



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**LICENCIATURA EN GEOCIENCIAS
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES**

UNIDAD MORELIA

**ESTRATIGRAFÍA DE LA REGIÓN
EL CEDAZO, AGUASCALIENTES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN GEOCIENCIAS

P R E S E N T A :

LUZ MARÍA CERDA MOLINA

**TUTOR DE TESIS: Dra. Isabel Israde Alcantará
CO-TUTOR DE TESIS: Dr. Gabriel Vázquez Castro**

MORELIA, MICHOACÁN

OCTUBRE, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA
SECRETARÍA GENERAL
SERVICIOS ESCOLARES

MTRA. IVONNE RAMÍREZ WENCE
DIRECTORA
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la **sesión ordinaria 03** del **H. Consejo Técnico** de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia celebrada el día **02 de abril del 2019**, acordó poner a su consideración el siguiente jurado para la presentación del Trabajo Profesional del alumno (a) **Luz María Cerda Molina** de la Licenciatura en **Geociencias**, con número de cuenta **413091875**, con la tesis titulada: "Estratigrafía de la región El Cedazo, Aguascalientes", bajo la dirección como **tutora** de la Dra. Isabel Israde Alcántara y como **co-tutor** del Dr. Gabriel Vázquez Castro.

El jurado queda integrado de la siguiente manera:

Presidente:	Dra. María del Sol Hernández Bernal
Vocal:	Mtro. Neftalí Razo Pérez
Secretario:	Dr. Gabriel Vázquez Castro
Suplente 1:	Mtro. Felipe García Tenorio
Suplente 2:	Lic. Irma Fabiola Mendiola López

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Morelia, Michoacán, a, 23 de octubre del 2019.


DR. VÍCTOR HUGO ANAYA MUÑOZ
SECRETARIO GENERAL

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la UNAM, ENES Morelia por haberme abierto las puertas y ser mi segundo hogar por más de cuatro años.

Al Instituto de Geofísica Unidad Morelia por habernos acogido a la primera generación de Geociencias y brindado su apoyo.

A mi asesora la Dra. Isabel Israde por apoyarme en cada parte de mi tesis, por su paciencia, confianza y comprensión.

A mi co-asesor el Dr. Gabriel Vázquez por su dirección y compromiso en cada punto de mi tesis, también por su comprensión y apoyo. Infinitas gracias.

A la Universidad de San Nicolás de Hidalgo por abrirme sus puertas, al Laboratorio de Difracción de Rayos X por facilitarme el espacio para el análisis de mis muestras.

A los siguientes laboratorios del Instituto de Geofísica Unidad Morelia, Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales y Laboratorio de Petrografía, por brindarme su apoyo incondicional, tolerancia y confianza para realizar los análisis necesarios de cada muestra. Al Laboratorio de Estudios Paleoambientales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Morelia, por facilitarme el espacio para trabajar y analizar los sedimentos para susceptibilidad magnética. Gracias al Dr. Miguel Cervantes por facilitarme el equipo de susceptibilidad.

Al honorable comité de sinodales el Mtro. Felipe García Tenorio, Mtra. Irma Fabiola Mendiola López y el Mtro. Neftalí Razo Pérez, que fueron lectores y críticos fundamentales de la investigación. Por su tiempo y disposición muchas gracias

A Miguel Vázquez Sánchez por la ayuda y el aporte de su conocimiento que nos brindó durante los días que estuvimos en Aguascalientes.

A los encargados del Parque El Cedazo, que nos abrieron las puertas para poder obtener muestras del lugar.

A mis profesores de la carrera que me nutrieron con su enseñanza, su apoyo, comprensión y tolerancia: Sol, Neftalí, Ernesto, Manuel, Miguel, Verónica, Alicia, Diana, Gabriel, Ángel, Aida, Rafael, Luis Antonio, Víctor Hugo, Víctor Manuel, Isabel, Mario, Colosi, Gerardo, Luis Miguel, a todos ellos muchas gracias por brindarme un poco de sus conocimientos.

A mi maestra y amiga Samira Torres, que me apoyo, me aconsejo y me dio motivos para seguir adelante en la vida y en la carrera. Muchas gracias Sam,

A la Dra. María del Sol, la mamá Geo, que me apoyo en cada problema durante toda la carrera, por sus consejos, su confianza, tolerancia y cariño. Gracias por no dejarme caer cuando más dudas tenía, por recordarme lo que valgo y que la vida sigue, que, aunque haya muchos problemas, siempre habrá un motivo para seguir adelante, Muchas gracias Sol.

Al Mtro. Neftalí, por siempre brindarnos un poco de tiempo, por escucharnos, guiarnos y aconsejarnos. Por ser más que un maestro, ser un amigo en quien poder confiar.

A mis compañeros de carrera: Eva, Dani, Vane, Homero, Alfonso, Jorge, Luis, Roberto, Anyelo, Liz y Erick, por cada aventura vivida, por su apoyo, su tolerancia, muchas gracias.

A mi mejor amigo José Guadalupe, que estuvo conmigo en cada momento bueno y malo, por su apoyo, sus consejos y su cariño.

A mis mejores amigos de la vida Patricia y Pedro, por su cariño, confianza, paciencia y apoyo en todo mi proceso de tesis. Gracias por no dejarme caer cuando más lo necesitaba. Son una parte importante de mi vida.

A mi persona favorita Ángel Yamil, que me ha apoyado cada día, por su amistad incondicional, sus consejos y cariño.

A mi amiga Rebeca Reveles, por su apoyo en el laboratorio, por los consejos y confianza que me ha brindado en este poco tiempo que llevamos conociéndonos.

A mi amigo José Javier, que hizo mi estadía en el Laboratorio de Petrografía más amena, por seguir estando presente en mi vida, aconsejándome y apoyándome.

A toda mi familia que me ha brindado todo su apoyo, su cariño y su confianza. Gracias a ustedes he llegado hasta donde estoy, siempre los llevo en mi corazón, son lo mejor que me ha dado la vida. En especial a mi tía Raquel y a mi tío Antonio, que me ayudaron moral y económicamente, para no dejar la carrera ni mi tesis, gracias por todo lo que siguen haciendo por mí.

DEDICATORIA



A mi madre

Esther Molina Vargas, gracias por ser mi madre, tú que siempre te has esforzado por darme lo mejor. Por tus cuidados, tus regaños, tus consejos, por todo ese amor incondicional que me has brindado. Gracias a ti estoy donde estoy, eres mi mayor inspiración para ser mejor persona cada día.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
1 Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos	2
<i>1.2.1</i> <i>Objetivo general</i>	2
<i>1.2.2</i> <i>Objetivos particulares</i>	2
1.3 Antecedentes	3
<i>1.3.1</i> <i>Estratigrafía de México</i>	3
<i>1.3.2</i> <i>Estudios previos en Aguascalientes</i>	4
2 Generalidades	6
2.1 Localización.....	6
2.2 Fisiografía	7
2.3 Geomorfología	9
2.4 Geología Regional	10
2.5 Clima, vegetación y suelo	14
2.6 Hidrología	15
3 Metodología	17
3.1 Reconocimiento de campo.....	17
3.2 Estratigrafía y colecta de muestras	19
3.3 Descripción sedimentológica.....	19
3.4 Granulometría	20
3.5 Petrografía.....	21
3.6 Difracción de Rayos X.....	22

3.7	Susceptibilidad magnética	22
4	Resultados	24
4.1	Estratigrafía.....	24
4.1.1	<i>Descripción estratigráfica</i>	24
4.2	Fechaamiento ¹⁴ C	28
4.3	Granulometría	29
4.4	Características texturales	36
4.5	Difracción de Rayos X.....	40
4.6	Petrografía.....	41
4.7	Susceptibilidad magnética	44
5	Discusión y análisis de resultados	46
5.1	Interpretación de edades	46
5.2	Interpretación mineralógica y magnética.....	49
5.3	Correlación estratigráfica.....	51
5.4	Interpretación paleoambiental y paleoclimático	59
6	Conclusiones	61
7	Literatura citada	64
8	Anexos	70
8.1	Datos digitales.....	70
8.2	Grafica granulométrica	73
8.3	Tablas de datos base para granulometría	74
8.4	Características texturales	75
8.5	Difractogramas.....	77
8.6	Descripción petrográfica.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa de localización de la zona de estudio el cual muestra las vías de acceso principal, así como el Modelo Digital de Elevación (MDE). Los tonos verdes indican una menor elevación y los rojos mayor elevación.

Figura 2.2 Mapa fisiográfico donde se muestra la zona de estudio, la cual se encuentra dentro de la Mesa Central (MC).

Figura 2.3 Mapa geomorfológico de la región.

Figura 2.4 Mapa geológico de Aguascalientes, el cual muestra el tipo de roca (Fuente: Carta Geológica Minera Aguascalientes F13-9, SGM, escala: 1:250000, 1998)

Figura 2.5 Gráfica que muestra la precipitación en mm (eje Y), la temperatura en °C (eje Y derecho) y los meses del año (eje X) obtenida de INEGI (2016).

Figura 2.6 Mapa hidrológico, muestra los principales afluentes de la zona de estudio.

Figura 3.1 Mapa hipsométrico del sector oriente de la ciudad de Aguascalientes, con los puntos de muestreo de las columnas estratigráficas.

Figura 4.1 Columnas estratigráficas de la región (la M indican el número de muestra de cada columna, el símbolo de hueso indica donde se encontraron fósiles).

Figura 4.2. Gráficas de granulometría para la columna El Oso Hormiguero, donde se registra el porcentaje de partículas analizadas (la M indica el número de muestra de cada estrato).

Figura 4.3. Gráficas de granulometría para la columna El Puente Amarillo, donde se observa el porcentaje de partículas analizadas (el símbolo de hueso, indica donde se localizaron los restos fosilíferos, la M indica el número de muestra).

Figura 4.4. Gráfica de las características texturales de la columna El Oso Hormiguero (la M indica el número de muestra)

Figura 4.5. Gráfica de las características texturales de la columna El Puente Amarillo (la M indica el número de muestra y el símbolo de hueso indica donde se encontraron los restos de fósiles).

Figura 4.6. Unidades litológicas, en donde se indica el número de muestra (M) de las muestras analizadas de cada columna.

Figura 4.7. Susceptibilidad magnética (k) observada en la columna El Puente Amarillo, indicando las tres zonas representativas, los valores fueron graficados en el sistema internacional (SI) (la M indica el número de muestra y el símbolo de hueso, donde se encontraron los restos fósiles).

Figura 5.1. Columna El Rostro, en la cual se indica el fechamiento y el nombre de los fósiles encontrados por Mooser y Dalquest.

Figura 5.2. Correlación entre la litología de la cuenca, susceptibilidad y granulometría de la columna El Puente Amarillo. Se puede observar los intervalos de alto acarreo de materiales y su correlación con materiales del tamaño de gravas.

Figura 5.3. Reconstrucción hipotética de la posible extensión lateral del cauce principal para la edad de 3895 BP, así como su planicie de inundación. A) Extensión para la zona norte, columnas El Caracol y Oso Hormiguero B) Extensión para la zona sur, columnas Puente Amarillo y El Rostro.

Figura 5.4. Correlación estratigráfica de los sitios analizados de la región El Cedazo y su relación con el tiempo (ubicación de los fósiles encontrados).

Figura 5.5. Sección geológica de las columnas Oso Hormiguero y El Caracol.

Figura 5.6. Sección geológica de las columnas Puente Amarillo y El Rostro.

Figura 5.7. Comparación de la columna descrita por Montellano y las columnas descritas en El Cedazo.

Figura 5.8. Mapa en donde se indican los estudios paleoclimaticos realizados en el centro-norte del país.

Figura 8.1. Columna Oso Hormiguero.

Figura 8.2. Columna El Caracol.

Figura 8.3. Columna El Puente Amarillo.

Figura 8.4 Grafica granulométrica de los porcentajes individuales de cada muestra.

Figura 8.5. Difracción de rayos X de la muestra 3 Puente Amarillo.

Figura 8.6. Difracción de rayos X de la muestra 4 Oso Hormiguero.

Figura 8.7. Pequeños cristales de plagioclasa.

Figura 8.8. Cristal de olivino de la M1 Puente Amarillo

Figura 8.9. Pequeños cristales de plagioclasa y olivino de la M5 Oso Hormiguero.

Figura 9.1. Fragmento de olivino y plagioclasa

Figura 9.2. Cristales de plagioclasa, cuarzo y olivino

Figura 9.3. Cristales de plagioclasa.

Figura 9.4. Cristal de plagioclasa.

Figura 9.5. Pequeños fragmentos de plagioclasa de la M3 El Rostro

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.2. Fechamiento de radiocarbono obtenida de los sedimentos de la columna El Rostro.

Tabla 4.3. Tablas de resultados estadísticos para las columnas Oso Hormiguero y Puente Amarillo (Folk and Ward)

Tabla 4.5. Resultados de los análisis de Difracción de rayos X

Tabla 8.3. Datos base para las muestras de la columna Oso Hormiguero

Tabla 8.4. Datos base para las muestras de la columna Puente Amarillo

Tabla 8.5. Características texturales de la columna El Puente Amarillo

Tabla 8.6. Características texturales de la columna El Oso Hormiguero

Estratigrafía de la región El Cedazo, Aguascalientes

RESUMEN

La columna estratigráfica de la porción sur de El Cedazo es desconocida debido a la falta de estudios sedimentológicos en esta zona de Aguascalientes. Los antecedentes de la región el Cedazo, se enfocan al estudio paleontológico ya que en esta zona se han encontrado numerosos restos de la fauna del Pleistoceno, como es el caso de équidos descritos con anterioridad por Mooser y Dalquest, 1975. Para este estudio se ha propuesto describir la estratigrafía, granulometría, petrografía, susceptibilidad magnética y difracción de rayos X, con el objetivo de hacer una interpretación de facies con base en indicadores geoquímicos, paleontológicos, geológicos y geofísicos de materiales de la región.

El sitio se encuentra ubicado en la provincia fisiográfica de la Mesa Central, al este de la ciudad de Aguascalientes. Los sedimentos objeto del presente estudio se formaron a partir de depósitos aluviales, de los cuales se obtuvieron cuatro columnas estratigráficas, dos de ellas correspondientes a la zona de la Presa El Cedazo, mientras que las otras dos se obtuvieron cerca del Arroyo Pargas y Paso Hondo. La columna está formada en su parte basal por materiales tobáceos, seguidos por conglomerados que son cubiertos por depósitos aluviales, que son coronados por una serie de depósitos vulcanosedimentarios. Esta secuencia viene cubierta por suelos poco desarrollados.

En el análisis de radiocarbono realizado en la base de la columna de mayor longitud se obtuvo una edad de 500 años cal AP, lo que indica que la secuencia corresponde completamente al Holoceno tardío. Del análisis de fósiles observados en la parte media de la secuencia, se pudo encontrar que corresponden con edades más antiguas que el fechamiento, por lo que se infiere

que son retrabajados y no pueden ser utilizados para mejorar el modelo de edades de la secuencia.

Con base en los estudios geológicos y de susceptibilidad magnética se pudieron correlacionar las columnas, además de permitir una caracterización que nos ayudó a observar las variaciones que ha sufrido el ambiente sedimentario en extensión lateral para edades cercanas a los 6000 años etapa conocida como transición entre climas secos y húmedos a nivel regional en la República Mexicana. El presente estudio brinda información que puede ser utilizada para estudios paleoambientales donde se cubra la transición entre el Holoceno medio y tardío para afinar los patrones de vientos propuestos para la región en dicha temporalidad.

Stratigraphy of the El Cedazo region, Aguascalientes.

ABSTRACT

The development of a stratigraphic column in the southern portion of the El Cedazo region is a subject that has been little studied due to the lack of sedimentological records in the Aguascalientes area. The background of the Cedazo region is focused on the paleontological study since in this area numerous remains of the Pleistocene fauna have been found, such is the case of equidae previously described by Mooser and Dalquest, 1975. For this study has been proposed studies of stratigraphy, granulometry, petrography, magnetic susceptibility and X-ray diffraction, with the aim of making an interpretation of facies based on geochemical, paleontological, geological and geophysical indicators of materials from the region.

The site is located in the physiographic province of the Mesa Central, east of the Aguascalientes city. The sediments object of the present study were formed from alluvial deposits, from which four stratigraphic columns were obtained, two of them corresponding to the area El Cedazo, while the other two were obtained near the Arroyo Pargas and Paso Hondo. This sequence is covered in its basal part by tuff materials, followed by conglomerates that are covered by alluvial deposits, which are crowned by a series of vulcanosedimentary deposits. underdeveloped soils

Based on a radiocarbon analysis performed at the base of the longest column, an age of 5800 years BP was obtained, which indicates that the sequence corresponds completely to the late Holocene. From the analysis of fossils observed in the middle part of the sequence, it could

be found that they corresponded with ages older than the date, so it is inferred that they are reworked and can not be used to improve the age model of the sequence

Based on the geological and magnetic susceptibility studies, the columns could be correlated, in addition to allowing a characterization that helped us to observe the variations that the sedimentary environment has undergone in lateral extension for ages close to 6,000 years, known as the transition between dry and more humid climates at the regional level in the Mexican Republic. The present study provide information that can be used for paleoenvironmental studies related to the transition between the middle and the late Holocene to know the wind patterns in the region in for the analyzed temporality.

1 Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La estratigrafía es la rama de las geociencias que describe a las unidades litológicas presentes en una región, mostrando sus relaciones cronológicas, así como su contenido faunístico. Dentro de la estratigrafía, una de las principales cuestiones a analizar es entender el contexto de la evolución paleoambiental y cambio climático a lo largo de las eras. Los procesos de erosión y formación de sedimentos están directamente relacionados con las características geológicas de las cuencas. Es conocido que a lo largo del Holoceno en México se desarrollaron procesos fluviales y aluviales. La interpretación paleoambiental permitirá correlacionar con otros sectores el comportamiento de los sistemas de circulación para este periodo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo es describir detalladamente la estratigrafía y procesos paleoambientales de la zona fluvio aluvial de El Cedazo y determinar la edad aproximada de formación y correlacionarla con los fósiles encontrados.

1.2.2 Objetivos particulares

- Realizar un estudio estratigráfico de la región El Cedazo.
- Correlacionar las columnas obtenidas con los estudios previos de la región.
- Efectuar estudios de granulometría, petrografía y difracción de rayos X, al fin de obtener las características sedimentológicas y mineralógicas, de la porción sur de El Cedazo, Aguascalientes.
- Reafirmar y contribuir a la geología de la región considerando los resultados mineralógicos obtenidos.
- Fechar la formación de la secuencia fluvial y realizar una reconstrucción paleoambiental de la zona.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Estratigrafía de México

En México existen diversos estudios enfocados a la estratigrafía, desde un punto territorial, se encuentra la descripción litológica de los terrenos tecnoestratigráficos, que abarca desde el Precámbrico hasta el Cenozoico (Campa y Coney, 1983), así como la descripción geológica de México (Ramos, 1993).

Hay estudios que describen bioestratigráficamente la distribución de foraminíferos en calizas (Longoria, 1977), ammonites y bivalvos (Blau et al., 2008), ammonites en limolitas calcáreas de la Formación Santiago (Olóriz et al., 2008). Desde un punto de vista paleoambiental está el estudio realizado en la Barranca Rancho Viejo cerca de Tzintzuntzan y norte de Pátzcuaro en Michoacán (Robles et al., 2010).

Particularmente en el Cenozoico existe una gran variedad de estudios, algunos enfocados a depósitos de caída de algunos volcanes, así como depósitos sedimentarios arrastrados por la actividad fluvial de pocos miles de años como la estratigrafía fluvial de la planicie de inundación en Guanajuato (Miranda, 2009). Otros estudios tienen una cierta relación con la zona de estudio de El Cedazo, por algunas similitudes con los fósiles encontrados, como los huesos de caballo del Pleistoceno hallados en depósitos sedimentarios en San Luis Potosí (Alberdi et al., 2014), fósiles de *Mammuthus columbi* y *Equus*, encontrados en el Cedral, SLP (Pérez et al., 2009).

1.3.2 Estudios previos en Aguascalientes

Desde el punto estratigráfico del Cuaternario existen pocos trabajos en esta región. Algunos se enfocan más al estudio paleontológico, ya que en esta zona se han encontrado numerosos restos de fauna Pleistocénica. Entre los trabajos existentes se destacan los équidos referentes a la fauna el Cedazo descritos por Mooser y Dalquest en 1975.

Estudios subsiguientes se centraron en la rectificación de la edad y fauna propuestos anteriormente por Mooser y Dalquest (Montellano, 1992), la descripción de algunos reptiles, como fósiles de tortugas (Mooser, 1980), así como la nomenclatura de las especies (Montellano, 1994) y la morfología de los molares para determinar la especie de los équidos (Barrón et al., 2008).

Desde un enfoque estratigráfico, se encuentra la estratigrafía y la geología estructural del Cerro El Cabrito-La Tomatina al NE-SE de la ciudad de Aguascalientes (Aranda-Gómez, 1989) y el reconocimiento geológico sobre factibilidad de fallas en el municipio El Llano (Sotelo, 2010).

Fisiográficamente existen publicaciones del estado de Aguascalientes, como la descripción geológica y estructural de la Mesa Central (Nieto et al., 1997), su evolución estratigráfica y tectónica (Nieto et al., 2005). Existen estudios relacionados con la Sierra Madre Occidental como la descripción volcánica y tectónica de la misma (Ferrari et al., 2005). Mientras que de la Faja Volcánica Transmexicana se realizó una descripción geológica descrita en sectores (Ferrari, 2000).

Otros estudios de carácter regional describen la geología a grandes rasgos, los aspectos geográficos y sociológicos de la ciudad (INEGI, 2016). Así como un estudio de la hidrología, clima, estratigrafía y fisiografía (INEGI 1993).

La literatura relaciona con la estratigrafía de la zona de Aguascalientes es muy escasa, por tal motivo, este trabajo se centra en el estudio estratigráfico de la zona el Cedazo, para contribuir con su geología.

2 Generalidades

2.1 Localización

El área de estudio está ubicada entre las coordenadas $21^{\circ}50' - 21^{\circ}52' \text{ N}$ y $102^{\circ}16' - 102^{\circ}18' \text{ W}$ y abarca una superficie aproximada de 20 km^2 . La ciudad de Aguascalientes tiene una altitud de 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm) y se encuentra al sur de la ciudad de Zacatecas. La vía de acceso principal es por la autopista No. 70 Encarnación de Díaz-Aguascalientes, seguido de Av. Aguascalientes sur y finalmente Paseo Ojocaliente. (Fig. 2.1)

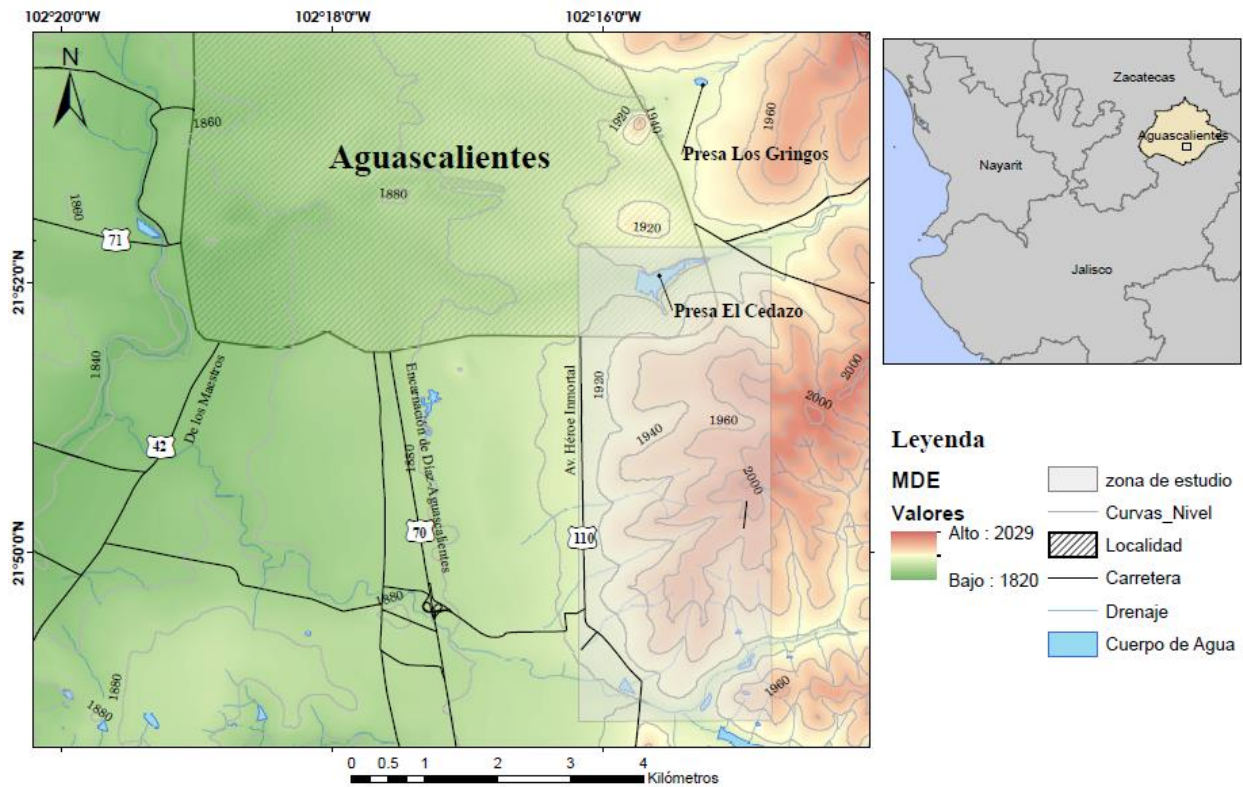


Figura 2.1. Mapa de localización de la zona de estudio el cual muestra las vías de acceso principal, así como el Modelo Digital de Elevación (MDE). Los tonos verdes indican una menor elevación y los rojos mayor elevación.

