0.23	2.24	m59	37.00	0.03	22.80	0.002	0.003
m17	52.16	4.77	14.86	0.012	0.030	0.04	0.32	3.03	M60	4.00	0.02	156.0	0.010	0.010
m18	483.65	17.28	13.38	0.034	0.060	0.02	-0.10	2.90	M61	7.00	0.12	20.50	0.033	0.039
m19	167.93	3.29	14.91	0.014	0.027	0.04	0.38	3.87	M62	6.00	0.06	32.30	0.018	0.006
m20	42.94	2.84	15.68	0.015	0.031	0.04	0.27	2.69						
m21	136.38	0.82	11.61	0.032	0.070	0.19	1.22	2.16						
m22	145.16	0.59	9.81	0.031	0.056	0.28	0.63	3.61						
m23	60.92	0.29	26.35	0.013	0.028	0.04	0.47	2.02	Re	Pb	U			
m24	22.63	1.71	31.52	0.007	0.014	0.13	0.40	2.18	m44	0.051	0.20	0.91		
m25	29.41	0.02	30.67	0.003	0.003	0.03	0.12	3.62	m45	0.10	0.81	1.36		
m26	35.81	0.04	30.56	0.005	0.008	0.04	-0.10	6.09	m46	0.53	1.42	24.72		
m27	45.61	0.19	20.75	0.003	0.005	0.05	-0.10	5.90	m47	0.15	1.08	4.34		
m28	33.51	0.04	17.46	0.010	0.023	0.03	0.38	3.89	m48	0.01	0.75	1.76		
m29	28.83	2.22	23.36	0.009	0.019	0.07	0.35	3.48	m49	0.11	1.01	5.07		
m30	21.95	4.41	18.08	0.024	0.036	0.03	0.31	2.27	m50	0.07	0.20	2.58		
m31	28.55	0.08	21.22	0.004	0.008	0.06	-0.10	5.88	m51	0.04	0.20	9.18		
m32	47.84	0.32	110.40	0.003	0.005	0.04	-0.10	1.11	m52	0.12	1.20	6.56		
m33	32.97	0.05	126.04	0.005	0.005	0.04	0.11	0.84	m53	0.12	1.01	13.47		
m34	34.57	0.78	47.37	0.008	0.012	0.07	-0.14	1.77	m54	0.28	1.44	9.99		
m35	163.36	2.98	27.82	0.018	0.035	0.07	0.38	3.26	m55	0.19	7.74	10.48		
m36	149.49	0.48	30.50	0.040	0.079	0.17	0.64	3.21	m56	0.29	2.77	9.57		
m37	86.04	0.85	8.02	0.047	0.080	0.09	0.74	3.60	m57	0.14	0.61	1.93		
m38	66.83	0.13	6.06	0.032	0.058	0.15	0.61	10.10	m58	0.08	0.88	2.82		
m39	2214.41	0.23	7.71	0.081	0.177	0.32	2.33	26.60	m59	0.13	0.30	3.04		
m40	1345.77	0.35	5.95	0.033	0.074	0.53	1.29	12.05	M60	0.03	<	1.27		
m41	1000.80	0.36	6.71	0.039	0.077	0.29	1.33	11.22	M61	0.00	0.10	0.30		
m42	400.66	0.19	22.66	0.010	0.023	0.02	0.22	4.36	M62	0.02	<	0.62		

Apéndice 2. Parámetros físicos y químicos del segundo muestreo.

Parámetros de Campo												
muestra	X	Y	Censo	Tipo	Prof.m	Fecha	N.E	T(°C)	pH	Eh (mV)	Eh	EC µS/cm
m1	325159	2636036	25	pozo	100	03/11/2003	72	23.3	6.72	425	625.15	1471
m2	325632	2635420	19	pozo	90	03/11/2003		23.5	6.72	414	613.96	1520
m3	324996	2635198	17	pozo	90	03/11/2003	61	23.3	7.27	367	567.15	1648
m4	324783	2634774	13	pozo	80	04/11/2003		22.1	7.04	358	559.26	1343
m5	325035	2634941	16	pozo	80	03/11/2003		22.5	6.81	416	616.89	1506
m6	324756	2635002	15	pozo	58	03/11/2003		20.8	6.85	434	636.47	1533
m7	326357	2640506	27	pozo	150	05/11/2003		23.7	7.05	353	552.78	4530
m8	324550	2632422	26	pozo	60	04/11/2003		21.1	6.68	390	592.19	1497
m9	323728	2637201	1	pozo	160	30/10/2003		23.4	6.73	335	535.06	1628
m10	322887	2637487	2	pozo	150	03/11/2003	73	24.1	6.77	447	646.41	1433
m11	322777	2637691	3	pozo	100	03/11/2003	78	23.7	6.78	420	619.78	1418
m12	316881	2642412	45	pozo	200	05/11/2003		23.5	7.04	373	572.96	842
m13	316570	2643275	44	pozo		05/11/2003		23.7	7.01	368	567.78	841
m14	316106	2643053	46	pozo	150	05/11/2003		22	7.07	313	514.36	744
m15	314646	2641944	52	pozo	120	09/11/2003		22.7	7.06	353	553.71	850
m16	312054	2643061	49	pozo	67	08/11/2003		21.1	6.82	387	589.19	1012
m17	324727	2637266	10	pozo		04/11/2003		22.5	6.81	321	521.89	1935
m20	323389	2637109	5	pozo	90	03/11/2003		23.4	6.72	4.22	204.28	1770
m21	323183	2634260	33	pozo	180	04/11/2003		20.7	6.77	13	215.56	2740
m22	323492	2633973	34	pozo		04/11/2003	61.53	21.3	6.7	110	312.01	2700
m24	311886	2642922	48	pozo	78	09/11/2003	56.94	22.5	6.95	333	533.89	1010
m25	317815	2641304	41	pozo	150	05/11/2003		22.3	7.15	362	563.08	792
m26	318240	2642053	42	pozo	150	05/11/2003		23.9	7.12	346	545.59	946
m27	316465	2642588	53	pozo	150	08/11/2003		26.1	6.98	347	544.55	948
m28	319501	2640664	39	pozo	150	05/11/2003	53.45	25	6.85	350	548.57	1250
m30	320459	2643142	61	pozo	155	08/11/2003		29.1	6.83	379	573.76	1767
m31	321340	2638960	58	pozo		08/11/2003		21	7.09	384	586.28	890
m32	320837	2618482	70	manantial	0	06/11/2003		19.1	7.45	321	525.05	620
m33	321144	2617641	71	pozo		06/11/2003		19.6	7.02	355	558.58	563
m34	323882	2616903	72	pozo		06/11/2003		25	7.03	329	527.57	1055
m35	323074	2629392	74	pozo		06/11/2003		22.6	7.14	362	562.80	1360
m36	322937	2626181	75	pozo		06/11/2003		22.8	6.92	363	563.61	1980
m37	328488	2630175	32	pozo	100	02/11/2003		22	6.77			3090
m38	332534	2619013	78	noria	10	02/11/03		19.1	6.78	262	466.05	3160
m39	333040	2614892	89	pozo	120	01/11/2003	19.80	22.3	6.99	69	270.08	5570
m40	333150	2617271	84	pozo		02/11/2003		21.4	6.52	175	376.91	3310
m41	333157	2617300	85	pozo		02/11/2003		21.8	6.56	243	444.54	3120
m43	310809	2637879	22	manantial	0	09/11/2003		27.4	6.8	410	606.34	928
m44	334873	2617486	93	pozo	38	06/11/2003		21.3	6.58	368	570.01	2930
m45	339004	2616786	86	pozo	120	01/11/2003	19.80	22.7	7.18	61	261.71	3000

