

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**“IMPACTO DEL DESARROLLO CULTURAL  
PREHISPÁNICO EN LA CUBIERTA EDÁFICA DEL  
VALLE DE TEOTIHUACÁN”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

*MAESTRA EN CIENCIAS*

P R E S E N T A:

MARIA YAZMIN RIVERA URIA

TUTOR: DR. SERGEY SEDOV



MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

Dedicada

A toda mi familia con mucho amor

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT y al Instituto de Geología por haberme brindado una beca durante mis estudios.

Al proyecto CONACYT 43746 por el financiamiento otorgado.

A mi tutor Dr. Sergey Sedov, por su constante apoyo, paciencia y dirección en la realización del presente trabajo.

Al jurado para examen de grado: Dra. Emily McClung de Tapia, Dr. Lorenzo Vázquez Selem, Dr. Sergey Sedov, Dra. Elizabeth Solleiro Rebolledo y Dr. Aleksander Borejsza, por sus innumerables consejos y sugerencias para la culminación del presente trabajo.

Un especial agradecimiento a la Dra. Ernestina Vallejo Gómez, por el apoyo incondicional en la realización de los análisis de laboratorio.

Al Dr. Jorge Gama Castro por toda su asesoría y amistad brindada durante el desarrollo de esta tesis.

A la M. en C. Kumiko Shimada Miyasaka, por su apoyo en los análisis de Absorción Atómica.

A la Dra. Teresa Pi Puig, por la realización de los análisis de mineralogía de arcilla.

Dra. Lucy Mora Palomino por el apoyo en los análisis de carbono orgánico Total.

M. en C. Elena Lounejeva Baturina por el apoyo, orientación y proporción de información para la realización del presente trabajo.

A la Mtra. Julia Pérez Pérez, por el tiempo brindado en las asesorías e información proporcionada para la realización de este trabajo.

Al M. en C. Jaime Díaz Ortega, por su constante ayuda, apoyo y motivación que me brindó en todo momento.

Al M. en C. Héctor Cabadas Baez, por sus buenos comentarios, apoyo y amistad.

A la Mtra. Ana María Rocha Tollardona por la paciencia y dedicación en la revisión del borrador de esta tesis.

Al Sr. Eligio Jiménez por la ayuda en la elaboración de las láminas delgadas de suelo.

# INDICE

	Página
Resumen	1
Capítulo 1	
Introducción	3
1.1. Hipótesis y Objetivos.	4
Capítulo 2	
Antecedentes	
2.1. Uso de los paleosuelos como indicadores de cambios ambientales en México.	6
2.2. Asentamientos en el valle de Teotihuacán.	9
2.3. Actividades prehispánicas dentro del valle de Teotihuacán.	11
2.4. Registros de inestabilidad ambiental del paisaje por actividad antrópica.	14
Capítulo 3	
Área de estudio	18
3.1. Fisiografía y Geomorfología.	20
3.2. Geología y Tectónica.	21
3.3. Suelo.	22
3.4. Clima.	22
3.5. Vegetación.	23
Capítulo 4	
Metodología	24
4.1. Reconocimiento y muestreo en campo.	24

4.2. Preparación de las muestras.	27
4.3. Determinación del color.	27
4.4. Determinación de la reactividad del suelo (pH).	27
4.5. Carbono Orgánico Total.	28
4.6. Separación y cuantificación de las fracciones arena limo y arcilla.	28
4.7. Determinación de óxidos cristalinos de Fe por extracción de ditionito-citrato-bicarbonato de sodio.	30
4.8. Determinación de Fe, Al y Si amorfo utilizando oxalato de amonio.	31
4.9. Difracción de Rayos X de la fracción arcilla.	32
4.10. Cuantificación e identificación de los fitolitos.	33
4.11. Micromorfología en láminas delgadas.	37
4.12. Fechamientos.	38
Capítulo 5	
Resultados	39
5.1. Descripción de los perfiles de las secuencias edafo-aluviales del fondo del valle.	39
5.2. Descripción de perfiles asociados con un sitio arqueológico en el Cerro San Lucas.	45
5.3. Descripción de los Rellenos en la Pirámide de la Luna.	51
5.4. Resultados de las propiedades físicas y químicas de los perfiles de las secuencias edafo-aluviales del fondo del valle.	52
5.5. Resultados físicos y químicos de perfiles asociados con un sitio arqueológico en el Cerro San Lucas.	58
5.6. Resultados físicos y químicos de los rellenos de la Pirámide de la Luna.	61
5.7. Mineralogía de arcilla.	62
5.8. Micromorfología.	66
5.9. Fitolitos.	86

Capítulo 6	
Discusión	102
6.1. Ambiente prevaleciente en el valle de Teotihuacán durante el Holoceno tardío.	102
6.2. Afectación de los suelos relacionados con actividades antrópicas.	105
6.3. Dinámica del fondo del valle.	108
Capítulo 7	
Conclusiones	113
Bibliografía	115



## INDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Propiedades físicas y químicas del perfil San Pablo I.	54
Tabla 2.	Propiedades físicas y químicas del perfil San Pablo II.	55
Tabla 3.	Propiedades físicas y químicas del perfil el Tular.	57
Tabla 4.	Propiedades físicas y químicas del Cerro San Lucas.	60
Tabla 5.	Propiedades químicas y físicas de los rellenos de la Pirámide de la Luna.	62
Tabla 6.	Mineralogía de arcilla de las muestras seleccionadas.	63
Tabla 7.	Propiedades micromorfológicas del perfil San Pablo I.	70
Tabla 8.	Propiedades micromorfológicas del Cerro San Lucas.	77
Tabla 9.	Propiedades micromorfológicas de la Pirámide de la Luna.	83
Tabla 10	Fecha de $^{14}\text{C}$ de los horizontes seleccionados y de los sitios arqueológicos.	103

## INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Panorámica del Valle de Teotihuacán y zona arqueológica.	18
Figura 2.	Ubicación del Valle de Teotihuacán, situado en la parte nororiental de la Cuenca de México, (Tapia y López, 2001).	19
Figura 3	Mapa de altitud del valle de Teotihuacán.	26
Figura 4.	Esquema de clasificación de morfotipos de los fitolitos Twiss (1992).	35
Figura 5.	Esquema de clasificación de los morfotipos, Fredlund y Tieszen (1994).	36
Figura 6.	Foto panorámica del perfil San Pablo I, al fondo Cerro Gordo.	39
Figura 7.	Fotografías de A) perfil San Pablo I, B) horizonte 2C y C) horizonte 5A.	40
Figura 8.	A) Foto panorámica de San Pablo II. B) perfil San Pablo II.	42
Figura 9	Fotografía del perfil El Tular.	44
Figura 10	A) Foto panorámica del Cerro San Lucas, B) perfil San Lucas.	46
Figura 11.	Foto aérea de la casa habitacional tomada por Pérez, P. J. (FAMSI, 2007), A- área de desecho. B- área sin actividad específica. C-horizonte debajo de muro.	47

Figura 12.	Perfil designado como área de desecho.	48
Figura 13	Perfil sin actividad específica.	49
Figura 14	Horizonte que se ubica debajo de muro.	50
Figura 15	A) Esquema donde se muestra los siete edificios de la Pirámide de la Luna (Sugiyama, S. 2004). B) relleno que corresponde al edificio 1.	51
Figura 16	Patrones de difracción de rayos X de arcilla A) Relleno 1 de la Pirámide de la Luna y B) Relleno 4 de la Pirámide de la Luna, C) horizonte 2AC de San Pablo I. D) Horizonte 5A San Pablo I.	65
Figura 17	Aspectos micromorfológicos de horizontes seleccionados de San Pablo I. NX observado bajo el segundo polarizador.	73
Figura 18	Aspectos micromorfológicos de horizontes seleccionados en el Cerro San Lucas. NX segundo polarizador.	80
Figura 19	Aspectos micromorfológicos de los rellenos de la Pirámide de la Luna. NX segundo polarizador.	85
Figura 20	Fitolitos del perfil San Pablo I. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos	88
Figura 21	Fitolitos del perfil San Pablo II. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos	89

identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

Figura 22	Fitolitos del perfil EL Tular. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.	91
Figura 23	Perfil San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.	93
Figura 24	Perfil que se ubica al lado de muro (sin actividad específica) en Cerro San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.	94
Figura 25	Perfil de área de desecho en Cerro San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.	97
Figura 26	Fitolitos de un horizonte que se ubica debajo de un muro en Cerro San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.	98
Figura 27	Rellenos del edificio 1 de la Pirámide de la Luna. A) Morfotipos fitolitos identificados. B) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.	99

Figura 28	Fotografías de los morfotipos encontrados, tomadas con el microscopio petrográfico a 40X.	101
Figura 29	Esquema que representa los eventos dentro del valle de Teotihuacán.	111

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo dentro del valle de Teotihuacán, ubicado al noreste de la Cuenca de México. El objetivo principal fue poder reconocer cómo fue afectado el entorno, como consecuencia de las antiguas actividades antrópicas.

Para ello se estudiaron dos tipos de registros: primero: suelos que se encuentran en el fondo del valle: San Pablo I, San Pablo II y el Tular. Y segundo: perfiles y edafo-sedimentos vinculados directamente a actividades antrópicas: rellenos dentro de la Pirámide de la Luna y suelos ubicados en el interior de una casa habitacional en el Cerro San Lucas del periodo Posclásico.