2.2 Fisiografía

La región de El Cedazo se encuentra en la porción SE de la provincia fisiográfica Mesa central (MC), subprovincia Llanos de Ojuelos. Las provincias circundantes a la MC se encuentran al Este a 12 km aproximadamente la Sierra Madre Occidental (SMO) y a 8 km en la porción Sur se encuentra la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Fig. 2.2)

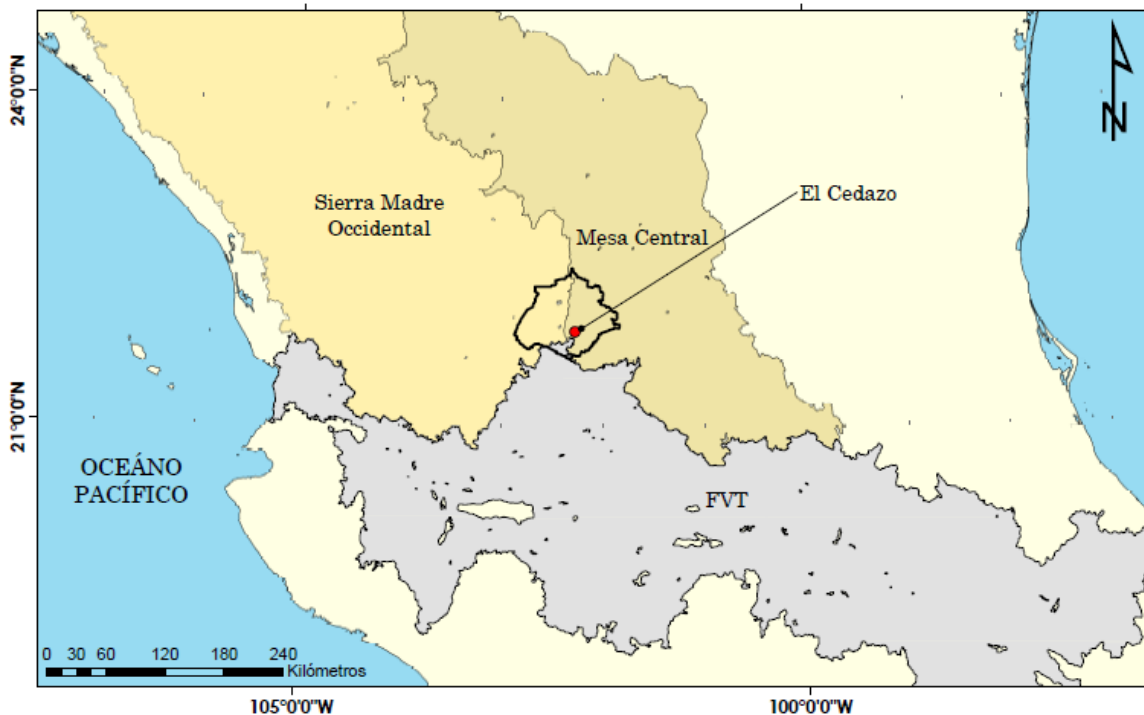


Figura 2.2 Mapa fisiográfico donde se muestra la zona de estudio, la cual se encuentra dentro de la Mesa Central (MC).

La Mesa Central es una provincia fisiográfica caracterizada por ser una región elevada que internamente puede subdividirse en dos regiones. La región sur tiene cotas que se encuentran por encima de los 2,000 msnm, con excepción del valle de Aguascalientes, mientras que la

región norte, es de mayor extensión, mostrando un estado de erosión más avanzado que la región sur, esta presenta cotas por debajo de los 2,000 msnm.

Las rocas que caracterizan a la Mesa Central son de edad Triásico Superior, que consiste principalmente de secuencias potentes de areniscas y lutita, y muestran características que las identifican como secuencias turbidíticas. Otro conjunto de rocas es de edad Jurásico Temprano-Medio, constituida de rocas continentales, conglomerado y arenisca con rocas volcánicas intercaladas.

La Sierra Madre Occidental, se encuentra al Occidente de México, caracterizada por un altiplano con una elevación promedio de más de 2,000 m y aproximadamente 1,200 km de largo por 200-400 km de ancho. Las rocas que caracterizan a la SMO, originadas en un arco magmático son, rocas plutónicas y volcánicas del Cretácico superior-Paleoceno, rocas volcánicas andesíticas, en menor medida, dacítico-riolíticas del Eoceno, ignimbritas silíceas emplazadas en dos pulsos principales en el Oligoceno temprano y el Mioceno temprano (Ferrari et al., 2005).

La Faja Volcánica Transmexicana constituye uno de los arcos volcánicos más importantes de México, esto debido a su actual actividad volcánica, cubre un área de 158,515.98 km², con una orientación EW.

Esta se suele dividir en tres sectores: occidental, central y oriental. En el sector occidental, la geología comprende estratovolcanes y complejos de domos dacítico-riolíticos como por centros monogenéticos basálticos. El sector central está formado por centros monogenéticos y pequeños volcanes escudo de composición basáltica o basáltico-andesítica. Mientras que en el oriental los estratovolcanes, calderas y complejos de domos son de composición andesítica a riolítica (Ferrari, 2000).

2.3 Geomorfología

La geomorfología de Aguascalientes se destaca por una gran llanura que va de N-S, formando el Valle de Aguascalientes (Fig. 2.3), esto en la parte central del estado, mientras que en las partes laterales sobresalen mesetas, lomeríos y montañas con una altitud máxima de 2700 msnm.

Al W el estado se encuentra el cerro El Picacho con 2400 msnm, el cerro El Cabrito y el cerro La Peña Blanca, los cuales en conjunto forman el cerro Del Muerto (INEGI, 1981). Al E del estado se destaca por sus valles intermontanos, los cuales a su vez forman los principales arroyos de la región.

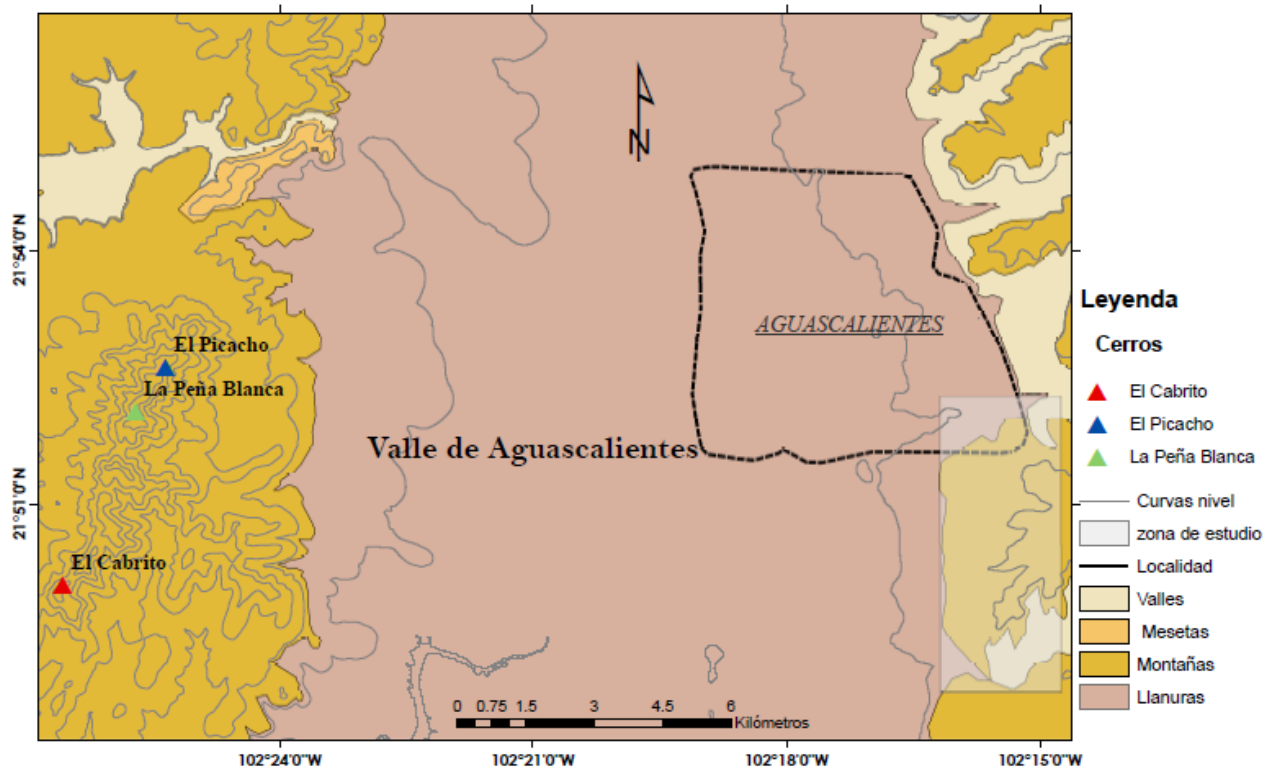


Figura 2.3 Mapa geomorfológico de la región.

2.4 Geología Regional

Las unidades de rocas que afloran en Aguascalientes comprenden del Mesozoico al Cenozoico, son rocas principalmente sedimentarias e ígneas extrusivas y en menor proporción metamórficas e ígneas intrusivas (Figura 2.4).

Unidad del Triásico

Rocas más antiguas, están representadas por un esquisto originado por metamorfismo regional, que afectaron a rocas areniscas, limolitas y lutitas. Que subyacen en forma discordante a rocas ácidas y areniscas-conglomerados del Neógeno (INEGI, 1993).

Unidad del Jurásico

Esta unidad conocida como “complejo basal”, aflora en la porción nororiental del estado, se caracteriza por sedimentos calcáreos con metamorfosis a facies de esquito verde (Aranda, 1989), originándose a partir de caliza, lutita y arenisca interestratificadas, sobreyace a rocas del Cretácico superior por efecto de una falla inversa (INEGI, 1993). La localidad donde aflora el complejo basal son los alrededores de la Tomatina, al poniente de la ciudad y a la altura de cerro el Picacho (Sotelo, 2010).

Unidad del Cretácico

Está representada por caliza arcillosa, lutita-arenisca y caliza con pedernal. La caliza arcillosa en algunos sitios está intrusionada por granito y diorita. A fines del Cretácico y principios del Mioceno, la secuencia de rocas carbonatadas de edad cretácica fue intrusionada por

cuerpo ígneos de granito, diorita y diabasa (INEGI, 1993). En la Mesa Central las rocas del Cretácico son caliza arcillosa y lutita calcárea (Nieto et al., 2005).

Unidad del Paleógeno y Neógeno

Esta unidad se caracteriza por rocas sedimentarias clásticas, volcánicas ácidas y básicas. Dentro de las sedimentarias tenemos conglomerados con fragmentos subredondeados en una matriz arcillo-arenosa. Dentro de la Mesa Central se han reportado afloramientos de rocas del Plioceno, consisten principalmente de secuencias potentes de arenisca y lutita que muestran características que las identifican como secuencias turbidíticas (Nieto et al., 2005)

Las rocas volcánicas ácidas están representadas por riolita que alterna con toba riolítica, escasos cuerpos de basalto y toba ácida. Las rocas básicas son basalto del Plioceno-Pleistoceno, sobreyacen a riolita, toba riolítica y arenisca-conglomerado. Se localizan en la porción norte del estado y al norte del poblado de Calvillo (INEGI, 1993).

En la parte SW de Aguascalientes, Aranda (1989) describe las rocas volcánicas ácidas, como riolita El Venaderito; esta es la roca más antigua que aflora en el área, la cual descansa discordantemente con el “complejo basal” del Jurásico. Su mineralogía está constituida de sanidino, cuarzo, plagioclasa, biotita y minerales opacos. La Toba el Picacho descansa sobre la riolita El Venaderito, las características más notables de la toba son su carácter marcadamente clástico y la presencia de estratificación, varía desde burda hasta perceptible con un color amarillo paja. Descansando discordantemente con la Toba Picacho, se encuentra la Riolita Peña Blanca, que está compuesta por riolitas porfídicas con matriz vítrea, los minerales ferromagnesianos están remplazados por minerales vítreos (biotita y anfíbol), o alterados a antigorita + hematita (Aranda, 1989).

Hernández (1983), designó como Toba Soyatal, a la secuencia de rocas piroclásticas del Mioceno que afloran en los cauces de los arroyos ubicados al oriente de la ciudad de Aguascalientes. Petrográficamente está constituida por elementos vítricos, cristalinos y líticos, de composición ácida (Sotelo, 2010).

Unidad del Cuaternario

Los materiales de esta unidad están representados por arenisca-conglomerado y suelo aluvial. La unidad de arenisca-conglomerado está compuesta por arenisca tobácea y toba arenosa en capas gruesas. Este material es derivado de rocas volcánicas ácidas, presenta clastos de cuarzo y feldespato incluidos en una matriz arcillo-limosa. Se localizan en los valles de Chicalote, Aguascalientes, El Llano, Venadero y Calvillo. El suelo aluvial está constituido por partículas de limo, arcilla, arena y grava, de escasa compactación, derivadas de las rocas circundantes (extrusivas ácidas y básicas). Se encuentra distribuido en los valles de Aguascalientes, Chicalote, El Llano y en pequeñas áreas de El Venadero y Calvillo (INEGI, 1993). Dentro de la Mesa Central, principalmente en su porción sur y occidente, muestra un conjunto de sierras de poca elevación rodeadas de cuencas continentales con rellenos fluvio-lacustres (Nieto et al., 2005)

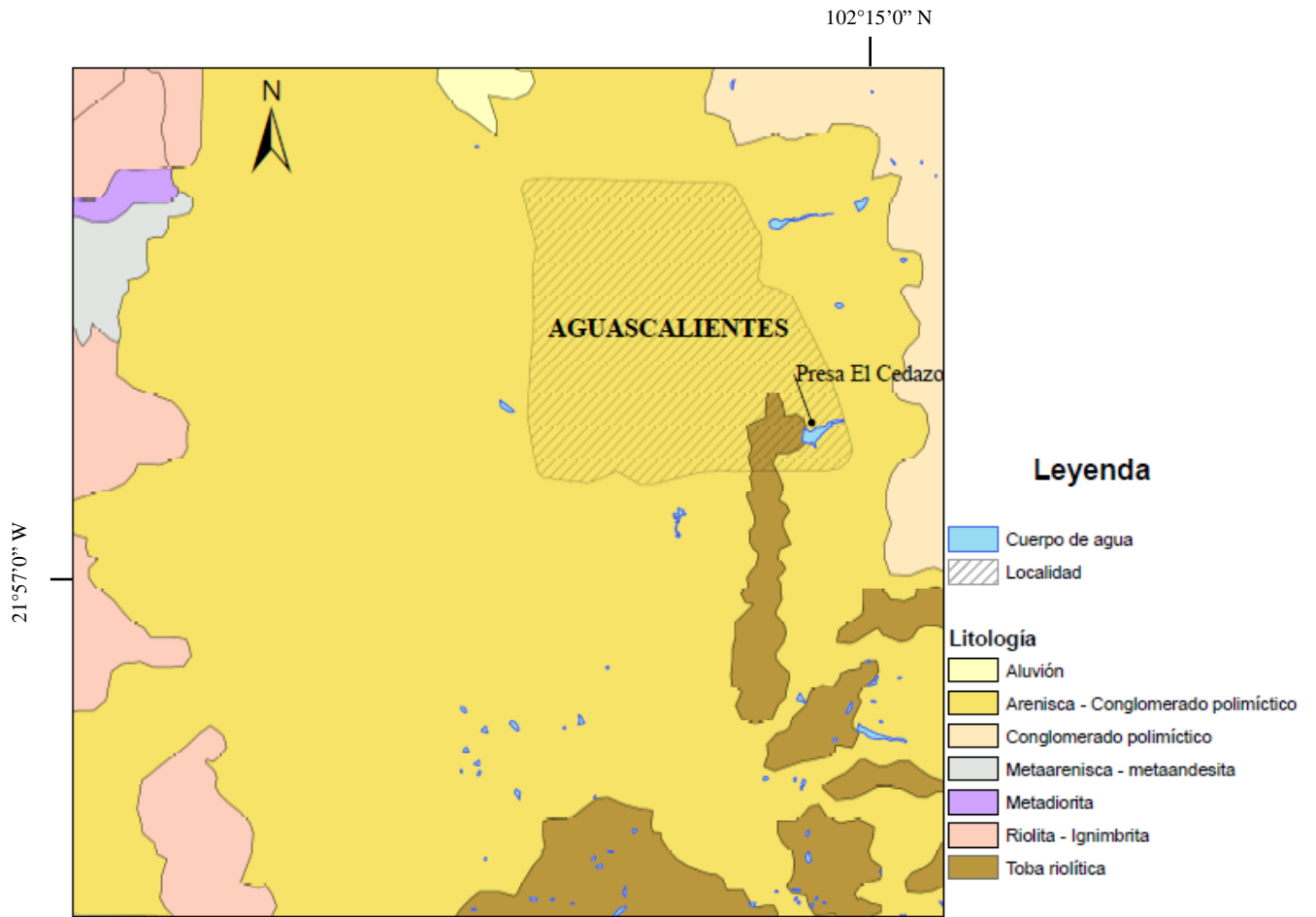


Figura 2.4 Mapa geol3gico de Aguascalientes, el cual muestra el tipo de roca (Fuente: Carta Geol3gica Minera Aguascalientes F13-9, SGM, escala:1:250000, 1998)

2.5 Clima, vegetación y suelo

El clima predominante en el estado de Aguascalientes es semiseco y en menor grado subhúmedo en la parte SW y NW. En la región del Cedazo según la clasificación de Köppen 1936, el clima se clasifica como seco estepario (BSk), su temperatura media anual es de 18°C (Fig.2.5), teniendo la temperatura más fría de 16.6°C y la más cálida de 20.3°C, con precipitación total anual de 525 mm (INEGI, 2016).

Con base en lo mencionado, las condiciones climatológicas de la región son propicias para el desarrollo de gran variedad de flora y fauna. Dentro del tipo de flora podemos encontrar pastizales y matorrales, mientras que al NW encontramos en menor proporción selva caducifolia y bosque de encino, con escasa vegetación al SE. El tipo de suelo se caracteriza en su mayor parte de Phaeozem, lo que permite el uso para cultivo de maíz, frijol y chile. Con mayor extensión tenemos Regosol, Leptosol y Durisol (INEGI, 2002-2007).

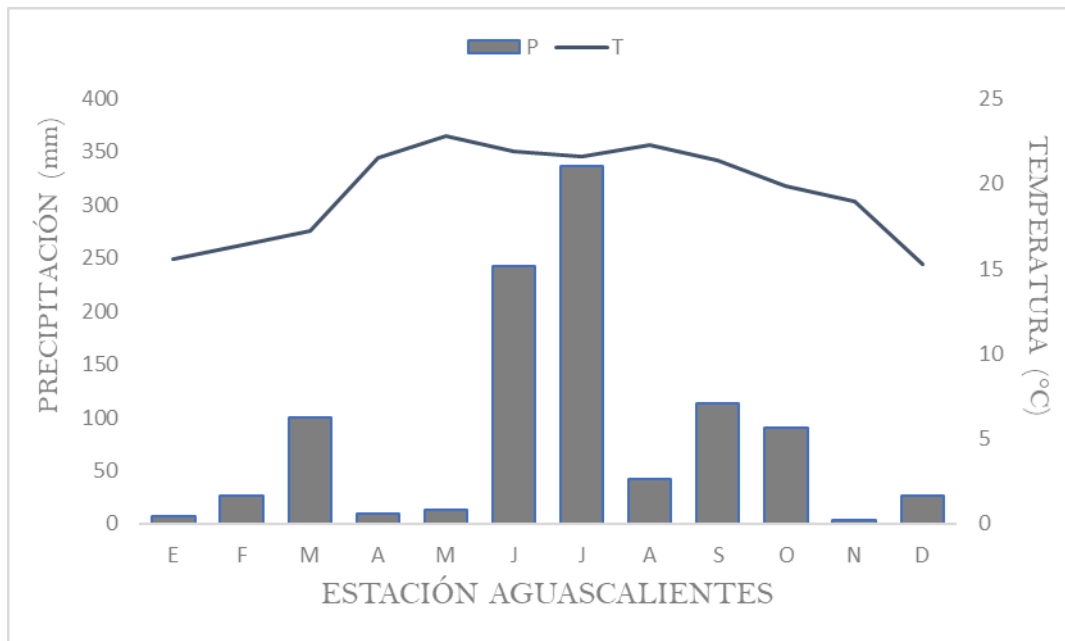


Figura 2.5 Gráfica que muestra la precipitación en mm (eje Y), la temperatura en °C (eje Y derecho) y los meses del año (eje X) obtenida de INEGI (2016).

2.6 Hidrología

El estado de Aguascalientes se encuentra dentro de las regiones hidrológicas “Lerma-Chapala-Santiago, que abarca la mayor parte de su superficie con 5658.70 km² (INEGI, 1993).

La zona E de Aguascalientes presenta un drenaje de tipo dendrítico (Fig 2.6). Mediante una jerarquización, se obtuvo un drenaje de tercer orden en escala de Horton (1945).

La cuenca principal se ubica en toda la parte norte, centro, sur y sureste del estado, drena una superficie de 4384.37 km². Son varias las subcuencas intermedias que intervienen en esta cuenca; río San Pedro, río Aguascalientes, río Encarnación, río Chicalote, y río Morcinique, que pertenecen al estado de Aguascalientes (INEGI, 1993)

El río San Pedro es el principal afluente, atraviesa el estado de N-S, es alimentado por los arroyos Pargas, San Francisco y Cobos (Montellano Ballesteros, 1992). El segundo afluente principal es el río Calvillo. Estas corrientes se aprovechan para el uso agrícola de la región.

El escurrimiento anual estimado del río San Pedro es de 130 millones m³ en un área aproximada de 4,330 km² (INEGI, 1981).

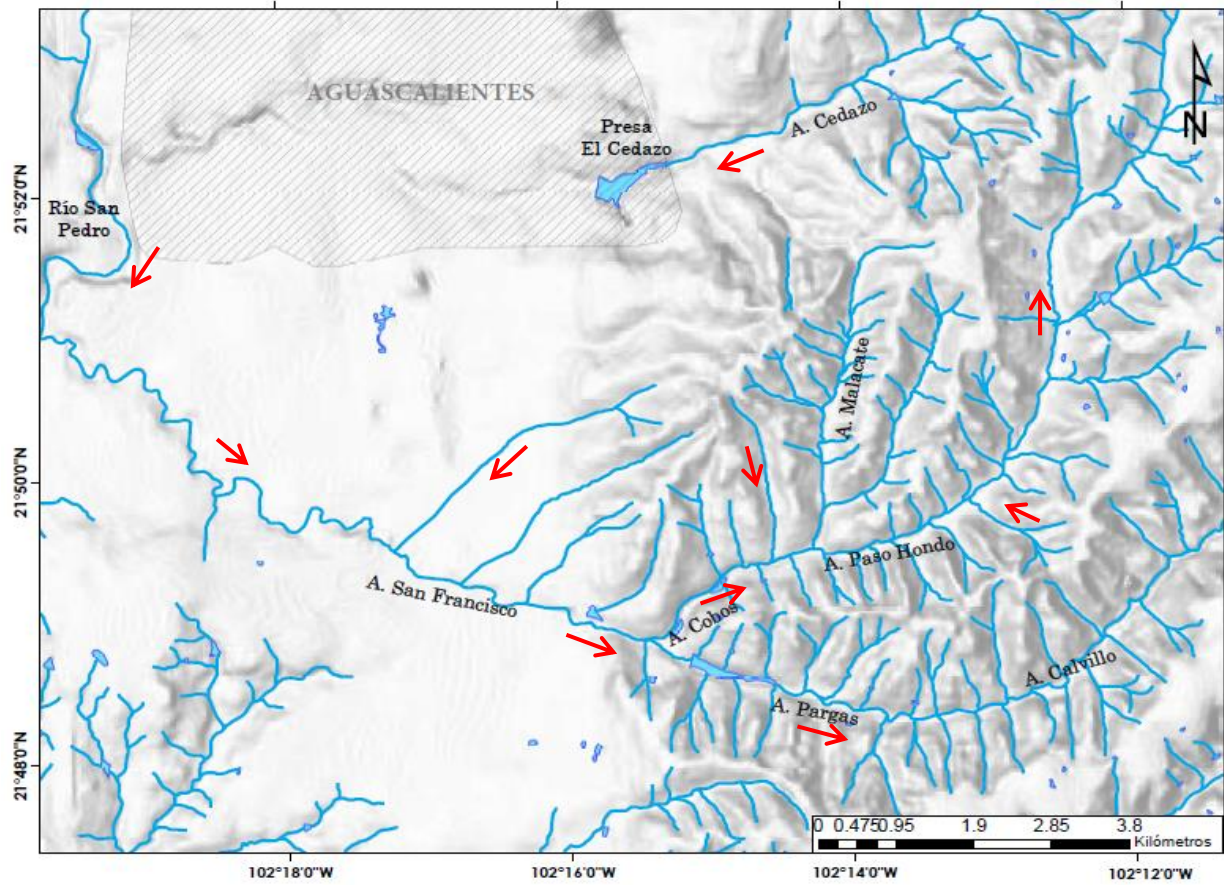


Figura 2.6 Mapa hidrológico, mostrando los principales afluentes de la zona de estudio.