Parámetros de Campo

Muestra	X	Y	Censo	Tipo	Prof.m	Fecha	N.E	T(°C)	pH	Eh (mV)	Eh	EC µS/cm
m46	332402	2619918	100	pozo	9	06/11/2003	5.50	18	6.94	326	531.07	2830
m47	332507	2606963	87	pozo		31/10/2003		21.9	7.28	85	286.45	3720
m49	337184	2604582	92	pozo		09/11/2003	10	22.7	6.87	358	558.71	2950
m50	314179	2641891	51	pozo	184	08/11/2003		21	6.86	388	590.28	889
m51	318933	2642139	40	pozo	150	05/11/2003		23.6	6.85	345	544.87	1663
m52	334528	2621094	104	tajo	0	02/11/2003	0	26.9	9.47		196.81	2300
m53	333925	2616341	105	noria	10	02/11/2003	4	21.9	6.67	312	513.45	3100
m54	336327	2618895	106	galería		02/11/2003	0	20.8	7.44	79	281.47	2790
m56	332515	2613838	107	pozo		31/10/2003	51	22.8	6.84	103	303.61	5870
m57	335197	2607104	102	pozo	24	31/10/2003	21	29.1	7.21	140	334.76	3380
m58	336868	2603699	88	pozo	12	31/10/2003	13	22	6.95	103	304.36	2780
m63	332836	2619479	108	noria		02/11/2003	6.86	20.2	7.03	103	306.03	2780
m64	316465	2642588	43	pozo			1	22.7	7.02	373	573.71	845
m65	331956	2620152	116	manantial	0	06/11/2003	0	20.4	7.28	357	559.84	3060
m66	332559	2618507	101	noria	20	06/11/2003		21	6.7	366	568.28	3270
m67	321039	2640412	117	pozo		08/11/2003		22.7	6.92	380	580.71	901

Parámetros de Campo

Muestra	O.D(%)	O mg/l	HCO ₃	STD	Localidad	Uso	Aniones (mg/l)				
							HCO3	alc.	Cl	SO ₄	N-NO ₃
m1	11	0.9	248.48	1103.25	Cedral	Agrícola	230.336	203.68	13.54	749.76	1.694
m2	17	1.4	274.62	1140	Cedral	Agrícola	252.296	225.12	15.24	685.92	1.288
m3	60	5	202.06	1236	Cedral	Agrícola	241.316	165.62	16.66	720	5.796
m4	35	3	196.18	1007.25	Cedral	Agrícola	197.457	160.8	15.24	709.92	1.4
m5	37	3.3	212.52	1129.5	Cedral	Agrícola	219.356	174.2	18.61	774.72	3.99
m6	69	6.2	287.72	1149.75	Cedral	Agrícola	252.296	235.84	30.48	662.4	6.79
m7	1	0	202.72	3397.5	C.Flores	Agrícola	175.497	166.16	365.87	1583.04	16.8
m8	44	3.9	248.49	1122.75	Cedral	Agrícola	263.276	203.68	27.08	687.36	5.39
m9	48	4	219.72	1221	Cedral	Potable	237.29	180.1	24.39	749.76	2.492
m10	43	3.6	222.33	1074.75	Cedral	Potable	219.356	182.24	13.54	739.68	2.296
m11	39	3.2	299.17	1063.5	Cedral	Potable	241.316	245.22	11.84	660	2.394
m12	40	3.4	235.41	631.5	N.S. Pedro	Potable	219.356	192.96	15.24	254.88	2.8
m13	33	2.8	244.57	630.75	N.S.Pedro	Potable	230.336	200.46	13.54	284.64	1.988
m14	32	2.9	241.95	558	N.S. Pedro	Potable	263.276	198.32	13.54	177.12	2.394
m15	32	2.8	235.41	637.5	Vanegas	Potable	230.336	192.96	11.84	231.84	1.596
m16	69	6.3	264.84	759	Vanegas	Potable	263.276	217.08	20.31	349.92	3.094
m17	47	4	280.53	1451.25	Cedral	Agrícola	2199.356	229.94	20.20	1039.68	1.4
m20	35	3	322.06	1327.5	Cedral	Agrícola	241.316	263.98	15.24	924.96	1.498
m21	1	0	202.72	2055	Cedral	Agrícola	208.376	166.16	38.92	1749.6	1.694
m22	44	3.9	201.41	2025	Cedral	Agrícola	219.356	165.09	43.96	1535.52	1.498
m24	36	3.1	255.03	757.5	Vanegas	Potable	263.276	209.04	22.01	278.88	3.192
m25	69	6	209.25	594	San Isidro	Potable	230.336	171.52	13.54	244.8	1.596
m26	14	1.4	232.14	709.5	San Isidro	Potable	230.336	190.28	13.54	217.44	1.596