De acuerdo con las propiedades encontradas, del paleosuelo más antiguo (5A) ubicado en el fondo del valle en San Pablo I, se deduce que este valle fue estable hace más de 2000 años a. P., lo que permitió la formación de un suelo con propiedades paravérticas y mayor acumulación de la arcilla tipo halloisita. En cuanto al predominio de fitolitos tipo C4, esto se relaciona con un clima semiárido, suponiendo una marcada estacionalidad de humedad.

Los resultados también mostraron que los suelos, que estuvieron directamente influenciado por actividades antrópicas, en el caso del Cerro San Lucas, presentan evidencia de erosión predominando la fracción arena. Comparando con el suelo que se encuentra fuera de la casa habitacional, éste presenta mayor profundidad y horizontes tipo B. Los fitolitos muestran también, que los suelos dentro de la casa habitacional fueron influenciados por perturbaciones

antrópicas, ya que son variables de un horizonte a otro. Además, la micromorfología muestra arcilla iluviada, en el horizonte que se encuentra debajo de uno de los muros. Este proceso, no es representativo de las condiciones ambientales que actualmente imperan, por lo que se atribuye su presencia a remociones antrópicas, para la nivelación del piso.

La Pirámide de la Luna, también se observó que los suelos tuvieron un papel importante en la construcción del primer edificio. La presencia de agrocitanes, fitolitos de maíz y restos de carbón, indica que estos suelos tuvieron un uso agrícola, previo al uso de construcción. Pero además, presentan propiedades similares al paleosuelo 5A de San Pablo I, por lo que su origen está relacionado con este horizonte.

Las actividades humanas repercutieron en la estabilidad tanto en las partes altas, como en el fondo, ya que a través del tiempo y con el establecimiento de nuevas culturas, se produjo erosión y sedimentación. Estas características aparecen en los perfiles de San Pablo y el Tular.

# Capítulo 1

## INTRODUCCION

Es bien conocido el impacto que el hombre hace a su ambiente, dejando siempre una huella que puede quedar registrada en el suelo, ya que sobre éste se asientan las construcciones, se obtiene la mayoría de los alimentos (a través de la agricultura) y también es utilizado como material de construcción. Es por ello que el suelo es un recurso, que ha sido parte primordial en el desarrollo de las culturas en Mesoamérica. Si estas culturas permanecen asentadas por periodos largos, o en una misma área se desarrollan varias culturas en diferentes etapas, es posible tener un registro de cambio de uso de suelo y del ambiente. Podemos interpretar estos registros, siempre que contemos con las herramientas necesarias, como la geoarqueología.

Dentro de las herramientas geoarqueológicas, el estudio de los paleosuelos es de gran utilidad, ya que pueden aportar información del paleorelieve, paleoambiente, recursos y sus usos, así como el grado de perturbación antrópica (Ferring, 1992). Además, de que ofrece información dentro de un sitio arqueológico y a nivel regional sobre el paisaje antes, durante y después de la ocupación (García, 2005).

En México se han estudiado los paleosuelos, entre otros sitios, en el valle de Teotihuacán para conocer la evolución paleoambiental y la dinámica de erosión (Cabadas, 2004; McClung de Tapia et. al. 2003; McClung de Tapia et. al. 2005; Solleiro et. al. 2006; Rivera et. al. 2007). Además los trabajos de isotopos



estables de carbono, de la materia orgánica de los suelos y paleosuelos del valle (Lounejeva et. al. 2006, 2007), han brindado un conocimiento sobre los cambios ocurridos en la vegetación en el Cuaternario tardío.

El valle de Teotihuacán es un lugar que por más de 3100 años (McClung de Tapia et. al. 2003) ha sido habitado por poblaciones sedentarias, sin que prácticamente haya sido abandonado en ninguna época. Además es el sitio donde floreció una de las culturas más importantes de Mesoamérica, que registró una población aproximada de 125, 000 habitantes (Millon, 1973).

Es necesario contar con mayor información, sobre el impacto que los pobladores causaron en su entorno a lo largo de 3000 años. Es por ello que en este trabajo se unen los suelos, paleosuelos, edafosedimentos y material arqueológico para evaluar el impacto humano. Con ello se pretende proporcionar información sobre la dinámica erosiva, cambio de uso de suelo y del paisaje.

## **1.1. Hipótesis y Objetivos**

Hipótesis:

El valle de Teotihuacán ha sido ocupado desde hace aproximadamente 3000 años a. P. Allí las distintas poblaciones utilizaron los recursos del valle y alrededores, para cubrir diferentes requerimientos como espacios, materiales para construcciones, alimentación, cultivo, caza, etc. Se supone que dichas actividades tuvieron que repercutir en los distintos recursos en especial el suelo. Estas provocaron erosión en las laderas de los cerros que circundan el

valle y sedimentación en el fondo, siendo producto del cambio de uso de suelo, por actividad antrópica. De acuerdo con la hipótesis propuesta, se presentan los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Documentar el efecto antrópico sobre el sistema edáfico en el valle, particularmente durante la ocupación teotihuacana y azteca, utilizando registros geológicos y paleopedológicos.

Objetivos particulares:

-Conocer la dinámica de sedimentación y el grado de desarrollo edáfico en fondo del valle de Teotihuacán.

-Determinar las propiedades y el grado de alteración de los suelos, relacionados directamente a construcciones prehispánicas.

-Identificar el ambiente prevaleciente en el valle de Teotihuacán, durante el Holoceno tardío.

## Capítulo 2

### ANTECEDENTES

#### **2.1. Uso de los paleosuelos como indicadores de cambios ambientales en México.**

Los suelos tienen la capacidad de almacenar información sobre los factores ambientales y procesos que han actuado, durante un periodo de pedogénesis, conservándola en lo que se denomina la “memoria del suelo”. Ésta registra la información ambiental de los procesos que ocurrieron en el periodo de formación. Cuando los factores cambian con el tiempo las propiedades también cambian, quedando registradas en el suelo (Targulian y Goryachkin, 2004). La memoria del suelo es la base del estudio de los paleosuelos, en investigaciones paleoambientales.

En México, los paleosuelos han documentado claramente las condiciones paleoambientales del cuaternario. Estudios realizados por Solleiro et. al. (2003) en el Glacis de Buenavista, mostraron un cambio en las condiciones ambientales, donde los paleosuelos del perfil Buenavista dan evidencia de que durante el Pleistoceno tardío, las condiciones eran más húmedas y frías. En un Albeluvisol cuya edad es de 12,600 años, fue descubierto un horizonte “E”; éste se desarrolla en condiciones ambientales húmedas, pero la unidad que le sobryace, presenta un cambio en cuanto a los procesos tuvieron lugar, reflejando la presencia de climas más secos.

Los movimientos en masa, son una dinámica que parece estar muy relacionada con la pedogénesis en el Glacis de Buenavista. Díaz (2008), comenta que los movimientos en masa están relacionados con periodos de gran inestabilidad, que se dieron durante el Pleistoceno-Holoceno. Estos materiales al emplazarse e hidroconsolidarse, formaron los Tepetates, sobre los cuales se encuentran los Luvisoles. Esta asociación, marca la inestabilidad geomórfica a la que están sometidos estos cuerpos en la actualidad, pasando de una atmósfera cálida-húmeda en el Pleistoceno medio, a condiciones frías y húmedas al final del Pleistoceno.

Otra secuencia volcánica estudiada por Solleiro y Sedov (2005), se ubica en el Estado de Tlaxcala, la cual también fue indicativa de los cambios ambientales, que ocurrieron durante el Pleistoceno. La secuencia mostró tres unidades principales de paleosuelos y un suelo actual poco desarrollado, con evidencia de antigua ocupación humana. Las tres unidades de paleosuelos denominadas; unidad gris (UG), unidad parda (UP) y unidad roja (UR), comparten en común procesos pedogenéticos importantes como la iluviación y acumulación de arcilla, procesos reductomórficos y alto grado de intemperismo. Todos estos rasgos se han interpretado en términos de cambios ambientales, sobre todo la UG, que es la unidad desarrollada en un ambiente húmedo con saturación de agua, ya que presenta procesos gleicos, durante el Pleistoceno medio (Ortega et. al. 2004).

Por último, el Nevado de Toluca muestra un registro detallado del cambio ambiental, teniendo paleosuelos de distintas localidades, que cubren un intervalo desde 100,000 hasta 10,000 años a. P. Los tipos de suelos encontrados fueron Andosoles y Luvisoles, que se relacionan con condiciones

húmedas para el Pleistoceno, y se fueron alternando con oscilaciones húmedas y secas, hacia el final del Pleistoceno-inicio del Holoceno (Sedov et. al. 2003).

En el Valle de Teotihuacán, se tiene registrado que el ambiente predominante durante el Pleistoceno tardío, fue más húmedo que en la actualidad (McClung de Tapia et. al. 2003; Solleiro et. al. 2006). Se considera que tanto en las partes altas (cima) de los cerros, como en las bajas (piedemonte y valle) existió un ambiente forestal con Luvisoles bien drenados y una vegetación dominante tipo C3, de acuerdo con el registro de fitolitos (Cabadas, 2007) y los isótopos estables de carbono (Lounejeva et. al. 2006)

Durante el Holoceno se presenta un cambio hacia condiciones más secas. En las partes bajas del valle se observan suelos carbonatados (Solleiro et. al. 2006), con una vegetación predominantemente de tipo C4. Los autores proponen que la vegetación forestal se redujo considerablemente, quedando relictos de ésta, sólo en las laderas altas y cimas de los cerros que circundan al valle. Aunque el clima no ha cambiado en los últimos 2000 años, se encontró un ligero incremento de humedad, que en un inicio, pudo favorecer a la agricultura (Lounejeva et. al. 2006, 2007).

