



HIDROGEOQUÍMICA Y DATACIÓN

Edgar Yuri mendoza Cázares
edgar_mendoza@tlaloc.imta.mx

Carlos Gutiérrez Ojeda
cguetierr@tlaloc.imta.mx

COORDINACIÓN DE HIDROLOGIA

26 abril 2018

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE LABOREO
DE LA MINA “LA PLATOSA” PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LOS
MUNICIPIOS DE TLAHUALILO, MAPIMÍ Y GÓMEZ
PALACIO, DURANGO

26 abril 2018

ANTECEDENTES

- Ante la necesidad de dar solución a la problemática de calidad de agua en la región Lagunera, el IMTA por solicitud de la CONAGUA, analizó la alternativa de utilizar el agua producto de laboreo de la mina “La Platosá”, previo tratamiento, para abastecimiento público de municipios rurales del estado de Durango.
- En gran cantidad de pozos profundos de la Comarca Lagunera se ha detectado la presencia de arsénico en concentraciones por arriba del límite máximo permisible que establece la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (Salud ambiental, Agua para uso consumo humano, Límites permisibles de calidad de agua y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización).

Objetivos

1. Definir si el agua que actualmente se extrae de la mina La Platosa, con previo tratamiento se puede aprovechar para agua potable.
2. Determinar si el agua que ocurre en la mina La Platosa es una fuente segura para el suministro de agua potable a las poblaciones cercanas cuyas fuentes actuales les proporcionan agua de mala calidad.

Equipo de trabajo

- M en C Sara Pérez Castrejón
- M en C Antonio Javier García López
- M en C Gerardo Ortiz Flores
- Fís. Luis González Hita
- Quím. Blanca de Jesús Carteño Martínez
- Dr Martín Piña Soberanis
- M en C Carlos Gutiérrez Ojeda
- Dr Antonio Cardona Benavides



| No | Concepto | Unidad | Cantidad |
|-----|---|-----------------|----------|
| 1 | Recopilación y análisis de información hidrogeológica | Lote | 1 |
| 2 | Censo de aprovechamientos | Aprovechamiento | 30 |
| 3 | Piezometría y nivelación de brocales | | |
| 3.1 | Piezometría | Recorrido | 2 |
| 3.2 | Nivelación de brocales | Aprovechamiento | 30 |
| 4 | Muestreo y análisis de calidad del agua e isotopía | | |
| 4.1 | Toma de muestras | Muestreo | 18 |
| 4.2 | Análisis físico químicos | Análisis | 18 |
| 4.3 | Deuterio y oxígeno 18 | Análisis | 18 |
| 4.4 | Tritio ambiental | Análisis | 18 |
| 4.5 | Carbono 14 | Análisis | 6 |
| 6 | Interpretación hidrogeoquímica e isotópica | Informe | 1 |
| 7 | Modelo conceptual | Lote | 1 |



1. Recopilación y análisis de información hidrogeológica

1. Recopilación y análisis de información hidrogeológica

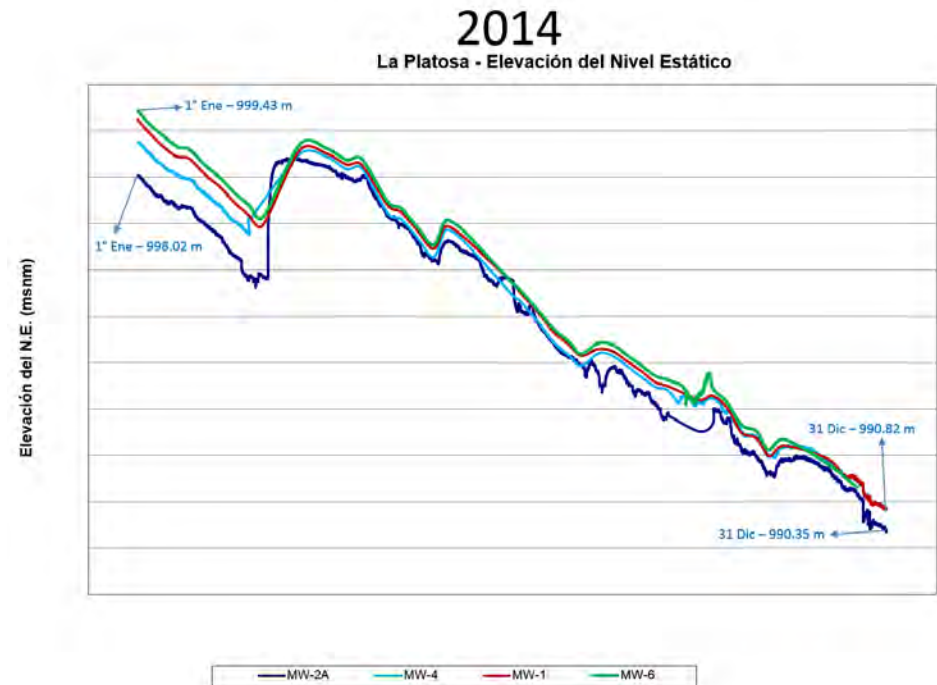
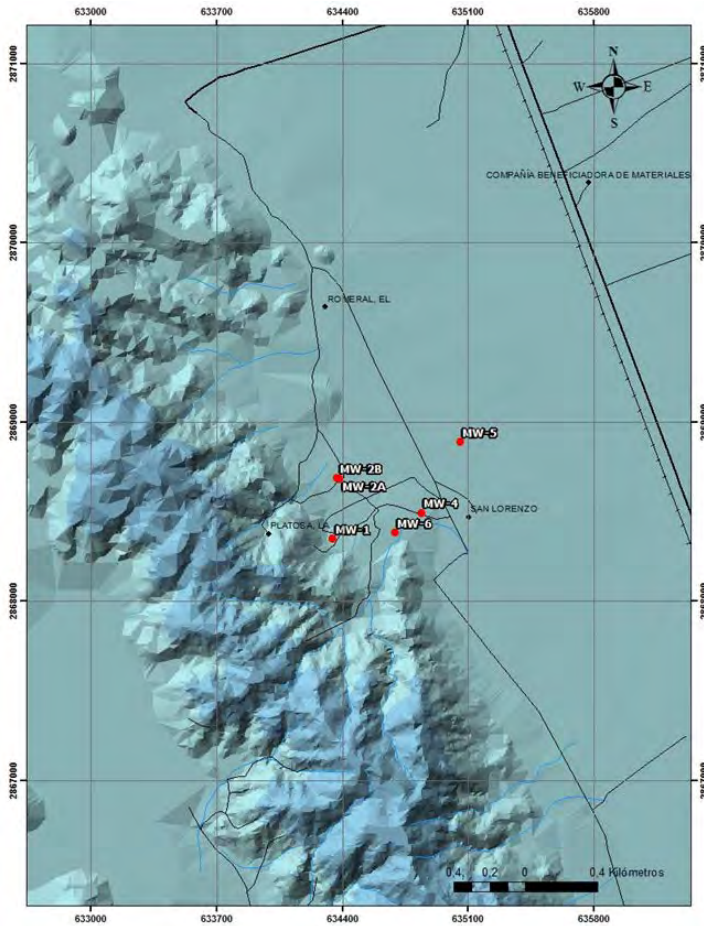
Información proporcionada por la mina “La Platosa”

Historial del bombeo del 2006 al 2014

| AÑO | GPM | m ³ /día | l/seg | INCREMENTO (GPM) | INCREMENTO (m ³ /seg) | INCREMENTO (l/seg) |
|-----------------|--------|---------------------|-------|------------------|----------------------------------|--------------------|
| 2006 | 1,284 | 6,999 | 81 | | | |
| 2007 | 2,018 | 11,000 | 127 | 734 | 4001 | 46 |
| 2008 | 3,486 | 19,002 | 220 | 1468 | 8001 | 93 |
| 2009 | 5,320 | 29,000 | 336 | 1834 | 9996 | 116 |
| 2010 | 7,338 | 40,000 | 463 | 2018 | 10999 | 127 |
| 2011 | 8,556 | 46,639 | 540 | 1218 | 6639 | 77 |
| 2012 | 10,766 | 58,676 | 679 | 2210 | 12046 | 139 |
| 2013 | 12,388 | 67,517 | 781 | 1622 | 8840 | 102 |
| 2014 | 14,584 | 79,640 | 920 | 2196 | 11969 | 139 |
| PROMEDIO | | | | 1662 | 9061 | 105 |

1. Recopilación y análisis de información hidrogeológica

Elevación del nivel estático vs tiempo de los pozos de monitoreo de la mina "La Platosa"





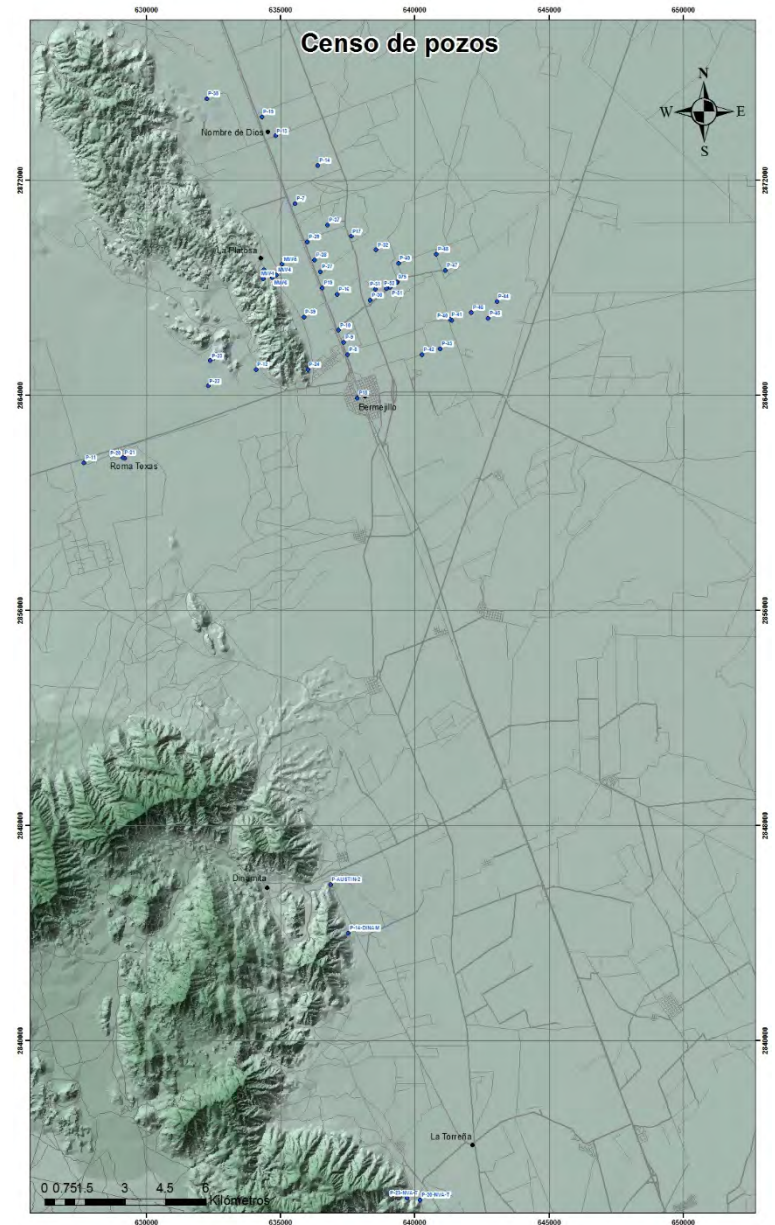
2. Censo de aprovechamientos

2. Censo de aprovechamientos

Fecha: Octubre 2014

Aprovechamientos registrados

- Con nivel del agua **28**
- No se pudieron sondear **22**
- Secos **2**
- Sellado **1**
- Total **53**

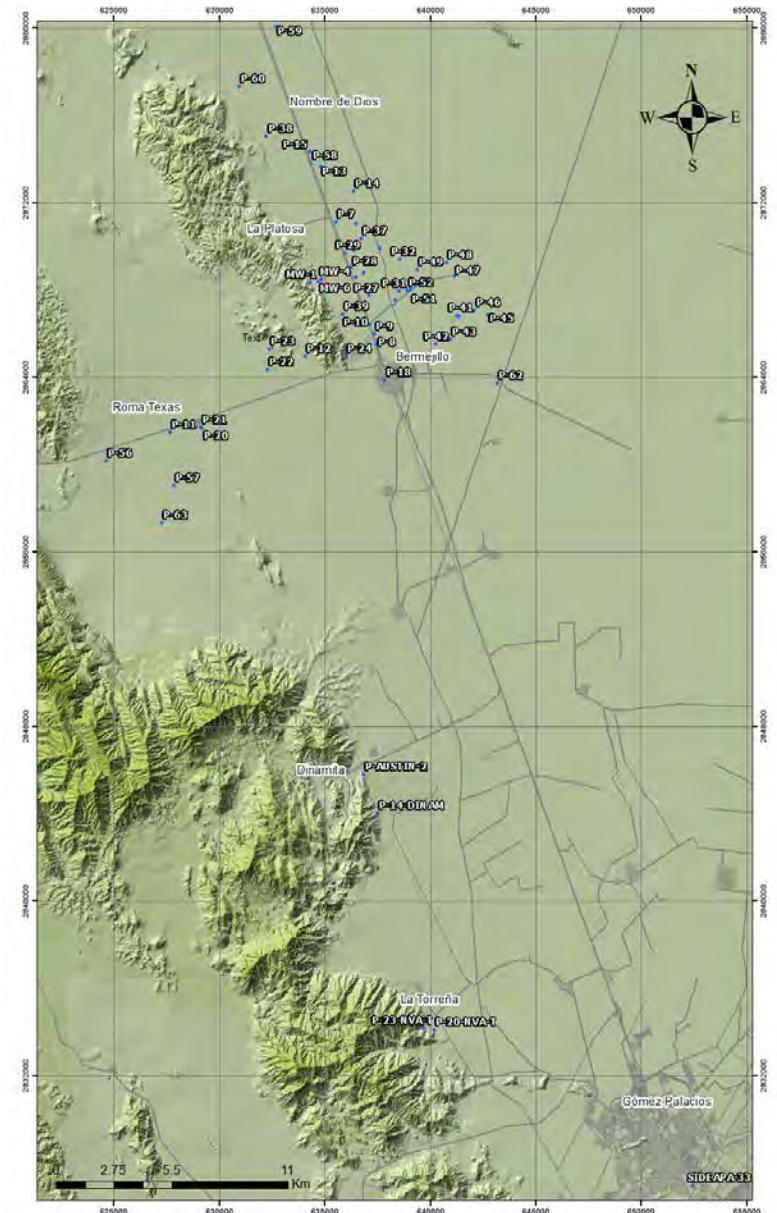


2. Censo de aprovechamientos

Fecha: Octubre 2014

Aprovechamientos registrados según sus usos:

- **Agrícola 31**
- **Publico urbano 11**
- **Pecuario 6**
- **Monitoreo 6**
- **Domestico 7**
- **Industrial 2**
- **Total 63**

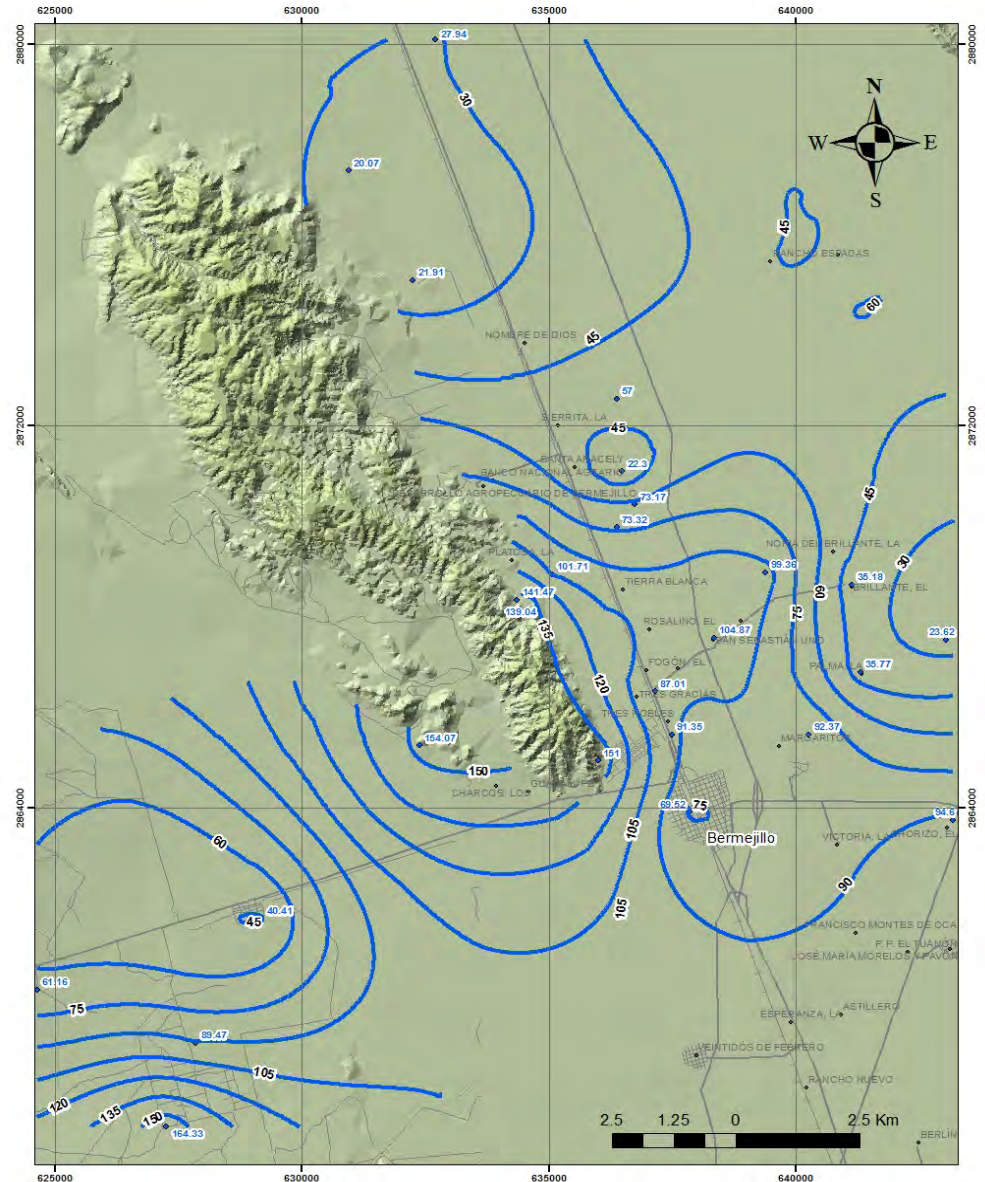




3. Piezometría y nivelación de brocales

3. Piezometría y nivelación de brocales Profundidad al nivel estático (m)

| Pozo | PNE (m) |
|------|---------|
| MW-1 | 141.47 |
| MW-5 | 101.71 |
| MW-6 | 139.04 |
| P-8 | 91.35 |
| P-10 | 87.01 |
| P-14 | 57.00 |
| P18 | 69.52 |
| P-24 | 151.00 |
| P-25 | 73.32 |
| P-26 | 63.70 |
| P-30 | 104.87 |
| P-37 | 73.17 |
| P-41 | 35.77 |
| P-42 | 92.37 |
| P-44 | 23.62 |
| P-47 | 35.18 |
| P-49 | 99.36 |



Mínimo 35.18 m (P-47, Rancho El Brillante)

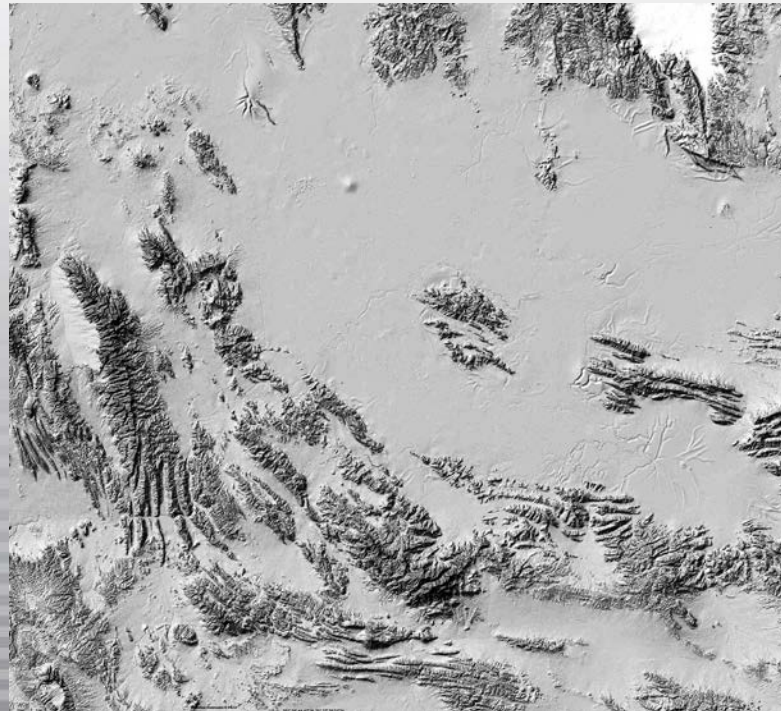
Máximo 151 m (P-24, Peñoles)

4. Muestreo y análisis de calidad del agua e isotopía



Estudio para determinar la factibilidad de aprovechar las aguas de laboreo de la mina La Platosa para el abastecimiento de agua potable a los habitantes de los municipios de Tlahualilo, Mapimí y Gómez Palacio, Durango.

ISOTOPIÍA





Objetivos

- Caracterización isotópica de los flujos de agua existentes en la zona de la mina La Platosa.
- Establecer el origen del agua subterránea que se capta en el interior de la mina.
- Definir si existen evidencias de recirculación de agua de laboreo hacia el interior de la mina.





Metodología

- Toma de muestras de agua en 22 aprovechamientos: 8 en la mina La Platosa, 8 en estructuras de roca caliza y 6 en el acuífero granular.
- Análisis de: especies químicas disueltas, contenido de isótopos estables de H y O y datación del agua subterránea.
- Determinación de parámetros de campo: T, CE, OD, pH, Redox y Alcalinidad.
- Resultados fisicoquímicos e isotópicos de muestreos realizados en 1990 y 2013.
- Interpretación conjunta de resultados



Metodologías de Medición

Parámetros de campo: Celda de aislamiento y equipos multi-paramétricos

Metales

Ag, Al, As, Au, Br, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, I, In, K, La, Lu, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, Os, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Re, Ru, S, Sb, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr (ICP/OES, ICP/MS)

Aniones

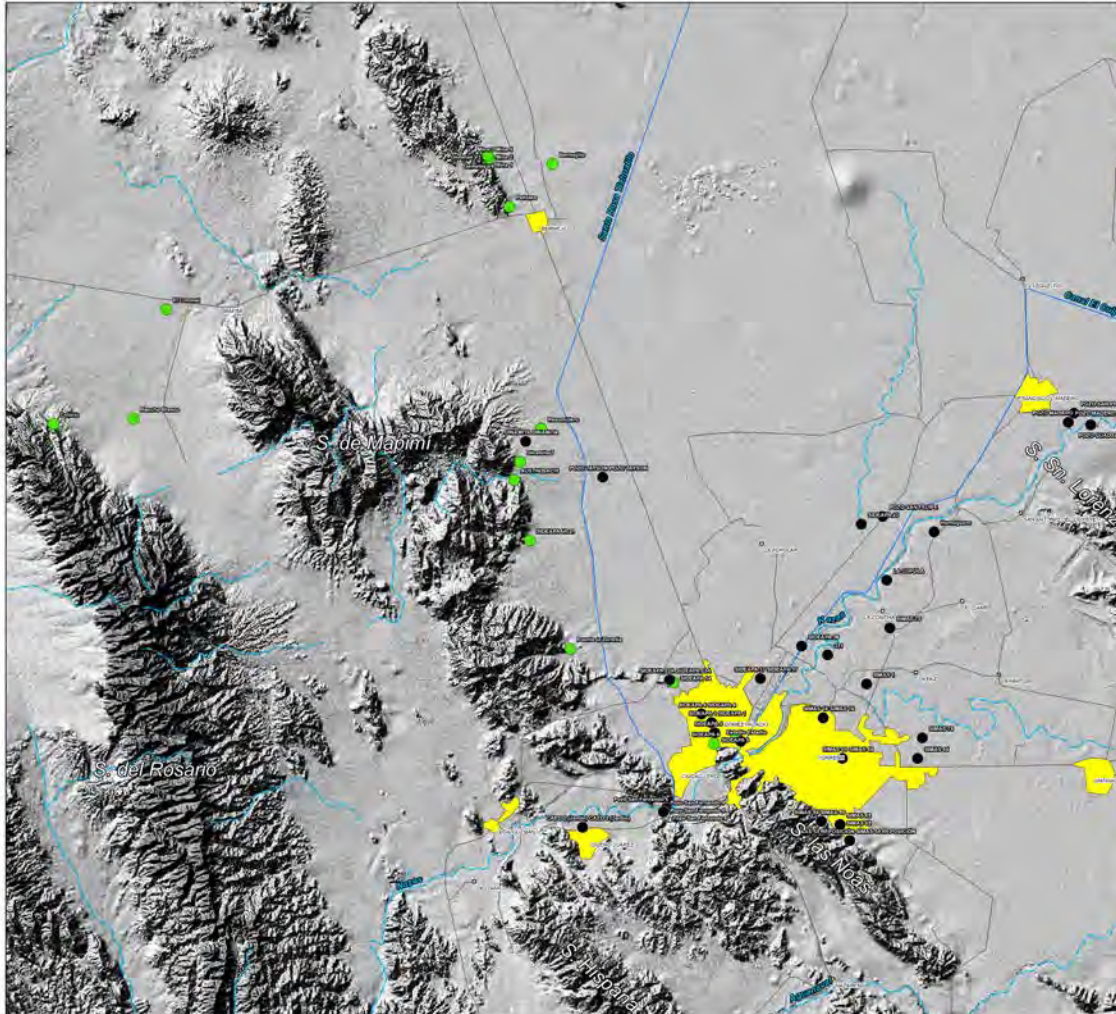
F, Cl, Br, NO₂, NO₃, PO₄, SO₄ (Cromatografía de Líquidos)

Radiocarbono

¹⁴C (IMS)

Tritio ambiental

³H (enriquecimiento electrolítico)



SIMBOLOGÍA

- Pozo Muestreo 2014
- Pozo Muestreo 2013
- Localidad
- Carretera
- Terracería
- Corriente Intermittente
- Corriente Perenne
- Canal de irrigación



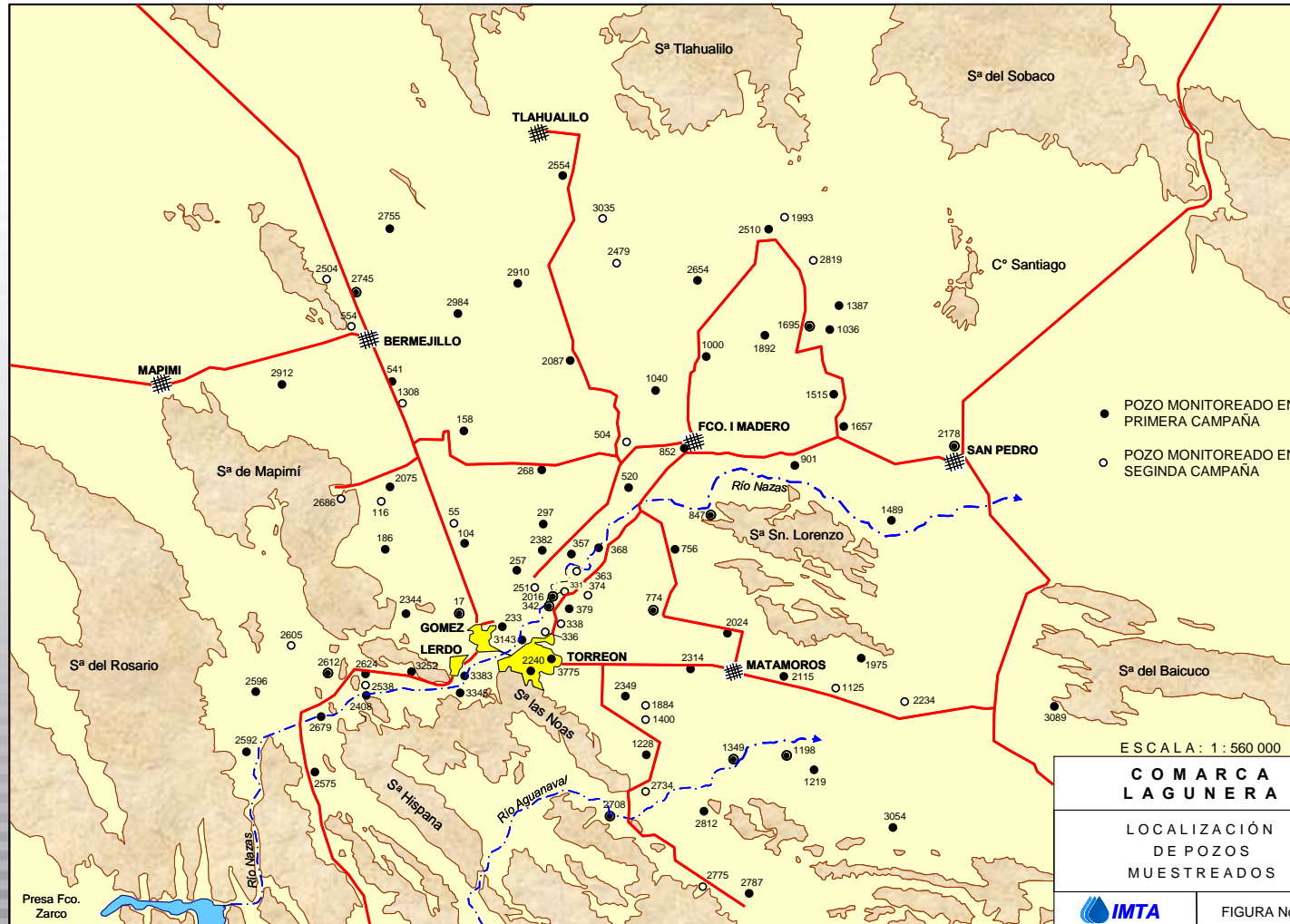
0 2.5 5 10 km

COMARCA LAGUNERA
2014



Localización de aprovechamientos incluidos en la interpretación de resultados isotópicos del agua de laboreo de la Mina La Platosa:

- Muestreo 2014 (22)
- Muestreo 2013 (30)
- Muestreo 1990 (31)



Localización de
aprovechamientos
del Estudio
Hidrogeoquímico e
Isotópico del
Acuífero Granular
de la Comarca
Lagunera (IMTA
1990)

ESCALA : 1 : 560 000

COMARCA
LAGUNERA

LOCALIZACIÓN
DE POZOS
MUESTREADOS



FIGURA No

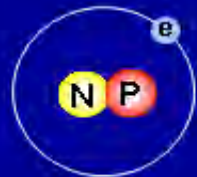


Composición isotópica del agua

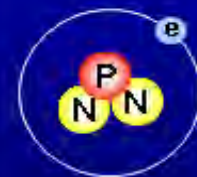
Isótopos del hidrógeno



Hidrógeno
(H)
99.984 %

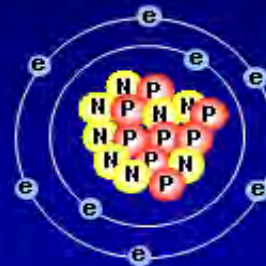


Deuterio
(D)
0.016 %



Tritio
(T)
 $\sim 5 \times 10^{-6}$ %

Isótopos del oxígeno



Oxígeno-16
(¹⁶O)
99.76 %



Oxígeno-17
(¹⁷O)
0.04 %



Oxígeno-18
(¹⁸O)
0.20 %

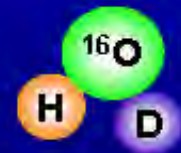
Moléculas de agua



$H_2^{16}O$
997,680
partes por millón



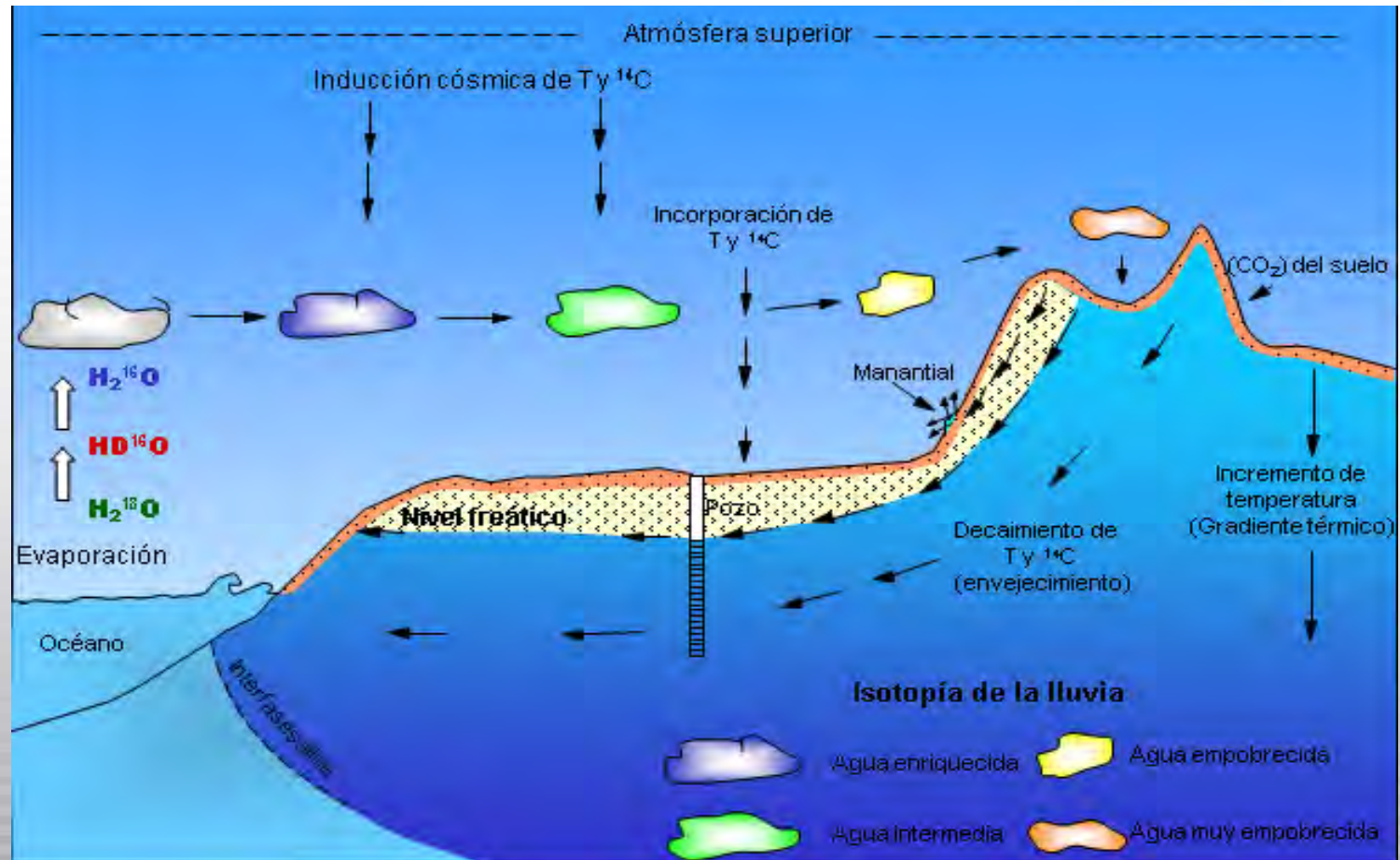
$H_2^{18}O$
2,000
partes por millón



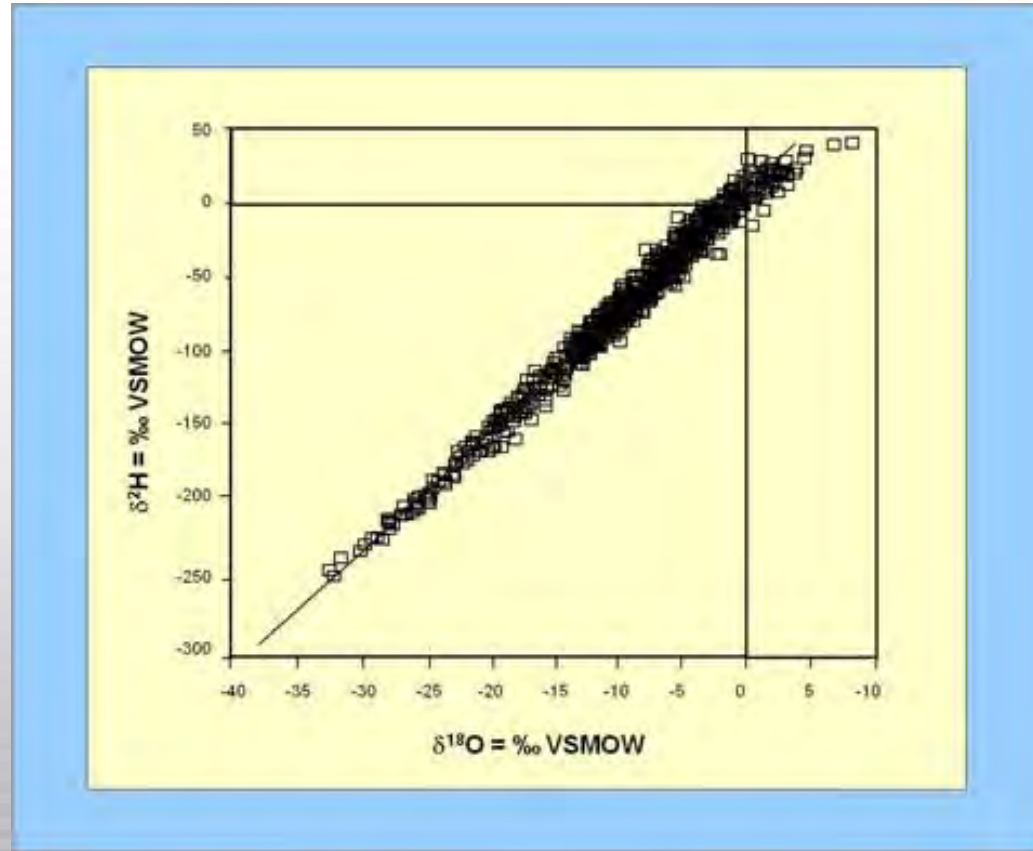
$HD^{16}O$
320
partes por millón



$HT^{16}O$
 5×10^{-13}
partes por millón



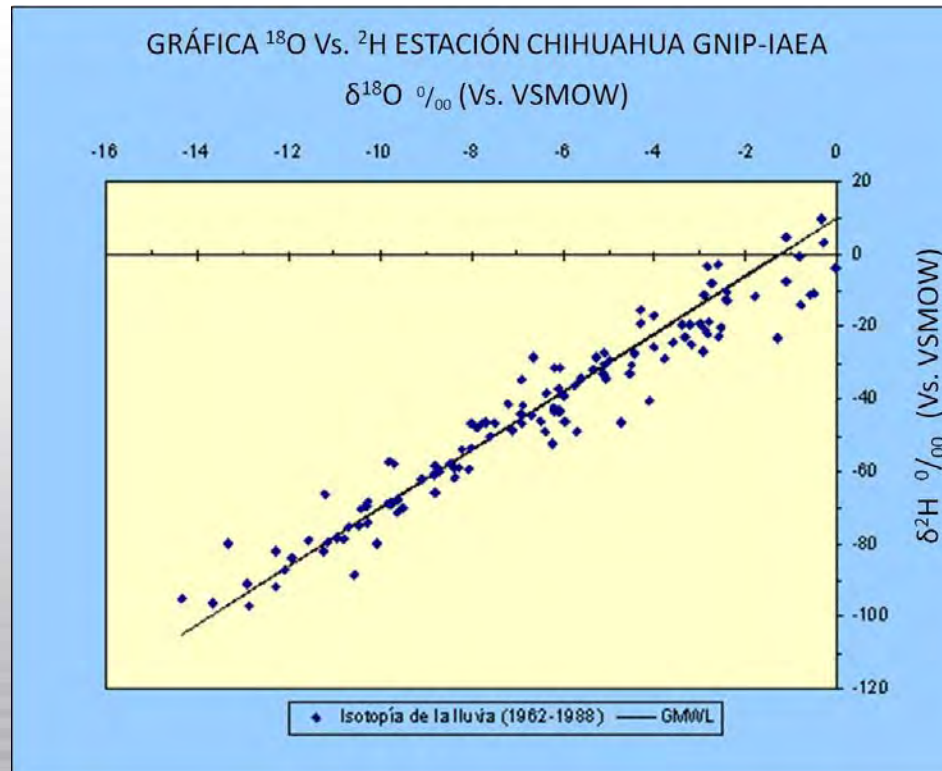
COMPOSICIONES DE ISÓTOPOS AMBIENTALES EN LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS EN EL CICLO HIDROLÓGICO



Distribución de la composición isotópica estable de las aguas meteóricas a nivel global. Los valores $\delta^2\text{H}$ y $\delta^{18}\text{O}$ se ajustan a una recta de pendiente ocho y ordenada al origen 10.