3 Metodología

3.1 Reconocimiento de campo

Mediante una visita previa a la zona El Cedazo, Aguascalientes, se localizaron los puntos más importantes para su posterior estudio con base a un caminamiento para distinguir los principales afloramientos. Para esto se tomó en cuenta los sistemas fluviales que tuviesen mayor incisión donde afloran las columnas más completas que tuvieran una secuencia entera y que se pudieran correlacionar. Se distinguió la presencia de fósiles, sistemas fluviales, suelos, estratificación cruzada, gradada y se analizó la geomorfología.

En febrero del 2016, se realizó una segunda expedición, de la cual se levantaron cuatro columnas (Fig. 3.1), los nombres designados fueron con base en puntos de referencia. Las primeras dos columnas, se localizan dentro del parque El Cedazo, la primera denominada *El Oso Hormiguero* (21°52'5.29" N, 102°15'58.38" W), la segunda *El Caracol* (21°52'1.44" N, 102°15'48.85" W). Las otras dos se localizan al SE del parque El Cedazo, la tercera columna *El Rostro* (21°48'47.6" N, 102°15'26.75" W), se encuentra cerca del arroyo Paso Hondo y la última columna *El Puente Amarillo* (21°48'52.37" N, 102°13'38.25" W), levantada cerca del arroyo Cobos. Se obtuvieron muestras de algunos estratos de interés y sus contactos, con un total de 18 muestras, a las cuales se les realizó estudios de granulometría, petrografía, difracción de rayos X y fechamiento por ¹⁴C.

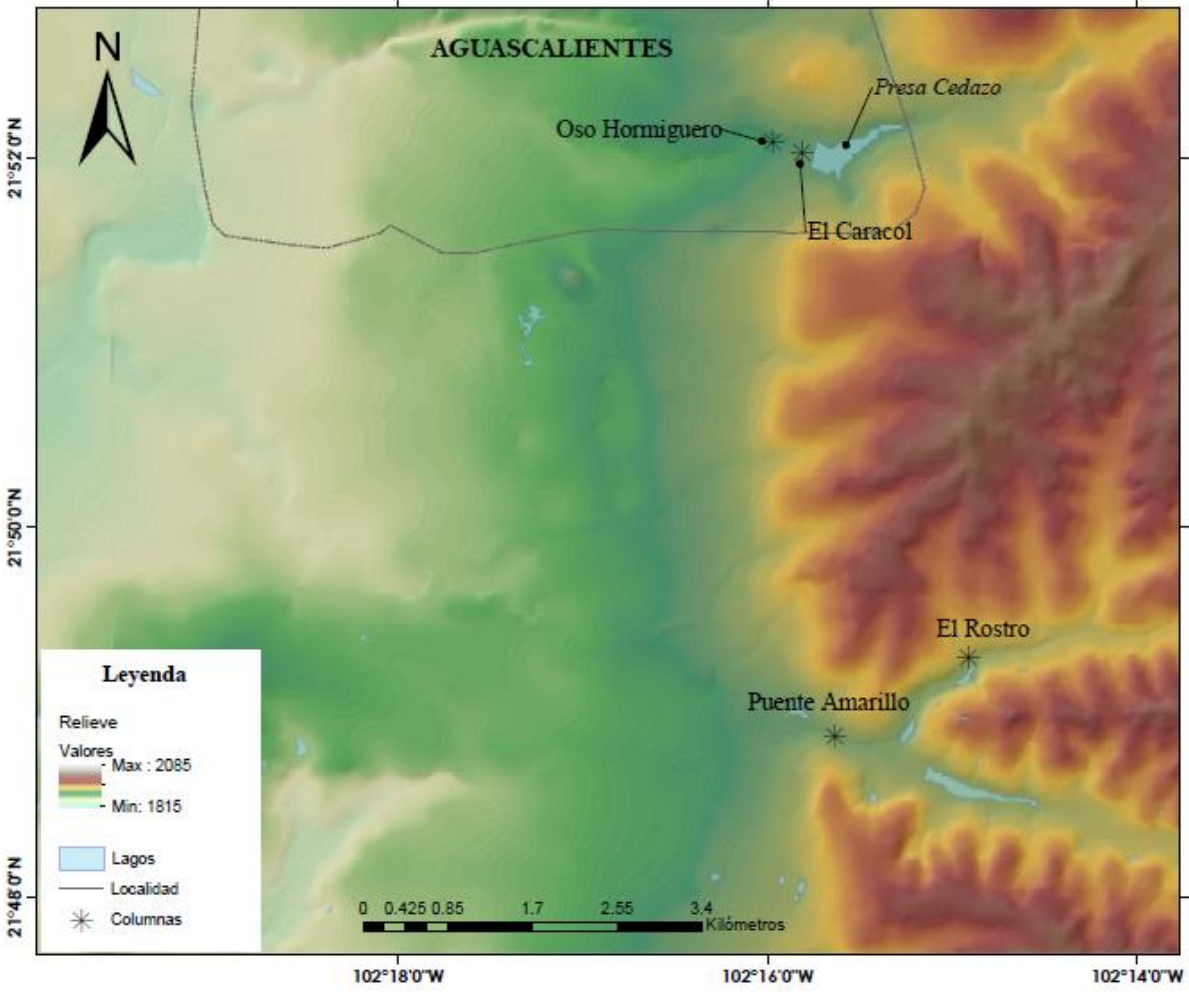


Figura 3.1 Mapa hipsométrico del sector oriente de la ciudad de Aguascalientes, con los puntos de muestreo de las columnas estratigráficas.

3.2 Estratigrafía y colecta de muestras

El levantamiento y colecta de muestras se hizo con los puntos más importantes desde el punto estratigráfico (Figura 3.1), para ello se tomó en cuenta la descripción de campo de Montellano, 1992.

Primero se procedió a limpiar la columna con una pala, desde la parte superior hasta la parte inferior, esto para evitar la contaminación de los estratos, se procede a medir la columna de arriba hacia abajo, diferenciando los estratos por su litología. Las muestras se obtuvieron de cada estrato y de algunos contactos, se tuvo extremo cuidado para no contaminar las muestras.

La descripción estratigráfica se realizó tomando en cuenta varias clasificaciones, el espesor de los estratos propuesta por Boggs, 1995, clasificación de estructuras sedimentarias propuesta por Pettijonh, 1975 y las características texturales por Arche, 2010.

3.3 Descripción sedimentológica

Se realizó una descripción de las características texturales de los sedimentos de las dos columnas más completas, El Oso Hormiguero y Puente Amarillo. Para ello, se utilizó un microscopio estereoscópico marca OLYMPUS SZX7.

Para este análisis se utilizó una pequeña cantidad de muestra de unos cuantos miligramos, se describió su madurez textural, para ello se tomó en cuenta ciertos parámetros como el tamaño de partículas, fábrica, orientación, grado de clasificación o selección, morfología; forma, esfericidad, redondez, características superficiales,

Al final se obtuvieron dos gráficas, las cuales se correlacionaron con las dos columnas, tomando en cuenta la profundidad donde se obtuvo cada muestra.

3.4 Granulometría

Se realizó el análisis granulométrico de partículas gruesas con el método de tamizado clásico manual vía seca y en análisis de partículas finas con el método de difracción láser en húmedo con el contador de puntos Spectrex PC-2200; se analizó la distribución granulométrica a través del cálculo del porcentaje en peso de cada fracción de tamaño de grano en escala logarítmica 1ϕ de Wentworth (1922). Se prepararon 14 muestras en el Laboratorio de Análisis de Partículas y Separación de Minerales del Instituto de Geofísica Unidad Michoacán. Esto se llevó a cabo con las muestras de sedimentos y paleosuelos con el fin de conocer la distribución del tamaño de las partículas y calcular la abundancia de estos tamaños determinados por una escala granulométrica.

Para realizar este análisis se prepara la muestra y se deposita en un recipiente para obtener el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas (0.063 a 63 mm), la muestra se vacía desde el tamiz más grande ($2/\frac{1}{2}$), pasando por diferentes aberturas hasta llegar a la más pequeña (>230). Los pesos retenidos en cada malla se expresan en porcentaje, con respecto al peso total. Con los porcentajes obtenidos se calculan los pesos individuales como los acumulados, con estos resultados se procede a trazar las gráficas granulométricas.

3.5 Petrografía

Para el análisis petrográfico, se elaboraron 12 láminas delgadas. El procedimiento de laminación consiste en obtener un testigo de la roca en forma de cubo tabular del tamaño de un portaobjetos, se desbasta una de las caras del testigo pasando por los abrasivos más gruesos. La roca desbastada se pega en el portaobjetos, se deja secar, para posteriormente adelgazar utilizando una cortadora de disco adiamantado y refrigerado por agua; sucesivamente se pule una de las caras utilizando polvo de carburo de silíceo de diferente diámetro (240, 400, 600, 1000 y 5 μm), mezclando con agua sobre cristales esmerilados.

Para obtener las láminas delgadas de sedimentos, se elabora un molde de aluminio del tamaño del portaobjetos en el cual se vertió resina, con un grosor de 2 mm, para posteriormente agregar los sedimentos. Con el sedimento endurecido se procede a cortarlo con un disco de diamante, seguido se devasta en la Cortadora Buehler Petro Thin hasta tener un grosor de 30 μm . La parte final se desbasta con los abrasivos o lijas, dependiendo del grosor del sedimento. En este proceso se tiene más cuidado, para no perder los minerales que se desean caracterizar, por lo tanto, la lámina se tiene que estar observando en el microscopio al mismo tiempo que se está devastando. El mineral que funciona como indicador para precisar el buen término de la muestra es la plagioclasa. Cuando esta presenta colores de birrefringencia a un espesor de 30 μm (colores grises de primer orden) la lámina esta lista.

Finalmente se describe cada una de las láminas partiendo de su contenido mineral, textural y las relaciones entre los distintos granos y minerales.

3.6 Difracción de Rayos X

La difracción de rayos X (DRX), es un método que se utiliza principalmente para detectar las diferentes fases cristalinas (Maximov, 2008). Nos permite determinar la presencia de los minerales de las muestras que se están analizando.

Se analizaron 10 muestras de los estratos más representativos de las columnas, para su preparación se trituraron 5g de sedimento en un mortero de ágata en el Laboratorio de Estudios Paleoclimaticos y Paleoambientes de la ENES, Morelia.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de Difracción de Rayos X del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se corrieron en el software EVA V4. Con un ángulo 2θ de 70° a 90° y una $\lambda=4.64$ Cu-Ka.

3.7 Susceptibilidad magnética

La susceptibilidad magnética (k), se midió solo en la columna más completa la cual fue El Oso Hormiguero, se analizaron muestras de cada estrato, al final se realizó una gráfica con su respectiva correlación.

Para la medición de muestras se depositaron en unos pequeños cubos de plástico y se procedió a pesarlas, omitiendo el peso del cubo. Se utilizó un susceptibilímetro Kappabridge KLY2. El equipo tiene que estabilizarse por un lapso de 20 minutos, se calibra con una muestra que tiene ya valores conocidos, se ejecuta el software SUMEAN el cual guarda lo datos en formato .txt. Cada muestra se analizó con una frecuencia de 976 Hz.

La k en los sedimentos o suelos depende de la concentración de minerales magnéticos (ferromagnéticos, paramagnéticos y diamagnéticos).

Las muestras de sedimentos y suelos tienen una respuesta magnética baja, comparado con los valores de las rocas volcánicas.

4 Resultados

4.1 Estratigrafía

4.1.1 Descripción estratigráfica

Las columnas descritas presentan una estratificación con espesores menores a 1 m y mayores a 3 m, los contactos entre ellos son irregulares. La litología es muy variada y va desde material volcánico, vulcanosedimentario, sedimentario hasta suelos. De las cuatro columnas estratigráficas, se determinaron ocho unidades, con características litológicas diferentes. A continuación, se describen las cuatro columnas estudiadas (Figura 4.1).

Columna “*Puente Amarillo*”

Ubicada cerca del arroyo Pargas, con una altura de 7.16 m (Anexo: Figura 8.3). La parte basal está constituida por depósito volcánico consolidado (toba), no se apreció el contacto de la base con el segundo estrato, se desconoce su longitud. La segunda unidad de 7.16 a 5.68 m, está constituida de aluvión con clastos subredondos a subangulosos, del tamaño de las gravas, en una matriz arenosa, consecutivamente hay una tercera unidad de 5.68 a 4.65 m, compuesta de arena y limos, con pocos clastos. La cuarta unidad de 4.65 a 4.10 m, está conformada por pequeños clastos subangulosos del tamaño de las gravas, en una matriz arenosa, caracterizada por lentes de ceniza y materia orgánica, en esta unidad se encontraron fósiles de *Mammuthus sp.* y *Equus conversidens*. Coronando la columna se encuentra un suelo consolidado (Phaeozem) de 4.10 m.

Columna “Oso Hormiguero”

Esta se localiza dentro del parque El Cedazo, con una altura de 4.86 m (Anexo: Figura 8.1). Su parte basal aflora cerca del río Cedazo, compuesta de depósito volcánico (toba), se infiere que sea la misma base que la columna el *Puente amarillo*. La segunda unidad de 4.86 a 4.05 m, constituida de aluvión, con clastos subangulosos a subredondeados compactados en una matriz arenosa. La tercera unidad de 4.05 a 2.88 m, tiene una estratificación intercalada, formada por clastos subredondeados de 2 cm a 10 cm de diámetro, en una matriz areno-limoso. La cuarta unidad de 2.88 a 1.15 m, compuesta por pocos clastos de gravas menores a 2 cm de diámetro que van de subangulosos a subredondeados soportados en una matriz limo-arenoso. La última unidad 1.15 m, es un depósito vulcano sedimentario, compuesta por ceniza volcánica y arena.

Columna “El Rostro”

Ubicada cerca del arroyo Pargas, con una altura de 4.10 m. Su parte basal está conformada por depósito volcánico (toba), su longitud se desconoce. El primer estrato de 4.10 a 2.05 m, se caracteriza por una estratificación intercalada con clastos subredondeados del tamaño de las gravas en una matriz areno-limosa. El segundo estrato de 2.05 a 1.26 m, formado por lentes volcánicos y materia orgánica, en una matriz areno-limosa. En esta unidad se reconocieron restos fosilíferos de cf. *Aluralagus sp*, *Holmesina sp.*, *Equus conversidens* y *Platygonus sp*. Tercer estrato de 1.26 a 0.65 m, compuesto de depósito vulcano sedimentario, en el cual también se reconocieron restos de fósiles de *Mammuthus sp.*, *Equus conversidens*.

y *Glyptotherium cf. G. floridanum*, El cuarto estrato de 0.65 a 0.15 m, compuesto por sedimentos limo-arcillosos. Por último, un suelo (Phaeozem) 0.15 m.

Columna “El Caracol”

Columna más pequeña con una altura de 2.45 m (Anexo: Figura 8.2), localizada en el parque El Cedazo, Se desconoce su parte basal. El estrato más profundo de 2.45 a 1.10 m, está compuesta por aluvión, tiene una estratificación intercalada, los clastos van de subangulosos a subredondeados, sobreyaciendo una unidad de 1.10 a 0 m, compuesta de depósito vulcano sedimentario, en este estrato se encontraron fósiles de *Mammuthus sp.* En esta columna no se encontró presencia de algún suelo, debido a la actividad antropogénica.

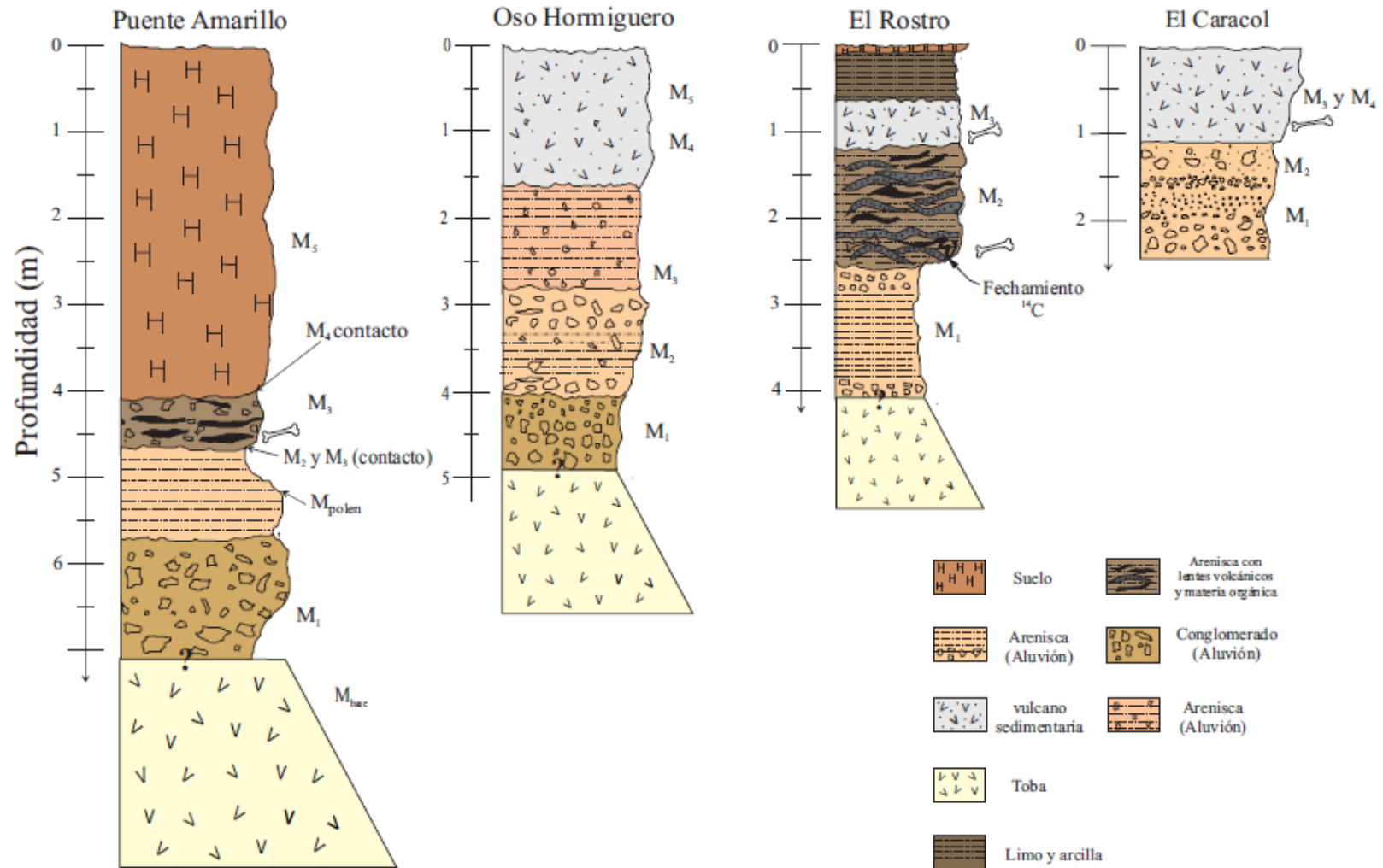


Figura 4.1 Columnas estratigráficas de la región (la M indican el número de muestra de cada columna, el símbolo de hueso indica donde se encontraron fósiles).

4.2 Fechamiento ^{14}C

La escala de tiempo se estableció mediante una muestra tomada del segundo estrato de la columna estratigráfica El Rostro. El fechamiento se llevó a cabo en la Universidad de Branch, Florida, por Beta Analytic radiocarbon dating laboratory. Para esto se extrajo una pequeña muestra de carbón, de los lentes de materia orgánica (2.5 m). Se tuvo extremo cuidado sin tocar la muestra y con guante de plástico para evitar una contaminación en la toma de muestra, y así tener un fechamiento más confiable.

La datación por Radiocarbono (^{14}C) es uno de los métodos más utilizados para determinar edades del Cuaternario 50,000 años (Bernal et al., 2010)

Se obtuvo una edad de 5837 cal BP, en la muestra obtenida en la profundidad de 2.50 metros de la columna El Rostro.

Profundidad (m)	Clave laboratorio	Edad Radiocarbono (Años BP)	Rango 2 sigma	Edad calibrada (Años BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
2.5	Beta-457,962	4980 \pm 30	5830-5845	5837 \pm 7	-17.7

Tabla 4.2 Fechamiento de radiocarbono obtenida de los sedimentos de la columna El Rostro.

4.3 Granulometría

Se realizaron dos gráficas de las columnas más completas, El Oso Hormiguero y El Puente Amarillo. Se hizo la clasificación granulométrica de partículas sedimentarias propuesta por Wentworth, 1922, las cuales las clasifica como arcilla, limo, arena y grava. Asignando valores de ϕ (Phi) por tamaño de partículas. Para esto se tomó en cuenta el porcentaje acumulativo de cada muestra (Anexo: Tabla 8.3 y 8.4). A continuación, se realizará la descripción de cada gráfica.

Gráfica columna Oso Hormiguero (Figura 4.3)

Para el rango de las arcillas, se observan en un intervalo de 4.5 a 2.5 m, un incremento de 0.66 a 1.38%, en el intervalo 2.5 a 1.5 m se presenta una disminución del 0.85%, finalmente en el intervalo de 1.5 a 0.3 m un incremento del 2.5%

Para el rango de los limos se observan tres zonas destacables, en el intervalo de 4.6 a 2.5 m valores de 2 a 3.6%, la segunda zona se encuentra en el intervalo 2.5 a 1.5 m, una disminución de 1.6%, la última zona está en el intervalo de 1.5 a 0.4 m, donde se observa un incremento del 9.6%.

Para el rango de las arenas se observan cuatro zonas, la primera en el intervalo de 4.6 a 4 m, valores de 60 a 63%, en la segunda zona en el intervalo de 4 a 2.5 m, una disminución del 58%, la tercera zona en el intervalo de 2.5 a 1.6 m, presenta una rápida disminución del 2.9%, la última zona en el intervalo 1.6 a 0.4 m, un ligero incremento del 20%

Para el rango de las gravas se observan tres zonas, la primera en el intervalo de 4.6 a 2.6 m, valores de 30 a 35 %, la segunda zona en el intervalo de 2.6 a 1.5, un incremento del 94%, la última zona en el intervalo de 1.5 a 0.5 m, una ligera disminución del 65%.

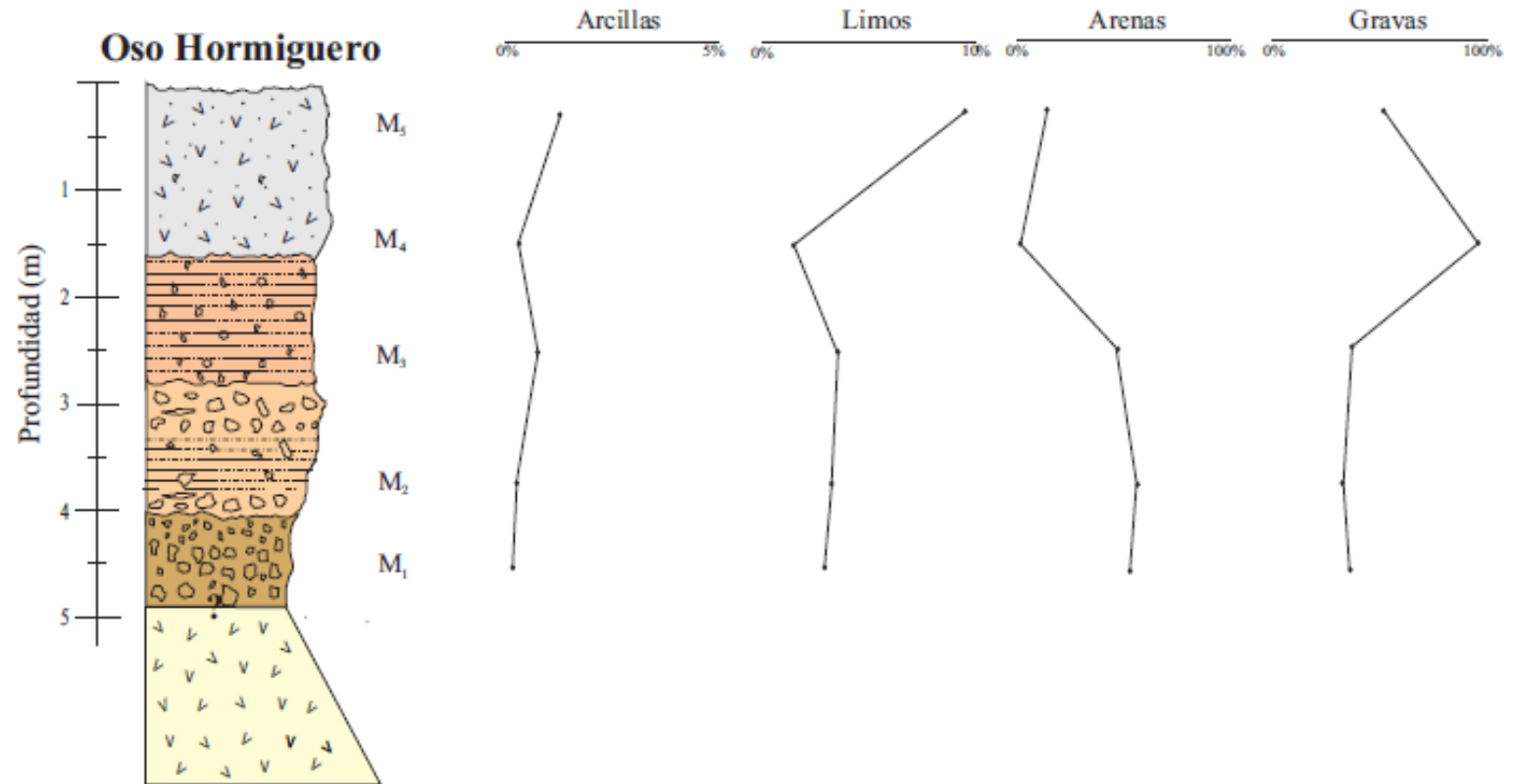


Figura 4.2. Gráficas de granulometría para la columna El Oso Hormiguero, donde se registra el porcentaje de partículas analizadas (la M indica el número de muestra de cada estrato).