Existen otros registros cercanos al valle de Teotihuacán, que también aportan evidencia de los cambios ambientales, desde el Pleistoceno hasta la actualidad. Como en el lago de Tecocomulco, en donde hace 42,000 años el ambiente era húmedo-templado, con vegetación predominantemente acuática; además, el registro indica que el lago era más extenso que en la actualidad. Pero el ambiente fue cambiando gradualmente hacia condiciones más cálidas,

con la reducción del lago y la desaparición de especies como *Pinus* y *Picea*. Entre 25,700 y 15,000 años, el registro reporta condiciones áridas. En el Holoceno tardío, las condiciones son más cálidas, predominando de vegetación de tipo herbácea (Caballero et. al. 2005), siendo semejantes a las del lago de Texcoco y Chalco (Ortega et. al. 1993; Lozano et. al. 1998).

## **2.2. Asentamientos en el valle de Teotihuacán.**

Debido a la historia de población que tiene registrado el valle de Teotihuacán, es importante conocer las distintas etapas de ocupación, ya que durante cada periodo, los grupos humanos realizaron distintas actividades tanto de subsistencia, como constructivas.

Se tiene registrado que hace más de 1000 años a. C., llegaron a establecerse las primeras comunidades sedentarias que ya practicaban la agricultura (Sanders et. al. 1975). En las primeras fases de ocupación, estos asentamientos están determinados por un cierto número de viviendas, conformando aldeas, villas, y sitios de explotación,

Dentro del Periodo Formativo, en las fases Altica y Chiconautla, entre 1050-500 años a. C. (McClung de Tapia y Tapia, 1996), los asentamientos dentro del valle se ubicaron generalmente por arriba de 2300 msnm. Posiblemente esto se atribuye a que las partes bajas eran frecuentemente inundadas e incluso los cultivos pudieron haber sido afectados por heladas.

Durante la fase Cuanalan (500 a 150 años a.C.), un número importante de asentamientos se ubican por debajo de 2300 msnm; esto puede ser debido a

que muy probablemente las condiciones de inundación bajaron (Sanders, 1965) o que ya se contaba con un sistema de drenaje, que permitía la canalización del agua hacia las partes bajas. En esta etapa, existe un incremento de asentamientos en la planicie del valle, el cual se mantiene hasta el inicio de nuestra era. Es importante también hacer notar, que la preferencia de los asentamientos durante el Periodo Formativo, fue hacia el Sur del valle, en donde la mayoría se encuentra ubicada, en los complejos volcánicos de la Sierra Patlachique, (Rivera et. al. 2007).

En lo que corresponde al Periodo Clásico, desde 1 a.C. hasta 650 .d.C., floreció una de las grandes culturas de Mesoamérica, la cultura Teotihuacana. Durante su apogeo, la ciudad cubría una superficie de 20 kilómetros cuadrados (Davies, 2004). Se ha estimado que la población en el valle, fue de entre 75,000 a 200,000 habitantes, teniendo un promedio estimado de 125,000 (Millon 1970, 1973). La ubicación de los asentamientos en este periodo, fue tanto en los piedemontes como en la planicie. A partir de este momento, la parte oriental de la planicie ya empieza a habitarse (Rivera et. al. 2007).

Por último, en el Periodo Posclásico, el valle de Teotihuacán fue poblado por migrantes, que procedían de lugares cercanos a la cuenca de México, especialmente después de la caída de la cultura Tolteca. Estos pobladores formaron villas rurales dentro del valle de Teotihuacán, que se ubicaron en los piedemontes, como es el caso del Cerro Gordo.

Cuando muchas de las villas crecieron, se calcula una población por arriba de 60,000 habitantes (Evans, 1990). Esto concuerda con el mapa de distribución de Rivera et. al. (2007), donde se observa que durante el Posclásico, el valle

de Teotihuacán es ampliamente poblado y las preferencias de ubicación desaparecen, estableciéndose en todas las geoformas, como consecuencia de la disminución de espacios.

### **2.3. Actividades prehispánicas dentro del valle de Teotihuacán.**

Se proponen ciertos patrones de subsistencia en lo que corresponde al Periodo Formativo, basado en la explotación de plantas silvestres y fauna como: cactus, semillas comestibles y frutas, ciervos y conejos. Con respecto a la agricultura, los autores comentan que básicamente cultivaban maíz, por cultivo de temporal en ciertas áreas. No obstante, hubo un crecimiento importante en la agricultura, al final de este periodo (McClung de Tapia y Tapia, 1987; McClung de Tapia et. al. 2005).

También existen registros en varios sitios arqueológicos dentro del valle de Teotihuacán que se sitúan desde el periodo Formativo hasta el Posclásico, en donde se encontró evidencia de uso de maderas principalmente de *Pinus*, *Quercus* y *Cupressaceae*, utilizados como combustibles, sugiriendo una explotación selectiva. Es decir en sitios predeterminados se extrajeron en su totalidad y como consecuencia se tuvo que importar este recurso de otras fuentes lejanas (Adriano y McClung de Tapia , 2008).

Pero además, debido a la presencia de este tipo de explotaciones en distintos periodos, es bien conocido que durante el florecimiento de la cultura Teotihuacana, se realizaron diversas obras para la subsistencia, modificando el paisaje dentro del valle, como el abastecimiento de agua, para los sistemas de riego.



En estos sistemas, existían complejos hidráulicos, entre los que se encontraban represas, canales y campos terrazados. Como ejemplo, está el “Sistema Maravilla”, que está orientado hacia el Este del Valle y la parte Norte de la Ciudadela. Además, existen vestigios de sistemas permanentes, que se ubicaron en dirección al lago de Texcoco, donde se encuentra el manantial de Puxtla, que abastecía este tipo de cultivos. Estos sistemas de irrigación se extendieron en todo el valle, modificando ciertas partes del piso antiguo, ya que dichos sistemas se han encontrado a 4 m debajo de la superficie, en algunos casos (Cabrera, 2005).

Además de estas actividades de subsistencia que modificaron el entorno, están las actividades constructivas. Como ejemplo se encuentran los grandes centros ceremoniales, formados por grupos de monumentos en torno a la plaza principal, con palacios y patios en donde se ubican también las pirámides del Sol y la Luna.

Barba (1995), realizó los cálculos para poder estimar el volumen de material, utilizado en todas las estructuras de la avenida de los muertos, incluyendo la pirámide del Sol y la Luna, obteniendo un volumen total de 2,150,000 m<sup>3</sup>. Por la gran cantidad de material utilizado, los lugares de extracción tuvieron que estar no muy lejos de la zona.

Entre los materiales encontrados para las construcciones están: tezontle, cal, tobas volcánicas, rocas basálticas, rocas andesíticas, tepetate, suelo, adobes y maderas. Se debe insistir en que el suelo, fue un material importante en la construcción de las pirámides, como la Pirámide de la Luna. Estas extracciones

muy posiblemente modificaron el paisaje. Hoy se observan muchos lugares sin suelo, donde aflora la toba volcánica.

Barba (1995) realizó cálculos, para estimar los metros cúbicos de madera quemada para la producción de cal, obteniendo una cifra de 30,000 ton/año, para las primeras etapas y hasta 70,000 ton/año al final del Clásico. Estos cálculos apoyan la idea de Adriano y McClung de Tapia (2008), sobre la explotación de ciertas especies para combustible, proponiendo que el abastecimiento dentro del valle era insuficiente. Debido a esto una parte de la materia prima tenía que ser traída de otros sitios de la cuenca de México.

Ya en el Posclásico, en Otumba existen registros de intensas producciones de obsidias, cerámicas, tejidos (Smith y Montiel, 2001), y es posible que los lugares de origen de las materias primas para la elaboración de estos productos, se sitúe dentro del valle de Teotihuacán.

Cerca de Otumba, hacia el Este del valle se ubica el poblado de Cihuatecpan, que corresponde a período Posclásico, encontrándose 200 habitaciones dispersas en terrazas, alrededor del cerro San Lucas. Considerada una zona marginal agrícola (Pérez, et. al. 2006), esta población se dedicaba principalmente a cultivos de nopal, maíz y principalmente maguey, en forma de terrazas. El cultivo de las terrazas y el mantenimiento de las mismas, eran fundamentales para la subsistencia de la zona. Al igual que otras villas dentro del valle, la principal actividad era proveer al gran centro de Tenochtitlán, explotando intensivamente sus recursos (Evans, 1990).

## **2.4. Registros de inestabilidad ambiental del paisaje por actividad antrópica.**

El registro de inestabilidad ambiental dentro del valle de Teotihuacán como consecuencia de actividad antrópica, lo documentan McClung de Tapia et. al. (2003), donde se describe la evidencia de impacto humano durante el periodo Teotihuacano. La presencia de familias de plantas como Poaceae, Chenopods, Asteraceae y Malvaceae sugieren perturbación, ya que se asocian a actividades agrícolas. Además, en los suelos micromorfológicamente, puede observarse la bioturbación y alteraciones agrícolas.

También Gama et. al. (2005), encuentran las mismas características en tres puntos diferentes del valle de Teotihuacán, con distintas posiciones geomorfológicas, donde las perturbaciones antrópicas, provocan procesos de erosión y degradación en los suelos.