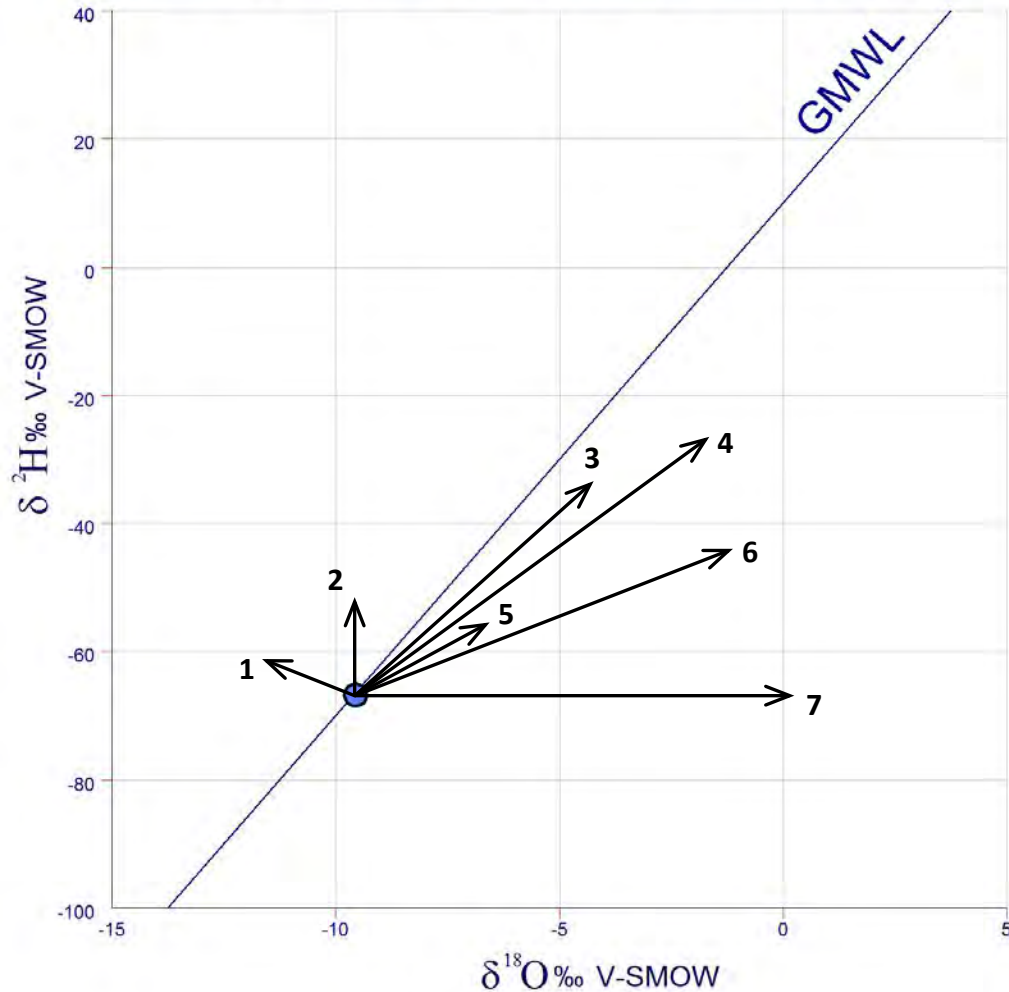
Datos históricos



Distribución de los contenidos mensuales de deuterio y oxígeno-18 del agua de lluvia de la estación Chihuahua correspondientes al período 1962-1988

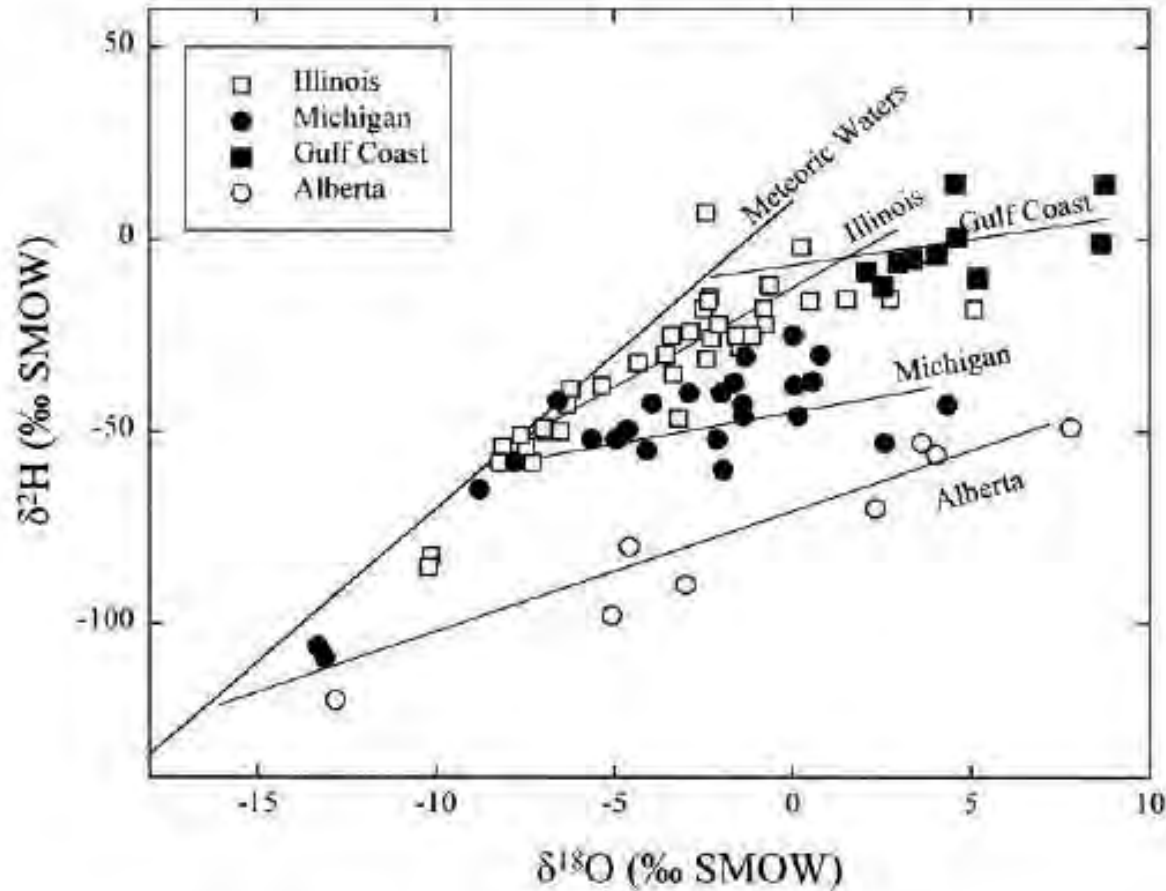


EVOLUCIÓN ISOTÓPICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA



Evolución isotópica del agua subterránea en cuencas sedimentarias:

1. Hidratación de silicatos
2. Intercambio con H_2S , H_2 e Hidrocarburos.
3. Reducción de SO_4 , oxidación de compuestos orgánicos e hidrógeno molecular.
4. Evaporación de agua dulce.
5. Filtración por membrana
6. Evaporación de la zona vadosa
7. Intercambio agua-roca a alta temperatura



Composición isotópica de aguas subterráneas con alto contenido de sales disueltas en cuencas sedimentarias (Clayton et al., 1966).



| Año | No. | Identificación | Temperatura de la Muestra (°C) | CE (µs/cm) | OD (mg/L) | δ18O (‰) | δD (‰) | PCM (%) | Tritio (UT) |
|------|-----|------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|-------------|-----------|------------|----------------|
| 2014 | 1 | Peñoles | 37.5 | 3760 | 0.07 | -7.5 | -58 | 1.6 | |
| | 2 | Puente la Torreña | 31.9 | 770 | 1.51 | -9.1 | -65 | | |
| | 3 | Dinamita 7 | 31.6 | 508 | 6.04 | -9.6 | -67 | | |
| | 4 | Bermejillo | 29.6 | 2780 | 5.72 | -8.0 | -58 | | |
| | 5 | Colorín | 27.7 | 705 | 3.18 | -9.6 | -67 | 56.1 | |
| | 6 | Rancho Blanco | 28.5 | 621 | 5.03 | -9.9 | -67 | | |
| | 7 | El Coronel | 24.0 | 555 | 6.41 | -10.1 | -69 | | |
| | 8 | Bioproductos | 24.9 | 906 | 2.73 | -8.0 | -61 | 53.3 | |
| | 9 | Resumidero | 28.2 | 2290 | 5.26 | -9.5 | -65 | | |
| | 10 | SIDEAAPAR 21 | 33.5 | 602 | 0.86 | -10.0 | -66 | 21.6 | |
| | 11 | Mina 1 (634 Guadalupe) | 31.2 | 3920 | 1.92 | -7.4 | -56 | | |
| | 12 | Mina 2 (Acceso 795) | 33.3 | 3960 | 2.58 | -7.3 | -56 | | |
| | 13 | Mina 3 (Acceso 725) | 36.0 | 3830 | 1.62 | -7.6 | -56 | 6.5 | |
| | 14 | Mina 4 (Porvenir 312) | 36.1 | 3930 | 3.59 | -7.2 | -56 | 11.1 | |
| | 15 | Descarga 400 | 34.7 | 3880 | 6.68 | -7.4 | -56 | | |
| | 16 | Vertical V2 | 32.3 | 3850 | 6.47 | -7.4 | -56 | | |
| | 17 | Gemelas V3 | 32.8 | 3870 | 5.28 | -7.4 | -56 | | |
| | 18 | Gemelas V4 | 30.7 | 3880 | 4.21 | -7.3 | -56 | | |
| | 19 | SIDEAPA 14 | 27.7 | 973 | 3.41 | -7.7 | -59 | | |
| | 20 | SIDEAPA 6 | 23.5 | 837 | 4.19 | -7.6 | -59 | | |
| | 21 | SIDEAPA 4 | 27.9 | 1002 | 3.20 | -7.6 | -59 | | |
| | 22 | AUSTIN BACIS | 33.0 | 542 | 2.80 | -9.8 | -67 | | |

MUESTREO AGUA DE LABOREO DE LA MINA LA PLATOSA 2014



| Año | No. | Identificación | Temperatura de la Muestra (°C) | CE (µs/cm) | OD (mg/L) | δ18O (‰) | δD (‰) | PCM (%) | Tritio (UT) |
|------|-----------|------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|-------------|-----------|------------|----------------|
| 2013 | 23 | San Fernando 4 | 25.9 | 684 | 0.40 | -6.9 | -58 | | |
| | 24 | San Fernando 6 | 22.6 | 393 | 0.28 | -5.9 | -53 | | |
| | 25 | El Hormiguero | 34.5 | 493 | 0.60 | -8.1 | -65 | | |
| | 26 | CAED No.2 (Jardín) | 23.6 | 787 | 1.04 | -6.7 | -54 | | |
| | 27 | Estadio | 24.8 | 878 | 2.02 | -7.9 | -62 | | |
| | 28 | SIDEAPA No.1 | 26.3 | 1052 | 2.54 | -7.6 | -60 | | |
| | 29 | SIDEAPA No.4 | 28.0 | 1052 | 2.82 | -7.7 | -60 | | |
| | 30 | SIDEAPA No.5 | 26.1 | 1063 | 2.37 | -7.7 | -61 | | |
| | 31 | SIDEAPA No.22 | 31.7 | 311 | 5.72 | -7.9 | -63 | | |
| | 32 | SIDEAPA No.23A | 27.7 | 1075 | 3.50 | -7.7 | -61 | | |
| | 33 | SIDEAPA No.36 | 25.2 | 809 | 6.29 | -7.8 | -61 | | |
| | 34 | SIDEAPA No.37 | 26.0 | 2120 | 6.87 | -7.0 | -59 | | |
| | 35 | SIMAS No.1 | 25.1 | 877 | 6.82 | -7.3 | -60 | | |
| | 36 | SIMAS No.16 | 24.1 | 782 | 8.20 | -7.4 | -61 | | |
| | 37 | SIMAS No.54 Reposición | 24.7 | 1103 | 2.24 | -8.0 | -63 | | |
| | 38 | SIMAS No.59 | 24.8 | 1064 | 2.42 | -7.9 | -64 | | |
| | 39 | SIMAS No.60 | 25.3 | 406 | 1.97 | -7.4 | -61 | | |
| | 40 | SIMAS No.64 | 29.0 | 383 | 1.44 | -7.4 | -62 | | |
| | 41 | SIMAS No.65 | 25.7 | 1078 | 4.08 | -7.7 | -63 | | |
| | 42 | SIMAS No.75 | 31.4 | 448 | 6.03 | -7.4 | -60 | | |
| | 43 | SIMAS No.78 | 28.5 | 350 | 1.80 | -7.4 | -61 | | |
| | 44 | Rancho Guadalupe | 36.1 | 3560 | 3.55 | -7.7 | -62 | | |
| | 45 | Rancho La Cupula | 33.0 | 376 | 2.43 | -8.2 | -65 | | |
| | 46 | Pozo Madero | 35.6 | 731 | 4.15 | -7.5 | -60 | | |
| | 47 | Tyson100 | 34.0 | 11861 | 0.09 | -8.2 | -61 | | |
| | 48 | Tyson130 | 34.6 | 11826 | 0.08 | -8.1 | -60 | | |
| 49 | Tyson160 | 35.1 | 11919 | 0.07 | -7.8 | -56 | | | |
| 50 | Tyson 190 | 35.4 | 12058 | 0.07 | -7.9 | -59 | | | |
| 51 | Tyson250 | | | | | -7.8 | -59 | | |
| 52 | Tyson300 | | | | | -7.8 | -59 | | |