Parámetros de Campo

Muestra	O.D(%)	O mg/l	HCO ₃	STD	Localidad	Uso	Aniones (mg/l)				
							HCO ₃	alc.	Cl	SO ₄	N-NO ₃
m27	64	5.2	235.41	711	Vanegas	Agrícola	219.356	192.96	13.53	339.84	2.198
m28	15	1.2	208.6	937.5	N. Dolores	Potable	219.356	170.98	13.54	600	2.59
m30	45	3.5	307.34	1325.25	N. Dolores	Agrícola	296.115	251.92	13.54	741.12	1.792
m31	69	6.2	202.72	667.5	N. Dolores	Agrícola	208.376	166.16	16.91	289.92	1.694
m32	63		241.95	465	Limones	Potable	213.256	198.32	37.26	120	7.7
m33	61	5.7	235.41	422.25	Limones	Potable	248.575	192.96	30.48	36.96	4.592
m34	12	1	255.03	791.25	La Boca	Potable	285.175	209.04	38.92	254.88	7.994
m35	15	1.2	183.1	1020	R. Monjas	Potable	186.477	150.08	111.67	309.6	5.194
m36	44	3.8	215.79	1485	B.de Arriba	Potable	252.296	176.88	160.60	499.68	11.298
m37	34	3	205.98	2317.5	La Cruz	Agrop.	208.376	164.84	74.45	1749.6	2.59
m38	21	1.9	202.72	2370	Matehuala	Servicios	197.457	166.16	121.95	1617.6	8.792
m39	38	3.5	264.84	4177.5	Matehuala	Pecuario	270.23	217.08	503.43	2199.84	33.32
m40	11	0.9	272.36	2482.5	Matehuala	Servicios	252.296	223.24	125.14	1874.4	7.294
m41	7	0.5	264.84	2340	Matehuala	Servicios	274.256	217.08	123.37	1791.36	5.894
m43	40	3.1	252.41	696	S.JVanegas	Pecuario	252.296	206.9	15.24	234.72	1.988
m44	27	2.3	320.42	2197.5	Matehuala	Pecuario	241.316	262.64	72.67	1728	9.8
m45	49	4.1	113.78	2250	C. Blanco	Potable	118.34	93.26	143.23	1649.76	8.694
m46	21	2	262.88	2122.5	O. Agua	Agrícola	285.175	215.47	35.45	1698.72	1.596
m47	26	2.3	248.49	2790	P. Blanca	Agrícola	226.92	203.68	259.16	1131.84	27.44
m49	32	2.2	153.67	2212.5	St. Lucía	Agrícola	142.557	125.96	82.96	1785.6	6.09
m50	50	4.2	240.64	666.75	Vanegas	Agrícola	252.296	197.25	13.54	294.72	2.1
m51	13	1	227.56	1247.25	San Isidro	Agrícola	241.316	186.53	13.54	504	1.4
m52	68	5.3	65.39	1725	R. Nuevo	Const.	109.678	53.6	28.78	1457.76	2.198
m53	1	0	247.18	2325	Matehuala	Agrop.	263.276	202.61	103.16	1416	
m54	73	6.7	205.98	2092.5	C. Blanco	Agrop.	215.94	164.84	60.97	1649.76	6.188
m56	34	3	211.87	4402.5	Matehuala	Agrícola	194.59	173.66	536.40	2599.68	46.48
m57	35	2.8	107.9	2535	Sarabia	Agrícola	118.34	88.44	182.93	1393.92	10.892
m58	34	3	140.59	2085	E. Abajo	Agrícola	151.28	115.24	83.66	1624.8	15.694
m63	14	1.1	172.63	2085	O. Agua	Agrop.	197.457	141.5	91.46	1791.36	5.194
m64	42	3.6	217.1	633.75	San Isidro	Potable	219.356	177.95	13.54	289.92	2.59
m65	54	4	186.37	2295	O. Agua	Pecuario	219.356	152.76	98.20	1695.84	4.788
m66	11	0.9	245.22	2452.5	Matehuala	Agrícola	208.376	210	148.9	1456.8	15.96
m67	37	3.1	281.19	675.75	N. Dolores	Agrícola	230.336	230.48	13.54	309.6	1.19

Cationes (mg/l)

Muestra	F	Na	K	Ca	Mg		F	Na	K	Ca	Mg	
m1	1.178	8.993	0.05	310	27.59		m12	0.475	15.985	3.59	163.2	15.88
m2	1.33	7.981	2.07	342.6	24.19		m13	0.475	15.985	4.77	163.2	15.43
m3	1.558	14.996	7.27	350.8	36.79		m14	0.475	11.983	3.16	155	15.31
m4	1.387	9.982	2.58	293.6	23.82		m15	0.57	23	2.69	130.4	13.69
m5	1.444	13.984	2.26	318.2	24.59		m16	0.057	12.995	2.18	187.6	15.92

Cationes (mg/l)

Muestra	F	Na	K	Ca	Mg		F	Na	K	Ca	Mg
m6	1.292	14.996	2.18	326.4	25.58	m17	1.729	21.988	3.08	440.6	35.73
m7	1.254	553.97	8.36	416	60.29	m20	1.444	12.995	2.58	391.6	33.42
m8	1.14	10.994	2.18	301.8	28.08	m21	1.634	28.98	4.77	669	35.13
m9	1.235	14.996	2.77	368	27.10	m22	1.729	34.983	5.78	677.2	39.75
m10	1.064	8.993	2.18	318.2	24.31	m24	0.627	11.983	2.58	187.6	18.11
m11	1.0982	9.982	2.18	301.8	23.49	m25	0.418	18.998	2.89	138	12.27
m26	0.475	35.995	4.26	126.8	16.89	m45	1.368	72.91	21.55	628.4	41.33
m27	0.646	33.994	5.78	163.2	18.59	m46	1.824	33.994	13.37	701.6	41.93
m28	0.608	28.98	6.09	252.8	19.69	m47	0.95	348.91	8.094	291	111.34
m30	1.387	9.982	3.16	383.4	25.77	m49	1.691	82.984	15.56	652.8	36.58
m31	0.817	7.981	2.38	187.6	16.28	m50	<	8.993	1.798	163.2	15.68
m32	0.342	14.03	1.48	116	6.19	m51	0.456	32.982	5.669	240	29.05
m33	0.361	9.982	1.19	89.6	8.49	m52	1.026	19.987	10.08	571.2	22.09
m34	0.209	72.91	2.69	146.8	19.26	m53	1.254	105.984	9.188	669	28.20
m35	1.026	162.97	4.06	114.24	11.09	m54	1.254	61.87	9.97	612.2	37.19
m36	0.703	178.94	4.57	212	40.96	m56	1.748	806.84	14.58	604	105.02
m37	1.558	125.99	10.59	628.2	47.68	m57	1.71	207	13.56	528	62.23
m38	1.71	93.978	11.76	660.8	46.19	m58	1.444	54.97	22.99	669.2	26.59
m39	1.653	767.97	12.98	620.4	83.26	m63	1.767	93.978	22.09	620	68.55
m40	1.71	170.89	6.764	669	47.28	m64	0.456	13.984	3.08	163.2	15.19
m41	1.577	156.86	7.468	644.6	38.49	m65	1.615	80.983	6.68	677.2	49.59
m43	0.684	9.982	2.072	163.2	17.01	m66	1.539	107.87	9.57	693.6	43.27
m44	1.52	53.981	11.37	726.2	30.99	m67	0.57	9.982	2.46	187.6	16.41

Elementos Traza (ppb)

Muestra	Sr		Li	Ti	Va	Mn	Fe	Zn	Ge	As	Se	Br	Rb
m1	1880.00	m1	<	3	<	4	456	20		3.3	<		3.10
m2	1680.00	m2	<	<	<	6	383	51	0.2	3.6	<	86	3.07
m3	3275.00	m5	<	<	<	<	347	29	0.2	2.2	<	76	3.27
m4	2460.00	m6	<	<	<	<	382	34	0.3	2.1	<	147	3.23
m5	3440.00	m7	157	<	<	<	0	57	0.0	0.0	<	245	8.53
m6	2960.00	m8	<	<	<	<	456	68	0.2	8.9	<	4,680	3.30
m7	9865.68	m9	19	2	2	<	628	11	0.2	1.6	3	212	4.00
m8	2621.96	m10	<	<	2	<	473	<	0.2	2.3	<	121	3.25
m9	1120.00	m12	20	4	4	<	191	<	0.2	2.4	<	90	6.16
m10	480.00	m14	31	8	5	<	725	23	0.2	2.0	3	143	6.48
m11	1920.00	m15	15	2	2	<	183	<	0.0	1.0	<	95	5.38
m12	1580.00	m16	<	<	<	<	273	38	0.1	0.7	4	85	2.37
m13	1700.00	m17	46	<	<	<	648	22	0.3	2.9	<	256	5.17
m14	1460.00	m21	52	<	<	<	1,869	<	<	16.4	<	164	4.08