Como consecuencia de la erosión del suelo, se encuentran las inversiones en los fechamientos de  $^{14}\text{C}$ , en el fondo del valle (McClung de Tapia et. al. 2005). Esto explica que debido a que el carbono alóctono, procedente de diferentes partes del valle, es removido y re-depositado, llevando componentes del humus donde se originó. De esta manera las edades más antiguas, se encuentran en las partes más superficiales de los perfiles. La dinámica se asocia a periodos intensivos de erosión, de las partes topográficamente altas, que pudieron ocurrir después de los 5000 años a. P.

En otros sitios dentro del Eje Neovolcánico, existen también registros de estas perturbaciones, por ejemplo en el piedemonte de la Sierra Nevada en Texcoco (Córdova y Parsons, 1997), encontraron dos fases de erosión, que

corresponden a la ocupación prehispánica. La primera fase abarca los periodos Clásico tardío y Tolteca (500-1000 años d.C.), asociados a etapas de desocupación; cuando las áreas fueron abandonadas, los suelos agrícolas resultaron afectados por las lluvias, aumentando la erosión.

Una segunda fase de erosión inicia la colonia, donde el suelo empieza a erosionarse rápidamente, devastando casi toda la zona. Una de las causas por las cuales el suelo se erosiona, fue el abandono de las aldeas, ya que las áreas de cultivo quedaron expuestas. Esto permite pensar, que el cambio de uso de suelo en el área y la introducción de pastoreo con ovejas (que se ha documentado), impactaron fuertemente a los suelos. Ambos eventos de erosión, están asociados a periodos de abandono (Córdova y Parsons, 1997).

En la región de Puebla-Tlaxcala, Heine (2003), encuentra registros sobre los cambios ambientales producidos por el hombre, durante los últimos 3500 años. La erosión de los suelos se atribuye exclusivamente a actividades antrópicas, manifestándose en una alta tasa de sedimentación, que produce acumulaciones coluviales en las partes de las laderas medias y bajas, y aluviales en las partes bajas. Sin embargo, el autor no puede asegurar que la erosión fue generada por la reducción de las zonas de cultivo, o porque muchas de las pendientes en el área de estudio fueron abandonadas. El cambio de uso de suelo provocado por el hombre desde hace 3500 años, y el incremento de la población, dieron lugar a un intenso uso, acelerando la erosión.

En el mismo estado de Tlaxcala, en el sitio arqueológico llamado La Laguna, durante el Formativo tardío, entre 600 y 400 a. C., se tienen registros de

periodos de intensa erosión. Cuando el lugar fue nuevamente ocupado entre el año 100 a. C. y 100 d. C., inicia otro evento de erosión. Más tarde el sitio fue abandonado, durante el cual el suelo y la vegetación se regeneraron, permitiendo el desarrollo de un horizonte A delgado. En el Posclásico Tardío existe evidencia de que nuevamente volvió a poblarse, ya que existen terrazas con muro de piedra, que se construyeron sobre las pendientes degradadas (Borejsza et. al. 2008).

Todos los autores de los trabajos referidos mencionan un patrón común, en el impacto de los antiguos asentamientos. En las pendientes que fueron habitadas y cultivadas, los suelos se erosionaron como producto de la inestabilidad, provocada por la pérdida de la cubierta vegetal. No queda claro en qué momento se inicia la erosión, ya que unos autores sugieren que empieza en periodos de ocupación y otros en periodos de abandono. Pero en lo que concuerdan, es en que la deforestación y cambio de uso de suelo, son los factores que hacen a los suelos susceptibles a la erosión. También se menciona que en los suelos de las partes bajas, se registran altas tasas de sedimentación y bajo desarrollo edáfico, así como inversiones en los fechamientos, resultado de la erosión de los suelos, en las pendientes altas y medias. (McClung de Tapia et. al. 2003, 2005. Gama et. al. 2005)

## Capítulo 3

### ÁREA DE ESTUDIO

El valle de Teotihuacán (Fig. 1) está comprendido políticamente por las principales cabeceras municipales: Otumba de Gómez Farías, Axapusco, San Martín de las Pirámides, San Juan Teotihuacán, Tecamac y Acolman de Nezahualcóyotl dentro del Estado de México (Síntesis Geográfica del Estados de México, INEGI). Se localiza a unos 45 km al noreste de la ciudad de México; entre las latitudes  $19^{\circ} 43'$  y  $19^{\circ} 38'$  N, longitudes  $98^{\circ} 43'$  y  $98^{\circ} 53'$  W, tiene una altitud que oscila de 2205 a 3050 m. Con una superficie



Fig 1. Panorámica del valle de Teotihuacán y zona arqueológica.

aproximadamente de 348 km<sup>2</sup>,

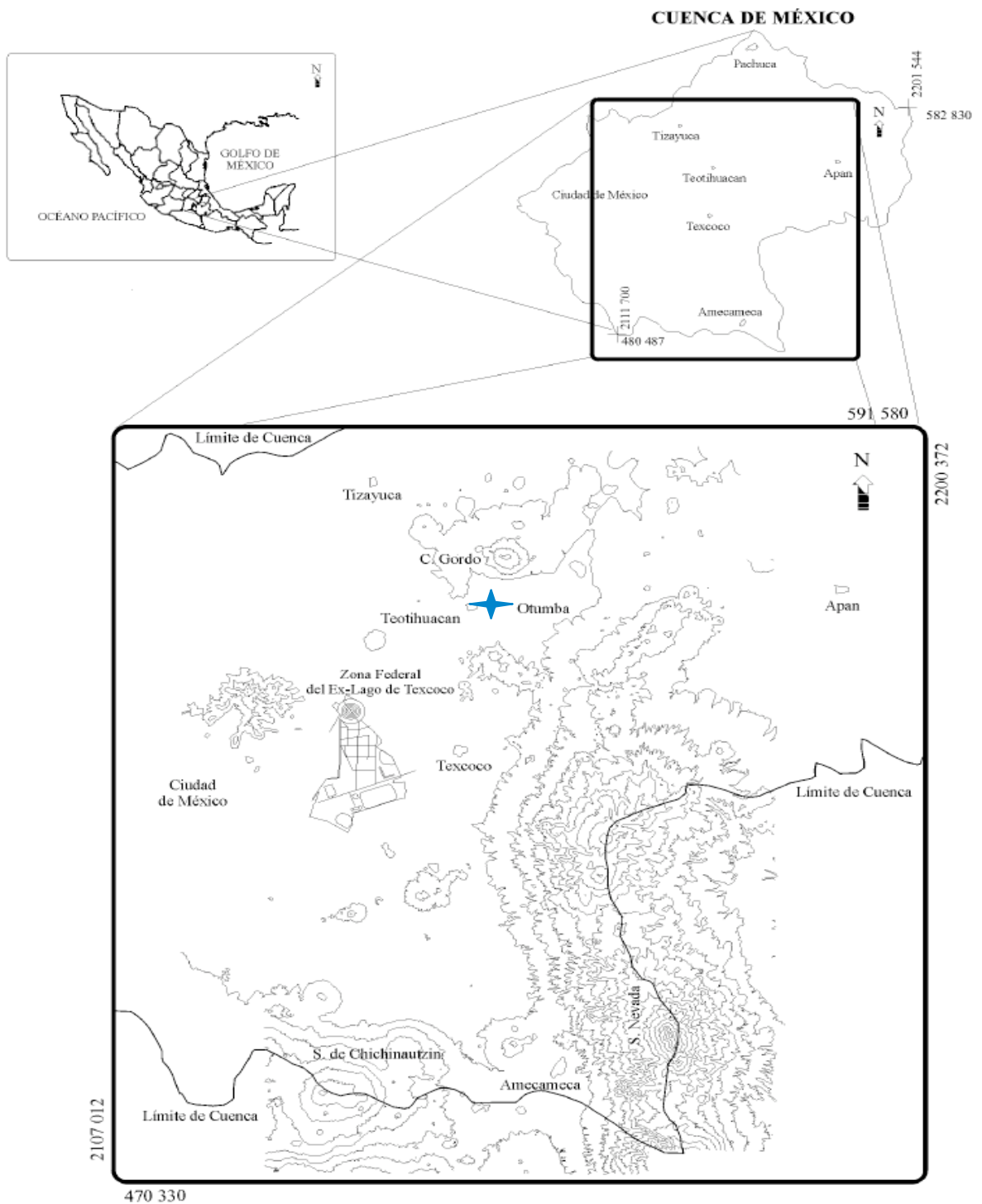


Figura 2. Ubicación del Valle de Teotihuacán, situado en la parte nororiental de la Cuenca de México, (Tapia y López, 2001).

### **3.1. Fisiografía y Geomorfología**

El valle de Teotihuacán se ubica en la parte NE de la Cuenca de México (Figura 2), que pertenece a la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). La FVTM tiene una orientación de Este-Oeste, que comenzó a desarrollarse durante el Terciario Medio, con el emplazamiento de cuerpos volcánicos silícicos a andesíticos, seguido por una actividad durante el Plio-Cuaternario que formó cuerpos predominantemente andesíticos a basálticos, como los cerros que rodean al valle.

El valle está rodeado al Norte por el Cerro Malinalco, Cerro Gordo, Cerro Soledad y Texuca; al noreste Cerro Tezontla, Cerro San Miguel; al Sur la Sierra Patlachique; al Oeste el Cerro Chiconautla; al Este la Sierra Soltepec y pequeños conos de escoria como Cerro Calera, Cerro Loma Mocha y Cerro San Lucas. Hidrográficamente el valle de Teotihuacán está conformado por cuatro ríos principales que son los Estetes, el Muerto, el Soldado y Piedras Negras que se unen en la planicie para formar al río San Juan, el cual fue modificado antiguamente para que su cauce pasara por la Ciudadela (Hernández, 2007).