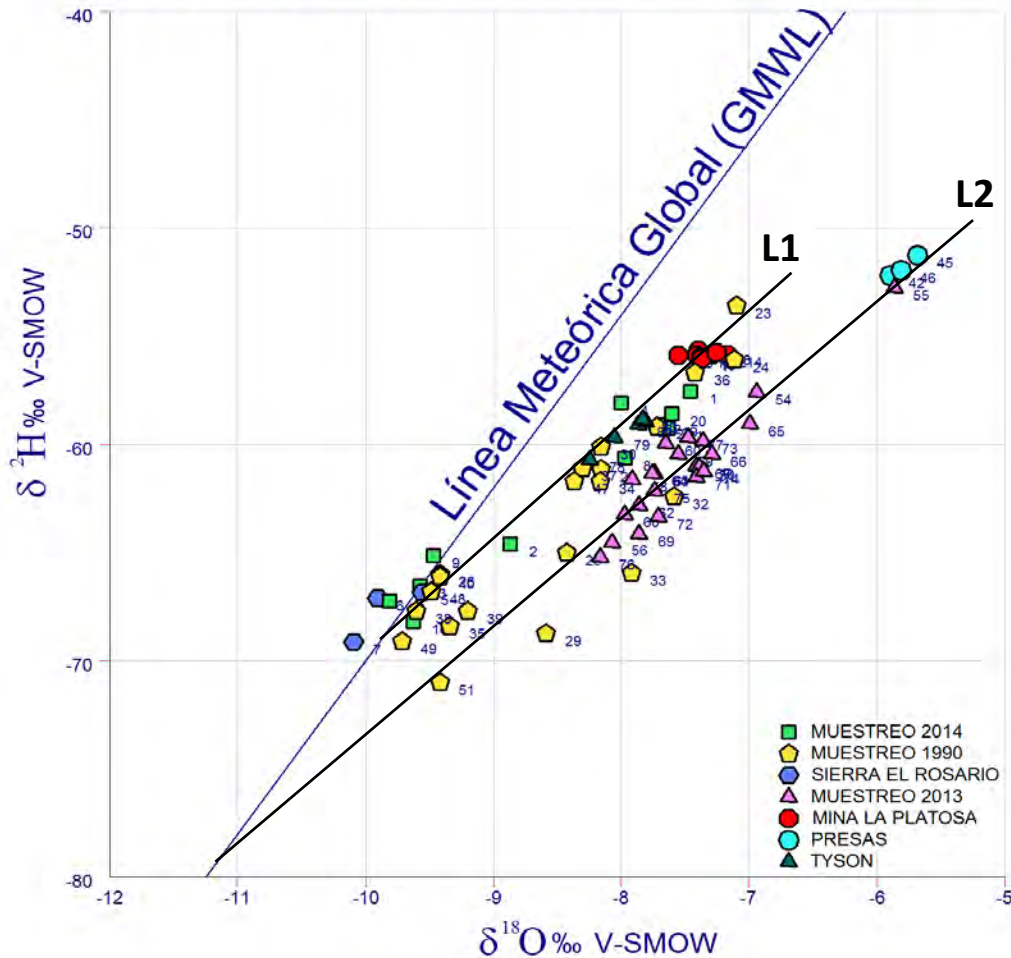
MUESTREO COMARCA LAGUNERA 2013



| Año | No. | Identificación | Temperatura de la Muestra (°C) | CE (µs/cm) | OD (mg/L) | δ18O (‰) | δD (‰) | PCM (‰) | Tritio (UT) |
|------|--------|----------------|--------------------------------|---------------|--------------|-------------|-----------|------------|----------------|
| 1990 | 53 | 2504 | 29.0 | 3960 | | -7.1 | -54 | | 0.3 |
| | 54 | 554 | 33.0 | 3730 | | -7.1 | -56 | 4.72 | |
| | 55 | 2912 | 25.0 | 1629 | | -8.4 | -65 | 86.92 | 1.0 |
| | 56 | 2075 | 33.3 | 1736 | | -9.4 | -66 | | 1.7 |
| | 57 | 158 | 32.0 | 753 | | -7.7 | -59 | | |
| | 58 | 268 | 29.0 | 370 | | -8.2 | -61 | | |
| | 59 | 2984 | 31.5 | 2960 | | -8.6 | -69 | 17.48 | |
| | 60 | 2910 | 29.0 | 1920 | | -8.2 | -60 | | |
| | 61 | 2087 | 30.6 | 392 | | -7.4 | -61 | 27.65 | |
| | 62 | 297 | 26.0 | 970 | | -7.6 | -62 | 67.11 | |
| | 63 | 2554 | 25.2 | 13500 | | -7.9 | -66 | 47.73 | |
| | 64 | 2479 | 30.5 | 488 | | -8.2 | -62 | | |
| | 65 | 3035 | 26.0 | 1972 | | -9.3 | -68 | | |
| | 66 | 2755 | 30.0 | 4930 | | -7.4 | -57 | | |
| | 67 | 1308 | 28.5 | 2930 | | -8.3 | -61 | | |
| | 68 | 2686 | 33.0 | 558 | | -9.6 | -68 | | 0.1 |
| | 69 | 1036 | 32.0 | 1149 | | -9.2 | -68 | | |
| | 70 | 116 | 29.0 | 2330 | | -9.4 | -66 | 21.74 | |
| | 71 | PLCRS | 26.0 | 201 | | -6.5 | -54 | | 6.4 |
| | 72 | PFZT | 26.0 | 235 | | -5.9 | -52 | | |
| | 73 | PLCC | 26.0 | 196.8 | | -6.3 | -51 | | 5.9 |
| | 74 | PLCT | 26.0 | 198.4 | | -6.2 | -51 | | |
| | 75 | PFZE | 26.0 | 246 | | -5.7 | -51 | | 5.3 |
| | 76 | PFZC | 26.0 | 236 | | -5.8 | -52 | | 6.0 |
| 77 | 2344 | 26.0 | 2210 | | -8.4 | -62 | 34.20 | 2.3 | |
| 78 | 2592 | 27.0 | 1430 | | -9.5 | -67 | | 1.9 | |
| 79 | 2596 | 28.0 | 727 | | -9.7 | -69 | | -0.4 | |
| 81 | 2605 | 25.0 | 3750 | | -9.5 | -68 | | | |
| 82 | 2787 | 27.0 | 1070 | | -9.4 | -71 | | | |
| 83 | 3776 | 34.1 | 56500 | | -1.0 | -33 | | | |
| 84 | 01BP01 | 28.2 | 55600 | | 0.3 | -37 | | 0.2 | |

ESTUDIO
HIDROGEOQUIMICO E
ISOTOPICO
DEL ACUIFERO
GRANULAR DE
LA COMARCA
LAGUNERA, 1990

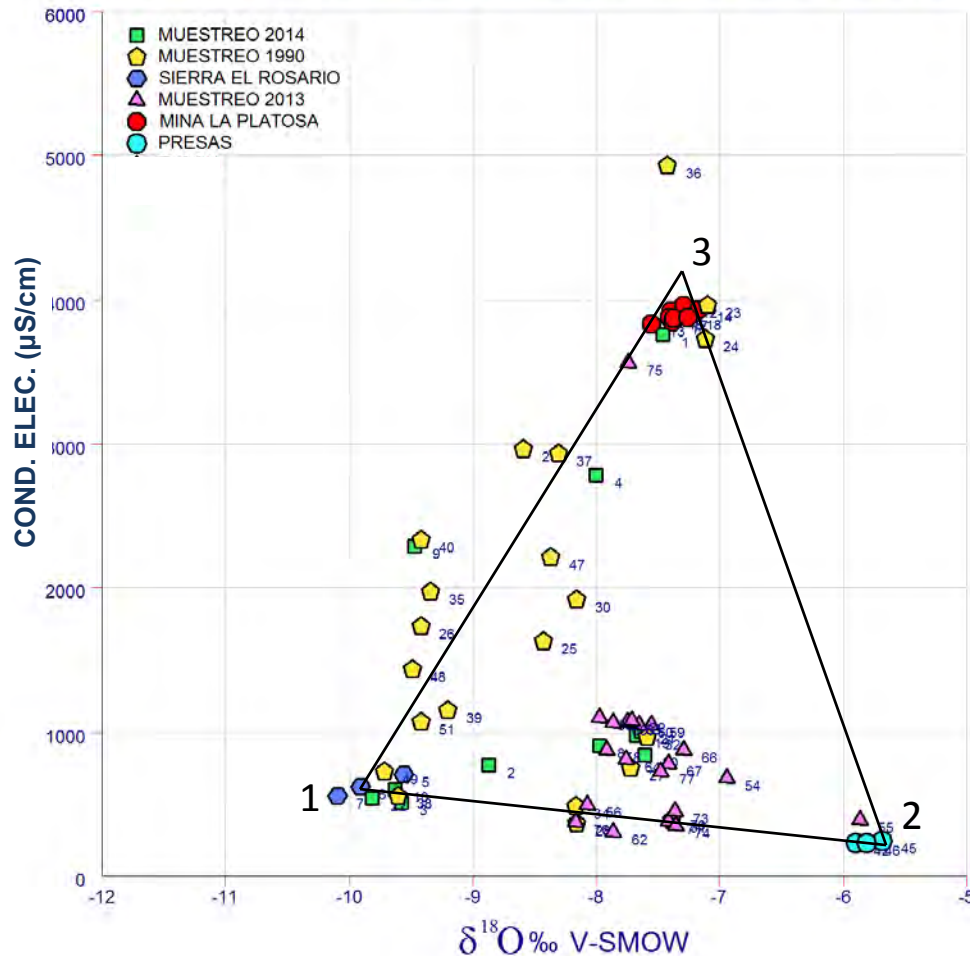
AGUA DE LABOREO DE LA MINA LA PLATOSA



En la zona existen dos tipos de evolución de la composición isotópica estable del agua subterránea: Una es característica de agua congénita en materiales detríticos (L1) y la otra es típica de una línea de evaporación (L2). Implica que las extracciones de la mina son mezclas que contienen componentes importantes provenientes del acuífero granular.



AGUA DE LABOREO DE LA MINA LA PLATOSA



Existen tres familias de agua con sólidos disueltos y composiciones isotópicas estables características: 1. Agua meteórica infiltrada en las estructuras calizas, 2. agua evaporada proveniente del río Nazas y 3. agua congénita de salmueras sedimentarias. Estas tres familias producen mezclas de agua de composiciones diferentes. El agua extraída en la mina es típica del tercer grupo, existente en materiales detríticos.



El cárcamo “Descarga 400” de la mina La Platosa presenta concentración elevada de NO_3 (100 mg/L). El resultado sugiere que la descarga podría contener una componente de agua proveniente de la zona de riego con agua de laboreo.

El pozo Peñoles presenta una composición de isótopos estables similar a la del agua de laboreo de la mina La Platosa, muy bajo contenido de carbono-14 (1.6 PCM) y nula concentración de NO_3 .





DESCARGAS DE LOS POZOS DE ACHIQUE DE LA MINA LA PLATOSA: GEMELO V3,
GEMELO V4 Y VERTICAL V2



El pozo del Rancho Resumidero, aledaño a la sierra de Mapimí, presenta contenido elevado de NO₃ (179 mg/L) debido a la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en el cultivo de forrajes.



El pozo de achique “Vertical V2” de la mina La Platosa (extrema derecha) no presenta evidencias de captar retornos de riego provenientes de la zona de aplicación del agua de laboreo, contiene 2.2 mg/L de NO₃.

El pozo Gemelos V3 (extrema derecha) contiene elevada concentración de NO₃ (141 mg/L), sugiriendo que capta componentes de la zona de riego con agua de laboreo. A diferencia, el pozo Gemelos V4 (parte media) contiene 2.2 mg/L de NO₃, lo cual indica que capta un estrato diferente al del pozo V3.





RESULTADOS

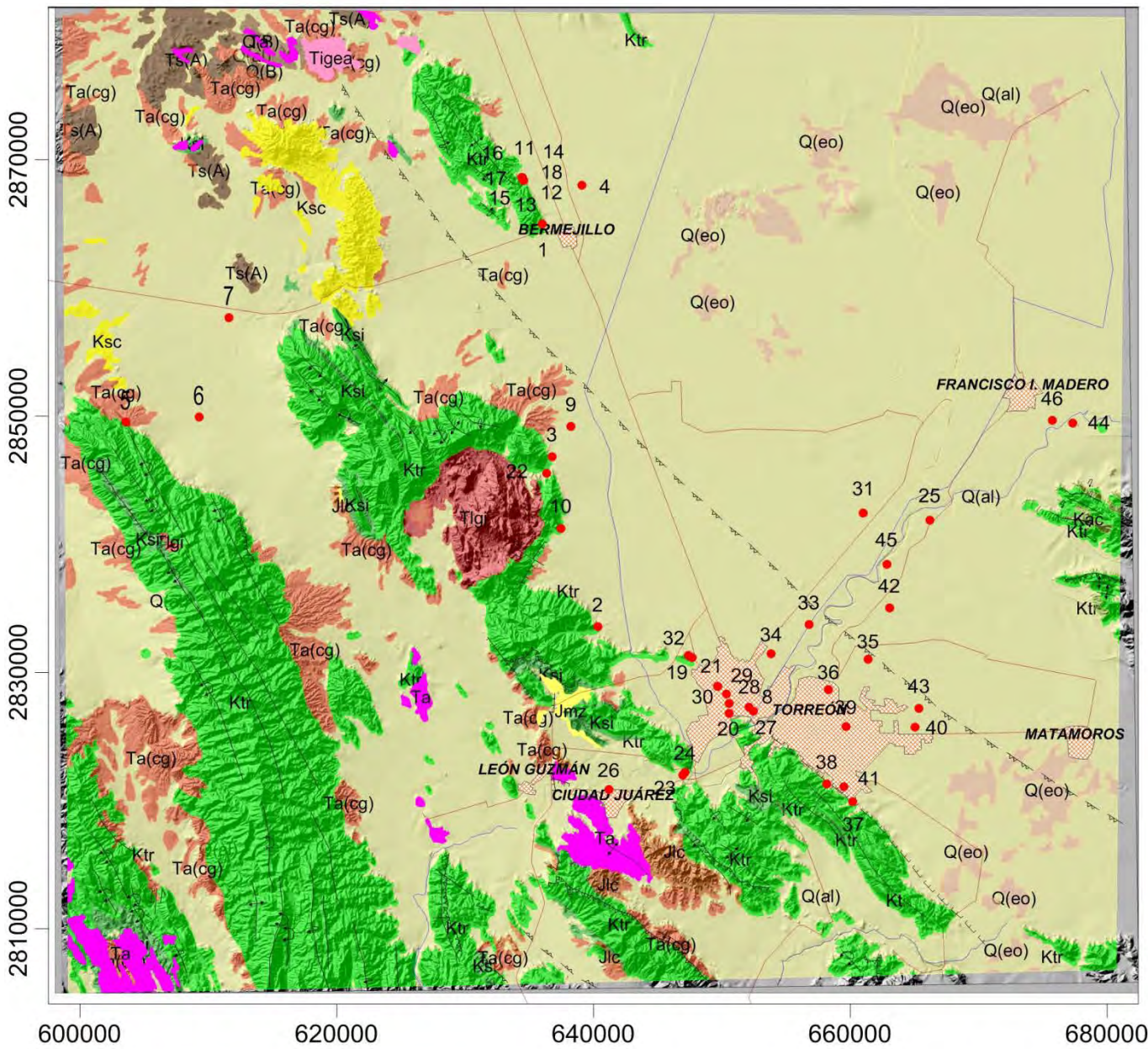
El agua de laboreo captada en el interior de la mina La Platosa, está constituida por una mezcla de dos componentes: Una proveniente de las estructuras calizas y otra predominante que proviene del acuífero granular.

Algunas captaciones de la mina La Platosa (Gemelos V3, Mina 1, Mina 4 y Descarga 400) presentan concentraciones de nitrato que sugieren la existencia de recirculación de agua de laboreo aplicada en riego.

El agua existente en el acuífero granular que alimenta al interior de la mina, presenta un sello característico de agua congénita cuya composición isotópica estable, ha evolucionado principalmente por la acción de reducción del SO_4 por bacterias.