Elementos Traza (ppb)

Muestra	Sr	Li	Ti	Va	Mn	Fe	Zn	Ge	As	Se	Br	Rb	
m15	1460.00	m22	55	<	<	<	1,324	<	<	9.8	<	379	4.34
m16	1490.00	m26	38	5	7	<	166	8	0.2	4.9	3	468	4.74
m17	2679.00	m32	12	2	5	<	121	<	<	1.8	4	92	0.48
m20	4050.00	m33	<	1	4	<	134	57	<	0.6	4	486	0.28
m21	5320.00	m35	48	<	5	<	<	27	0.3	2.5	<	385	3.95
m22	5800.00	m36	66	<	<	<	756	147	<	14.5	<	1,449	7.31
m24	1550.00	m36	57	<	<	<	339	<	<	0.0	6	813	3.05
m25	1430.00	m38	63	<	17	<	815	127	<	123.2	11	2,060	4.24
m26	2150.00	m39	296	<	17	<	2,403	4,843	<	16.6	<	1,297	12.42
m27	3150.00	m40	123	<	23	<	998	210	<	0	12	8,434	5.40
m28	2650.00	m41	724	<	59	<	4,682	694	1.5	>	61	2,192	27.14
m30	3825.00	m43	<	<	<	<	229	17	<	1.8	4	25,850	3.13
m31	1600.00	m44	<	<	7	<	933	53	<	714	<	159	4.82
m32	560.00	m45	981	20	50	<	5,771	1,097	1.8	74.1	90	608	35.51
m33	300.00	m47	83	<	<	<	434	279	<	1.7	9	35,830	3.68
m34	2282.42	m49	<	<	10	<	819	<	<	57.5	<	2,624	5.00
m35	2240.00	m51	35	4	8	<	378	<	0.4	4.7	<	776	6.10
m36	2440.00	m52	<	<	<	59	708	35	<	109.8	<	77	1.89
m37	4750.00	m53	71	4	21	293	1,193	188	0.5	1,385	<	264	6.67
m38	7450.00	m54	393	11	24	41	2,940	379	0.8	4,066	40	1,285	16.50
m39	9300.00	m56	378	<	16	88	3,136	6,140	<	7.5	<	14,632	13.01
m40	4700.00	m57	432	20	36	162	6,650	>	0.6	29.7	12	10,500	18.69
m41	6250.00	m58	46	5	10	9	843	41	<	18.7	<	8,350	5.94
m43	1250.00	m63	<	9	33	1,255	5,850	<	66.4	<	728	9.06	
m44	6450.00	m64	3	3	27	176	52	0.2	2.1	<	1,480	6.43	
m45	2733.06	m65	<	7	14	943	98	<	35.8	<	128	3.80	
m46	8450.00												
m47	3320.00												
m49	7900.00												
m50	1230.00												
m51	3525.00												
m52	4732.86												
m53	2099.79												
m54	3699.63												
m56	8900.00												
m57	4400.00												
m58	3240.00												
m63	4500												
m64	1540												
m65	6900												
m66	7850												
m67	1580												

Elementos Traza (ppb)

Muestra	Mo	I	Cs	Ba	Re	Tl	Pb	U
m1	3	29	1.80	15	0.08	0.09	0.4	3.36
m2	3	108	1.81	15	0.03	0.11	<	3.34
m5	3	61	2.13	16	0.11	0.11	<	4.98
m6	3	30	1.92	17	0.21	0.13	<	7.18
m7	8	195	4.40	15	0.17	0.00	0.8	4.58
m8	<	52	1.50	17	0.11	0.11	<	4.65
m9	3	26	2.39	18	0.08	0.12	0.1	3.44
m10	3	87	1.49	19	0.04	0.10	0.5	3.27
m12	3	19	0.30	28	0.05	0.00	<	3.60
m14	2	32	0.28	35	0.04	0.00	0.4	4.17
m15	3	14	0.35	24	0.03	0.02	<	2.51
m16	2	<	1.57	32	0.15	0.09	0.5	2.41
m17	4	<	4.00	15	0.03	0.14	<	3.61
m21	22	125	0.70	10	0.28	0.00	<	3.21
m22	18	91	0.64	9	0.28	0.00	<	3.60
m26	3	25	0.09	29	0.04	0.00	<	6.98
m32	1	27	0.06	107	0.04	0.00	<	1.16
m33	2	20	0.02	127	0.04	0.00	<	1.03
m35	8	97	2.69	31	0.07	0.15	7.1	3.53
m36	6	157	0.62	11	0.09	0.00	<	4.19
m36	3	93	0.55	31	0.18	0.00	<	3.71
m38	11	55	0.15	12	0.23	0.00	0.6	11.76
m39	49	1,991	0.22	19	0.70	0.00	5.4	40.09
m40	66	1,490	0.34	11	0.70	0.09	<	22.93
m41	106	2,151	0.72	33	2.05	0.23	<	151.65
m43	2	<	3.07	37	0.12	0.16	<	2.20
m44	13	55	0.16	15	0.23	0.00	7.6	3.13
m45	95	3,025	0.55	39	2.58	0.18	<	197.51
m47	<	144	0.38	12	0.14	0.00	<	4.66
m49	10	54	0.29	13	0.00	0.00	<	3.50
m51	<	44	0.10	29	0.03	0.00	<	10.63
m52	<	104	0.06	45	0.00	0.00	<	1.51
m53	23	995	0.48	21	0.22	0.27	<	23.07
m54	48	1,528	0.27	36	1.04	0.12	2.8	84.30
m56	60	746	0.17	22	0.67	0.00	<	16.14
m57	118	705	0.29	27	0.80	0.11	<	9.23
m58	6	72	0.25	8	0.08	0.00	1.8	3.65
m63	18	351	0.27	13	0.20	0.05	<	9.40
m64	2	21	0.04	26	0.07	0.00	1.2	3.55
m65	10	105	0.07	32	0.13	0.00	0.8	8.05

<=menor al límite de detección

8. BIBLIOGRAFÍA.

Alaerts, G. J. y Khouri, N., 2004, Arsenic contamination of groundwater: Mitigation strategies and policies, *Hydrogeology Journal*, 12, 103-114.

Alberta Health and Wellness, 2000. Arsenic in groundwater from domestic wells in three areas of northern Alberta: Alberta Health and Wellness_ Health Surveillance, 35 p.

Anawar, H. M., Yoshioka, T., Safiullah, S., Kato, K., Akai, J., Komaki, K., Terao, H., 2003. Geochemical occurrence of arsenic in groundwater of Bangladesh:sources and mobilization processes. *J Geochem. Exploration* 77 (2/3): 109-131.