En cuanto a la geomorfología Tapia y López (2001) describen el valle de Teotihuacán como: una planicie aluvial constituida principalmente por materiales aluviales y laháricos, con una pendiente de 0-4°. En la parte Norte de la planicie aluvial se encuentra Cerro Gordo, que está conformado por un piedemonte, ladera de montaña baja y alta. Al Oeste, el Cerro Chiconautla está conformado por laderas de montaña bajas y altas, piedemontes. Al este del valle se encuentran pequeños conos volcánicos como el Cerro San Lucas,



estos conos se distinguen por tener un piedemonte y lomeríos, al noreste se encuentran lomeríos bajos. Hacia el Sur se localiza la Sierra Patlachique que cuenta con piedemonte bajos y altos; al Sureste hay lomeríos bajos piedemontes y bajos.

### **3.2. Geología y Tectónica**

Geológicamente los cerros más antiguos del valle de Teotihuacán corresponden al cerro Malinalco, con rocas tipo andesitas que pertenecen al Mioceno tardío y medio (Barba, 1995). La sierra Patlachique, tiene una antigüedad del Plioceno temprano, compuesto por rocas andesitas y dacitas. El Cerro Gordo pertenece al Plioceno tardío (García Palomo, et. al. 2002) y es considerado un estrato-volcán, con rocas tipo andesítico- basáltico. En cuanto al cerro Soltepec es un estratovolcán de edad Pliocénica.

Los conos cineríticos que conforman la mayoría de los volcanes dentro del valle, son más recientes, formados durante el Cuaternario, de composiciones variadas desde andesíticas hasta basálticas. La mayoría de estos volcanes están alineados y emplazados a lo largo de un sistema de fallas normales con dirección NE-SW. Existe una segunda alineación que se observa bien al NW, con dirección NW-SE (Hernández, 2007).

En Teotihuacán se han identificado dos sistemas de fracturamientos que son perpendiculares. El primero tiene una orientación NW-SE (parte del Fracturamiento Acambay), que se localiza en dos zonas, fracturas ubicadas al Sur, afectando los volcanes de Patlachique, y las del Norte sostienen los

relieves de la fractura Cerro Gordo. El segundo sistema de fallas tiene una orientación SW-NE, que también está formado por dos zonas de fracturas: la fractura Soltepec, constituye el parteaguas oriental, conformado por las estribaciones septentrionales de la Sierra Nevada. En ella se distinguen el Cerro Picacho y el Cerro Soltepec. Además la fractura Coronillas, al Oeste, queda definida por el Cerro Chiconautla (hacia el Sur de la fractura), el Cerro Coronillas y los conos Tlaltepec e Ixtlahuaca (al Norte) (Mooser, 1968)

### **3.3. Suelo**

El tipo de suelo encontrado en el fondo del valle, se ha clasificado como Fluvisol mólico, Fluvisol cámbico y Fluvisol con propiedades vérticas. En las zonas de los piedemonte y las partes altas de los cerros hay Cambisoles, Phaeozems y Leptosoles (McClung de Tapia, et al., 2003). El uso actual del suelo es principalmente urbano y agricultura de temporal, produciendo nopal, maíz, frijol y calabaza (Gama et. al. 2005).

### **3.4. Clima**

El clima actual es seco en la mayor parte del valle. La clasificación de Köppen modificado por García, (1964), reporta un clima  $BS_1kw(w)(i')$  semiseco templado (<2400 msnm). Por arriba de 2400 msnm se tiene  $C(wo)(w)b(i')$  el más seco de templado subhúmedo. Ambos con temperatura media anual entre 12 y 18°C. La precipitación anual es entre 400 y los 900 mm entre Mayo y Octubre (García, 1968).

### 3.5. Vegetación

En cuanto a la vegetación actual Rzedowski (1957) señala que está alterada, producto de la actividad humana, esto ha producido que sólo existan algunas comunidades vegetales. Castilla y Tejero (1983) describen la vegetación primaria en la región como: un sector de bosque de encino (*Quercus* spp) que se localiza en la ladera Norte del Cerro Gordo aproximadamente a 3050 msnm. Matorrales de encino (*Quercus microphila*), considerados como indicador del impacto humano (DDF, 1975), que se distribuyen entre los 1800-3000 msnm. Otras comunidades representadas en la región incluyen el estrato arbustivo Xerófilo como *Opuntia streptacatha*, *Zaluzania augusta*, *Mimosa biuncifera* y *Yucca filifera* ubicados aproximadamente a los 2750 msnm, donde Rzedowski (1978) las considera como vegetaciones secundarias, además de pequeñas extensiones de pastizales entre 2400-3050 msnm.

## Capítulo 4

### METODOLOGIA

#### 4.1. Reconocimiento y muestreo en campo

Para la selección y muestreo de perfiles, primero se realizó un recorrido en campo desde la ladera Sur de Cerro Gordo, hasta planicie aluvial, escogiendo sitios que presentaran series de eventos de coluvio-aluvionamiento; los cuales fueron descritos y muestreados siguiendo los criterios de Soil Survey Staff (1988). Además, se tomó en cuenta la información generada por McClung de Tapia et. al. (2003; 2005), Cabadas (2004) y Solleiro et. al. (2006).

Se consideraron los siguientes objetos de estudio: en primer lugar se consideraron perfiles en el fondo del valle, afectados por la dinámica aluvial. En esta geoforma, fueron estudiados dos sitios en el Río San Pablo: San Pablo I, con las siguientes coordenadas  $19^{\circ} 42' 25''$  N y  $98^{\circ} 48' 37.2''$  W, a 2317 msnm; y San Pablo II, con coordenadas  $19^{\circ} 42.27'8''$  N y  $98^{\circ} 48.23'6''$  W a 2324 msnm. Ambos perfiles aparecen en la figura 2. Otro sitio estudiado, denominado el Tular, presenta las coordenadas siguientes  $19^{\circ} 40'17''$  N y  $98^{\circ} 53'31''$  W, a 2278 msnm (Fig. 3). Los distintos sitios brindarán información a nivel micro regional, sobre la dinámica de sedimentación y el grado desarrollo edáfico, que fueron influenciados por actividades antrópicas.

En segundo lugar se encuentran suelos dentro de la Pirámide de la Luna de la zona arqueológica de Teotihuacán (Fig. 3). Estas muestras fueron tomadas en las

excavaciones realizadas al monumento, dirigida por el Dr. Saburo Sugiyama y Mtro. Rubén Cabrera Castro, del proyecto Pirámide de la Luna.

A través de una serie de túneles dejaron al descubierto los materiales, que fueron utilizados como relleno en cada uno de los edificios, que se encuentran en su interior (Sugiyama y Cabrera, 2003). Uno de los materiales encontrados como parte del relleno, es el suelo o sedimento limo arcilloso, suelto o formando adobes (Murakami, 2007). De esta forma, se tomaron muestras del suelo empleado, que sirvió para la construcción del edificio 1. Se supone que este material se extrajo de zonas aledañas al sitio, presentando un registro que ha permanecido sin cambio y por lo tanto, es una evidencia de las condiciones dominantes en el valle, durante el periodo Teotihuacano.

En tercer lugar se muestrearon perfiles relacionados a una casa prehispánica, perteneciente al Posclásico tardío (1350-1520 d.C.), localizada en el cerro San Lucas, con ubicación de 19°42'43"N, y 98°42'21"W; esto con el fin de conocer a un nivel local y directamente, el impacto de los suelos relacionado con actividades humanas. La excavación estuvo dirigida por la arqueóloga Julia Pérez Pérez, dentro del proyecto: Agricultura en Terrazas en el Cerro San Lucas, Valle de Teotihuacán.

Además fuera de la excavación se muestreó otro perfil, ubicado en otra ladera del Cerro San Lucas, que no presenta evidencia de ocupación antigua. Este perfil se utilizó para tener una medida de comparación con los suelos de la excavación (Fig. 3).