5. Interpretación hidrogeoquímica e isotópica



SIMBOLOGÍA

- Localidades
- Carretera Pav.
- Ríos
- Falla Normal
- Falla Inversa o Cabalgadura
- Falla Inversa Inferida
- Falla Lateral
- Anticlinal
- Anticlinal Recumbente
- Anticlinal en rodilla
- Sinclinal

LITOLOGÍA

CUATERNARIO

- Aluvial
- Eólico
- Basalto

TERCIARIO

- Ígneo Extrusivo Ácido
- Ígneo Extrusivo Andesita
- Conglomerado
- Formación Ahuichila
- Terciario Ígneo Intrusivo

CRETÁCICO

- Formación Caracol
- Formación Indidura
- Formación Acatita
- Formación Taraises

JURÁSICO




- Formación La Casita
- Formación Nazas

SIMBOLOGÍA

-  Localidades
-  Carretera Pav.
-  Ríos
-  Pozos
-  Isovalores de CE $\mu\text{mhos/cm}$

LITOLOGÍA





CUATERNARIO

-  Q(al) Aluvial
-  Q(eo) Eólico
-  Q(B) Basalto



TERCIARIO

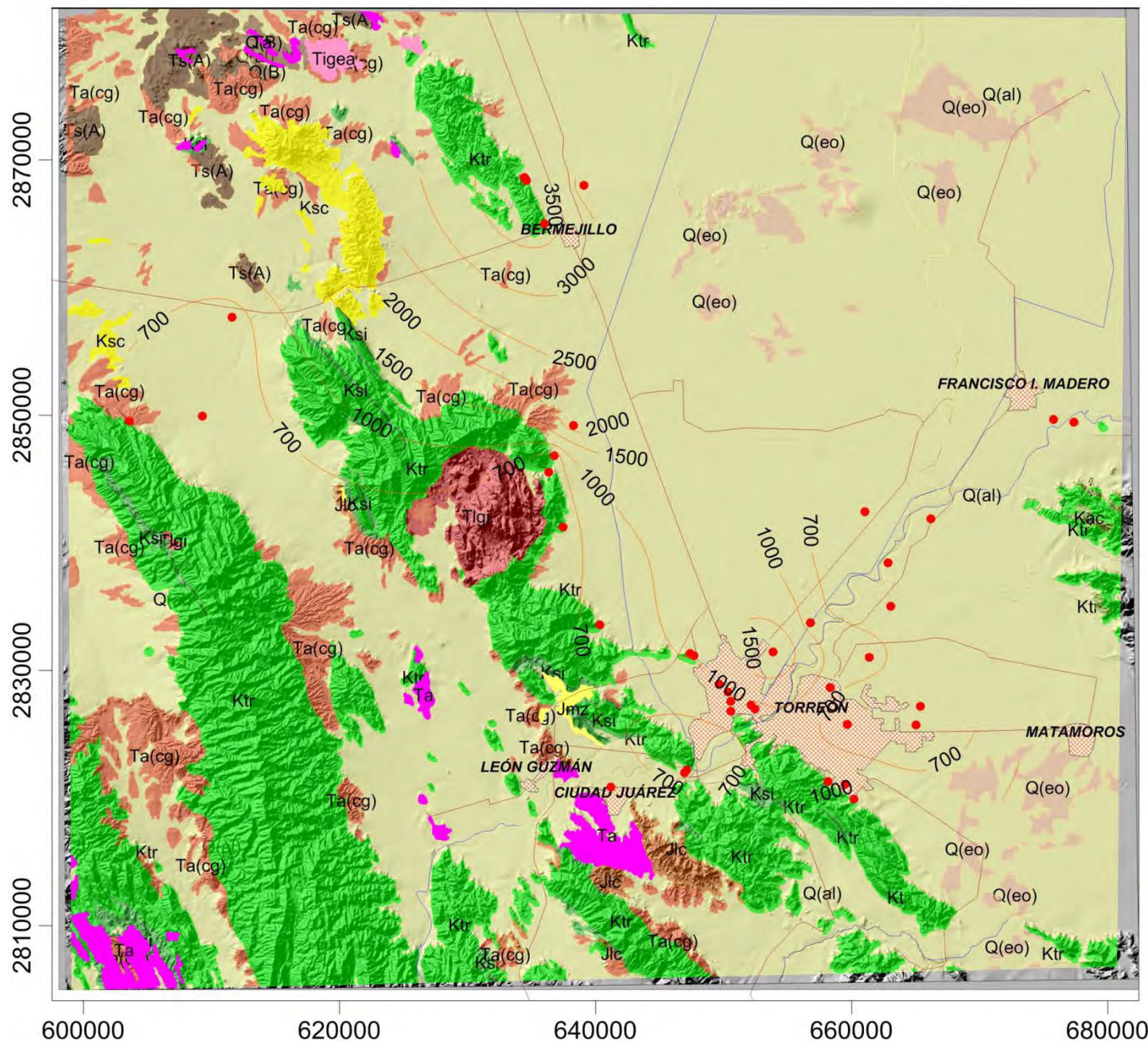
-  Tigea Ígneo Extrusivo Ácido
-  Ts(A) Ígneo Extrusivo Andesita
-  Ta(cg) Conglomerado
-  Ta Formación Ahuichila
-  TIgi Terciario Ígneo Intrusivo

CRETÁCICO

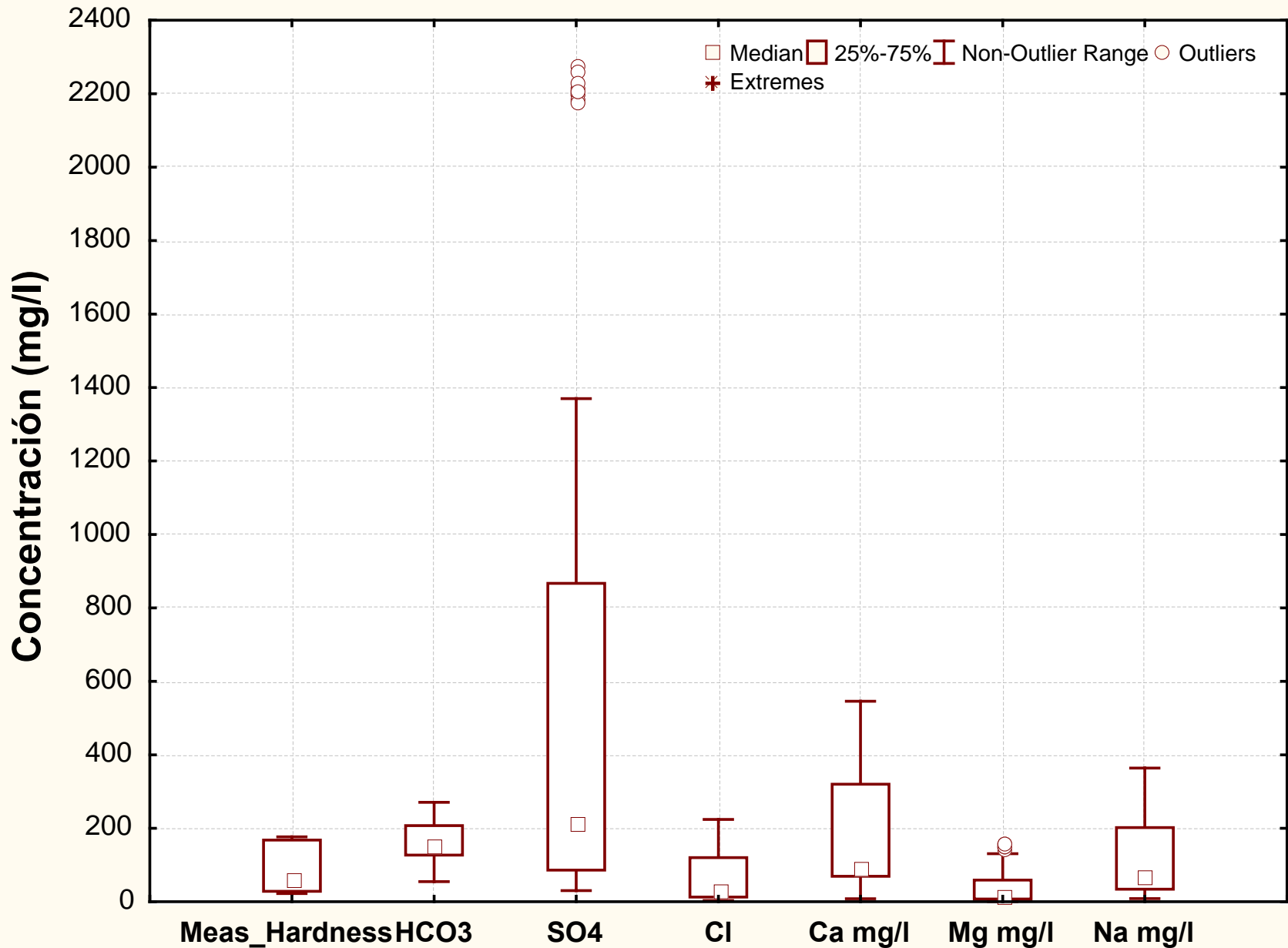
-  Ksc Formación Caracol
-  Ksi Formación Indidura
-  Kac Formación Acatita
-  Ktr Formación Taraises

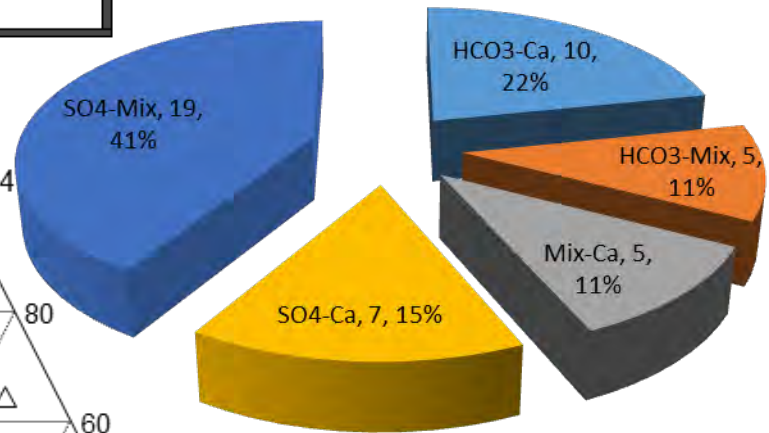
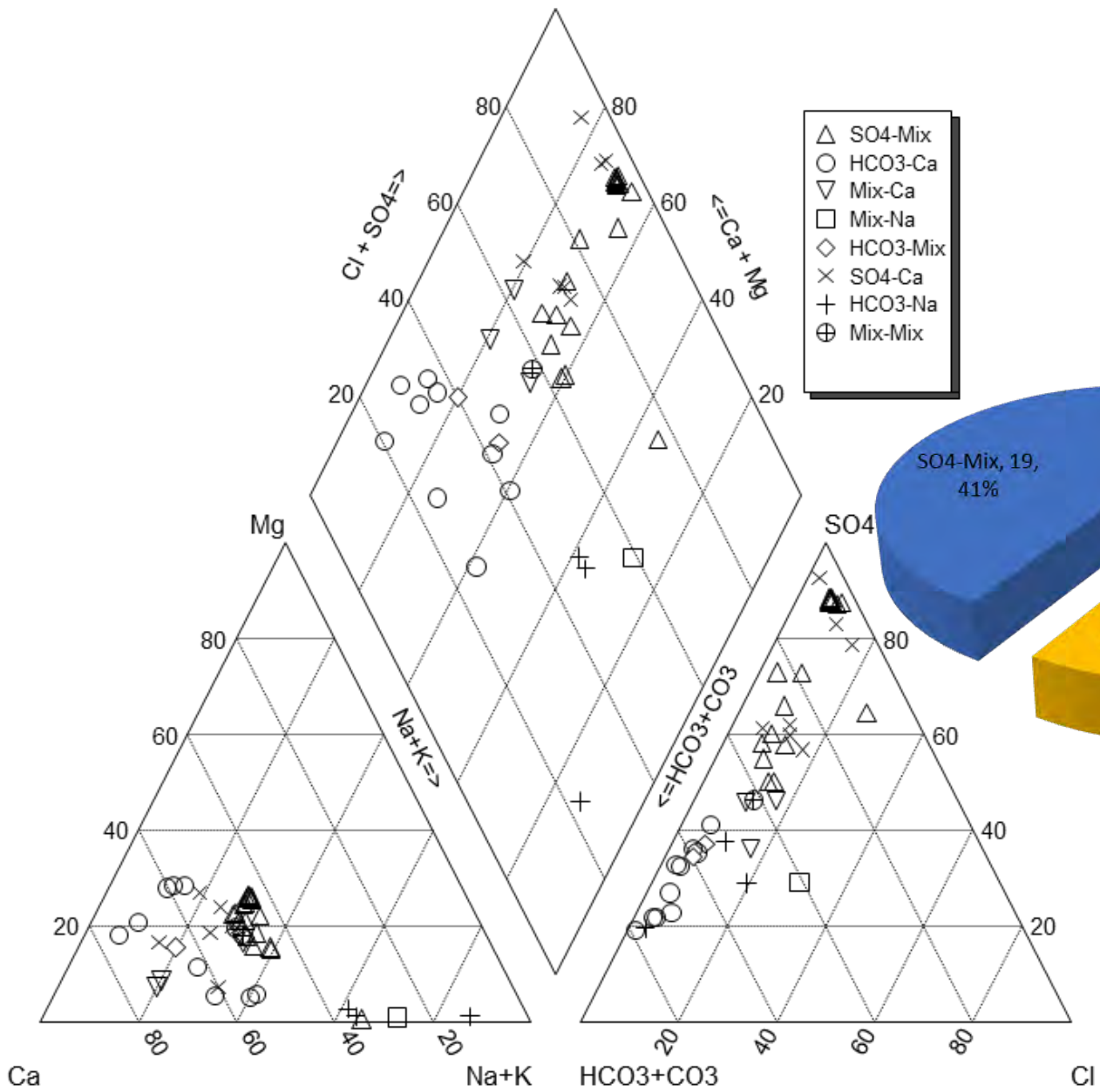
JURÁSICO