Gráfica columna El Puente Amarillo (Figura 4.4)

Presenta en el rango de las arcillas tres zonas, la primera en el intervalo de 6.6 a 4.2 m valores de 0.2 a 0.3%, la segunda zona en el intervalo de 4.2 a 4 m, presenta una ligera disminución del 0.1 %, la última zona en el intervalo de 4 a 2.3 m un rápido incremento del 7.2%.

Para el rango de los limos presenta tres zonas, la primera en el intervalo de 6.6 a 4.9 m, valores de 0.9 a 1.5%, la segunda zona en el intervalo de 4.9 a 4.3 m, se observa una disminución del 0.4 %, la última zona en el intervalo de 4.3 a 2.3 m un rápido incremento en los valores de 1.2 a 11 %.

Para el rango de las arenas presenta cuatro zonas, la primera en el intervalo de 6.6 a 4.6 m, donde los valores van de 60 a 80%, la segunda en el intervalo de 4.6 a 4.3 m, una rápida disminución del 59%, la tercera zona en el intervalo de 4.3 a 3.9 m un rápido incremento del 95%, la última zona en el intervalo de 3.9 a 2.3 m, una ligera disminución del 62%.

Para el rango de las gravas presenta cuatro zonas destacables, la primera en el intervalo de 6.6 a 4.6 m presenta una ligera disminución de 36 al 12%, la segunda zona en el intervalo de 4.6 a 4.3 m un rápido incremento del 39%, la tercera zona en el intervalo de 4.3 a 4 m, una rápida disminución del 2.8%, la última zona en el intervalo de 4 a 2.3 m, un ligero incremento del 19%.

Para la columna El Rostro, se obtuvieron porcentajes bajos para el rango de las arcillas valores de 0.3 a 1%, para el rango de los limos valores de 0.5 a 1.4%, para las arenas valores de 56.4 a 65.7% y para las gravas una disminución del 42.7 a 31 %.

Para la columna El Caracol, porcentajes bajos para el rango de las arcillas de 0.1 a 0.8%, para los limos valores de 0.4 a 1.7%, un aumento en los valores para el rango de las arenas de 60 a 67% y una disminución de los valores para la grava de 32 a 36%.

En general el horizonte arenoso con lentes volcánicos y restos fosilíferos resalta en la columna por presentar un aumento de gravas con una disminución de fracciones de arcillas, limos y arenas.

Con el porcentaje individual de cada muestra retenido en cada una de las mallas se obtuvieron los datos estadísticos; media, selección, asimetría y kurtosis (Figura 4.5). Estos datos de procesaron en el software GRADISTAT versión 6.0 (S. Blott, 2008).

La asimetría para las muestras de la columna el Oso hormiguero tienen una tendencia de negativa a muy negativa, esto indica un desvanecimiento de la curva a la izquierda con excesos de gruesos. Para la angulosidad gráfica es extremadamente leptocúrtica, indicando una buena selección de los materiales (Folk and Ward, 1957).

Para la asimetría de los valores de la columna Puente Amarillo, estos tienen una tendencia a muy negativa, indicando un exceso de gruesos. Para la angulosidad gráfica es extremadamente leptocúrtica, indicando una buena selección de los materiales (Folk and Ward, 1957).

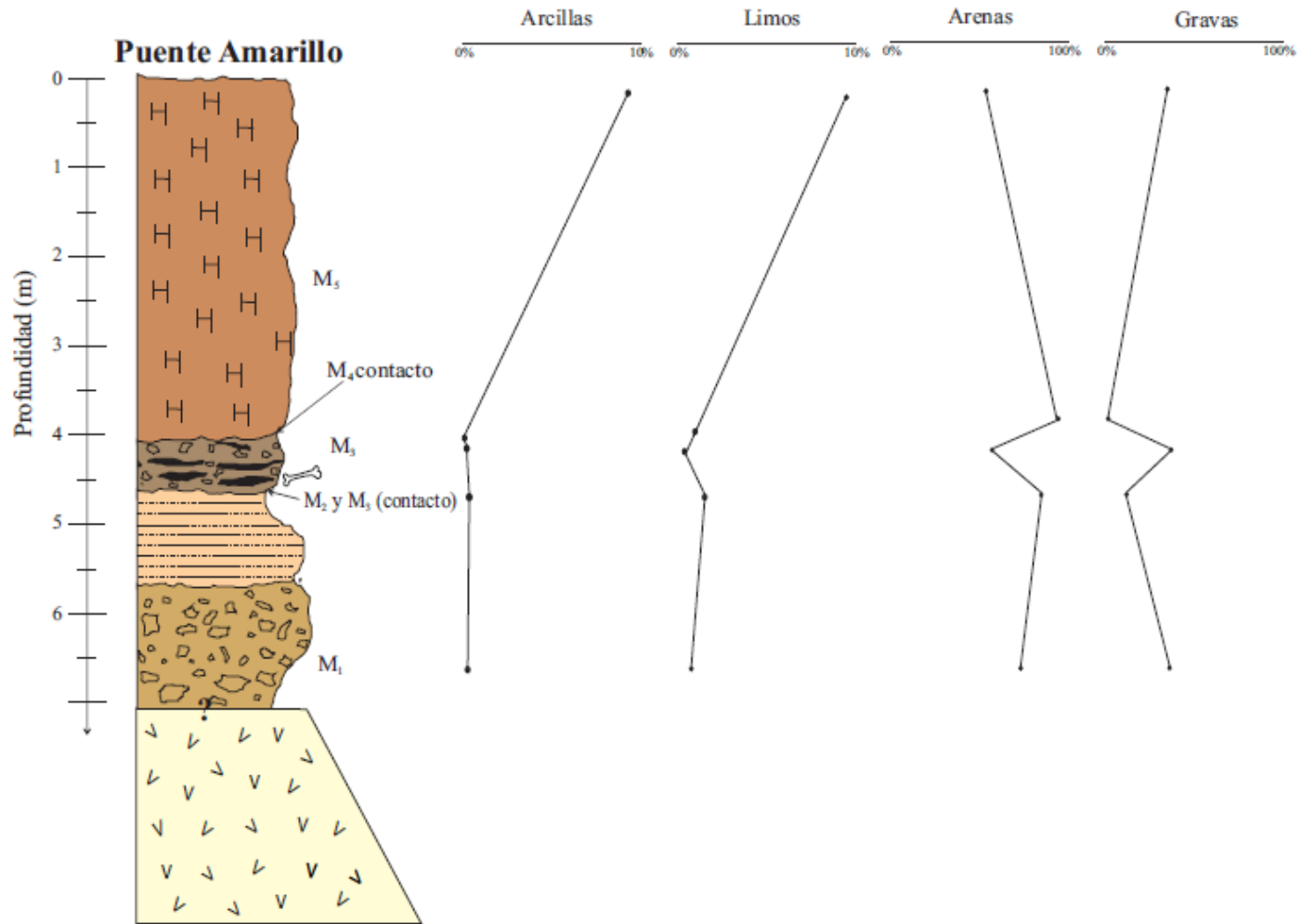


Figura 4.3. Gráficas de granulometría para la columna El Puente Amarillo, donde se observa el porcentaje de partículas analizadas (el símbolo de hueso, indica donde se localizaron los restos fosilíferos, la M indica el número de muestra).

FOLK AND WARD METHOD (μm)					
Columnna:	Oso Hormiguero				
Clave de muestra:	M1	M2	M3	M4	M5
Media (\bar{X})	1980.1766	617.9722	2593.3112	10183.564	4002.6111
Selección (σ)	5.0571113	2.3321484	6.3555092	0.3479699	8.8867125
Asimetría (Sk)	0.2370558	0.0259757	0.0455059	0.6871643	-0.57691
Kurtosis (K)	0.7469707	1.2158803	0.8672703	0.3107004	0.9148693

FOLK AND WARD METHOD (μm)					
Columnna:	Puente Amarillo				
Clave de muestra:	M1	M2	M3	M4	M5
Media (\bar{X})	2069.2752	1023.2315	2910.7835	400.32267	822.65088
Selección (σ)	3.6411703	3.0099513	3.0644943	1.9485048	6.0519122
Asimetría (Sk)	-0.236686	0.2148655	0.0202974	0.2428951	0.3300482
Kurtosis (K)	0.8031182	1.0616216	0.9258212	1.7443943	0.923693

Tabla 4.3. Tablas de resultados estadísticos para las columnas Oso Hormiguero y Puente Amarillo (Folk and Ward)

4.4 Características texturales

Se analizaron las partículas de las columnas más completas, El Oso Hormiguero y El Puente Amarillo (Anexo: Tabla 8.5 y 8.6), para conocer sus características texturales. A continuación, se describen las dos gráficas, con su respectiva correlación con la columna estratigráfica.

Gráfica El Oso Hormiguero (Figura 4.6)

Para la base de la columna se obtuvo una forma tabular, en el intervalo de 4.8 a 4 m es discoidal, para el intervalo de 4 a 1.9 m, se obtuvo equidimensional, mientras que en el intervalo 1.9 a 0.9 m es elipsoidal, en el último intervalo de 0.9 m a la cima una forma esférica.

Para la redondez se observa que para la base es anguloso, este cambia a subredondeado de 4.8 m a la cima.

Para la esfericidad se mantiene baja de la base hasta 1.5 m, este cambia rápidamente a alta para la cima.

Para la fábrica se observa que para la base es saturado, este cambia en el intervalo de 4.8 a 4 m a cóncavo/convexo, en el intervalo 4 a 2.8 m cambia a lineal, mientras que en intervalo de 2.8 a la cima se mantiene en saturado.

La clasificación para todas las muestras es escasamente clasificada, mientras que la madurez también se mantiene constante para todas las muestras en submaduro.

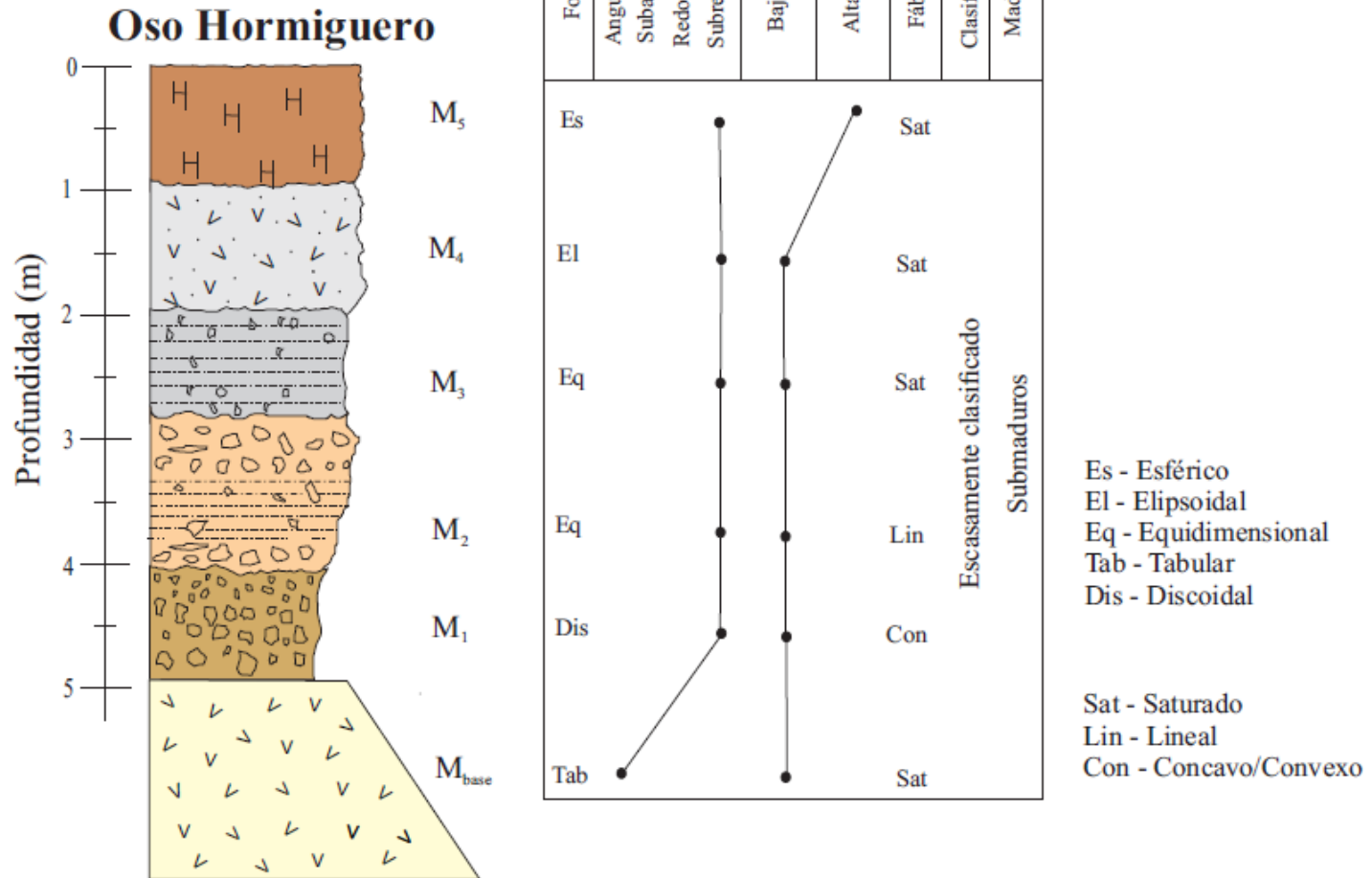


Figura 4.4. Gráfica de las características texturales de la columna El Oso Hormiguero (la M indica el número de muestra)

Gráfica El Puente Amarillo (Figura 4.7)

Para la forma se obtuvo en el intervalo de 7.1 a 4.4 m discoidal, en el intervalo de 4.4 a 4.1 equidimensional, para el último intervalo de 4.1 a la cima es esférico.

Para la redondez en el intervalo de 7.1 a 4.1 m es subredondeado, mientras que para el intervalo de 4.1 a la cima es redondeado.

La esfericidad se mantiene constante en el intervalo de 7.1 a 4.1 m como baja, este tiene un cambio rápido a alta en el intervalo de 4.1 a la cima.

La fábrica es cóncava/convexa en el intervalo 7.1 a 4.6 m, en el intervalo 4.6 a 4.4 m es lineal, llegando al contacto en el intervalo de 4.4 a 4.1 m es puntual, en el último intervalo de 4.1 a la cima es saturado-

Para toda la columna su clasificación es moderadamente clasificada, mientras que para la madurez textural fue madura.

Este último carácter maduro sugiere un mayor transporte para los sedimentos con respecto a los sedimentos de la columna El Oso Hormiguero.

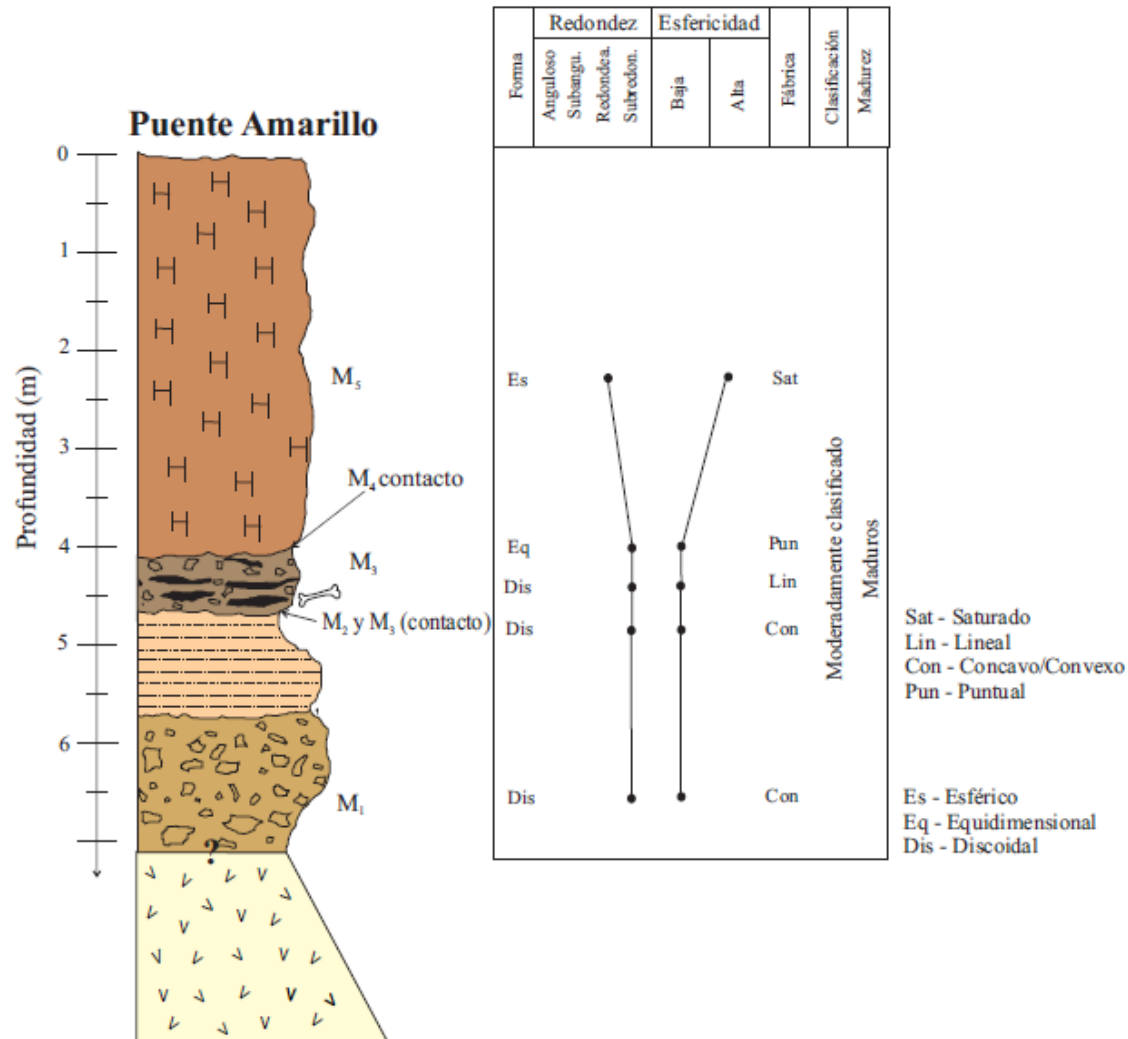


Figura 4.5. Gráfica de las características texturales de la columna El Puente Amarillo (la M indica el número de muestra y el símbolo de hueso indica donde se encontraron los restos de fósiles)

4.5 Difracción de Rayos X

Con los resultados obtenidos, se corroboró la presencia de ciertos minerales como el cuarzo, y plagioclasas vistos en las secciones delgadas. Uno de los datos más destacados es la probable presencia de feldespatos en casi todas las muestras analizadas (Tabla 4.5). En los difractogramas hubo la ausencia de algunos minerales vistos en el microscopio petrográfico, como el olivino, biotita, piroxenos y wollastonita (Anexo: Figura 8.5 y 8.6). Desde el punto de vista de minerales magnéticos, estos no se detectaron en los análisis ni en las secciones delgadas.

Muestra	Minerales identificados	
M1 PA	Cuarzo, Tridimita, Feldespato sódico, Feldespato potásico, Ilita	
M2 PA	Cuarzo, Anortoclasa	
M3 PA	Cuarzo, Microclina, Cristobalita, Sanidina, Tridimita	
Base OH	Cuarzo, Anortoclasa, Tridimita	
M2 OH	Cuarzo, Anortoclasa	
M4 OH	Cuarzo, feldespato, Tetraferrihogopita	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><i>Abreviaciones</i></p> <p>PA- Puente Amarillo</p> <p>OH - Oso Hormiguero</p> <p>ER - El Rostro</p> <p>EC - El Caracol</p> </div>
M1 ER	Cuarzo, Albita, Feldespato potásico	
M2 ER	Cuarzo, Albita	
M1 EC	Cuarzo, Cristobalita, Feldespato potásico	
M4 EC	Cuarzo, Anortoclasa	

Tabla 4.5. Resultados de los análisis de Difracción de rayos X

4.6 Petrografía

Se analizaron doce muestras de las cuatro columnas estratigráficas, para describir mejor las unidades litológicas de la zona (Anexo: 8.6). Las principales muestras analizadas fueron cuatro del Oso Hormiguero, tres de El Rostro, cuatro de El Puente Amarillo y dos muestras de El Caracol (Figura 4.8). A partir del análisis de sedimentos en doce secciones delgadas, se registraron cuatro unidades geológicas, una de estas asociada a procesos ígneos extrusivo, cinco a vulcanosedimentarios, cinco a sedimentarios y uno edáficos.

La unidad ígneo extrusivo (unidad 1) que corresponde a la muestra Mbase Oso Hormiguero, compuesta por cristales de cuarzo, plagioclasa, algunos líticos donde predomina matriz vítrea. Presenta una textura fragmental hipocristalina. El tipo de roca es toba vítrea, esta presenta un alto grado de intemperismo.

La unidad sedimentaria (unidad 2) está dividida en dos tipos de aluvi3n. El primero que corresponde a la muestra M1 Puente Amarillo, compuesta por cristales de olivino, cuarzo, pequeños cristales de wollastonita y fragmentos de basalto. Presenta una textura clástico rudítica, de acuerdo a esta textura se clasifico como ortoconglomerado y con base al tipo de grano como oligomíctico. El tipo de roca es conglomerado en una matriz arenosa. El segundo corresponde a las muestras M1 El Rostro, M1 El Caracol, M2 Oso Hormiguero y M2 Puente amarillo, cuyos componentes son para todas las muestras; cristales de cuarzo, olivino y plagioclasa y fragmentos de roca como basalto, andesita y toba. Presenta dos tipos de textura, clástico rudítica, la cual se clasificó como ortoconglomerado y con base al tipo de grano como oligomíctico. La segunda textura clástico psamítica corresponde solo a M2 Puente

Amarillo, sus partículas presentan ciertos rasgos sedimentológicos, redondeados, moderadamente clasificados y maduros. El tipo de roca es una arenisca con pequeños líticos.

La unidad vulcanosedimentaria (unidad 3) se divide en dos tipos litológicos. El primero corresponde a las muestras M2 El Rostro, Contacto Puente Amarillo y M3 Puente Amarillo, compuesta por cristales de olivino, cuarzo, plagioclasa y biotita. Presenta una textura clástico psamítica, sus partículas presentan ciertos rasgos sedimentológicos, moderadamente clasificada, subredondeado y una madurez textural madura. El tipo de roca es una arenisca con lentes volcánicos de ceniza (volcarenitas). La segunda corresponde a las muestras M3 El Rostro y M4 El Caracol, compuesta por cristales de olivino, plagioclasa y cuarzo. Presenta una textura psamítica. El tipo de roca es una arenisca enriquecida en componentes volcánicos.

La unidad edáfica (unidad 4) corresponde a la muestra M5 Puente Amarillo, compuesta por cristales de olivino, plagioclasas, cuarzo y algunos minerales arcillosos, con una textura pelítica, donde predomina la matriz arcillosa.