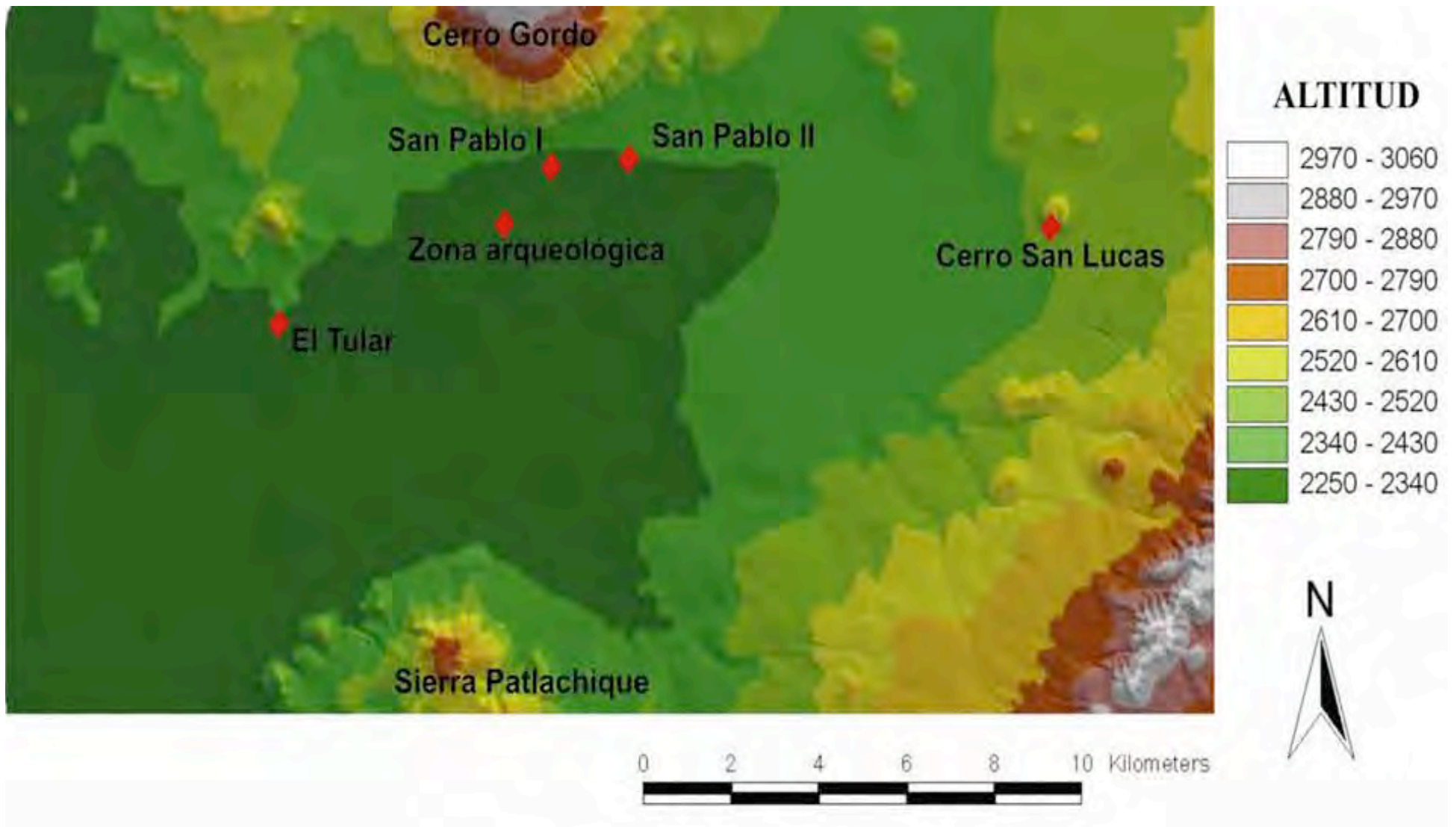


Fig. 3, Mapa de altitud del valle de Teotihuacán. El rombo muestra los diferentes puntos de ubicación de los perfiles estudiados.

De todos los puntos se hicieron descripciones en campo, tomándose muestras de 2 kg en bolsas de cada uno de los horizontes, para su análisis en laboratorio. También se obtuvieron muestras inalteradas de 10 x 10 cm para el estudio micromorfológico, envolviéndolas en papel aluminio y evitando la ruptura de la muestra. Por último, fueron seleccionados los horizontes y se adquirieron muestras para fechamientos con  $^{14}\text{C}$ .

#### **4.2. Preparación de las muestras**

Las muestras recolectadas para los análisis en laboratorio, tanto físicos como químicos, se secaron en charolas a temperatura ambiente y posteriormente dichas muestras fueron tamizadas a través de la malla de 2 mm.

#### **4.3. Determinación del color**

El color se determinó en cada uno de los horizontes, utilizando una carta de color Munsell (1975) tanto en húmedo como en seco, colocando las muestras en placa de porcelana a la luz natural.

#### **4.4. Determinación de la reactividad del suelo (pH).**

Se pesaron 10 g de suelo en un vaso de precipitado de 50 ml, llevándolos a una relación 1:2.5 con agua destilada y agitando por 30 minutos. Cuando el suelo se quedó sedimentado se leyó el pH, utilizando un potenciómetro Conductronic pH 120.

#### **4.5. Carbono Organico Total.**

Para la determinación de carbono orgánico total (COT), se utilizó el analizador CHNS/O, Perkin Elmer 2400, serie II. En el Laboratorio de Edafología Ambiental (LEA) UNAM.

Sólo se seleccionaron los horizontes A para la determinación de COT. Sin embargo, el perfil Tular y los rellenos de la Pirámide de la Luna, fueron analizados todos sus horizontes.

#### **4.6. Separación y cuantificación de las fracciones arena limo y arcilla**

Para la separación de las fracciones se siguió el procedimiento de Jackson et. al. (1949). El primer paso fue destruir en las muestras de suelo, los agentes cementantes, materia orgánica y óxidos de hierro. Se pesaron 20 g de suelo colocándolos en vasos de precipitados de 150 ml y humedeciéndolos con agua destilada. Posteriormente se agregaron 10 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10 %, agitando la muestra para evitar una excesiva efervescencia, que produjera pérdida de suelo. Posteriormente se colocó en baño maría a 60° C por 24 horas, agregando continuamente agua destilada, para evitar llevar a sequedad. El proceso continuó hasta que la muestra no efervesciera al agregar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lo que indica que la materia orgánica fue eliminada.

Una vez libre de materia orgánica, la muestra fue transferida a tubos de centrifuga de 50 ml, agregando 40 ml de solución A, compuesta de una mezcla de solución de citrato de sodio 0.24 M y bicarbonato 0.2 M. La muestra se agitó llevándola a 75° C. A esta temperatura se adicionó 0.4 g de ditionito de sodio, manteniendo la mezcla a dicha temperatura por 15 minutos agitando constantemente. Después de



ese tiempo se centrifugó a 5000 rpm por 5 minutos, posteriormente se decanta y observa la coloración de la muestra; si presenta colores grisáceos debido a la extracción de los óxidos de hierro, la muestra se encuentra libre. En otro caso, si ésta muestra coloraciones de rojizas a amarillentas, se repite la operación.

Nota: en caso de que el sobrenadante presentara turbidez, se agregó cloruro de magnesio, centrifugando después.

Separación de la fracción arena limo y arcilla: Una vez libre de óxidos y materia orgánica, la muestra se depositó en un tamiz de 0.05 mm lavándola con agua destilada y separando así la fracción arena. Las fracciones de limo y arcilla pasan por la malla y se colocan en un vaso para agitación, agregando 5 ml de solución Calgon (agente dispersante de hexametáfosfato de sodio 0.4 N), agitando por 5 minutos. El siguiente paso fue vaciar la muestra en probetas de 1000 ml y aforarla con agua destilada.

Después de 24 horas, se extrajeron los primeros 300 ml superficiales de la probeta, aforando de nuevo a 1000 ml. Se agitó por 3 minutos, dejando reposar durante 24 horas. Este procedimiento se repitió, hasta que los primeros 300 ml no tuvieran muestra suspendida.

Los 300 ml que se fueron separando cada 24 horas contienen la fracción arcilla, debido a que ésta permanece en suspensión, mientras que los limos precipitan.

Nota: las arcillas separadas son precipitadas, utilizando una solución de cloruro de magnesio al 30 %

Ya teniendo separada cada fracción, se secaron en un horno a 40° C. Finalmente y en una balanza analítica Ohaus modelo Explorer con resolución de 0.001 g se obtuvo su peso. Con el peso de cada fracción, se determinaron los porcentajes de arena, limo y arcilla, de cada uno de los horizontes.

#### **4.7. Determinación de Fe cristalino, por extracción de ditionito-citrato-bicarbonato de sodio**

Para la determinación de Fe cristalino (Mehra y Jackson, 1960), el primer paso fue moler en un mortero de ágata 1g de muestra. Después, la muestra fue colocada en tubos de centrifuga de 50 ml, donde se agregaron 25 ml de solución de citrato de sodio 0.24 M y bicarbonato 0.2 M, agitando para la extracción y calentando a 75° C. Al llegar a esta temperatura se adicionó 0.4 g de ditionito de sodio, dejando reaccionar por 15 minutos. Posteriormente se centrifugó 5 minutos a 5000 rpm. El sobrenadante fue decantado a un matraz aforado de 100 ml. Se hizo una segunda extracción, repitiendo los mismos pasos.

Por último se aforaron los matraces, y filtraron con papel Whatman no. 4, en envases de polietileno de 125 ml.

Para la determinación de Fe cristalino en las muestras, se utilizó un espectrofotómetro de Absorción atómica (Perkin Elmer modelo 3110). Los cálculos se hicieron a partir de la fórmula:

$$\text{Fe cristalino mg/g} = \frac{(\text{mg / L de Fe lectura} - B) \times F \times 100}{\text{Peso del suelo g} \times 1000}$$

Donde:

**B** mg sobre L obtenidos en el blanco

**F** factor de dilución

#### **4.8. Determinación de Fe, Al y Si amorfo utilizando oxalato de amonio**

Para la determinación de Si, Al y Fe amorfo (Mehra y Jackson, 1960), dos blancos fueron considerados por cada lote de muestra y una muestra patrón.

Primero se pesaron 1g de suelo molido en mortero de ágata, colocándose en envases de polietileno de 125 ml. Se añadieron 50 ml de solución de oxalato (lo componen 17.56 g de ácido oxálico dihidratado  $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$  y 28.4 g y de oxalato diamónico monohidratado  $(NH_4)_2 C_2O_4 \cdot H_2O$ ). Esta solución se ajustó a un pH de 3.25 con hidróxido de amonio aforándolo a 1L. Las muestras se colocaron en una caja hermética que impidiera el paso de la luz, debido a que la reacción es afectada por la luz ultravioleta. La caja que contiene las muestras, se agitó durante 4 horas y pasado este tiempo, se filtraron inmediatamente utilizando papel Whatman no. 4 en un cuarto oscuro.