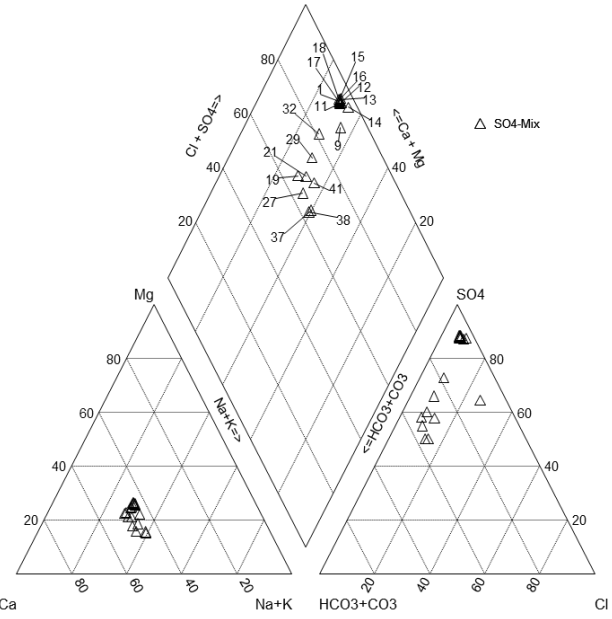
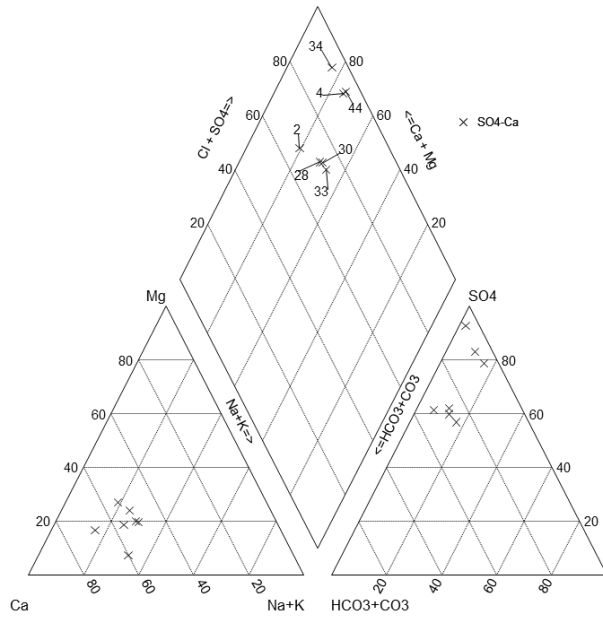
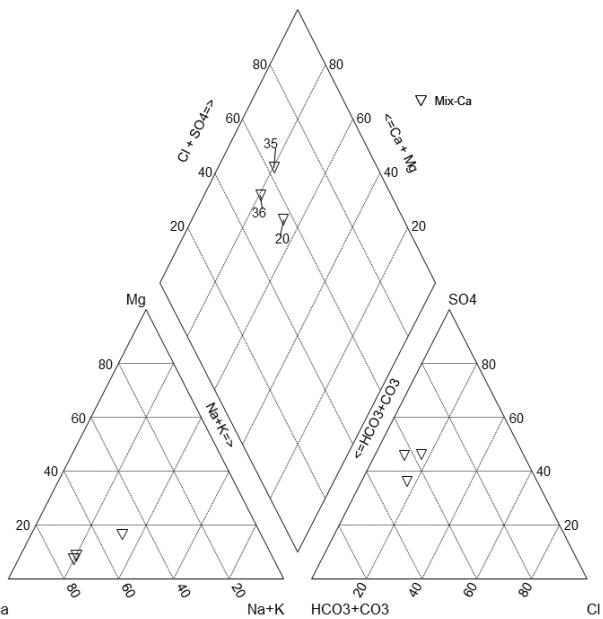
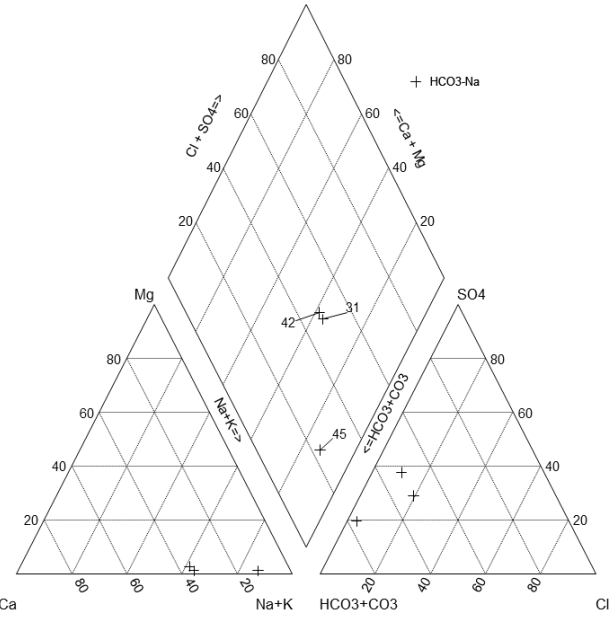
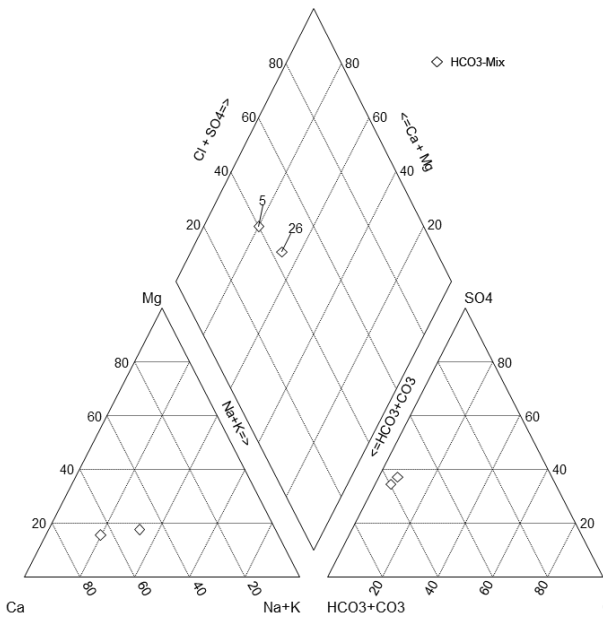
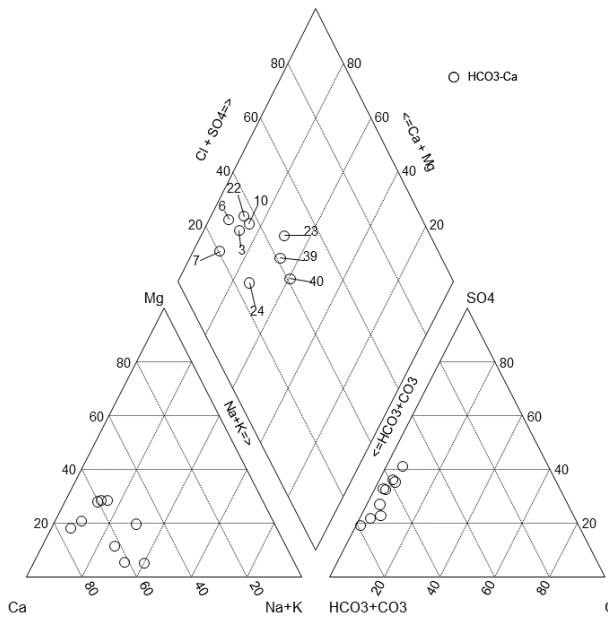
-  Jlc Formación La Casita
-  Jmz Formación Nazas



ESTADÍSTICA BÁSICA DE ELEMENTOS MAYORES







SIMBOLOGÍA

- Localidades
- Carretera Pav.
- Ríos
- Falla Normal
- Falla Inversa o Cabalgadura
- Falla Inversa Inferida
- Falla Lateral
- Anticinal
- Anticinal Recumbente
- Anticinal en rodilla
- Sinclinal

LITOLOGÍA

CUATERNARIO

- Q(al) Aluvial
- Q(eo) Eólico
- Q(B) Basalto

TERCIARIO

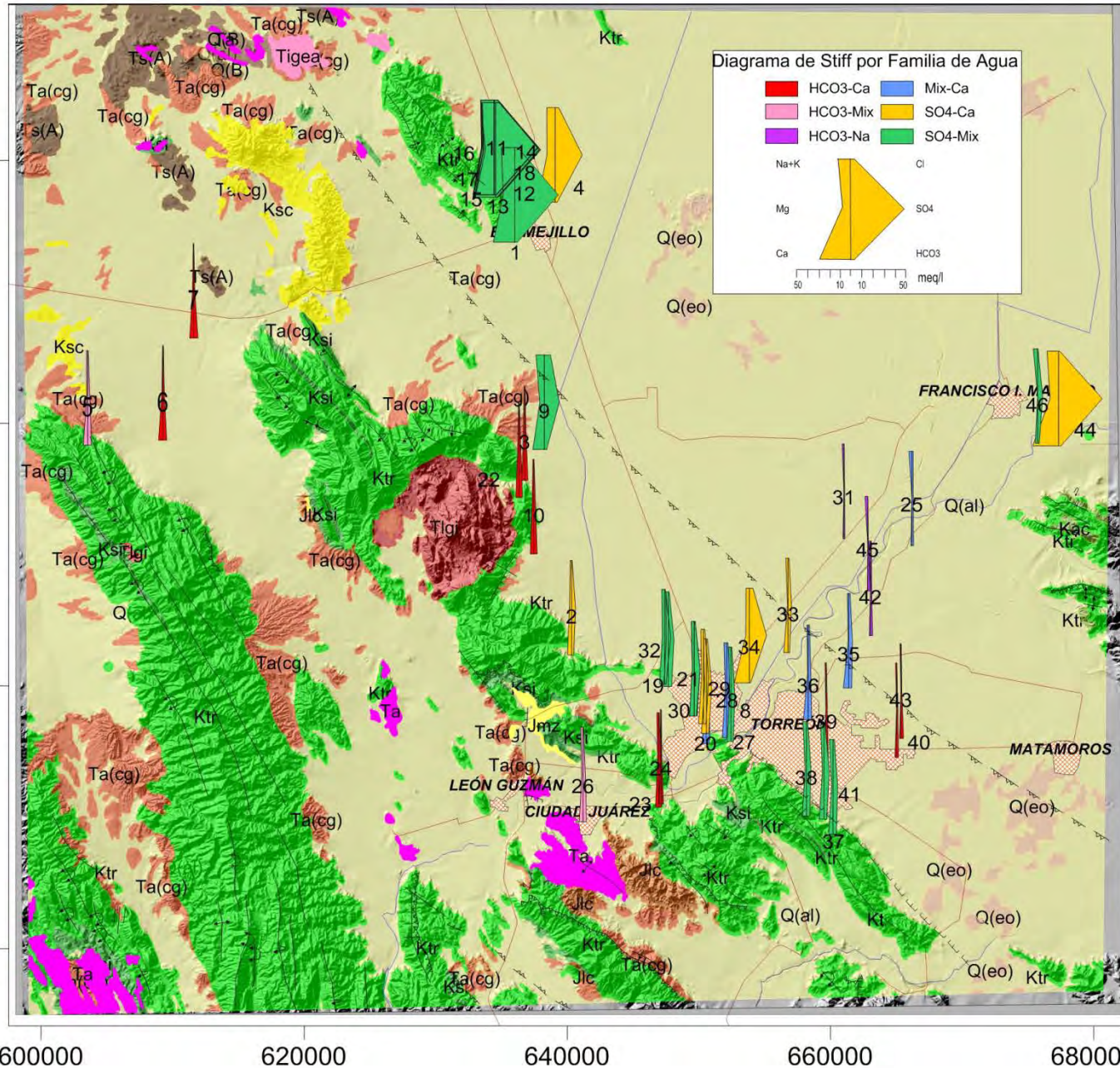
- Tigea Ígneo Extrusivo Ácido
- Ts(A) Ígneo Extrusivo Andesita
- Ta(cg) Conglomerado
- Ta Formación Ahuichila
- Tlgi Terciario Ígneo Intrusivo

CRETÁCICO

- Ksc Formación Caracol
- Ksi Formación Indidura
- Kac Formación Acatita
- Ktr Formación Taraises

JURÁSICO

- Jlc Formación La Casita
- Jmz Formación Nazas



2870000

2850000

2830000

2810000

600000

620000

640000

660000

680000

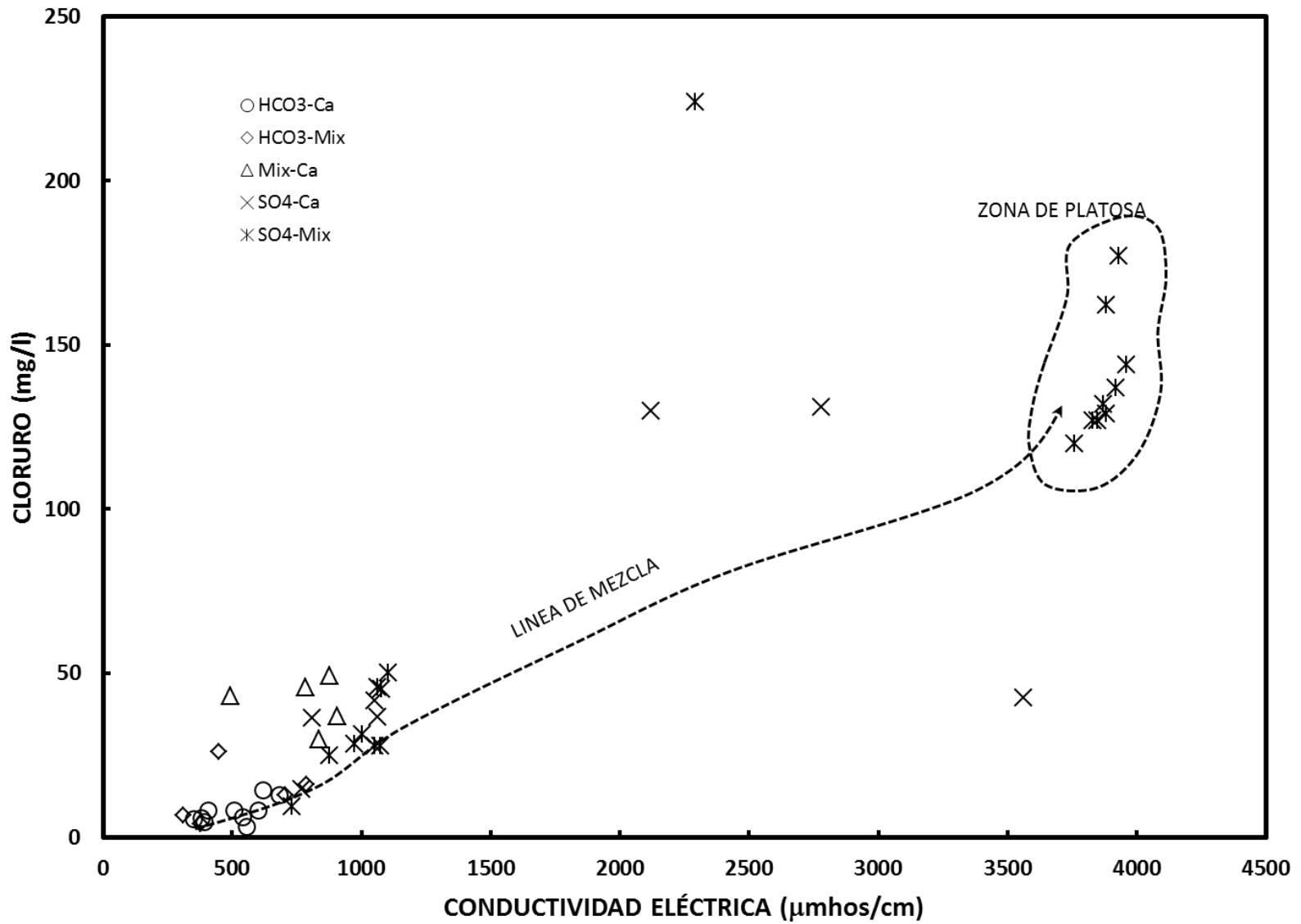
LEÓN GUZMÁN
CIUDAD JUÁREZ

TORREÓN






FRANCISCO I. MATA

MATAMOROS

MEJILLO



SIMBOLOGÍA

-  Localidades
-  Carretera Pav.
-  Ríos
-  Pozos
-  Sólidos Totales Disueltos mayor que límite permisible (1000 mg/l) según NOM-127-SSA1-1994
-  Sólidos Totales Disueltos menor que límite permisible (1000 mg/l) según NOM-127-SSA1-1994