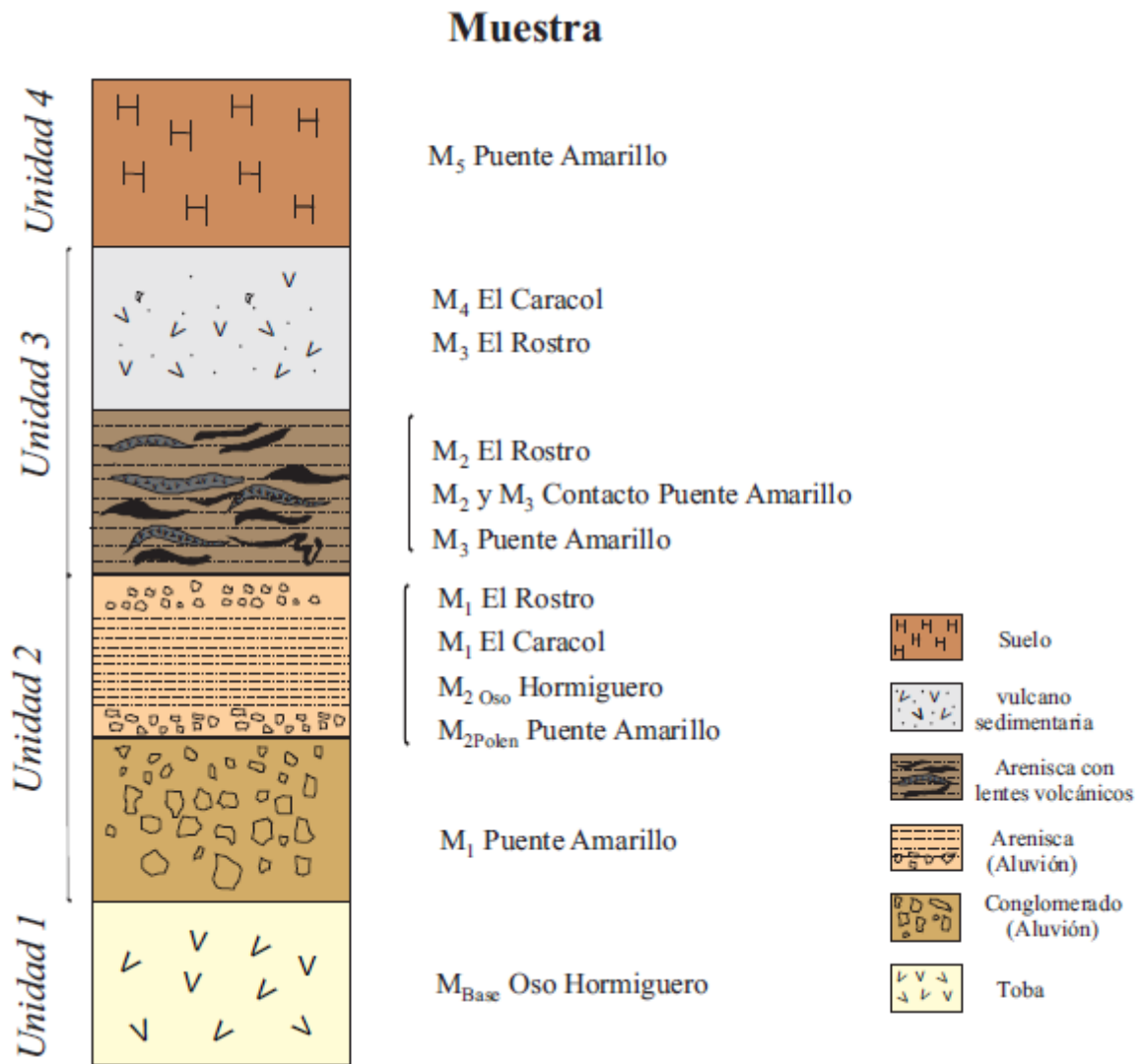


Figura 4.6. Unidades litológicas, en donde se indica el número de muestra (M) analizadas para cada columna.

4.7 Susceptibilidad magnética

Se midió la susceptibilidad magnética de la columna El Puente Amarillo (Figura 4.9), por ser la que presenta la mayor longitud. Se pueden observar tres zonas representativas, la primera zona se encuentra en el intervalo de 7 a 5.2 m, donde los valores se mantienen constantes de $0.94 \text{ SI} \times 10^{-5}$ con un incremento de $1.4 \text{ SI} \times 10^{-5}$. La segunda zona presenta un incremento de los valores de $1.4 \text{ SI} \times 10^{-5}$ esto en el intervalo de 5.2 a 4.1 m. La tercera zona presenta una rápida disminución en el intervalo 4.1 a 0.5 m con valores de $1.2 \text{ SI} \times 10^{-5}$, conservando una amplitud hasta la cima.

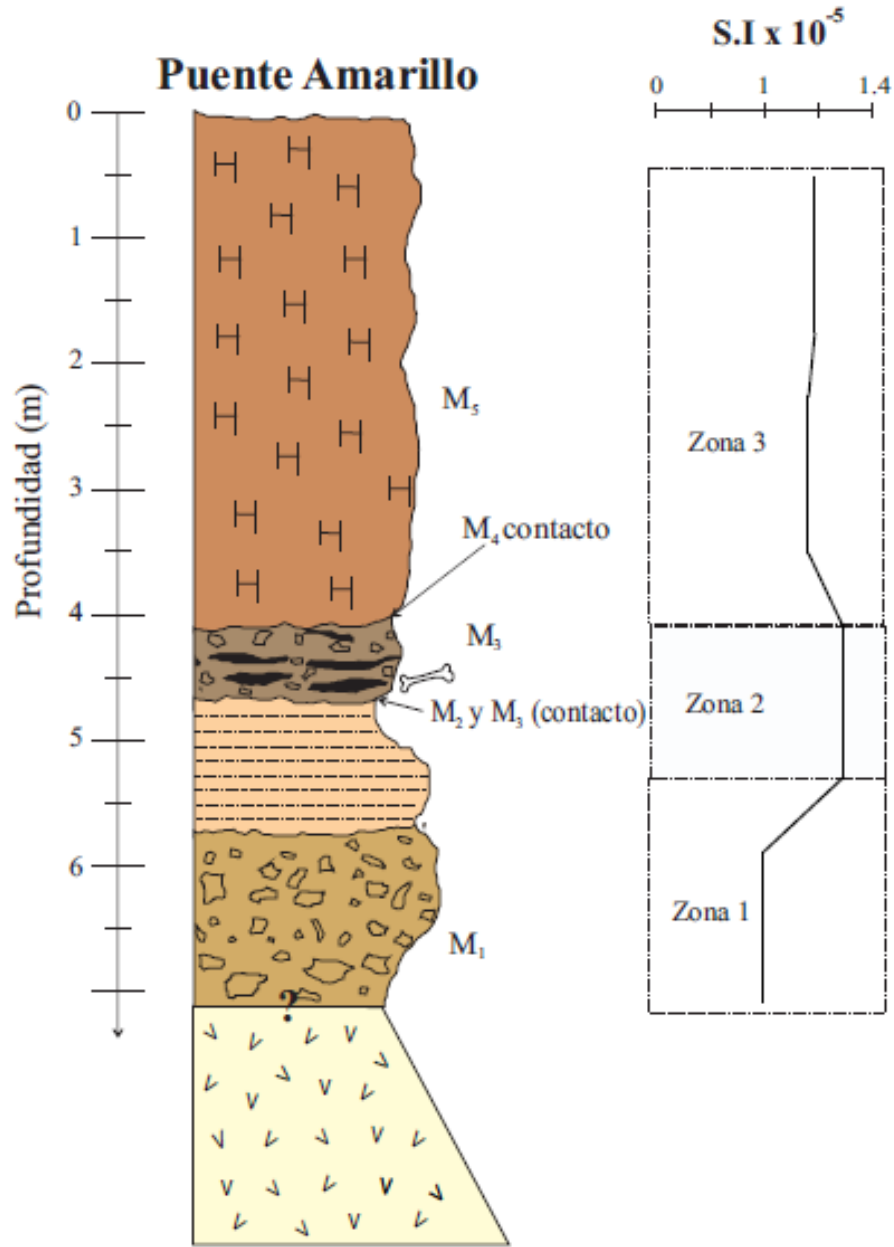


Figura 4.7. Susceptibilidad magnética (k) observada en la columna El Puente Amarillo, indicando las tres zonas representativas, los valores fueron graficados en el sistema internacional (SI) (la M indica el número de muestra y el símbolo de hueso, donde se encontraron los restos fósiles).

5 Discusión y análisis de resultados

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos de las diferentes técnicas utilizadas para conocer las características sedimentológicas y litológicas. Adicionalmente se realiza una comparación con los estudios geológicos y paleontológicos ya realizados en la zona.

En primer lugar, se interpretará la edad obtenida con las edades relativas de los fósiles encontrados, posteriormente, se lleva a cabo la interpretación mineralógica y magnética, finalmente se discutirá la correlación estratigráfica utilizando la granulometría y características texturales e interpretación paleoambiental.

5.1 Interpretación de edades

La interpretación de edades para la secuencia se obtuvo a partir de un fechamiento por ^{14}C . La edad relativa de los fósiles se obtuvo por sus datos taxonómicos realizadas por Mooser, 1958. Sin embargo, estos corresponden con edades más antiguas que su posición estratigráfica, por lo tanto, no pueden ser utilizados para una interpolación entre fechamientos. Con base a las edades relativas por los fósiles descritos y la absoluta por el fechamiento de la columna El Rostro, se puede hacer una interpretación del ambiente fluvial.

La edad absoluta obtenida por el método de radiocarbono fue de 5837 años cal BP, este fechamiento nos infiere la edad del depósito fluvial de la columna El Rostro (Figura 5.1), la cual no corresponde a los fósiles encontrados por Mooser y Dalquest (1975).

Los fósiles encontrados en el estrato de lentes volcánicos de la columna corresponden al Pleistoceno, los paleontólogos le asignaron una edad Irvigtoniana, más de 10,000 años, en este mismo estrato se obtuvo una edad de 5837 años BP, esto nos sugiere que los fósiles fueron acarreados por la actividad fluvial y consecutivamente depositados. Los fósiles encontrados fueron; cf. *Aluralagus* sp., *Holmesina* sp., *Equus conversidens* y *Platygonus* sp (Montellano, 1992).

Para el estrato vulcanosedimentario de la columna El Rostro, se obtuvieron fechamientos relativos con base a los fósiles encontrados; *Glyptotherium* cf. *G. floridanum*, *Equus conversidens* y *Mammuthus* sp, de edad Pleistocénica, con un intervalo de 8000 a más de 10,000 años. La edad paleontológica asignada es del Rancholabreano. En este mismo caso, la actividad fluvial los depositó y posteriormente hubo un depósito de ceniza volcánica.

Estos últimos fósiles tienen una semejanza con los encontrados en El Cedral, SLP, (Pérez et al., 2009), los cuales indican una edad de 30,000 a 25,000 años BP para el *Equus conversidens* y 10,000 a 8000 años BP para el *Mammuthus* sp., sugiriendo que dicha fauna pudo haber estado presente en toda la región de Aguascalientes a San Luis Potosí, para la misma temporalidad.

La extinción de esta fauna, exceptuando al *Mammuthus*, fue debido a un periodo de glaciación, que por la edad corresponde al Younger Dryas (Ballenger et al., 2011).

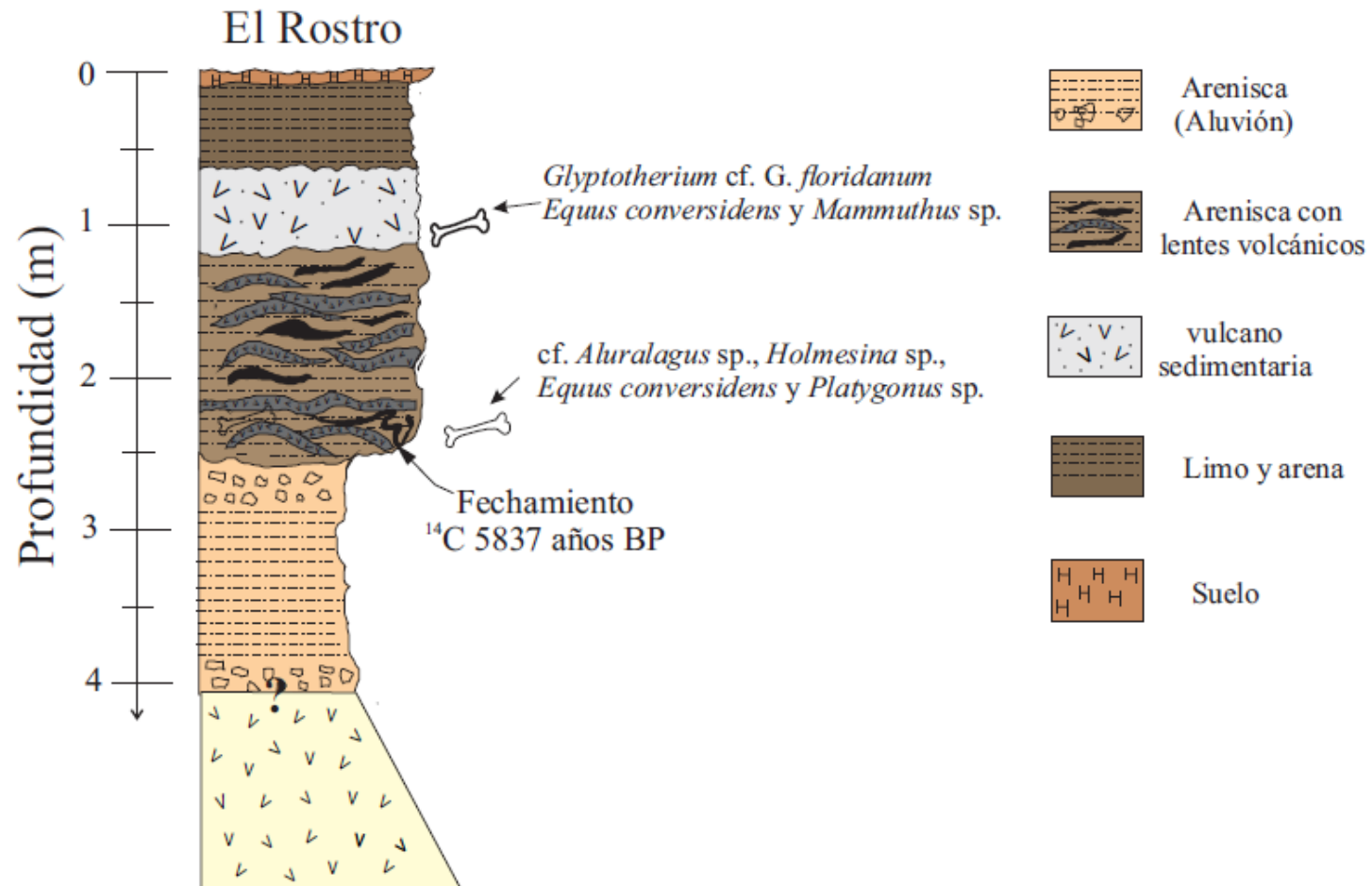


Figura 5.1. Columna El Rostro, en la cual se indica el fechamiento y el nombre de los fósiles encontrados por Mooser y Dalquest.

5.2 Interpretación mineralógica y magnética

La curva de la susceptibilidad magnética (k) (Figura 5.2) indican una alta concentración de minerales ferromagnéticos, esto depende entre otras cosas, de la actividad volcánica, la actividad fluvial y la erosión. En la gráfica de susceptibilidad de la columna Puente Amarillo se pueden diferenciar tres zonas. De acuerdo con la correlación estratigráfica, la edad asignada a esta columna corresponde a 5837 años BP. En la zona 1, se puede observar un valor constante alrededor de 0.94×10^{-5} SI, lo que indican que el acarreo de materiales ferromagnéticos fue muy escaso. La zona 2 presenta un incremento en los valores que van de 1.4 a 1.3×10^{-5} SI, que representa el intervalo fechado, sugiriendo un gran cambio en el aporte de sedimentos en el cauce, por una alta energía fluvial. En la zona 3 los valores disminuyen de 1.3 a 1.4×10^{-5} SI, mostrando un ambiente de baja actividad y posible sequía, por tanto, comienza un periodo de edafización que nos da como resultado la presencia de un suelo.

Los análisis petrográficos y de difracción de rayos X, no muestran minerales opacos, esto infiere que cada muestra contiene pequeñas concentraciones que no pueden ser identificadas con dichos análisis.

Se realizó una correlación gráfica de la susceptibilidad magnética y granulometría correspondientes a la columna El Puente Amarillo. En esta se puede observar una correlación lateral correspondientes a la zona 2 de la susceptibilidad con respecto a la granulometría, donde se observa un incremento en el porcentaje de las gravas, lo que nos indica un gran aporte de material por una alta energía fluvial para edades cercanas a los 5837 años BP.

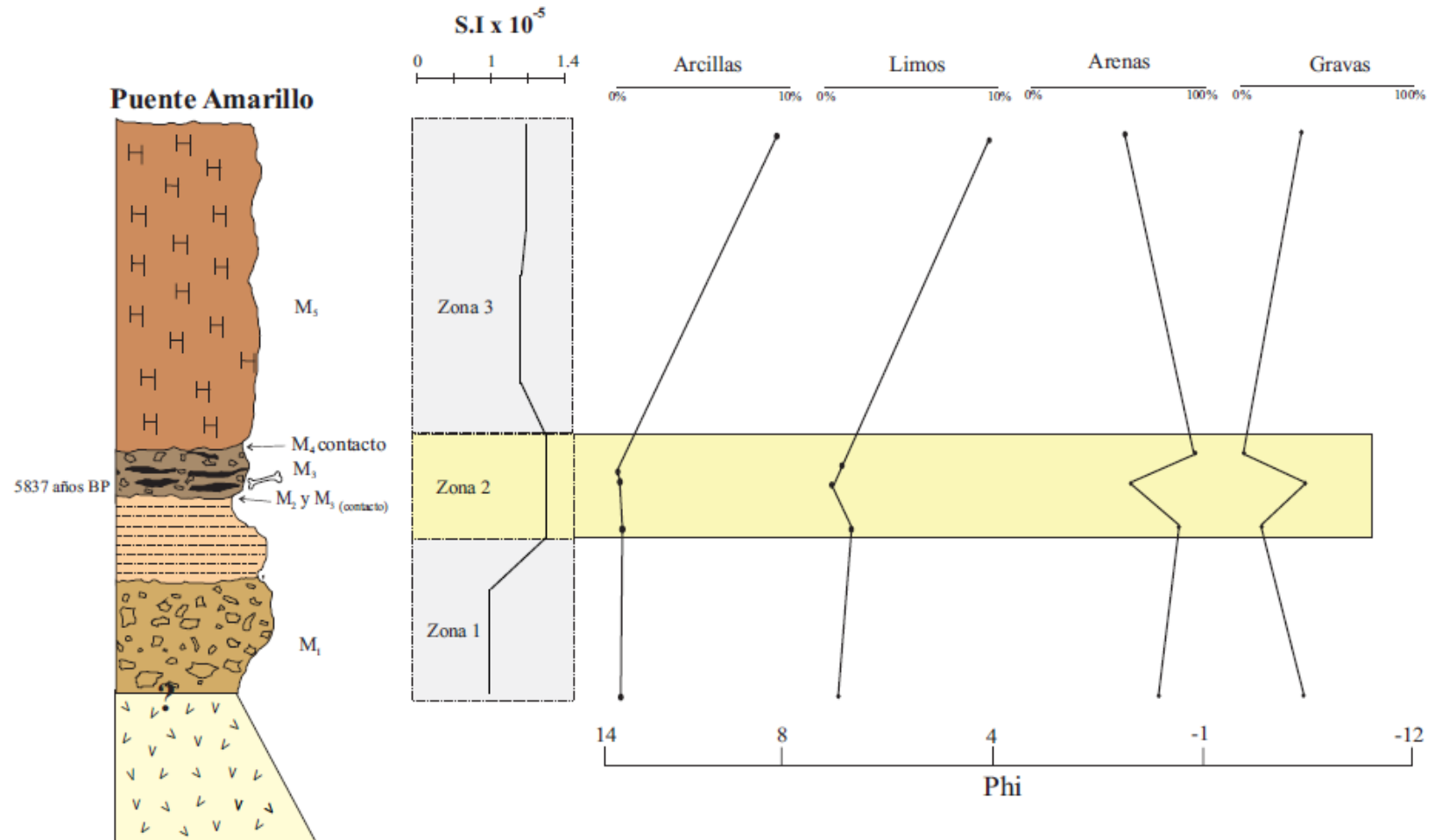


Figura 5.2. Correlación entre la litología de la cuenca, susceptibilidad magnética y granulometría de la columna El Puente Amarillo. Se puede observar los intervalos de alto acarreo de materiales y su correlación con materiales del tamaño de gravas.

5.3 Correlación estratigráfica

La estratificación se determinó con base en el espesor de las unidades, siguiendo la clasificación de Boggs (1995), donde los estratos son >1 cm de espesor. En el presente estudio los paquetes se diferenciaron por su color, tamaño y litología.

Dentro de estos sedimentos se han podido identificar varias unidades a lo largo de las columnas bajo diferentes características, mostrando cambios en el régimen de depositación. Las columnas Oso Hormiguero y Puente amarillo, son las que presentan una secuencia de estratos más completa. Para entender mejor la sedimentación de la región se planteó una posible extensión de la actividad fluvial hace 5837 años BP (Figura 5.3).

Las unidades están compuestas principalmente de gravas, arenas y limos. Para simplificar el análisis de los estratos se agruparon en cuatro unidades, suelos, ígneo extrusivo, sedimentario y vulcanosedimentario. Se puede observar una relativa correlación lateral entre las cuatro columnas estratigráficas (Figura 5.4). Ya que el único evento que abarca toda la cuenca sedimentaria es la de aluvión arcillo-arenoso de una edad de 5837 años BP, mientras que los demás estratos abarcan menos extensión a lo largo del cauce, las correlaciones realizadas se basaron en el fechamiento obtenido y su litología. La correlación se observa con más detalle en las secciones geológicas elaboradas con base en las columnas. Adicionalmente se construyeron dos secciones, la primera de las columnas El Oso Hormiguero y El Caracol (Figura 5.5), la segunda de El Puente Amarillo y El Rostro (Figura 5.6).

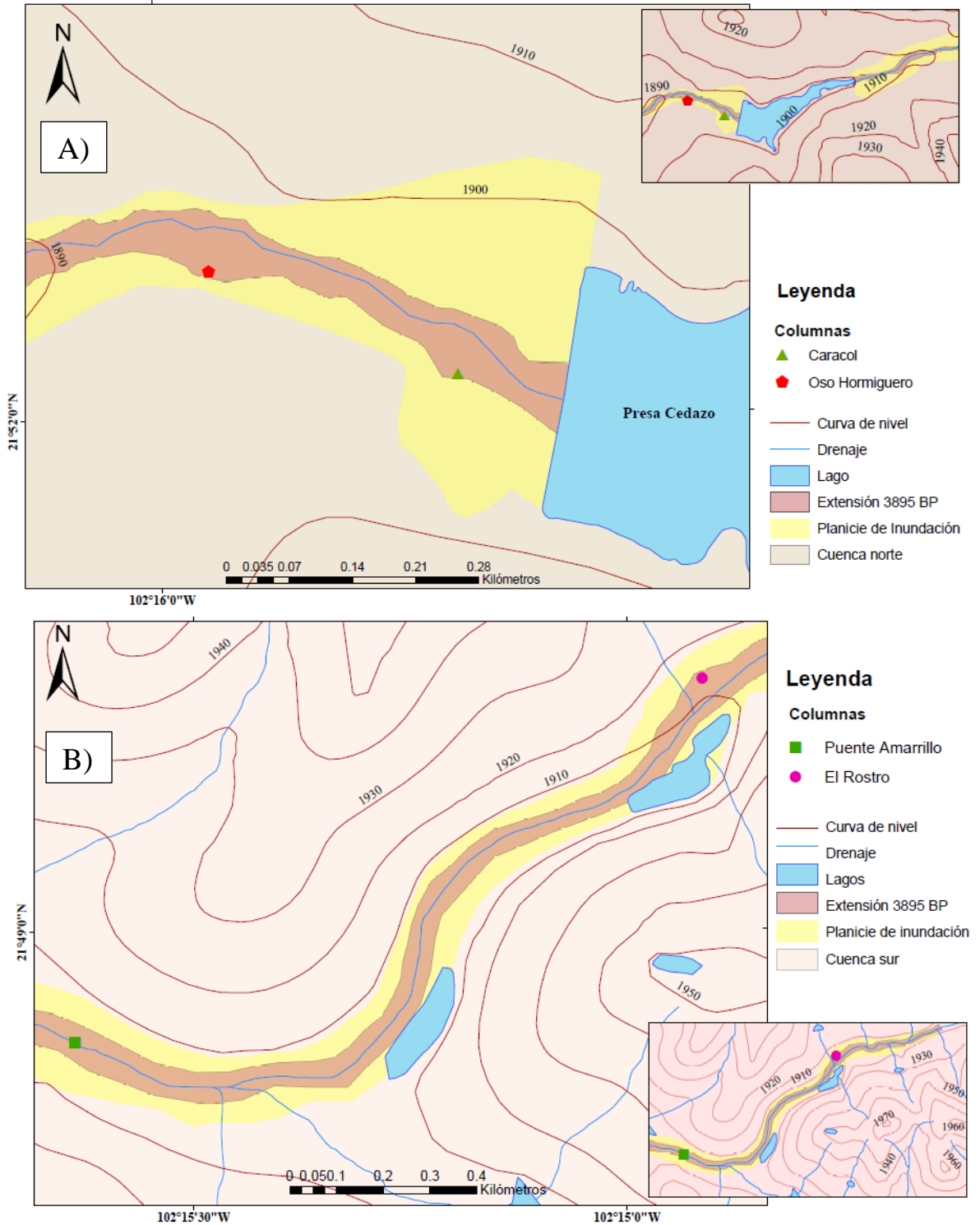


Figura 5.3. Reconstrucción hipotética de la posible extensión lateral del cauce principal para la edad de 3895 BP, así como su planicie de inundación. A) Extensión para la zona norte, columnas El Caracol y Oso Hormiguero B) Extensión para la zona sur, columnas Puente Amarillo y El Rostro.