Para la determinación de Al, se prepararon curvas de calibración en matraces de 50 ml, con concentraciones de: 0, 2.5, 5, 10, 15 y 20 ml de solución estándar, de 10 mg de Al/L. Además, se le agregaron a cada matraz 5 ml de solución de KCl al 10 %, aforando a 50 ml para obtener una curva de: 0, 5, 10, 20, 30 y 40 mg Al/L.

Para la determinación de Fe, también se utilizaron matraces aforados de 50 ml, preparando una curva de calibración de 0, 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5 ml de una solución estándar de 100 mg de Fe/L, aforándola para obtener: 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mg de Fe/L

Por último, para la determinación de silicio se colocaron 0, 2.5, 5, 10, 15 y 20 ml de una solución estándar de 100mg de Si/L, aforando en matraces de 50 ml, para obtener 5, 10, 20 30 y 40 mg de Si/L.

Las determinaciones de Fe, Al y Si amorfo de las muestras, se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo 3110). La determinación de Si se hizo inmediatamente después de la extracción, ya que éste precipita rápidamente y podría tapan el capilar del aparato.

Los cálculos se reportaron en mg/ g de suelo seco, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Fe, Al, Si amorfo mg/g} = \frac{(\text{mg / L lectura} - B) \times F \times 50}{\text{Peso del suelo g} \times 1000}$$

Donde:

**B** mg por L obtenidos en el blanco

**F** factor de dilución

#### **4.9. Difracción de Rayos X de la fracción arcilla**

Los difractogramas se obtuvieron en un difractómetro Philips Modelo 1130/96 (generador) y PW 1050/25 (goniómetro), con registro digital de los datos, utilizando radiación Cu K $\alpha$ .

Para preparar las fracciones orientadas una pequeña cantidad de muestra se mezcló con agua mili-Q y se disgregó mediante un baño de ultrasonidos. A continuación se prepararon dos fracciones orientadas (en un soporte de vidrio) de cada muestra, utilizando una pipeta automática de 1ml.

Con las muestras secas se analizaron las diferentes fracciones orientadas sin tratamiento de 4 a 70° y se identificaron los picos de arcilla. En segundo lugar y en base a los resultados obtenidos en las muestras sin tratamientos una de las fracciones orientadas de cada muestra se glicoló y fue analizada en el intervalo angular de 4 a 20°. Finalmente, la otra fracción orientada de cada muestra, se calentó en dos etapas a 400° y 550° respectivamente analizándose nuevamente en el intervalo angular de 4 a 20°.

#### **4.10. Cuantificación e identificación de los fitolitos.**

A los fitolitos se les define de varias maneras como: plant Stone “planta de piedra” palabra dada por Greek. Algunos autores también han utilizado el término, para indicar todas las formas de sustancias mineralizadas de plantas superiores, que pueden tener una composición silíceo o calcárea (Piperno, 2006). Los fitolitos se definen también, como células de plantas que han sido mineralizadas por cristales de sílice (Porta, 1999).

Para la identificación de los fitolitos se tomó la fracción limo, ya que en esta fracción es donde se encuentra la mayor concentración de ellos. El primer paso fue el conteo de las 1200 partículas como propone Gol'yeva (1997). Para esto se preparó una muestra en un portaobjeto en un medio de glicerina, observando a través del microscopio petrográfico. Para el reconocimiento de los fitolitos de sílice, de otros minerales, se utilizó glicerina, cuyo índice de refracción es 1.48, (más alto que el valor máximo para fitolitos y abajo del mínimo para vidrio

volcánico), permitiendo distinguir los diversos componentes minerales con la línea de Becke.

Posteriormente, conociendo en qué perfil hay mayor concentración de fitolitos, se hizo la identificación de 200 partículas, clasificando los diferentes morfotipos. Utilizando las clasificaciones de Twiss (1992) y de Fredlund y Tieszen (1994), se establecieron nuevos nombres de las distintas formas, con el Código Oficial para la Nomenclatura de Fitólitos 1.0 ICPN (2005). En las figuras 3 y 4 se resumen los nombres descritos por los autores y el nuevo nombramiento dado por la ICPN (2005).

Se tomaron en cuenta tres subfamilias principales, para la identificación de los morfotipos: Pooideae (C3), Chloridoideae (C4) y Panicoideae (C4), las cuales se agruparon posteriormente en C3 y C4, dando a conocer el ambiente prevaleciente en el momento de la formación de los fitolitos.



**Figura 4.** Esquema de clasificación de morfotipos de los fitolitos **Twiss (1992)**. El nuevo nombramiento según la **ICPN (2005)** es: Pooides globular circular ó globular cuadrados. Panicoides bilobados células cortas. Cloridoide silla de montar. Elongados equinados ó células largas. Abanicos cuneiformes ó buliformes. Puntas de flecha ó fitolitos terminados en punta, ahora Aciculares.

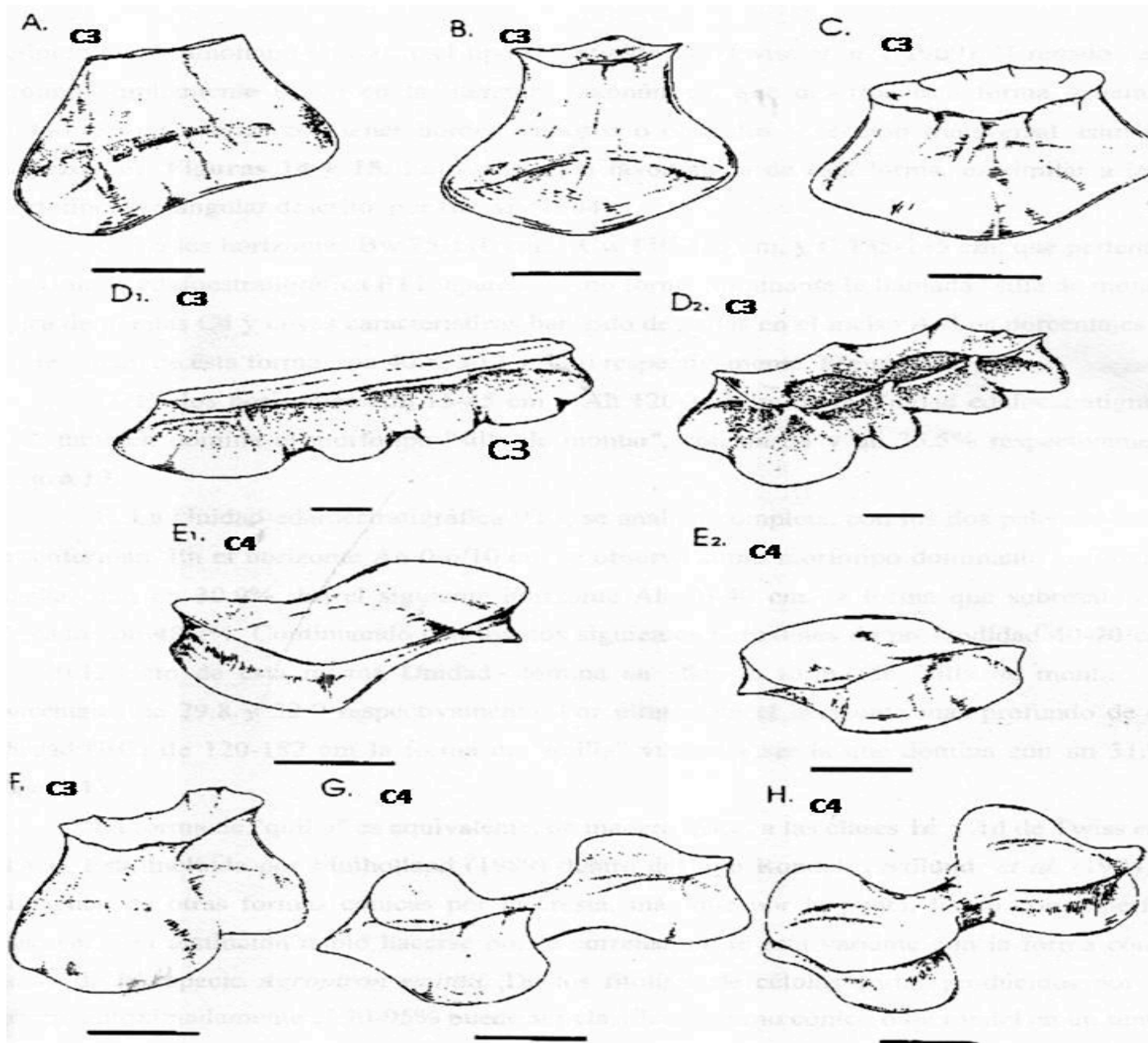


Figura 5. Esquema de clasificación de morfotipos de los fitolitos, **Fredlund y Tieszen (1994)**. Con el nuevo nombramiento según la **ICPN (2005)** donde A quilla, ahora carinado. B cónico, ahora célula corta trapeziforme. C piramidal, ahora célula corta trapeziforme. D1 crenado, ahora trapeziforme sinuado. D2 crenado, ahora trapeziforme polilobado E1 y E2 silla de montar, no cambia. F stipa, ahora trapeziforme bilobado. G lobado simple, ahora células cortas bilobadas. H panicoides, ahora células cortas bilobadas.



#### **4.11. Micromorfología en láminas delgadas**

Cada bloque inalterado tomado en campo, fue secado a temperatura ambiente. Posteriormente se colocó en envases herméticos, para la impregnación con resina epóxica, con índice de refracción de 1.65. A la muestra se le adicionó la resina necesaria, hasta que cubrió 2 cm por encima del bloque. Después se colocó dentro de una cámara de vacío a 22 atmosferas, durante 15 minutos aproximadamente, con el fin de extraer todo el aire que se encuentra dentro de los micro y macro poros, del bloque de suelo. Después de este tratamiento, la resina entró en todos los espacios ocupados por el aire.