Andreae, M.O. (1986), chemical species in sea water and marine particulates, in Bernhard,M., Brinckmann, F.E., and Sadler, P.J. (eds): *The importance of chemical speciation in environmental processes*, pp 301-335.Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokio.

Appelo, C.A.J. y Postma, D., 1996. *Geochemistry, groundwater and pollution*. Edit. Balkema, 536 p.

Armienta, M.A., Zamora, V y Juárez F., 1987, *Manual para el Análisis Químico de Aguas Naturales, en el Campo y en el Laboratorio*, Instituto de Geofísica, UNAM. 86p

Armienta, M.A., Rodríguez, R., Aguayo, A., Ceniceros, N., Villaseñor, G y Cruz, O., 1997. Arsenic contamination of groundwater at Zimapán, Mexico, *Hydrogeology Journal*, v. 5, no. 2.

Atkinson, T. C., 1983. Growth mechanism of speleothems in Castleguard cave, Columbia ice fields. Alberta, Canadá. *Arct. Alpine Resources*. 15, 523-536.

Ayotte, J.D., Nielsen, M. G., Robinson, G.R.J., y Moore, R.B., 1999 Relation of Arsenic, iron and manganese in ground water in aquifer type, bedrock, lithogeochemistry and land use in the New England coastal basin:U.S. Geological Survey Water – Resources Investigations Report 99-4162,60p

Azcue, J. M. and Nriagu, J. O., 1994. Arsenic, historical perspectives: en Nriagu, J.O., ed., *Arsenic I the environment part I: Cycling and Carachterization: Advances in Environmental Science & Technology*: New York, John Wiley and Sons, 430 p.

Back, W, Hanshaw, B.B., 1970. Comparison of chemical hydrogeology of the carbonate peninsula of Florida and Yucatan. *J. Hidrol.* 10, 330-368.

Bacon, R. W., 1978 *Geology of northern Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México* (M.S. Thesis): Arlington, University of Texas, 109 p.

Barboza-Gudiño, J. R., 1993. *Geología de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México*. En: C. Pola S., J. A. Ramírez F., M. A. Rancel R y Navarro L. (Eds.)*Actas Fac. Ciencias de la Tierra UANL, Linares*, 8, p 9-18.

Bernhard, M., Brinckmann, F.E., and Sadler, P.J., (eds) (1986), *The importance of chemical speciation in environmental processes*, Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokio.

Burckhardt, C., 1906. La Faune Jurassique de Mazapil avec un appéndice sur les fossiles du Cretacique Inferieur. Inst. Geol. México, Bol 23

Burckhardt, C., 1921. Faunas Jurásicas de San Simón, Zacatecas y Faunas Cretácicas de Zumpango del Río, Guerrero, Int. Geol. México, Bol. 33.

Burkel, R. S., and Stoll, R. C., 1999, Naturally occurring arsenic in sandstone aquifer water supply wells of northeastern Wisconsin: Ground Water Monitoring and Remediation, v. 19, no. 2, p. 114-121.

Burow, M. and Stoeppler, M., 1987. Ingestion/excretion experiments for arsenic in fish en Brätter, P. and scrammel, P.(eds): trace elements, analytical chemistry in medicine and biology, vol. 4.

Castro, J.: 1995, "Umweltauswirkungen des Bergbaus im semiariden Gebiet von Santa María de la Paz, Mexiko", Tesis Doctoral, Instituts für Petrographie und Geochemie, Universität Karlsruhe, 155 pp.

Castro- Larragoitia, J., Kramar, Utz, Puchlet, Harald., 1997. 200 years mining activities at La Paz/San Luis Potosí/Mexico-Consecuences for environment and geochemical exploration.- Journal of Geochemical Exploration, 58 (1997) 81-91 .

Cebrian, M. E., Albores, A., García-Vargas, G. and Del Razo, L. M., 1994. Chronic Arsenic poisoning in humans: The case of Mexico: en Nriagu J. O. ed., Arsenic in the Environment, part II: Human Health and Ecosystems Effects: Advances in the Environmental Science & Technology: New York, John Wiley and Sons, p. 93- 107.

Chau, Y.K., (1986a), Analitical aspects of organometallic species determination in Fresh water Systems, in : Bernhard, M., Brinckmann, F.E., and Sadler, P.J. (eds.):_The importance of chemical "speciation" in environmental processes, pp. 149-167. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokio.

Chau, Y.K., (1986b), Ocurrence and speciation of organometallic compounds in fresh water systems. Sci. Total environment. 49, 305-323

Chen S. L.; Dzeng, S. R.; Yang, M.H.; Chiu, K. H.; Shieh, G. M. and Wal, C. M., 1994. Arsenic species in groundwater of the blackfoot disease area, Taiwan, Environmental Science & Technology, v. 28, p. 877-881.

Cherry, J. A., Shaikh, A. U., Tallman, D. E., y Nicholson, R. V., 1979, Arsenic species as indicator of redox conditions in groundwater. Journal of hydrogeology, v. 43, p. 373-392.

Chowdhury, T. R., Basu, G. K., Mandal, B. K., Biswas, B. K., Samanta, G., Chowdhury, U. K., Chanda, C. R., Lohd, D., Roy, S. L., Saha, K. C., Roy, S., Kabir, S., Quamruzzaman, y Chakraborti, D., 1999, Arsenic poisoning in the Ganges delta: brief communication, Nature, v. 401, p. 545-546.

Comisión Nacional del Agua, 2003a, Regiones y Cuencas Hidrológicas del Estado de San Luis Potosí
<http://www.cna.gob.mx>

Comisión Nacional del Agua, 2003, Estaciones Climatologías Vanegas, Cedral, Matehuala y Maroma-Catorce, Documento de Microsoft Excel

Craig, P.J. (1986), Chemical species in industrials discharges and effluents in : Bernhard,M., Brinckmann, F.E., and Sadler, P.J. (eds): The importance of chemical speciation in environmental processes, pp 443-464.Springer, Berlin-Helderberg-New York-London-Paris-Tokio.

Deike, R. G., 1991. Comparative petrology of cores from two test wells in the Eastern part of the Edwards aquifer, South-Central Texas. U.S. Geol. Surv. Water. Resour. Inv. Rep. 87-4266, 142 p.

Deutsch, W. J., 1997 Ground Water Geochemistry, fundamentals and applications to contamination, Lewis publishers,221 p

Drever, I. James, 1988, The Geochemistry of Natural Waters, Prentice Hall, New Jersey, 429 pp.

Duinker, J.C., (1986), Formation and transformation of elements species in estuaries, in: Bernhard,M., Brinckmann, F.E., and Sadler, P.J. (eds): The importance of chemical speciation in environmental processes, pp 365-384.Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokio.

Fendorf, S., Eick, M. J., Grossl, P, y Sparks, P. D. L., 1997, Arsenate and chromate retention mechanism on goethite. 1. Surface structure: Environmental Science & Technology, v. 31, no. 2, 315-326.