Se estableció una correlación con el fechamiento obtenido por ^{14}C , que corresponde sólo a un estrato de la columna El Rostro. Las siguientes correlaciones fueron con base en su litología.

En el intervalo 5837 años cal BP de la columna El Rostro, presenta una estratificación intercalada donde se observa clastos mayores a 2 mm subangulosos a subredondeados intercalado por arenas y limos, esto se presenta cuando el drenaje aumenta su energía, capaz de transportar materiales más pesados posteriormente esta energía baja y deposita materiales más finos, este estrato está presente en las cuatro columnas, se distingue por un color café claro.

El estrato con lentes volcánicos y de materia orgánica (columna El Rostro y Puente Amarillo, Figura. 4.1), se presenta por condiciones variables, ya sea por el aporte de material y la energía hidráulica, estos están dentro de una matriz arenosa de color pardo, en el cual se encontró fósiles de cf. *Aluralagus* sp., *Holmesina* sp., *Equus conversidens* y *Platygonus* sp., este estrato se correlaciona con la columna El Puente amarillo, con una notable diferencia de espesor, posiblemente debida a la erosión o a la topografía del lugar. El estrato vulcanosedimentario (columna El Caracol y Oso Hormiguero, Figura 4.1), se caracteriza por ceniza volcánica y arena de color gris, en el cual se encontraron fósiles de *Equus conversidens*, *Mammuthus* sp. y *Glyptotherium* cf. *G. floridanum*, los cuales se cree fueron transportados y depositados por la actividad fluvial, este estrato se correlaciona con las columnas El Oso Hormiguero y El Caracol. El siguiente estrato limo-arenoso (columna El Rostro), es indicativo de poca energía fluvial, este estrato no se localiza en las otras columnas, esto debido a la geomorfología del lugar. El suelo de la columna Puente Amarillo, se caracteriza por su abundancia en arenas y limos, de color marrón oscuro, con escasa presencia

de materia orgánica. está presente en la columna El Puente Amarillo, en el cual presenta un mayor espesor. La ausencia de este estrato en la columna Oso Hormiguero y El Caracol, se debe a la actividad antropogénica por la construcción del Parque El Cedazo. En esta zona se colocaron figuras de tamaño real de los fósiles encontrados.

Se obtuvieron dos columnas madre a partir de las secciones geológicas, estas se compararon con la columna preliminar realizada por Montellano, 1992 (Figura 5.7). Montellano describe cuatro unidades litológicas, para la base la asigna como arenisca, la segunda unidad arenisca tobácea con cuerpos lenticulares de conglomerado, en esta unidad se localizaron los fósiles de *Equus conversidens.*, cf. *Aluralagus* sp., *Holmesina* sp y *Platygonus* sp. la tercera unidad como arenisca de grano fino y ceniza volcánica, para esta unidad se localizaron los fósiles del *Glyptotherium* cf. *G. floridanum*, *Equus conversidens* y *Mammuthus* sp. y la cuarta la describe como limo arenoso. En las columnas descritas se obtuvieron ocho unidades litológicas, de las cuales, cuatro tienen correlación con la descrita por Montellano.

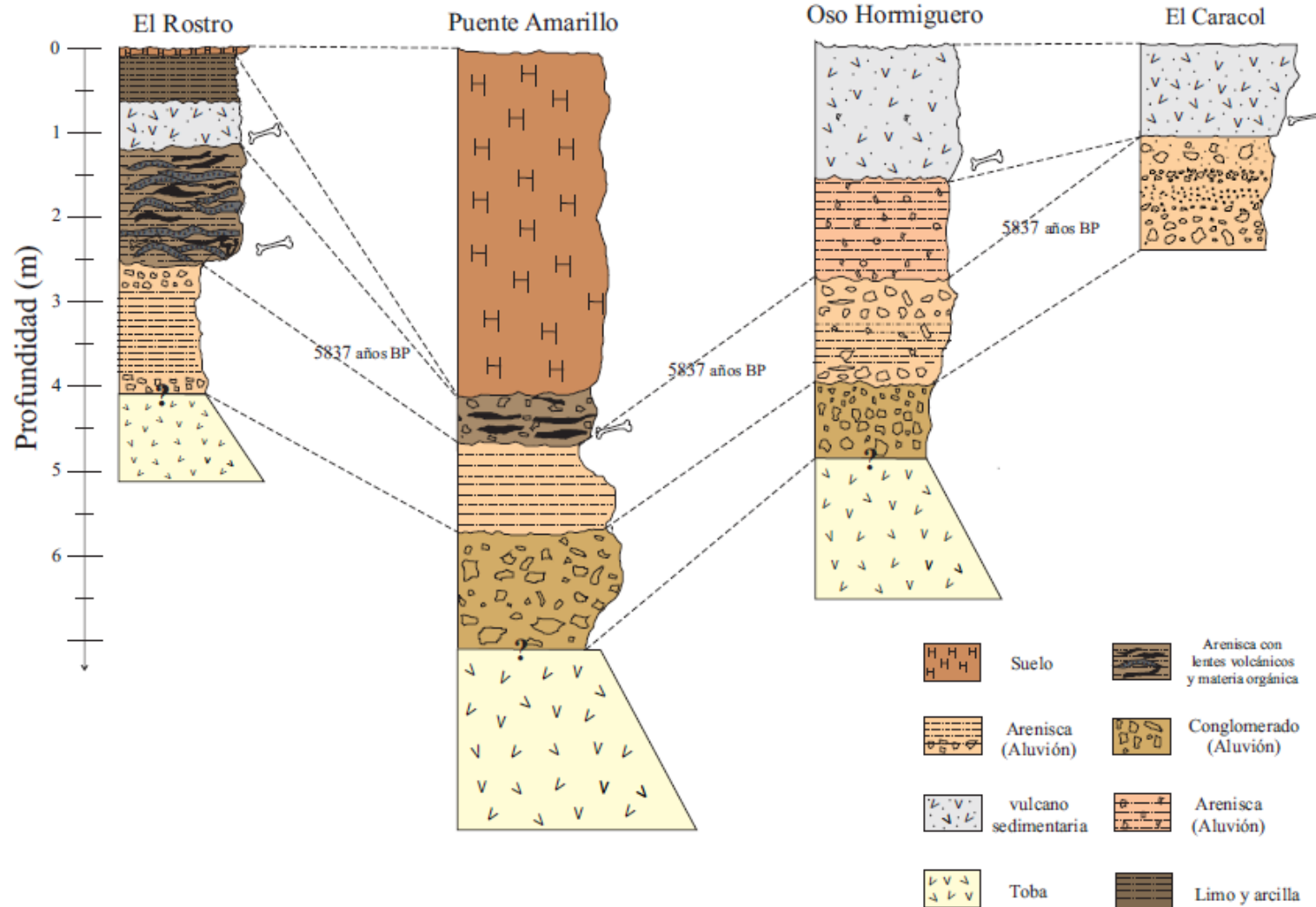


Figura 5.4. Correlación estratigráfica de los sitios analizados de la región El Cedazo y su relación con el tiempo (ubicación de los fósiles encontrados).

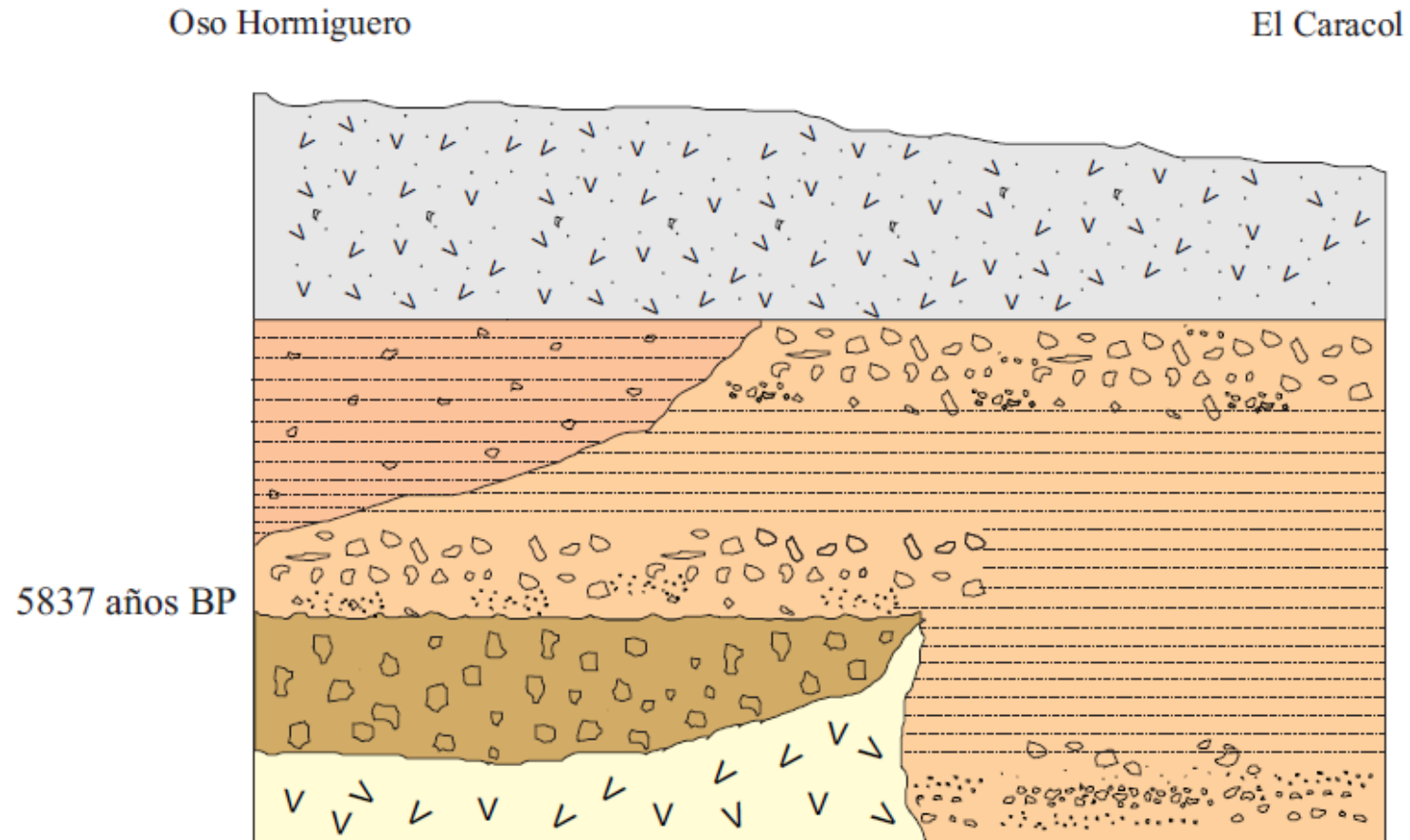


Figura 5.5. Sección geológica de las columnas Oso Hormiguero y El Caracol

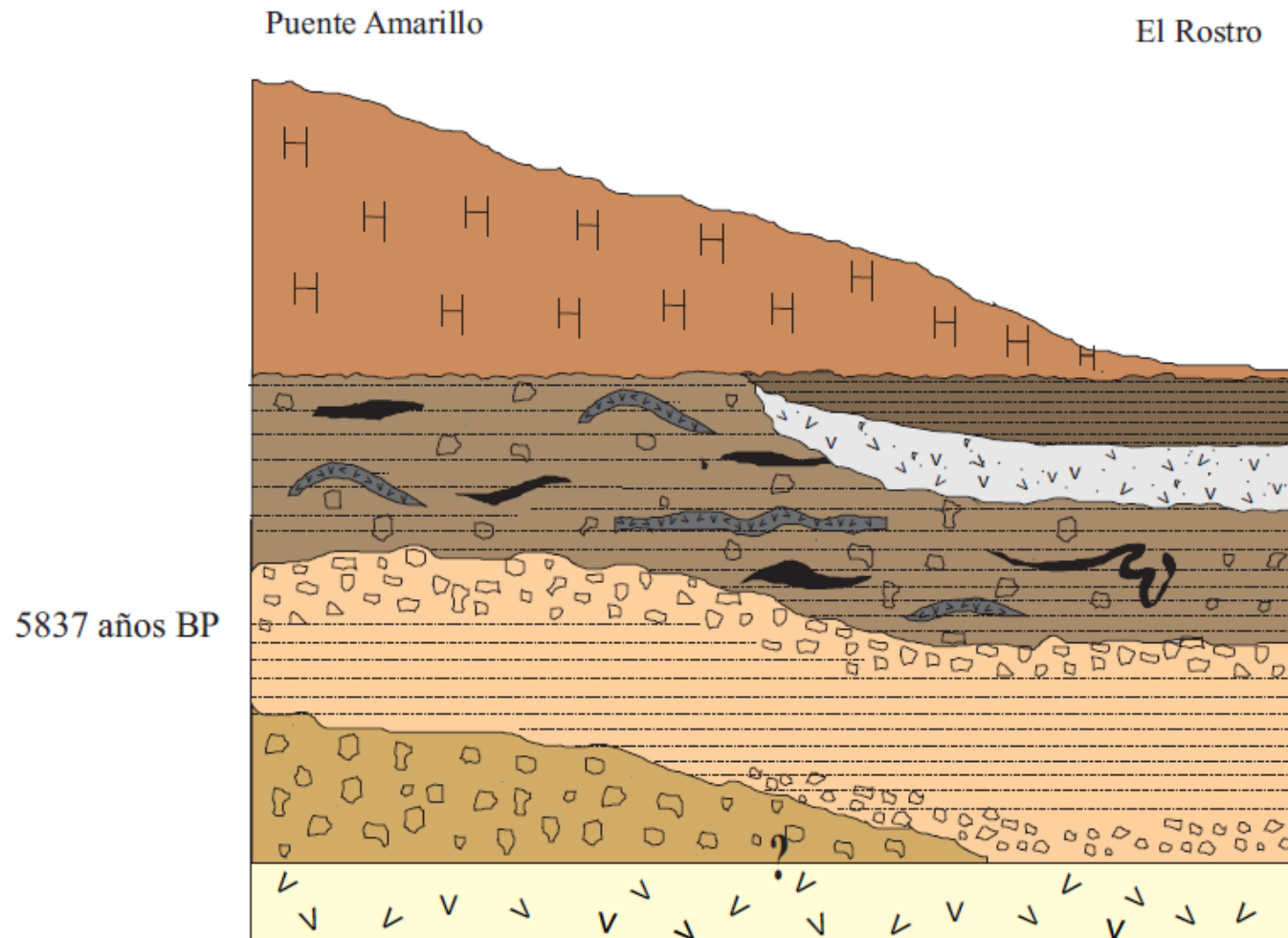


Figura 5.6. Sección geológica de las columnas Puente Amarillo y El Rostro

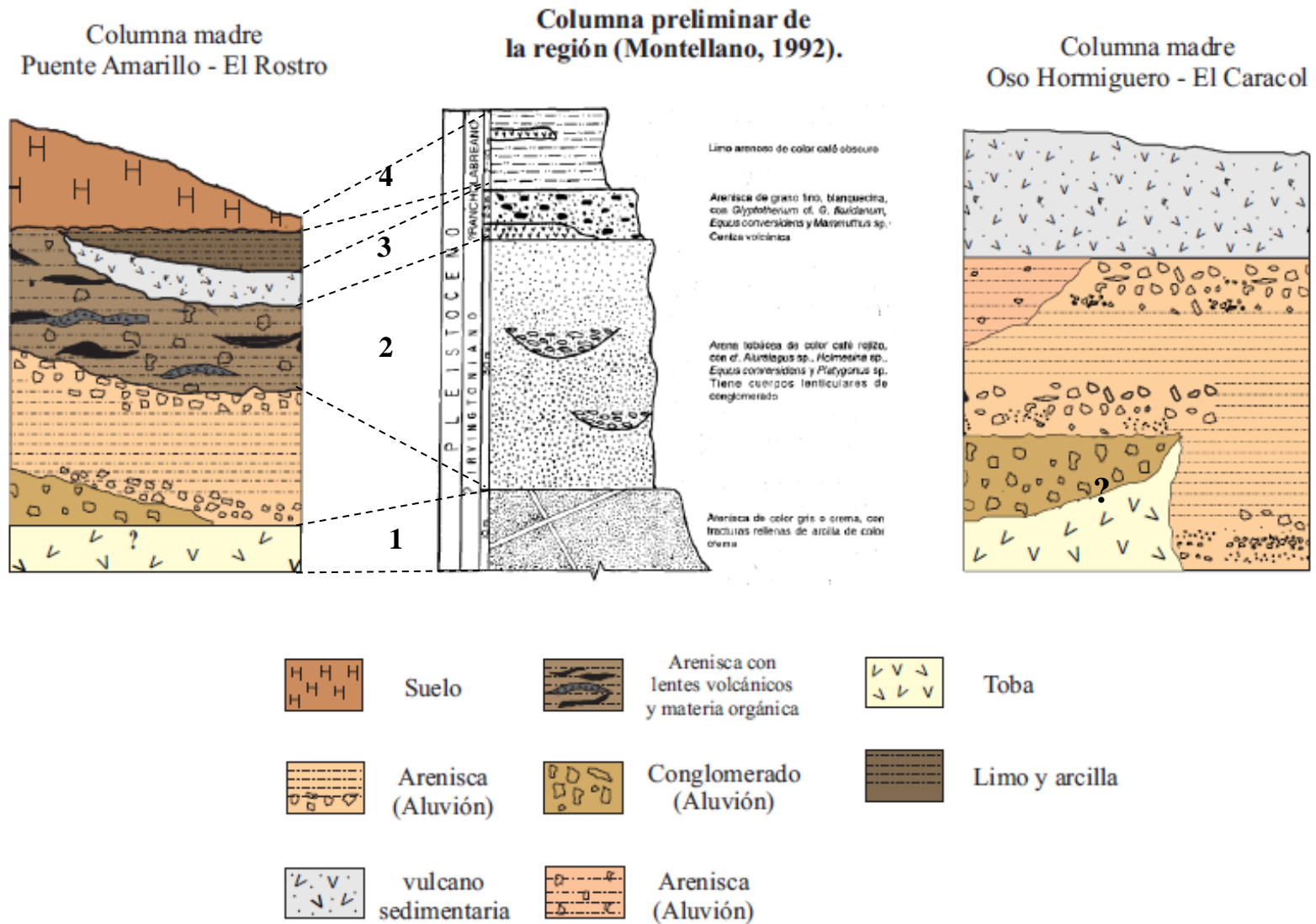


Figura 5.7. Comparación de la columna descrita por Montellano y las columnas descritas en El Cedazo.

5.4 Interpretación paleoambiental y paleoclimático

Con base al fechamiento obtenido de 5837 años BP, se realizó una interpretación paleoambiental haciendo una correlación con otros trabajos que corresponden al Holoceno superior.

Para centro de México, en el paleolago Las Cruces, SLP, (Figura 5.8) se tiene registrado en un intervalo de 8000 a 5000 años BP, un ambiente caracterizado por concentraciones arriba del promedio de Ti y baja en Ca, a su vez una baja en la susceptibilidad magnética, indicando un acarreo bajo de sedimentos, para esta temporalidad nos indica una precipitación, teniendo un clima de subhúmedo a seco (Roy et al., 2013). Existe una buena correlación con la estratigrafía realizada en Rincón de Parangueo, Guanajuato, para el intervalo de 5700 a 2700 años BP, la disminución de CaO y los aumentos leves pero regulares en los indicadores de evaporación, Na₂O, Cl y SO₃., indicando una baja precipitación, causando que el lago se desecara, es una evidencia de un clima más seco (Park, et al., 2009). Entre 7400 y 4700 años BP, en Zacapu se reporta un clima semiseco templado, mientras que para Cuitzeo el patrón climático presenta una tendencia hacia un clima templado subhúmedo (Israde et al., 2010).

Los resultados de los trabajos anteriores tienen una correlación con el estrato del cual se obtuvo el fechamiento, esto se ve reflejado en alta concentración de terrígenos de gran tamaño y materia orgánica, lo que nos indica una alta energía fluvial debido a una precipitación moderada para el Holoceno superior. Por lo que en términos generales se puede decir que el clima para la porción centro norte del país aproximadamente hace 5800 años BP era subhúmedo a semiseco, posiblemente asociado con el movimiento al norte de la zona de convergencia intertropical.

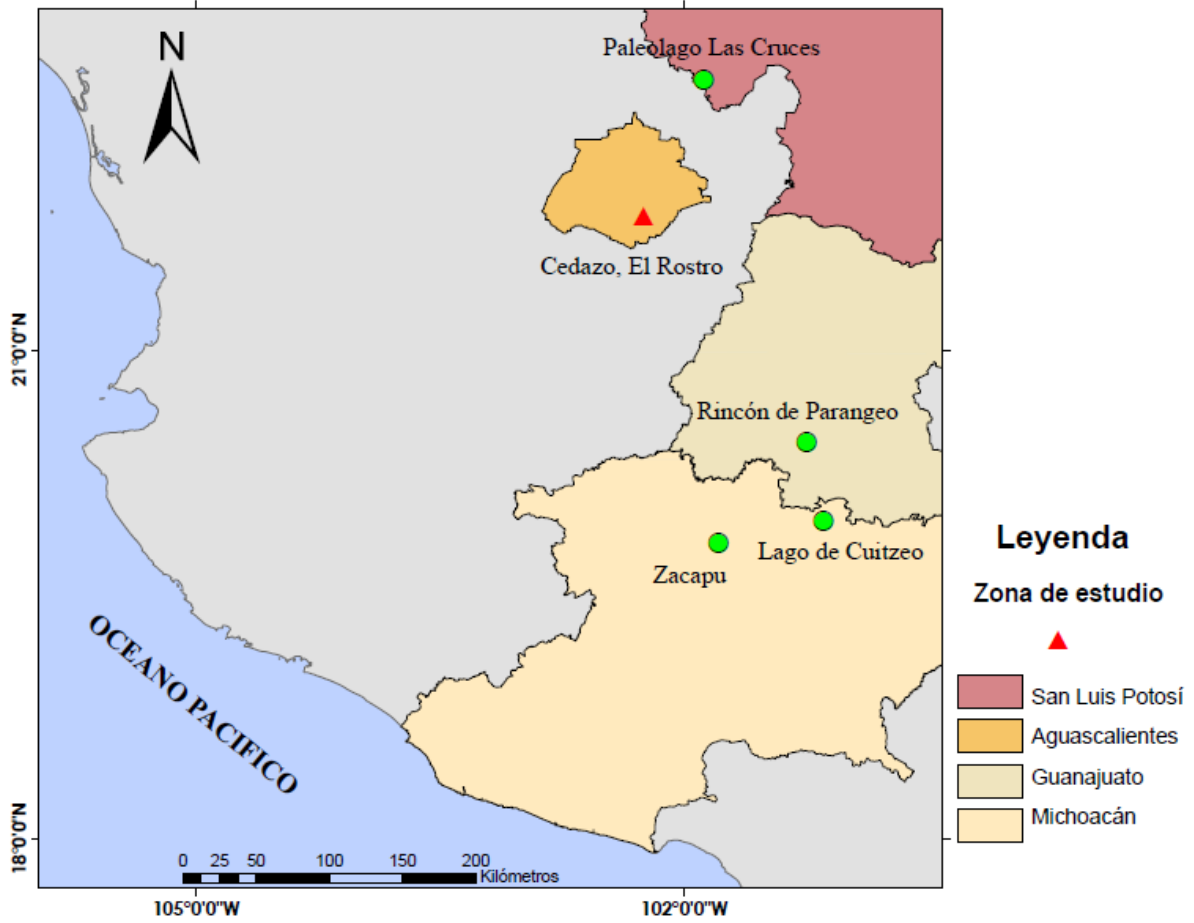


Figura 5.8. Mapa en donde se indican los estudios paleoclimaticos y paleoambientales realizados en el centro-norte del país.

6 Conclusiones

En el presente estudio se realizó análisis de sedimentos de las columnas levantadas en la región El Cedazo ubicado en el estado de Aguascalientes, México. Se realizaron estudios sedimentológicos, mineralógicos y magnéticos, para establecer una interpretación geológica. La importancia de este estudio radica en que presenta información más detallada sobre la columna descrita como Montellano, 1992, ya que esta fue descrita desde un punto paleontológico.