LITOLOGÍA

CUATERNARIO

-  Q(al) Aluvial
-  Q(eo) Eólico
-  Q(B) Basalto



TERCIARIO

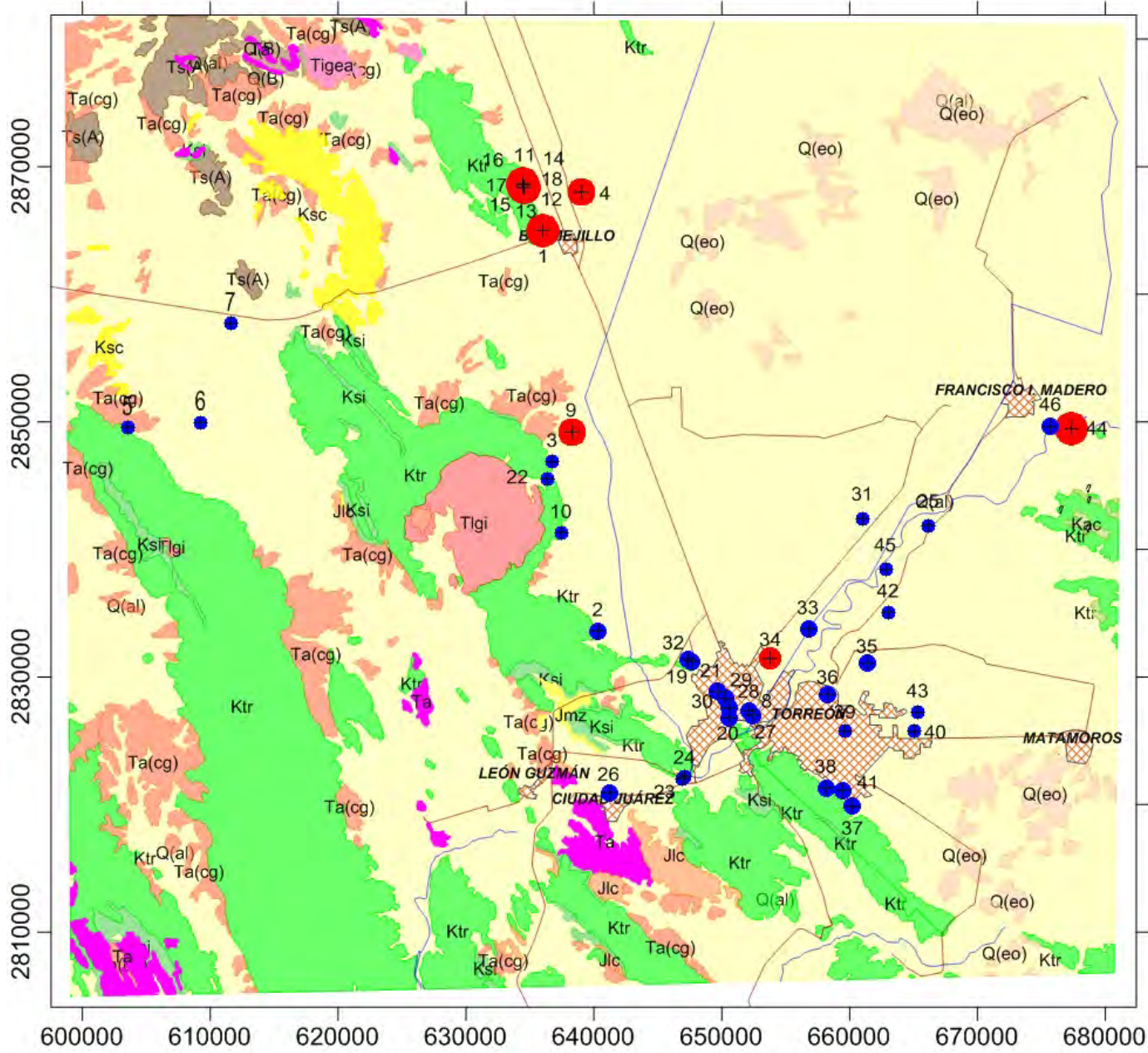
-  Tigea Ígneo Extrusivo Ácido
-  Ts(A) Ígneo Extrusivo Andesita
-  Ta(cg) Conglomerado
-  Ta Formación Ahuichila
-  Tlgi Terciario Ígneo Intrusivo

CRETÁCICO

-  Ksc Formación Caracol
-  Ksi Formación Indidura
-  Kac Formación Acatita
-  Ktr Formación Taraises

JURÁSICO

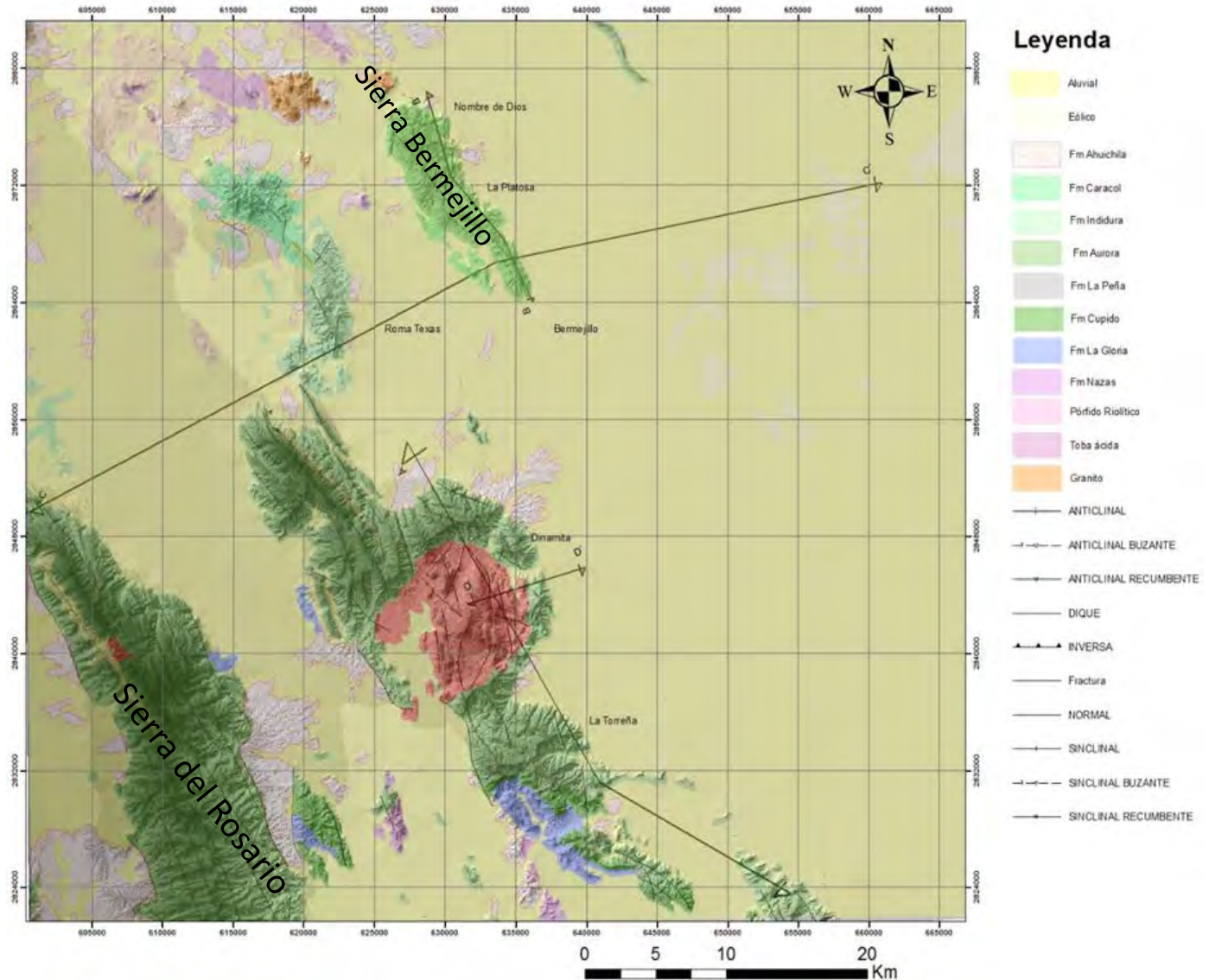
-  Jlc Formación La Casita
-  Jmz Formación Nazas



7. Modelo conceptual

7. Modelo conceptual

Secciones hidrogeológicas

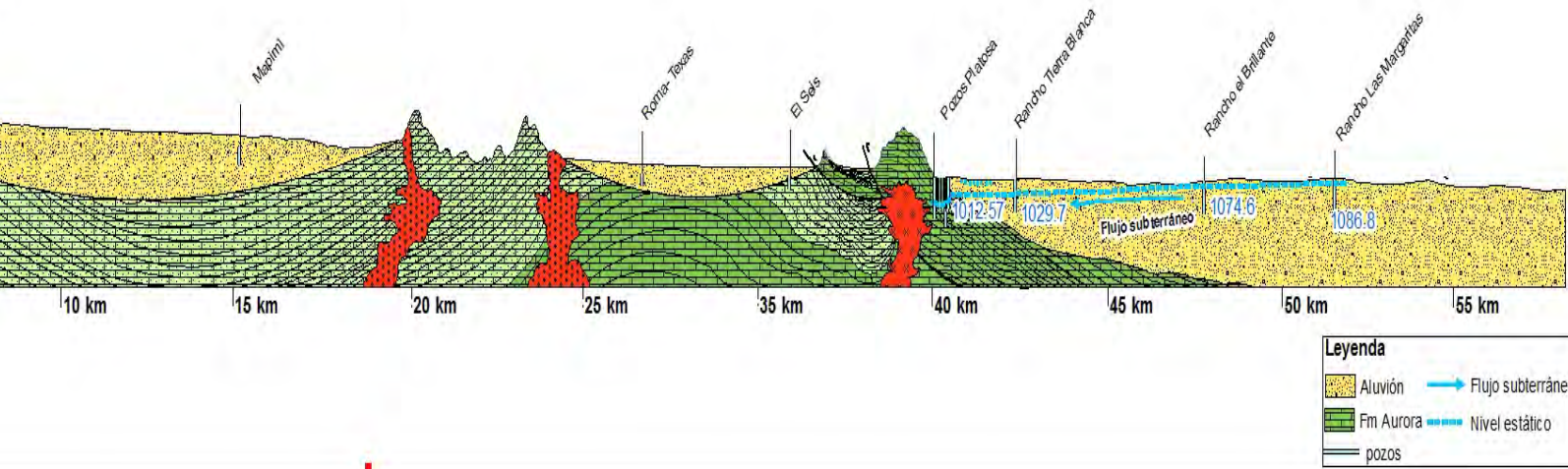


7. Modelo conceptual

Sección C-C'

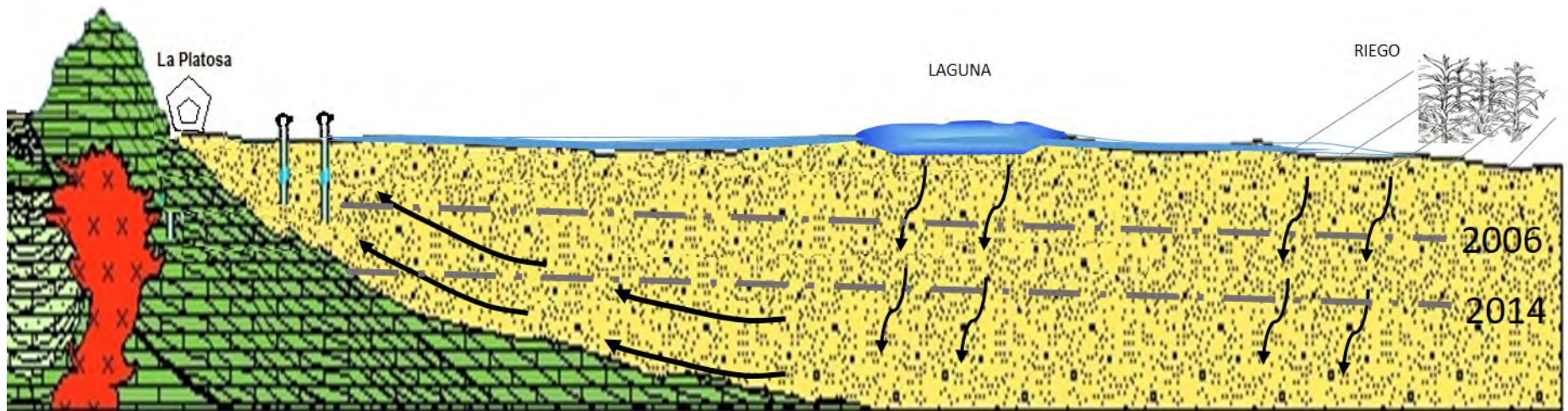
Acuífero Vicente Suárez

Acuífero Principal
 Comarca^{NE} Lagunera



7. Modelo conceptual

Sección C-C'





HIDROGEOQUÍMICA Y DATACIÓN

Edgar Yuri mendoza Cázares
edgar_mendoza@tlaloc.imta.mx

Carlos Gutiérrez Ojeda
cguetierr@tlaloc.imta.mx

COORDINACIÓN DE HIDROLOGIA

26 abril 2018