Fishbein, L., 1984. overview of analysis of carcinogenic and mutagenic metals in biological and environment samples: arsenic, beryllium, cadmium, chromium and selenium. In Merian, 1991.

Foster, A. L., 1999, Partitioning and transformation of Arsenic and Selenium in Natural and Laboratory Systems: Ph. D.: Stanford University, 225 p.

Fowler, 1977, en Merian, 1991, Metals and their compounds in the environment, VHC, Republic of German

Freeze, R., Alan y Cherry, A., John, 1979. Groundwater. Prentice Hall Inc., 604 pp.

Geohidrológica Mexicana, 1975. Servicios de Prospección y levantamientos geológicos y geofísicos, en el estado de San Luis Potosí, zona El Salado, zona Cedral-Matehuala, zona Vanegas-Estación Berrendo. Tomo II

Geohidrológica Mexicana, 1979, Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en la zona de Charco Blanco-Matehuala, San Luis Potosí.

Gómez- Anguiano, M., 2001. Cartografía Geológica del área de San Juan de Matanzas en la Porción Noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí y Correlación Estratigráfica y Geoquímica de Rocas Volcanogénica Pre-oxfordianas del Noreste de México", Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, Nuevo León, México 164 p

Hem, J.D., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water Supply Paper, 2254, 264 p.

Hidrotec, S. A., 1972. Informe del estudio geohidrológico preliminar en la zona Cedral-Vanegas, San Luis Potosí tomo II

Hingston, F. J., J. Posner, A. M., y Quirk, J. P., 1972, Anion adsorption for goethite and gibbsite: 1. The role of the proton in determining adsorption envelopes: Journal of Soil Science, v. 23, p. 177-192.

Höppe, M., 2002, Geologische Kartierung (1:10000) im Gebiet Ojo de Agua nordwestliche Sierra de Catorce und sedimentpetrologische Untersuchungen an Praoberjurassischen Sedimenten (Zacatecas Formation) Master Thesis, Institute für Geologie und Paläontologie, Universidad de Clausthal.

Humphrey, W.E., 1949. Geology of the Sierra de los Muertos Area, México, Bull. Geol. Soc. Am. 60, p. 80-176 p.

Humphrey, W. E., Diaz, T. 1956., Jurassic and Lower Cretaceous stratigraphy and tectonics of northeastern Mexico. Manuscrito sin publicar.

Imlay, R. W., 1936. Geology of the western part of the Sierra de Parras, Geo. Soc. Am. Bull. 47: pp 1091-1152.

Imlay, R. W., 1938, Studies of the Mexican Geosyncline. Bull. Geol. Soc. Sm, V. 49, p. 1657-1662

Ingeniería de Evaluación y Prospección, S. A. 1981, Estudio geohidrológico con fines de abastecimiento a la ciudad de Matehuala, S.L.P.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2003
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español/estados/slp/rb.cfm> .

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2004
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/español/estados/slp/fisio.cfm>

Ishinishi, N., Tsochiya, K., Vahter, M., and Fowler, B. A., 1986, Chapter 3 Arsenic, in Friberg, L., Nordberg, G. F, and Vonk, V.B. (eds): Hand Book on the toxicology of metals, 2nd ed., vol. II. pp. 43-83. Elsevier, Amsterdam.

Kabata-Pendias, A. y Pendias, H.: 2001, "Trace Elements in Soils and Plants", CRC Press, Florida, 331 pp.

Levander, O. A., 1977. Metabolic interrelationships between arsenic and selenium. Environmental Health Perspect. 19, 159-164

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González D., y Aranda-Gómez, J. J., 1992, Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí, Folleto Técnico, vol. 85, 208 p., Instituto de Geología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

López-Doncel, R., 2003, La Formación Tamabra del Cretácico medio en la porción central del margen occidental de la Plataforma Valles-San Luis Potosí, centro-noreste de México, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 26, num. 1, 2003, p. 1-19

López-Doncel, R., 2000. Karbonatfazielle Entwicklung Während der mittleren Kreide am Westlichen Rand Valles-San Luis Potosí-Plattform (Mittel-Mexiko) Dissertation, 177 p. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät University of Clausthal.

Manceau, A., 1995, The mechanism of anion adsorption on iron oxides: Evidence for the binding of arsenate tetrahedral on free Fe(O, OH)₆ edges: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 59, p. 3647-3653.

Mandal, B. K. y Suzuki, K. T., 2002. Arsenic round the world: a review. *Talanta* 58(1):201-235.

Manning,, B. A. y Goldberg, S., 1997, Adsorption and stability of arsenic (III) at the clay mineral –water interface *Environmental Science & Technology*, v. 31, no.,7, p 2005-2011.

Marijanovic, P., Jaskie, M., Orlich, I., and Valcovic, V., 1983. Trace elements in sea water, in: Proceeding Heavy Metals in the environment, Heidelberg, vol. 1, .237-240

Manz, M. y Castro, J., 1997, The Environmental Hazard caused by smelter slags from the Santa María de la Paz mining district in México, *Environmental Pollution*, 98, 7-13.

Masscheleyn, P. H., Delaune, R. D., y Patrick, W. H., Jr., 1991, Effect of redox potential and pH on arsenic speciation and solubility in contaminated soil: *Environmental Science & Technology*, v. 25, no. 8, p. 1414-1418.

Megaw, p.: 1999, "The High- Temperature Ag-Pb-Zn-(Cu) Carbonate –Replacement Deposits of Central Mexico, British Columbia and Yukon Chamber of Mines, Vancouver, B.C., Canadá, pp. 84.

Merian, E., 1991, Metal and their compounds in the environment, VHC, Republic of German

Moran-Zenteno, G., 1994, The Geology of Mexican Republic, *Geology*, vol. no. 31, en estudios AAPG 180p

Muir, J.M., 1936. Geology of the Tampico region, Mexico. Tulsa, Okla., American Association of Petroleum Geologists, V. XIX, 200 p.

Murray, C. y López, A., 1996. The global burden of disease, vol. 1. WHO, Harvard School of Public Health, The World Bank, Geneva.

National Research Council, 1998, Arsenic in Drinking water: Washington D.C., National Academy Press, 310 p.

Nickson, R. T., McArthur, J. M., Ravenscroft, P., Burgess, W. G., y Ahmed, K. M., 2000, Mechanism of arsenic release to groundwater, Bangladesh and West Bengal: *Applied Geochemistry*, vol. 15, no. 4, p 403-413.

Padilla, S y Sánchez, R. J. (citado en: Gómez- Anguiano, M., 2001. Cartografía Geológica del área de San Juan de Matanzas en la Porción Noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí y Correlación Estratigráfica y Geoquímica de Rocas Volcanogénica Pre-oxfordianas del Noreste de México”, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, Linares, Nuevo León, México 164 p)

Razo Soto I., 2002, Evaluación de la Contaminación por Metales y del Riesgo en Salud en un Sitio Minero de Sulfuros Polimetálicos: Caso de Villa de la Paz-Matehuala, S.L.P México, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 187 p.