- A partir del reconocimiento de campo, se describieron cuatro columnas estratigráficas, dos ubicadas dentro del Parque el Cedazo y las otras dos al sur.
- Con base a una muestra obtenida de los lentes de materia orgánica de la columna El Rostro, se realizó un fechamiento por el método de radiocarbono, pudiendo asignar una edad a esta unidad. La edad estimada para esta unidad es de ca. 5837 años cal BP.
- De los análisis de sedimentos obtenidos de cada estrato, se realizaron estudios sedimentológicos y estratigráficos, los cuales nos permitieron describir los eventos ocurridos en la secuencia estratigráfica en términos de características texturales, granulometría y estructuras sedimentarias, permitiendo conocer el aporte de terrígenos y depósitos volcánicos.
- Se definieron cuatro unidades litológicas, la base de las columnas como una toba volcánica de origen extrusivo, una unidad sedimentaria que corresponde a aluvión, una unidad vulcanosedimentaria de ceniza volcánica y arena, la cuarta unidad definida como un suelo compuesta en su mayoría por limo y arena.

- La unidad vulcanosedimentaria se divide en dos, el estrato con lentes volcánicos en una matriz arenosa, el cual solo está registrado en la columna Puente Amarillo y El Rostro, mientras que depósito de ceniza volcánica con arena está registrado en las columnas El Oso Hormiguero y El Caracol.
- Las partículas detríticas encontradas en el aluvión presentan características típicas de un depósito que ha sido acarreado por una alta energía, ya que las partículas van de subangulosas a subredondeadas.
- En el intervalo de 5837 años cal BP en adelante, se observó una estratificación intercalada, esta característica es típica de un aumento/disminución de energía del cauce fluvial de la zona.
- Las unidades litológicas descritas paleontológicamente por Mooser y Dalquest, tienen pocas diferencias a las descritas en este estudio, lo que confirma la litología de la región.
- Se pudo realizar una correlación de la susceptibilidad magnética y granulometría obtenida de la columna El Puente Amarillo.
- La correlación de susceptibilidad magnética y granulometría, muestran una correlación aceptable para una edad de años BP, lo que nos indica un gran aporte de materia y la presencia de minerales magnéticos correspondientes a los lentes volcánicos.
- Los análisis de Difracción de rayos X, permitieron determinar minerales que no se observaron en las secciones delgadas.
- El análisis de las secciones delgadas identificó minerales presentes en todas las muestras analizadas, como el cuarzo, plagioclasa y minerales arcillosos.

- Los hiatos encontrados en la columna El puente Amarillo fue por la diferencia geomorfológica que hay entre la zona donde están ubicadas las columnas dentro del parque El Cedazo.
- Los hiatos encontrados en la columna El Caracol, fueron producidos por la erosión y la actividad antropogénica dentro del parque El Cedazo.
- La columna El Oso Hormiguero, es la más completa de las cuatro levantadas.
- Los fósiles encontramos corresponden a una edad Pleistocénica, que no corresponde al fechamiento obtenido de esa unidad, lo que nos indica que los fósiles fueron acarreados y depositados.
- Con base al fechamiento obtenido se pudo realizar una correlación con otros estudios de carácter paleoambiental, el cual determinó que para la edad de 5837 años BP, el ambiente fue húmedo con alta presencia de flora y fauna.

7 Literatura citada

Aguascalientes, (2019), *Gobierno del Estado de Aguascalientes*.Departamento

Administrativo Obtenido de Hidrografía:

<http://www.aguascalientes.gob.mx/estado/hidrografia.html>

Alberdi, M. T., Arroyo Cabrales, J., Martín Leyva, A. H., y Polaco, O. J., (2014) "Study of Cedral Horses and their place in the Mexican Quaternary", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 31, No. 2, p. 221-237.

Aranda Gómez., (1989), "Geología preliminar del graben de Aguascalientes", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 8. No. 1, p. 22-32.

Arche A., (2010), "Sedimentología Del proceso físico a la cuenca sedimentaria", es A. Arche, Madrid, p. 308-350.

Barboza Gudiño, J. R., Hoppe, M., Gómez Anguiano, M., y Martínez Macías, P. R., (2004), "Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 21, No. 3, p. 299-319.

Barrón Ortiz, C. R., de la Riva Hernández, G., y Barrón Corvera, R., (2008),

"Morphometric analysis of equid cheek teeth using a digital image processor: a case study of the Pleistocene Cedazo local fauna equids, Mexico", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 25, No. 2, p. 334-345.

- Bernal, J. P., Beramendi Orosco, L. E., Lugo Ibarra, K. C., y Walter Daesslé, L., (2010), "Revisión a algunos geocronómetros radiométricos aplicables al Cuaternario", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 62, No. 3, p. 305-323.
- Boggs S., (1995), "Principles of sedimentology and stratigraphy". Second Edition. Prentice Hall Inc. 107 pp. New York.
- Blau, J., Meister, C., Schmidt Effing, R., y Villaseñor, A. B., (2008), "A new fossiliferous site of Lower Liassic (Upper Sinemurian) marine sediments from the southern Sierra Madre Oriental (Puebla, México): ammonite fauna, biostratigraphy, and description of *Ectocentrites hillebrandti* new species", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 25, No. 3, p. 402-407.
- Campa, M. F., y Coney, P. J., (1983), "Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico", *NRC Research Press Journals*, p. 1040-1051.
- Centeno García, E., Mendoza Rosales, C. C., y Silva Romo, G., (2009), "Sedimentología de la Formación Matzitzi (Peleozoico superior) y significado de sus componentes volcánicos, región de Los Reyes Metzontla-San Luis Atlotitlán, Estado de Puebla", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 26, No. 1, p. 18-36.
- Ferrari, L., (2000), "Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol .LIII, p. 84-92.
- Ferrari, L., Valencia Moreno, M., y Bryan, S., (2005), "Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de

Norteamérica" *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. LVII, No. 3, 343-378.

INEGI., (1981), "*Síntesis geográfica de Aguascalientes*", México, D.F.

INEGI., (1993), "*Estudio hidrológico del estado de Aguascalientes*", Aguascalientes:

INEGI.

INEGI. (2002-2007), *Mapa digital de México*. Obtenido de Suelos 1:250000:

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjZlZlMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmM0MDV8YzQwOHxjNDEz&layers=c405,c408,c413>

INEGI. (2016), "*Anuario estadístico y geográfico de Aguascalientes 2016*",

AGUASCALIENTES.

Israde Alcántara , I., Velázquez Durán , R., Lozano García , M. S., Bischoff, J., Domínguez

Vázquez, G., y Garduño Monroy, V., (2010), "Evolución Paleolimnológica del Lago de Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno-Holoceno", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. 62, No. 3, p. 345-357.

Longoria, J., (1977), "Bioestratigrafía del cretácico superior basada en foraminíferos planctónicos", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 1, No. 1, p. 10-22.

Maximov Gajardo, S. A. (2008), "*Análisis calorimétrico y de difracción de rayos x de aleaciones base cobre, obtenidas por aleado mecánico*", Santiago de Chile.

Miranda Avilés, R., Puy Alquiza, M. J., y Caudillo González, M. (2009), "Evidencias estratigráficas y geoquímicas de la variación temporal de sedimentos naturales y

antropogénicos en la planicie aluvial del río Guanajuato" *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 26, No. 3, p. 564-574.

Montellano Ballesteros, M., (1992), "Una edad del Irvingtoniano al Rancholabreano para la fauna Cedazo del estado d Aguascalientes" *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 9, No. 2, p. 195-203.

Mooser, O., (1980), "PLEISTOCENE FOSSIL TURTLES FROM AGUASCALIENTES, STATE OF AGUASCALIENTES", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol 4, No. 1, p. 63-66.

Nieto Samaniego, Á. F., Alaniz Álvarez, S. A., y Camprubí í Cano, A., (2005), "La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, Vol. LVII, No. 3, p. 285-318.

Nieto Samaniego, Á. F., Alaníz Álvarez, S. A., y Labarthe Hernández, G., (1997), "La deformación Cenozoica Poslaramídica en la parte meridional de la Mesa Central", México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 14, No. 1, p. 13-25.

Olóriz, F., Villaseñor, A. B., y López Palomino, I., (2008), "Middle Oxfordian ammonite biostratigraphy of the Lower Santiago Formation at Tamán, San Luis Potosí", México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol 25, No. 2, p. 261-283.

Park, J., Byrne, R., Böhnelt, H., Molina Garza, R., y Conserva, M., (2009), "Holocene climate change and human impact, central Mexico: a record based on maar lake pollen and sediment chemistry", ELSEVIER, p. 618-632.

Pérez Crespo, V. A., Sánchez Chillón, B., Arroyo Cabrales, J., Alberdi, M. T., Polaco, O. J., Santos Moreno, A., y Cienfuegos Alvarado, E., (2009), "La dieta y el hábitat del

mamut y los caballos del Pleistoceno tardío de El Cedral, con base en isótopos estables", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol 26, No. 2, p. 347-355.

Ramos, E. L., (1993), "*Geología general de México*", Trillas.

Reynoso Rosales, V. H., y Montellano Ballesteros, M., (1994), "Revisión de los équidos de la fauna Cedazo del Pleistoceno de Aguascalientes", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol 11, No. 1, p. 87-105.

Robles Camacho, J., Corona Chávez, P., Morales Gámez, M., Fabiola Guzmán, A., J.

Polaco, O., Dominguez Vázquez, G., y Oliveros Morales, A., (2010), "Estratigrafía y paleoambiente asociados a un Gomphoteriidae (*Cuvieronius hyodon*) en Tzintzuntzan, Michoacán", México, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 27, No. 3, p. 530-544.

Roy, P. D., Navarrete Rivero, A., López Balbiaux, N., Pérez Cruz, L. L., Metcalfe, S. E., Sankar, G. M., y Sánchez Zavala, J. L., (2013), "A record of Holocene summer-season paleohydrological changes from the southern margin of Chihuahua Desert (Mexico) and possible forcings", *The Holocen*, Vol 23, No. 8, p. 1105-1114.

SGM., (Septiembre de 1998), *Servicio Geológico Mexicano*. Obtenido de SGM:

https://mapserver.sgm.gob.mx/Cartas_Online/geologia/64_F13-9_GM.pdf

Sotelo Rodríguez, A., (2010), "Reconocimiento geológico sobre factibilidad de fallas", En A. Sotelo Rodríguez, *Estudio geológico y geotécnico sobre factibilidad de fallas* (pág. 8), Aguascalientes.

Tristán González, M., y Torres Hernández, J. R., (1994), "Geología de la Sierra de Charcas, estado de San Luis Potosí", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Vol. 11, No. 2, p. 117-138.

Wentworth C., 1992, "A scale og grade and class terms for clastic sediments", *Journal of Geology*, Vol. 30, p. 377-392

8 Anexos

8.1 Datos digitales

Se construyó una base de datos digitales, que consta de fotografías de las distintas columnas levantadas. Esto nos permitió tener un testigo de cómo se encontraron las columnas, lo cual nos permitirá observar algunas características, como color, tipo de estratificación etc.

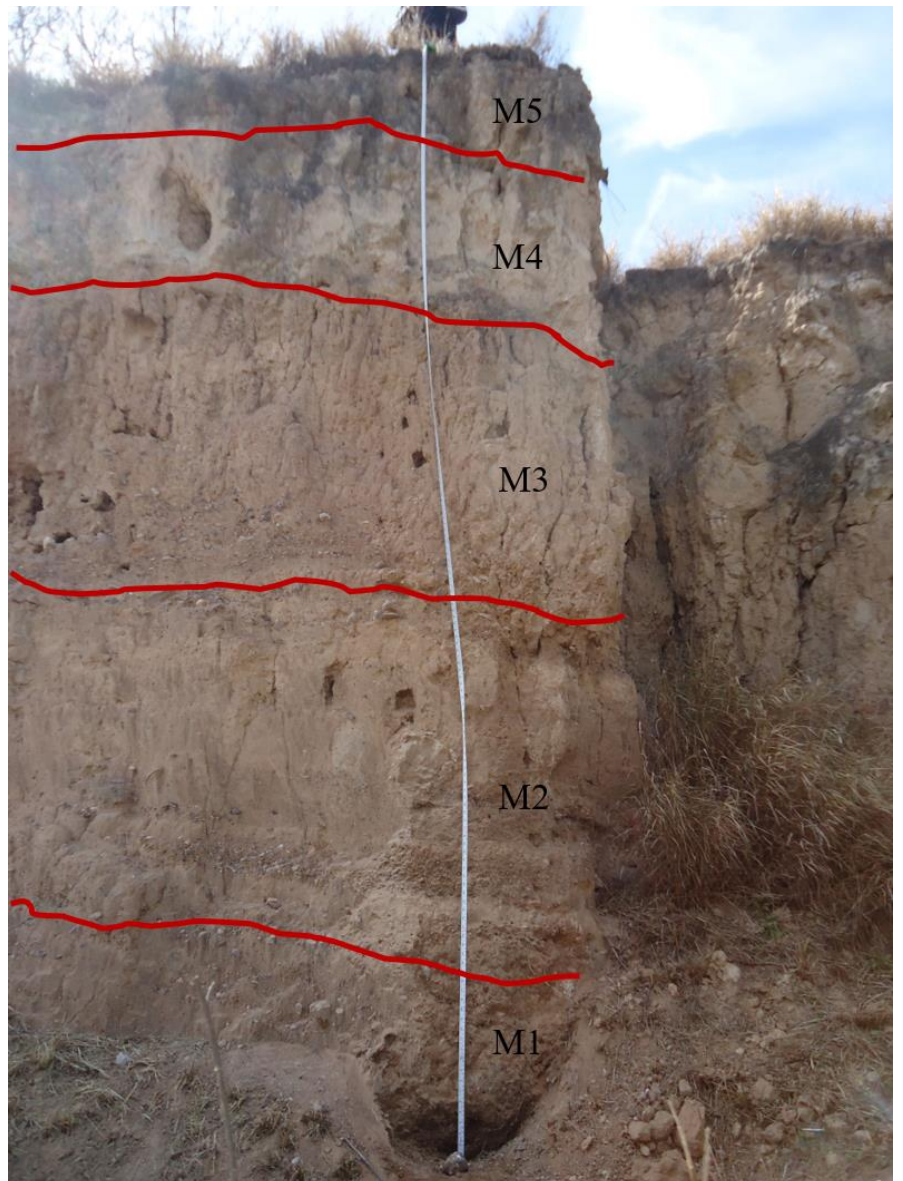


Figura 8.1. Columna Oso Hormiguero

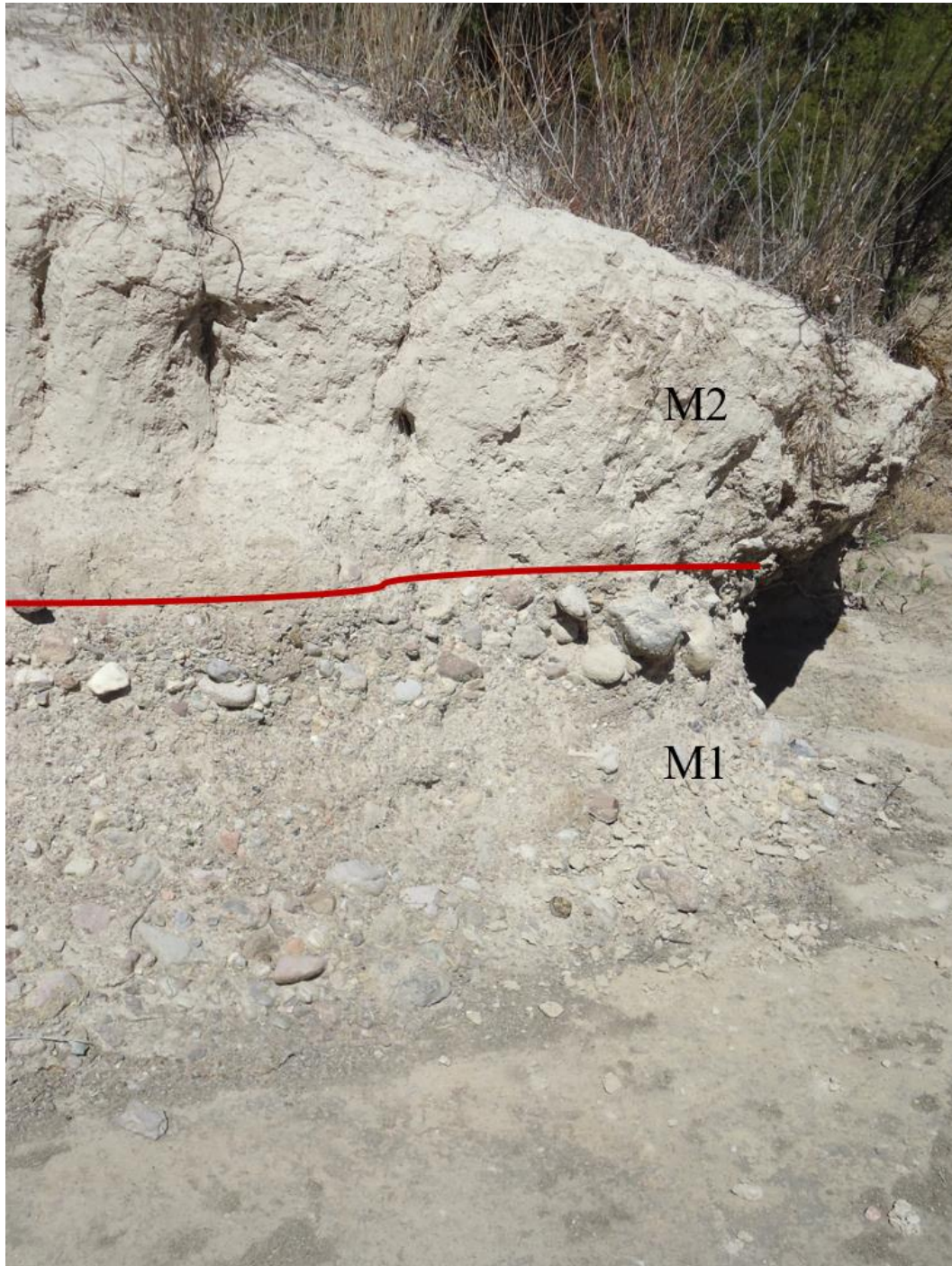


Figura 8.2. Columna El Caracol

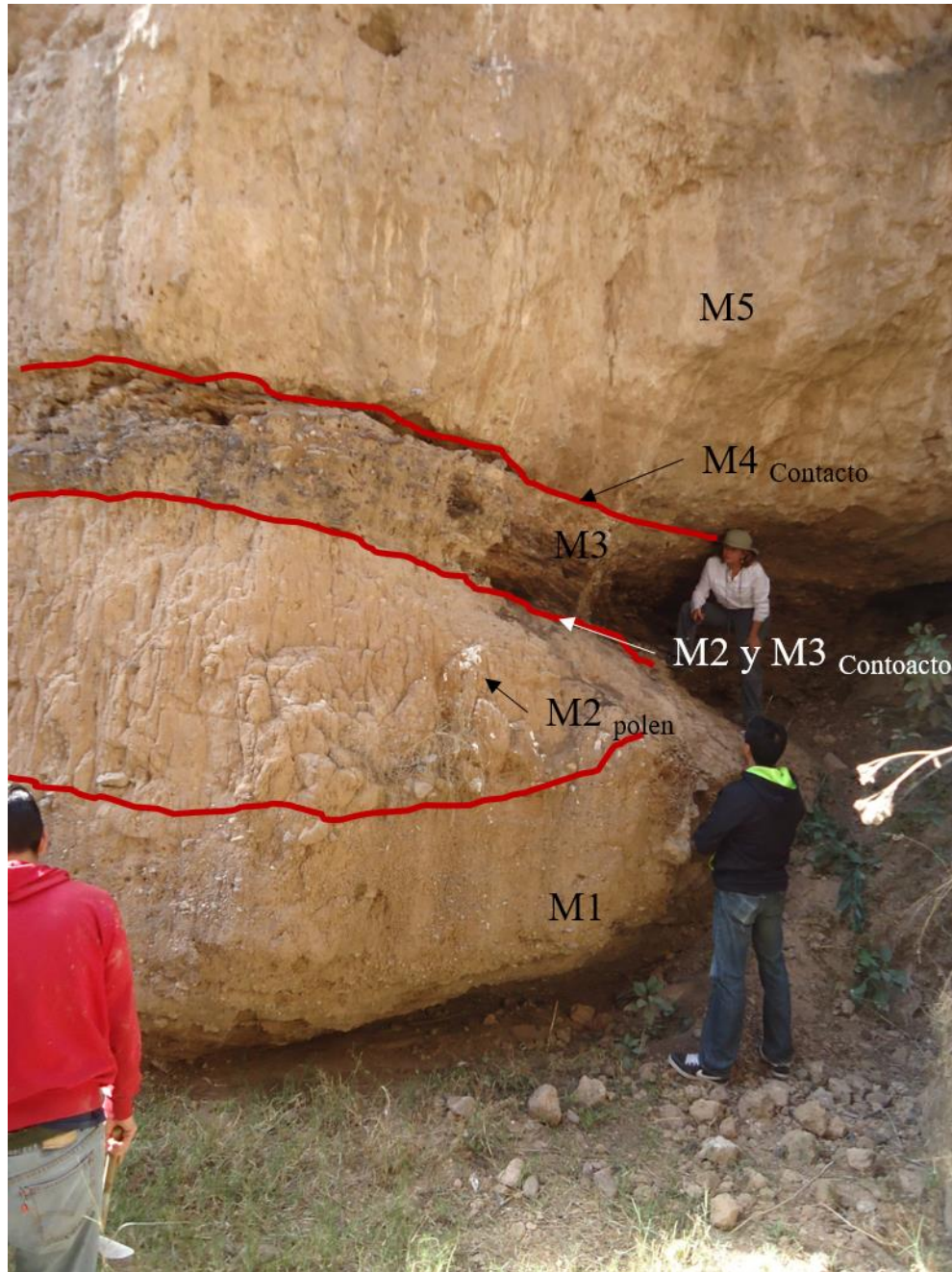


Figura 8.3. Columna El Puente Amarillo

8.2 Grafica granulométrica

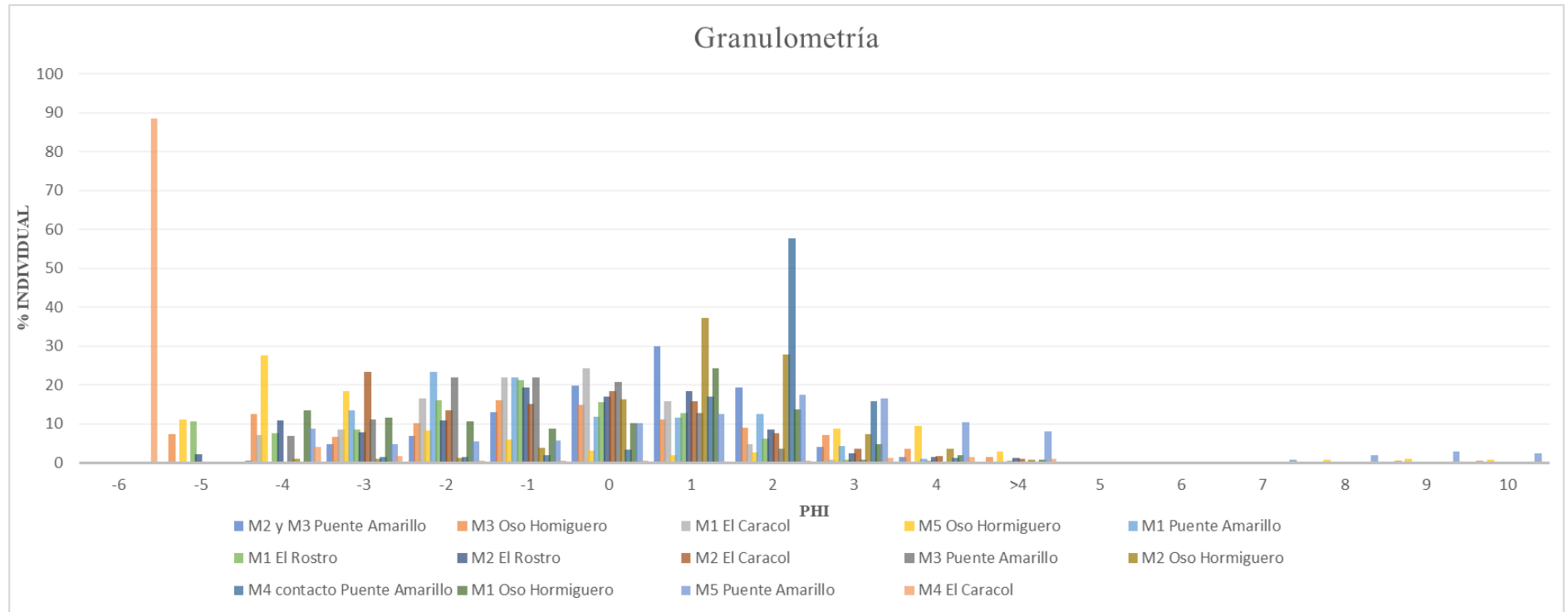


Figura 8.4 Grafica granulométrica de los porcentajes individuales de cada muestra.