Razo, I., Carrizales, L., Castro, J., Díaz- Barriga, J. and Monroy, M., 2004. Arsenic and heavy metal pollution on soil, water and sediments in semi-arid climate mining area in Mexico. *Water, Air and Soil Pollution*. 152: 129-152

Rosas, I., Belmont, R, Armienta, A. Baez, A, 1999. Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca Lagunera, México. *Water Air and Soil Pollution* 112:133-149.

Ross, M.A., 1979. Stratigraphy of the Tamaulipas limestone north eastern, México: M.S. Thesis, Univ. of Texas at Arlington, 96 p.

Rushton, K. 1997. Recharge from permanent water bodies. En Simmers, I. Recharge of Phreatic Aquifers in (semi-)arid areas. International Association of Hydrogeologist, A.A. Balkema Publishers, 277 p.

Rzedowsky, J., 1955. Notas sobre la Flora y Fauna del Estado de San Luis Potosí, Ciencia, Volumen XV.

Savage, K. S. Tingle, T. N., O'Day, P. A., Waychunas, G. A., and Bird, D. K., 2000, Arsenic Speciation in pyrite and secondary weathering phases, Mother Lode Gold District, Tuolumne County, California : *Applied Geochemistry*, v. 5, p. 1219-1244.

Savory, J. and Wills, M.R., 1984. arsenic. Merian, E., 1991, Metal and their compounds in the environment, VHC, Republic of German

Scott, M. J., y Morgan, J. J, 1995, Reactions at oxide surfaces. 1. Oxidation of As(III) by synthetic bimessite: *Environmental science & Technology*, v. 29, no. 8, p. 1898-1905.

Secretaría de comunicaciones y transportes., 2003. mapa de carreteras
WWW. Sct.gob.mx/dirección_gral/dgp_atlas/pdf/slp.pdf

Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP).: 1992, Monografía Geológico-Minera del Estado de San Luis Potosí, Consejo de Recursos Minerales, México, 219pp.

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales
http://infoteca.semarnat.gob.mx/Metadatos/provi_fisio

Secretaría de Programación y Presupuesto, 1979. Carta geológica 1:50000. Hoja F14-1

Secretaría de Programación y Presupuesto, 1983, Carta Estatal de Climas 1:1000000, Hoja San Luis Potosí.

Secretaría de Programación y Presupuesto, 1984a. carta hidrológica de aguas subterráneas 1: 250000. Hoja Matehuala F14-1.

Secretaría de Programación y Presupuesto, 1984b. Carta de aguas subterráneas 1:25000. Hoja Matehuala F14-1.

Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2000a. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización.
<http://www.ssa.gob.mx>

Secretaría de Salubridad y Asistencia, 2000b. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización.

<http://www.ssa.gob.mx>.

Servicios de Agua Potable y Saneamiento de Matehuala, 1998, Fuentes Alternas de Abastecimiento para la ciudad de Matehuala, estudio técnico

Servicios de agua Potable, Saneamiento de Matehuala, 1981. Censo Cedral-Matehuala, documento interno.

Servicios de Agua Potable, Saneamiento y Alcantarillado de Matehuala, 1999, Estudio de Fuentes Alternas de Abastecimiento, reporte interno sin publicar.

Smedley, P.L. y Kinniburgh, D.G., 2002, "A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters", Applied Geochemistry, 17, 517-568.

Smedley, P. L., 2003. Arsenic in groundwater-South and east Asia, en Welch, H. A., y Kenneth, G. S. Arsenic in ground water, edit. Klewer.

Smith, A. H., Arroyo, A. P., Mazumder, D. N., Kosnett, M. J., Hernández, A. L., Beeris, M., Smith, M. M., Moore, L. E, 2000, Arsenic-induced skin lesions among Atacameño people in Northern Chile despite good nutrition and centuries of exposure, Environmental Health Perspect 108(7):617-20

Sposito, G., 1984, The surface chemistry of soils, Oxford University Press, 234 p.

Stollenwerk, 1996. Simulation of phosphate transport in sewage-contaminated groundwater, Cape Code, Massachusetts: Applied Geochemistry, v. 11, p 317-324.

United Nations Environment Program, 1999. Assessment of the status and trends and options for conservation and sustainable use of the terrestrial and biological diversity dryland, Mediterranean, arid, semi-arid, grassland and savannah ecosystem. United Nations convention to Combat Desertification. Convention on biological diversity.

United States Geological Survey.
<http://water.usgs.gov/software/phreeqc.html>.

Van der Hoek, W., Konradsen, F., Jehangir, W. A., 1999. Domestic use of irrigation water: health hazard or opportunity. *Water Res. Dev.* 15 (1/2):107-119.

Waychunas, G. A., Rea, B. A., Fuller, C. C., y Davis, J. A., 1993, Surface chemistry of ferrihydrite: part 1. EXAFS studies of the geometry of coprecipitated and adsorbed arsenate.: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 57, p. 2251-2269.

Welch A. H., Lico M. S. and Hughes, J. L., 1988. Arsenic in ground water of the western United States. *Ground Water*, v. 26, no. 3, p 333-347.

Welch H., Alan y Stollenwerk G., Kennet, 2001. Arsenic in ground water Geochemistry and Occurrence, Edit. Kluwer Academic Publishers, 475 p.

Welch, A. H., Westjohn, D. B., Helsel, D. R., y Wanty, R. B., 2000, Arsenic in groundwater of the United States: Occurrence and geochemistry: *Ground Water*, v. 38, no. 4, p. 589-604.

Williams, M.: 2001, "Arsenic in Mine Water: An International Study", *Environmental Geology*, 40, 267-278.

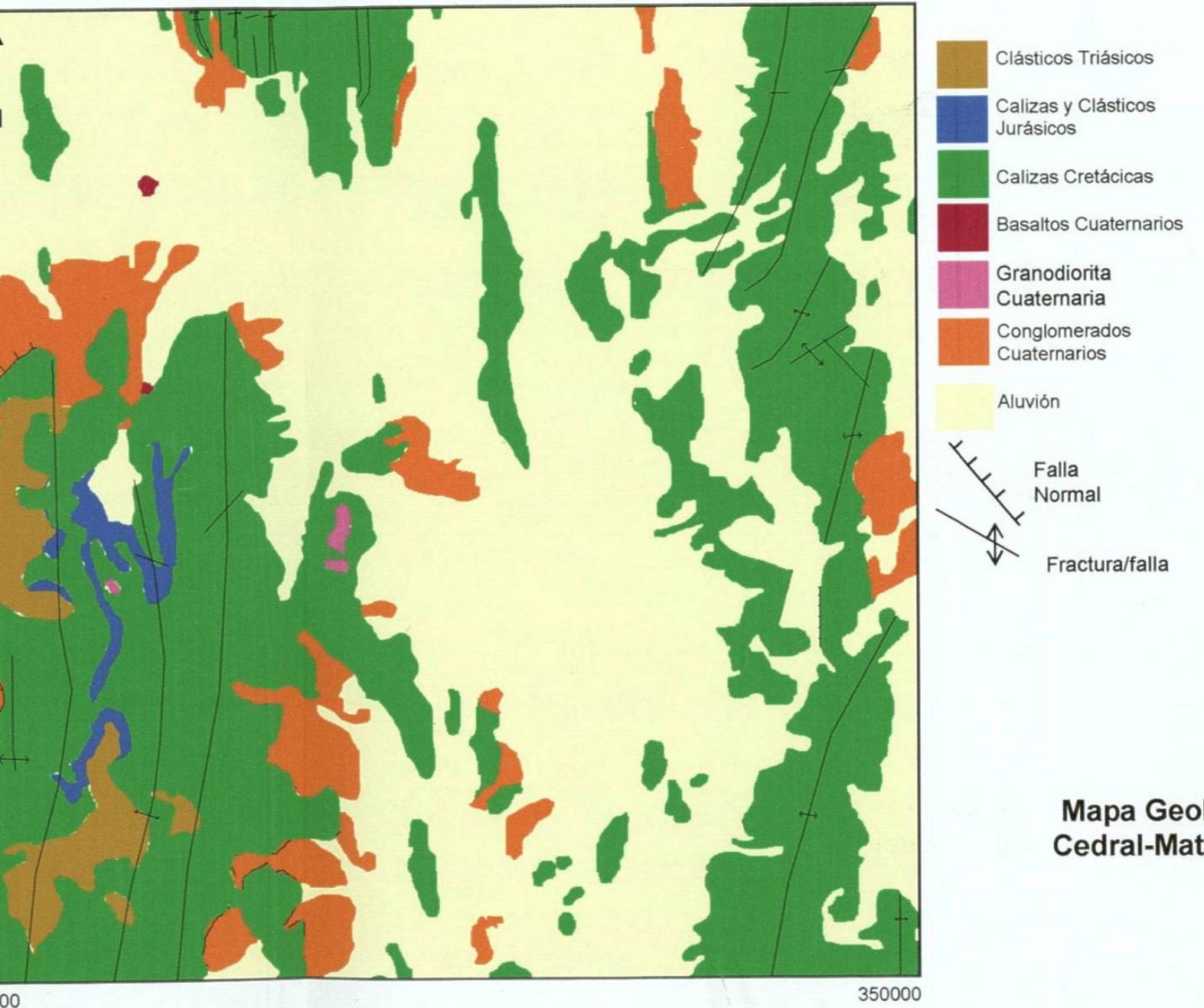
Wingley, T. M. L., 1973, The incongruent dissolution of dolomite. *Geochim. Cosmochim. Acta* 37, 1397-1402

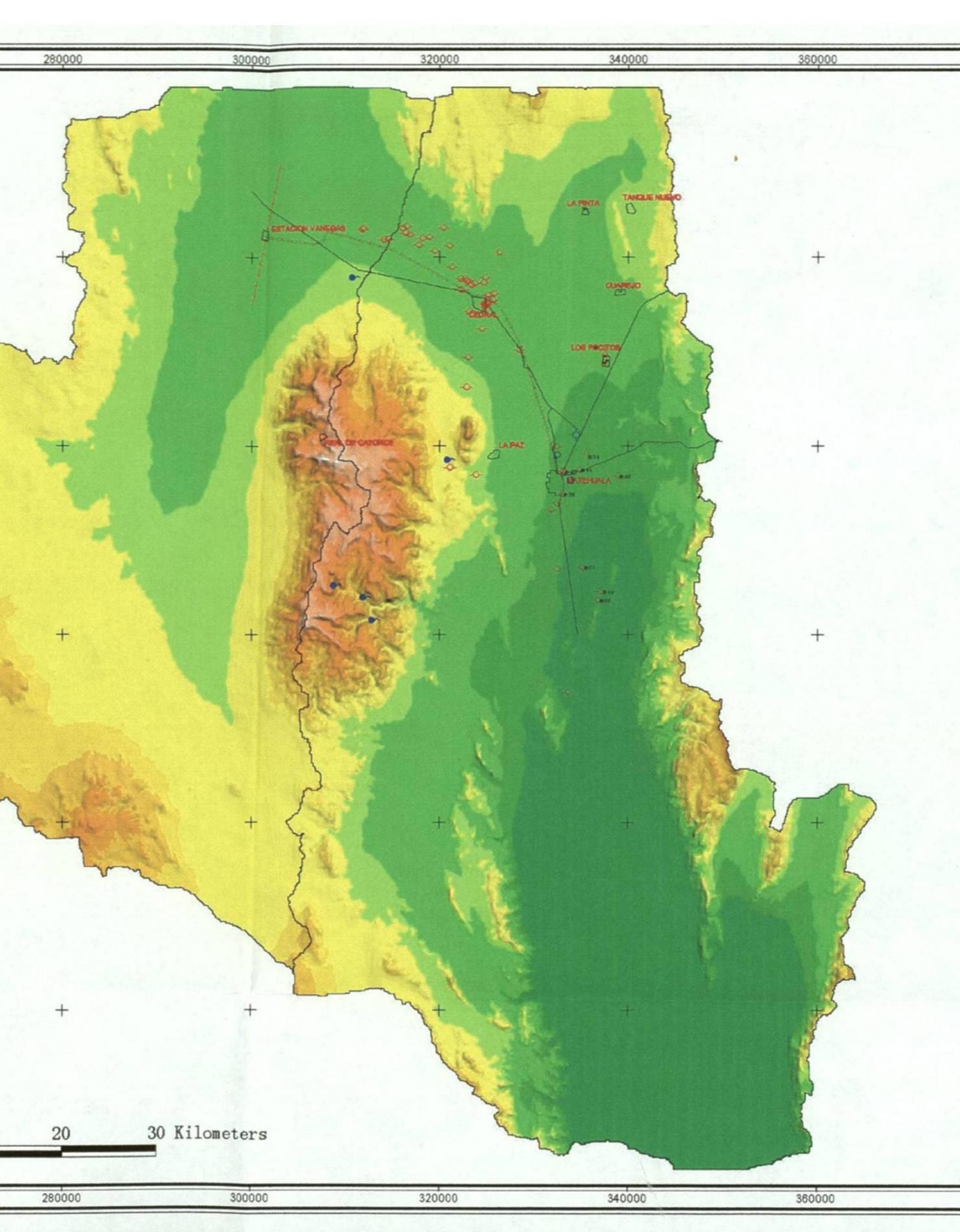
World Health Organization, 1995. The world Health Report 1995. brinding the gap. World Health Organization Geneva.

World Health Organization, 1996. Water supply and Sanitation Sector Monitoring Report. World Health Organization Geneva

World Health Organization (WHO), 2001, Environmental Health Criteria Series No. 224: Arsenic, International Programme on Chemical Safety, pp. 174.

World Health Organization, 2002, www.who.int/inf-fs/en/fact210.html





Carta Piezométrica



315000

320000

325000

330000

335000

340000

12

18

24 Kilometers

Escala 1 : 120000