8.3 Tablas de datos base para granulometría

Oso Hormiguero				
	Arcilla	Limo	Arena	Grava
Muestra	%			
1	0.66	1.99	61.69	35.65
2	0.69	3.57	65.76	31.69
3	1.38	3.63	58.34	36.65
4	0.82	1.64	2.95	94.6
5	2.53	9.69	22.37	65.41

Tabla 8.3. Datos base para las muestras de la columna Oso Hormiguero

Puente Amarillo				
	Arcilla	Limo	Arena	Grava
Muestra	%			
1	0.19	0.96	62.09	36.76
2	0.3	1.54	85.8	12.35
3	0.24	0.41	59.47	39.88
4	0.13	1.25	95.78	2.83
5	7.25	11.35	62.37	19.03

Tabla 8.4. Datos base para las muestras de la columna Puente Amarillo

8.4 Características texturales

En las siguientes tablas se muestran las características texturales de los sedimentos de las columnas Puente Amarillo y El Oso Hormiguero

Puente Amarillo												
Muestra	Morfología				Forma	Características superficiales				Fábrica o empaque	Clasificación	Madurez
	Esfericidad		Redondez			Traslu.	Opa.	Estri.	Puli.			
	Baja	Alta	Baja	Alta								
M1	x		Subredondeado		Discoidal		x			Concavo-convexo	Moderadamente	Maduro
M2-M3 cont.	x		Subredondeado		Discoidal		x			Concavo-convexo	Escasamente	Submaduro
M3 (C.N)	x		Subredondeado		Discoidal		x			Lineal	Bien	Maduro
M4	x		Subredondeado		Equidimensional		x			Puntual	Bien	Maduro
M5		x	Subredondeado		Esférico		x			Saturado	Moderadamente	Maduro

Tabla 8.5. Características texturales de la columna El Puente Amarillo

Oso Hormiguero												
Muestra	Morfología					Características superficiales				Fábrica o empaque	Clasificación	Madurez
	Esfericidad		Redondez		Forma	Traslu.	Opa.	Estri.	Puli.			
	Baja	Alta	Baja	Alta								
Mbase	x			Muy anguloso	Tabular			x		Saturado	Escasamente	Submaduro
M1	x		Subredondeado		Discoidal		x			Concavo-convexo	Escasamente	Submaduro
M2	x		Subanguloso		Equidimensional		x			Lineal	Moderadamente	Maduro
M3	x		Subredondeado		Equidimensional		x			Saturado	Escasamente	Submaduro
M4	x		Subredondeado		Elipsoidal		x			Saturado	Moderadamente	Maduro
M5		x	Subredondeado		Esférico		x			Saturado	Bien	Maduro

Tabla 8.6. Características texturales de la columna El Oso Hormiguero

8.5 Difractogramas

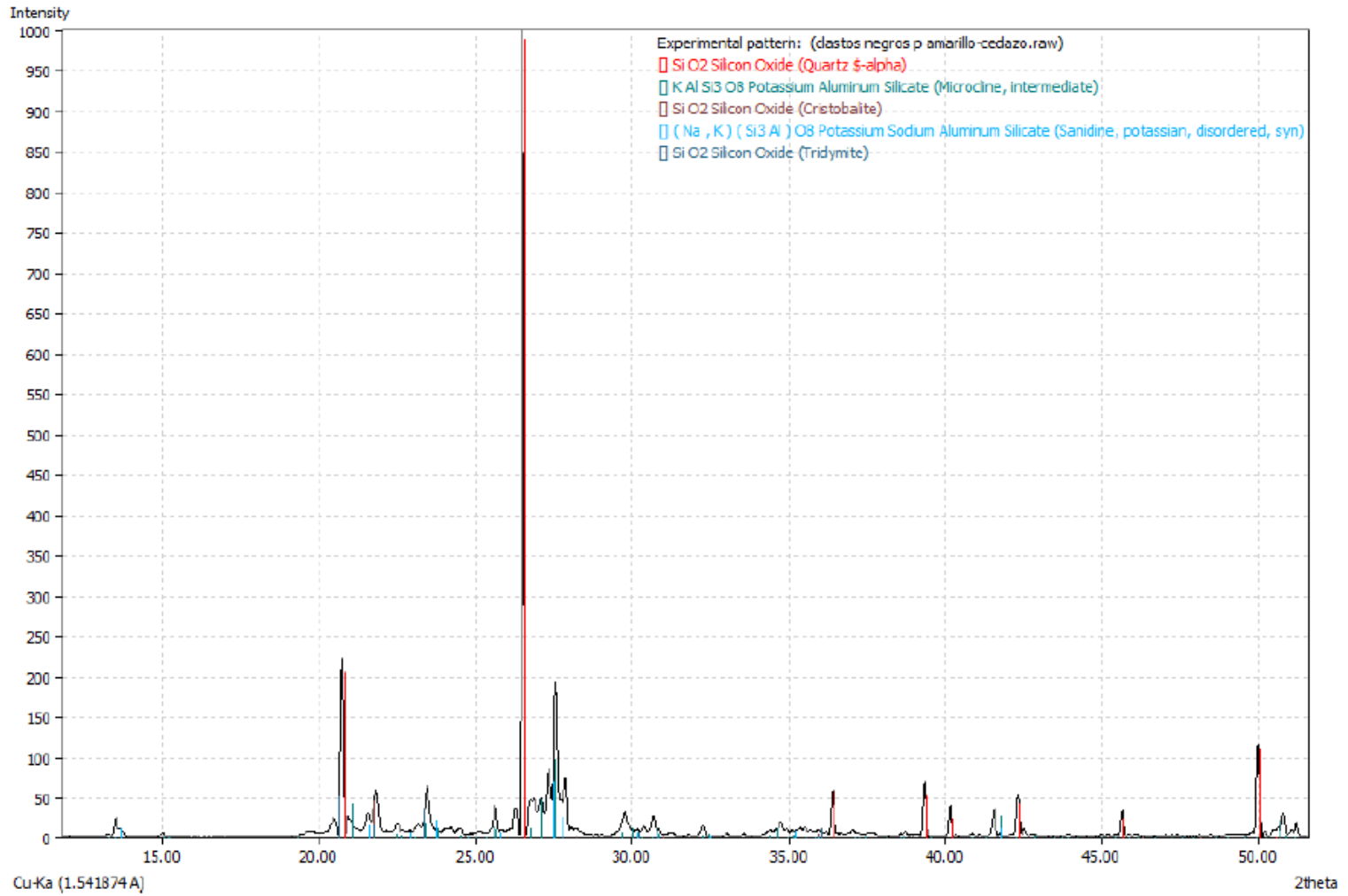


Figura 8.5. Difracción de rayos X de la muestra 3 Puente Amarillo.

(Coupled TwoTheta/Theta)

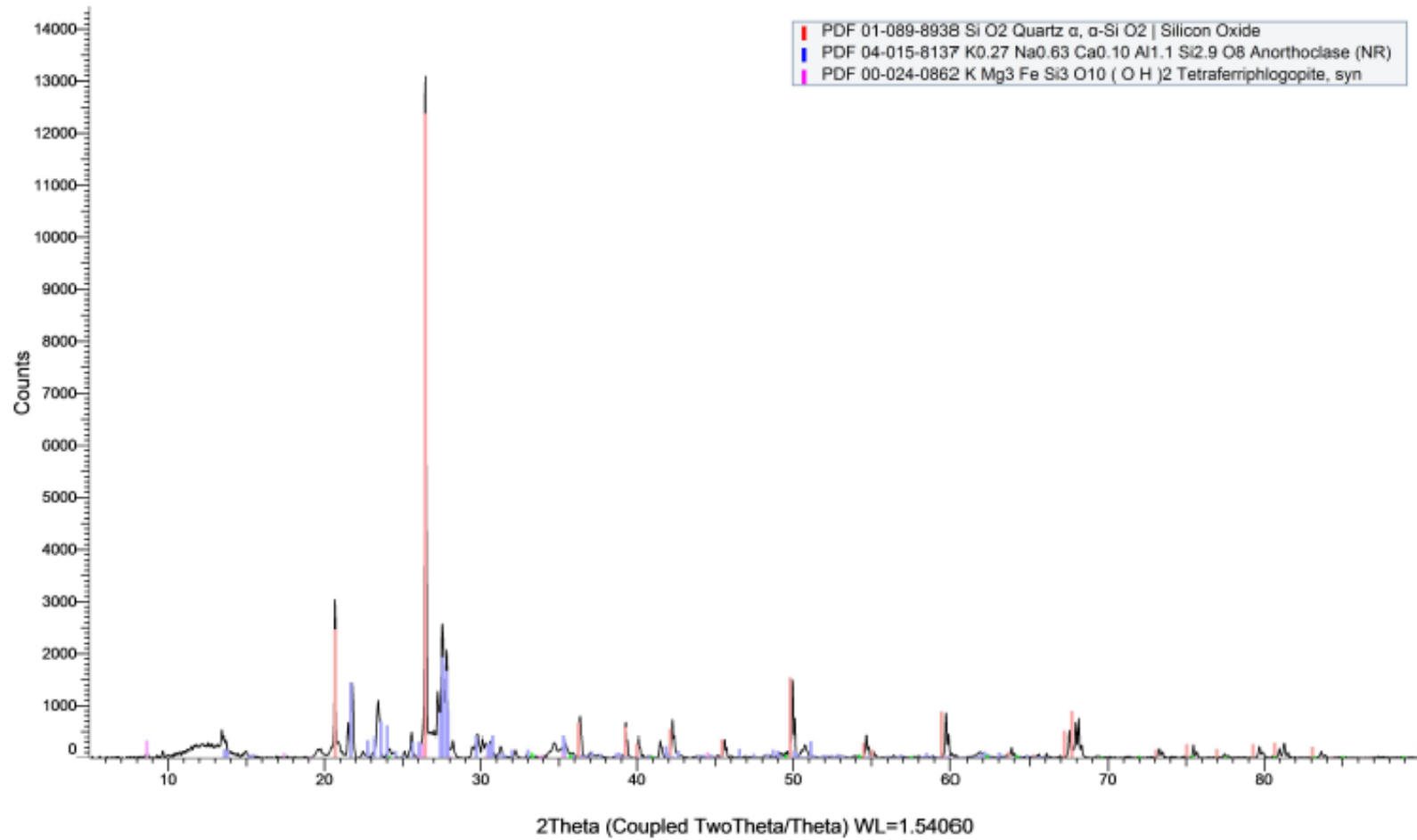


Figura 8.6. Difracción de rayos X de la muestra 4 Oso Hormiguero

8.6 Descripción petrográfica

No. De muestra: Base Oso Hormiguero

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra: Toba

Observaciones: Roca extrusiva con alto contenido mineralógico en cuarzo y plagioclasa, cristales de olivino. Se observaron algunos líticos, pero predomina el vidrio. Se clasificó como toba vítrea y su matriz es ceniza volcánica.

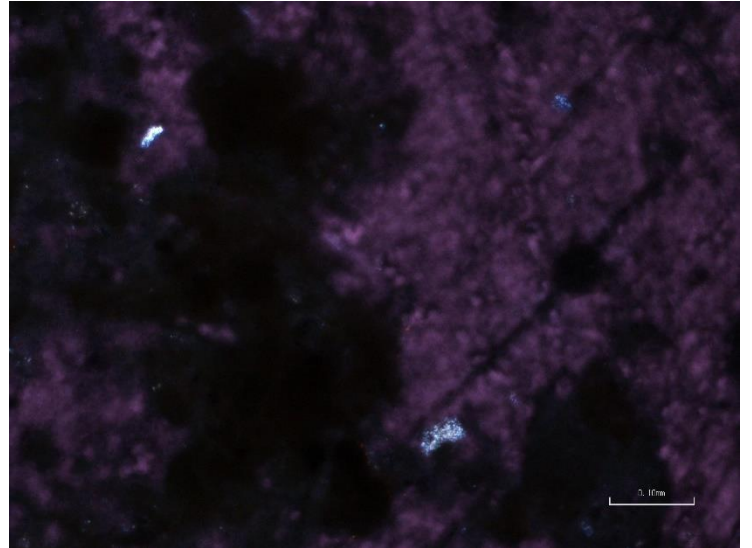


Figura 8.7. Pequeños cristales de plagioclasa.

No. De muestra: M2 Oso Hormiguero

M1 El Caracol

M1 Puente Amarillo

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra: Aluvión

Observaciones: Se observaron minerales de cuarzo, plagioclasa y olivino. Con una textura clástico rudítica. Se clasificó como ortoconglomerado y por el tipo de grano como oligomítico

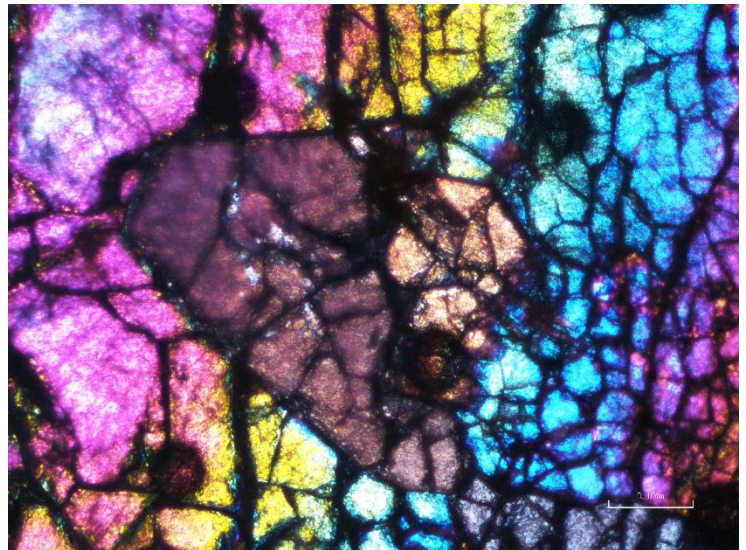


Figura 8.8. Cristal de piroxeno de la M1 Puente Amarillo.

No. De muestra: M4 Oso Hormiguero
M5 Oso Hormiguero

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra: Paleosuelo

Observaciones: Se observaron cristales de, cuarzo, plagioclasa, olivino y minerales arcillosos. Con textura clástico pelítica.

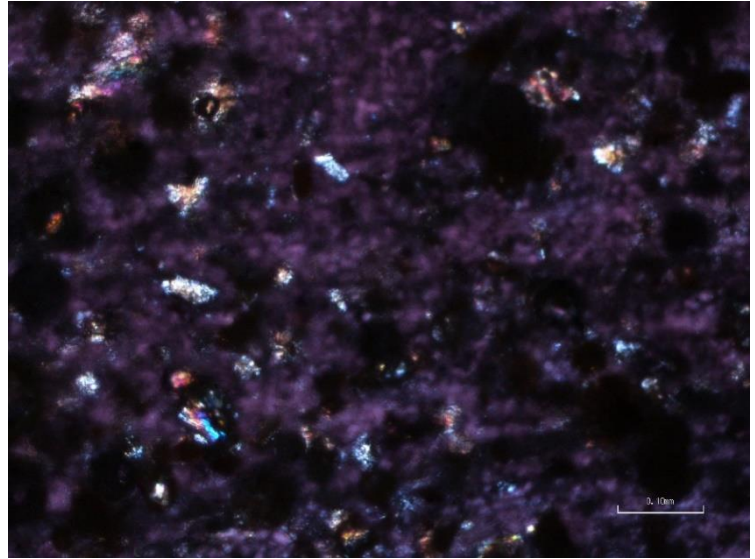


Figura 8.9. Pequeños cristales de plagioclasa y olivino de la M5 Oso Hormiguero.

No. De muestra: M1 El Rostro

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra: Aluvión

Observaciones: Se observaron cristales de cuarzo, plagioclasa y olivino. Con textura clástico pelítica o lutáceas.

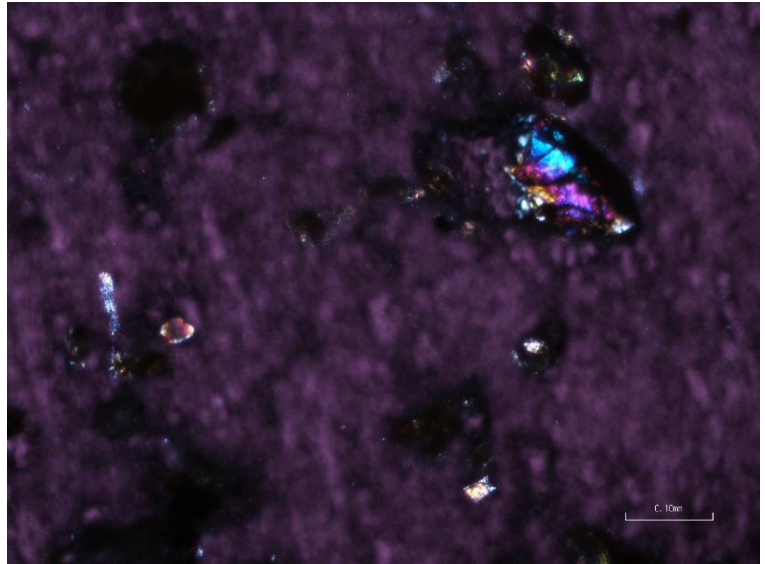


Figura 9.1. Fragmento de olivino y plagioclasa

No. De muestra: M2_{polen} Puente Amarillo

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra: Aluvión

Observaciones: Se observaron minerales de plagioclasa, cuarzo, feldespatos y algunos minerales arcillosos. Con textura psamítica. Las partículas presentan una clasificación moderada, son subangulosos a subredondeados y una madurez textural madura.

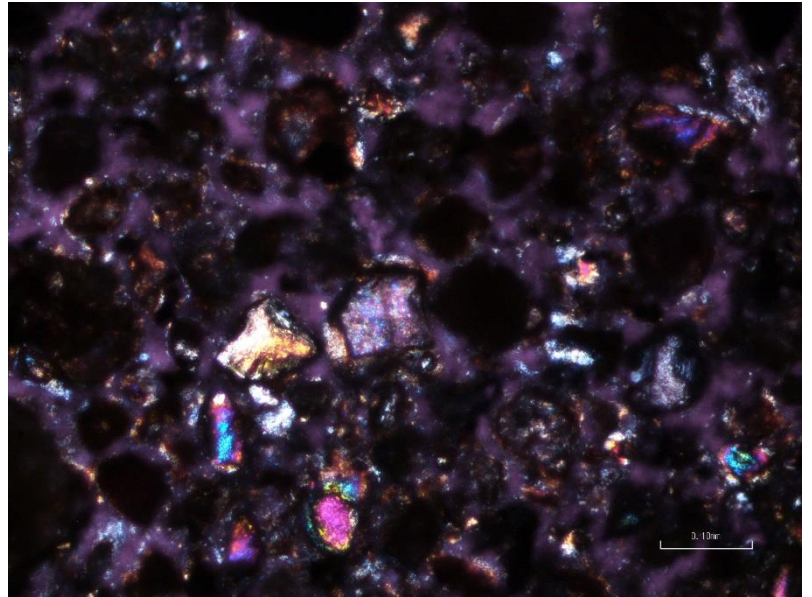


Figura 9.2. Cristales de plagioclasa, cuarzo y olivino

No. De muestra: M3 Puente Amarillo

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra:
Vulcanosedimentaria

Observaciones: Se observaron cristales de cuarzo, plagioclasa y pequeños minerales de feldespatos. Con una textura samítica. Las partículas presentan una clasificación pobre y un grado de redondez subanguloso

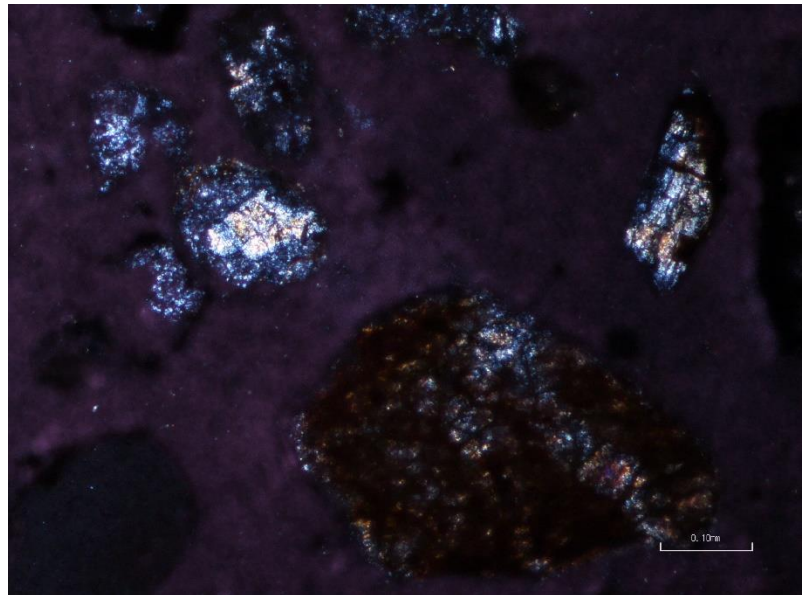


Figura 9.3. Cristales de plagioclasa.

No. De muestra: M2 El Rostro

Localidad: El Cedazo

Tipo de muestra:
Vulcanosedimentaria

Observaciones: Se observaron minerales de cuarzo y plagioclasa. Con textura psamítica. Las partículas presentan una clasificación moderada, un grado de redondez subredondeado y madurez textural madura

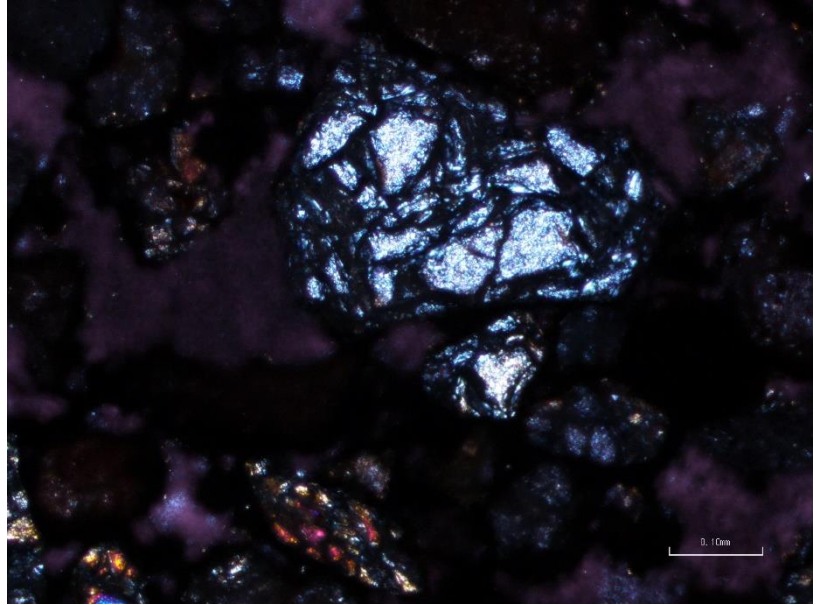


Figura 9.4. Cristal de plagioclasa.

No. De muestra: M4 El Caracol
M3 El Rostro

Localidad: Parque El Cedazo

Tipo de muestra:
Vulcanosedimentaria

Observaciones: Se observaron pequeños cristales de plagioclasa y cuarzo. Se caracteriza ceniza volcánica

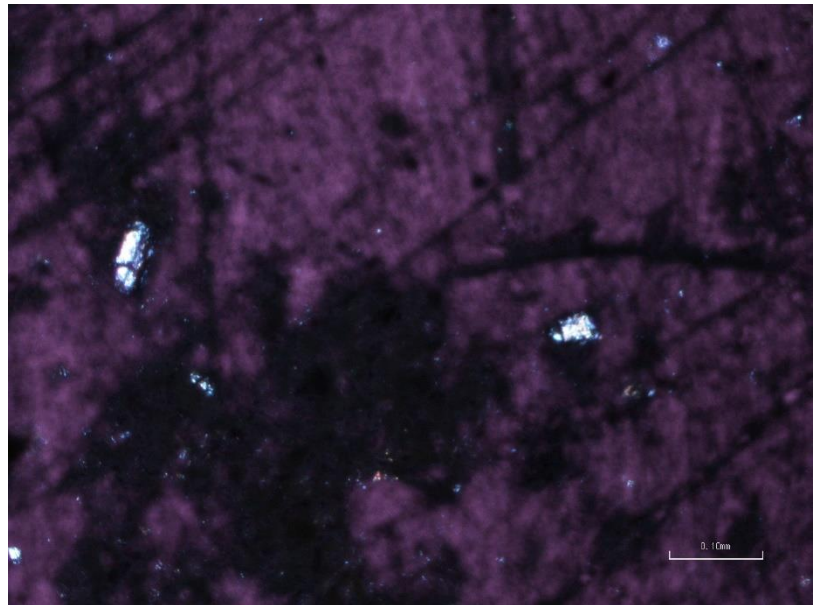


Figura 9.5. Pequeños fragmentos de plagioclasa de la M3 El Rostro