Los bloques fueron colocados a la sombra durante 15 días, para evitar el endurecimiento de la resina y así favorecer la impregnación completa de todo el bloque. Al término de 15 días, los bloques se instalaron bajo el sol, para promover el estado de gelación de la resina y su posterior endurecimiento, que tarda aproximadamente dos semanas.

Finalmente los bloques fueron llevados a una temperatura de 75° C, utilizando una parrilla eléctrica Termoline modelo 1000, con el fin de consolidar al máximo el bloque.

Una vez obtenido el estado sólido del bloque, se prosiguió a cortarlo en secciones de 4.5x6.5x2.5 cm, utilizando una sierra circular de diamante de rin continuo de 9 pulgadas, lubricada con agua.

Antes de montar en portaobjetos, se pulió una de las caras mediante una secuencia de lijas para agua de no. 80, 120, 220, 360, 600 y 1000. Terminando con un abrillantamiento, todo esto una pulidora rotatoria Puehler Metacer 2000.

Una vez pulido, el bloque fue montado en portaobjetos petrográfico con medidas de 7.5 x 5 cm, utilizando la misma resina epóxica con la que se impregnó la muestra, dejando secar por 12 horas.

Pasado este tiempo, se cortó una lámina delgada de aproximadamente 70 micras de espesor, utilizando una cortadora circular de diamante modelo Buchler Petrothim lubricada con agua.

Ya teniendo la lámina delgada se pulió sobre un cristal con abrasivos 600 y 1000 y abriantando con alúmina hasta obtener un grosor de 40-50 micras. Finalmente, la lámina fue fijada con resina epóxica y cubreobjetos, los cuales se presionaron para sacar todas las burbujas de aire que quedaron.

Obtenidas las láminas, se observaron en un microscopio petrográfico Olympus BX 51, observando los siguientes edaforasgos: matriz, fábrica, revestimientos, minerales, etc.

#### **4.12. Fechamientos**

Para el fechamiento por  $^{14}\text{C}$  de la materia orgánica del suelo, se seleccionaron horizontes, los cuales fueron secados evitando la contaminación externa. Las muestras se analizaron en el laboratorio Beta Analytic de Miami, Florida.

## Capítulo 5

### RESULTADOS

#### 5.1. Descripción de los perfiles de las secuencias edafo-aluviales del fondo del valle.

**Perfil Río San Pablo I.** Este se localiza en la planicie del valle, con coordenadas N 19° 42' 30.8'' y W 98° 49' 04.2'' a 2317 msnm al Sur del Cerro Gordo (Fig. 6). Se conforma por cuatro paleosuelos y el suelo moderno, donde se observa poco desarrollo edáfico, formando un perfil constituido, de la cima a la base, por horizontes Ap-C-2A-2AC-2C-3A-3C-4A-4AC-5A-5Bk (Fig. 7A).



Fig. 6. Foto panorámica del perfil San Pablo I, al fondo Cerro Gordo.

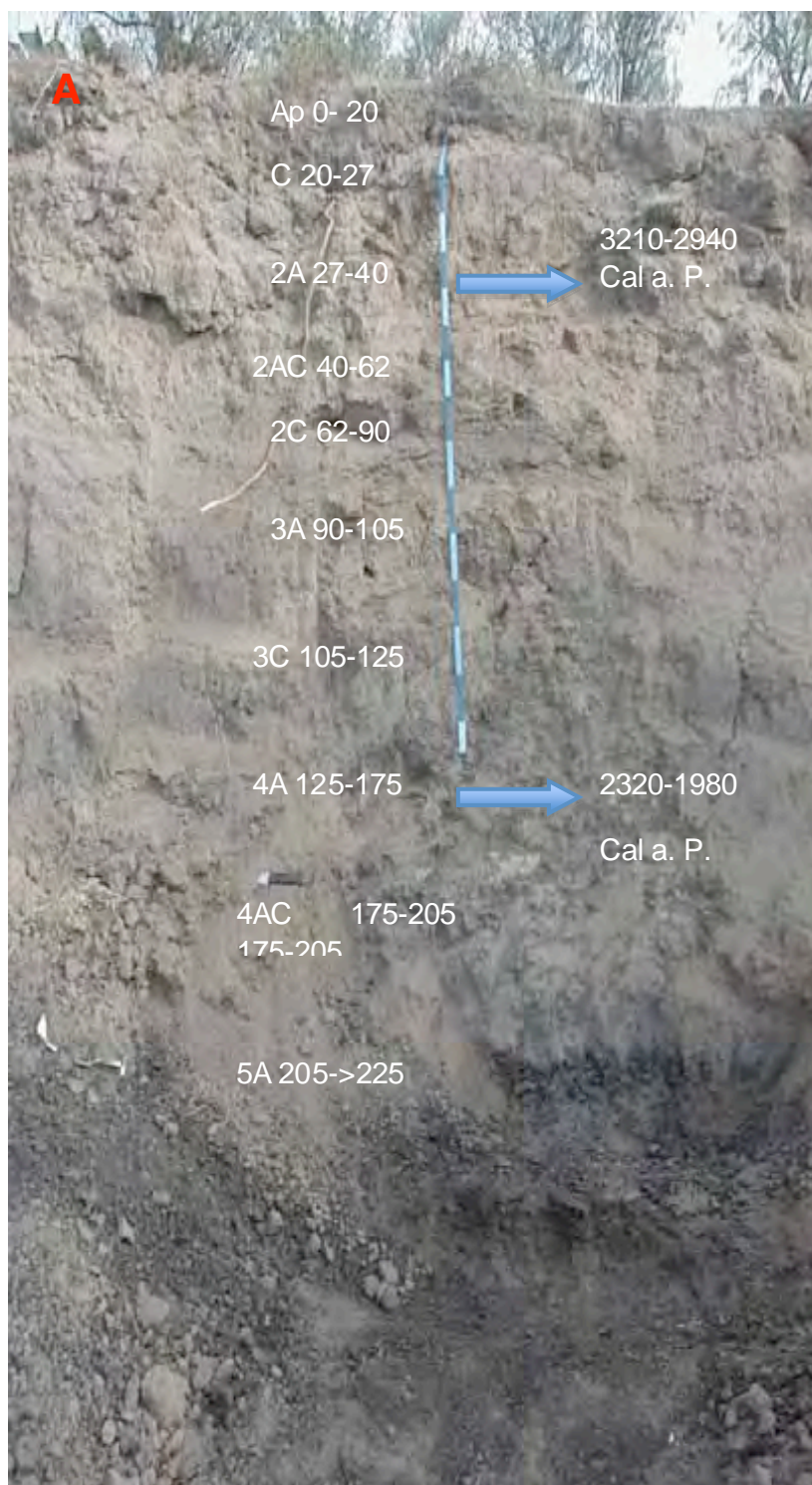


Fig. 7. Fotografías de A) perfil San Pablo I, B) horizonte 2C y C) horizonte 5A.

Los horizontes del suelo actual Ap (0-20 cm) y C (20-27 cm), están muy antropizados. El horizonte superficial tiene una estructura granular, pero es muy suelto y poroso; el horizonte que le subyace, es un sedimento muy suelto sin estructura. El primer paleosuelo tiene muy poco desarrollo, mostrando tres horizontes: 2A (27-40 cm) con estructura granular, poco estable y con presencia de raíces, este horizonte fue fechado, teniendo una edad de 3210-2940 Cal a. P. ó 1260-1000 Cal a.C. (Beta-219959); 2AC (40-62 cm) que posee cierta estructura, pero el material es muy suelto, de hecho, se observan laminaciones y tiene una textura franca; 2C (62-90cm) el cual es un sedimento laminar suelto, muy arenoso con gradación (Fig. 7B). El segundo paleosuelo presenta poco desarrollo donde 3A (90-105cm), tiene estructura granular muy friable; con textura franco arcilloso; 3C (105-125cm) no tiene estructura, es un sedimento laminado con textura franco arcillo limosa.

El tercer paleosuelo tiene un mejor desarrollo que los anteriores. El horizonte 4A (125-175cm) presenta una estructura granular, franco arcillosa, con poros con evidencia de biocanales, la edad de 4A es de 2320-1980 Cal a. P. ó 370-30 Cal a. C. (Beta-210760); 4AC (175-205cm), tiene una estructura prismática, con cierta compactación y la textura es franco arcillo limosa. El último paleosuelo es el de mayor desarrollo; la característica más notable en campo, es un cambio fuerte hacia un color más oscuro del horizonte 5A (205-220 cm), con bloques subangulares y una textura franco arcillo limosa (Fig. 7C). El horizonte 5Bk es la base del perfil, tiene una estructura en bloques y una alta concentración de carbonatos.



**Perfil Río San Pablo II:** se encuentra entre cultivo de nopales (Fig. 8A), sobre la planicie, en una terraza antrópica; sus coordenadas son  $19^{\circ} 42'27.8''$  N y  $98^{\circ} 48'23.6''$  W a 2324 msnm. Este perfil está conformado por un suelo actual y un paleosuelo (Ap, AC, C, 2A, 2AC), presentando poca edafogénesis (Fig. 8B). Dicho perfil fue estudiado, con el fin de poder conocer cómo es la cubierta edáfica actual, en el fondo del valle, ya que conserva mejor los horizontes en este sitio.

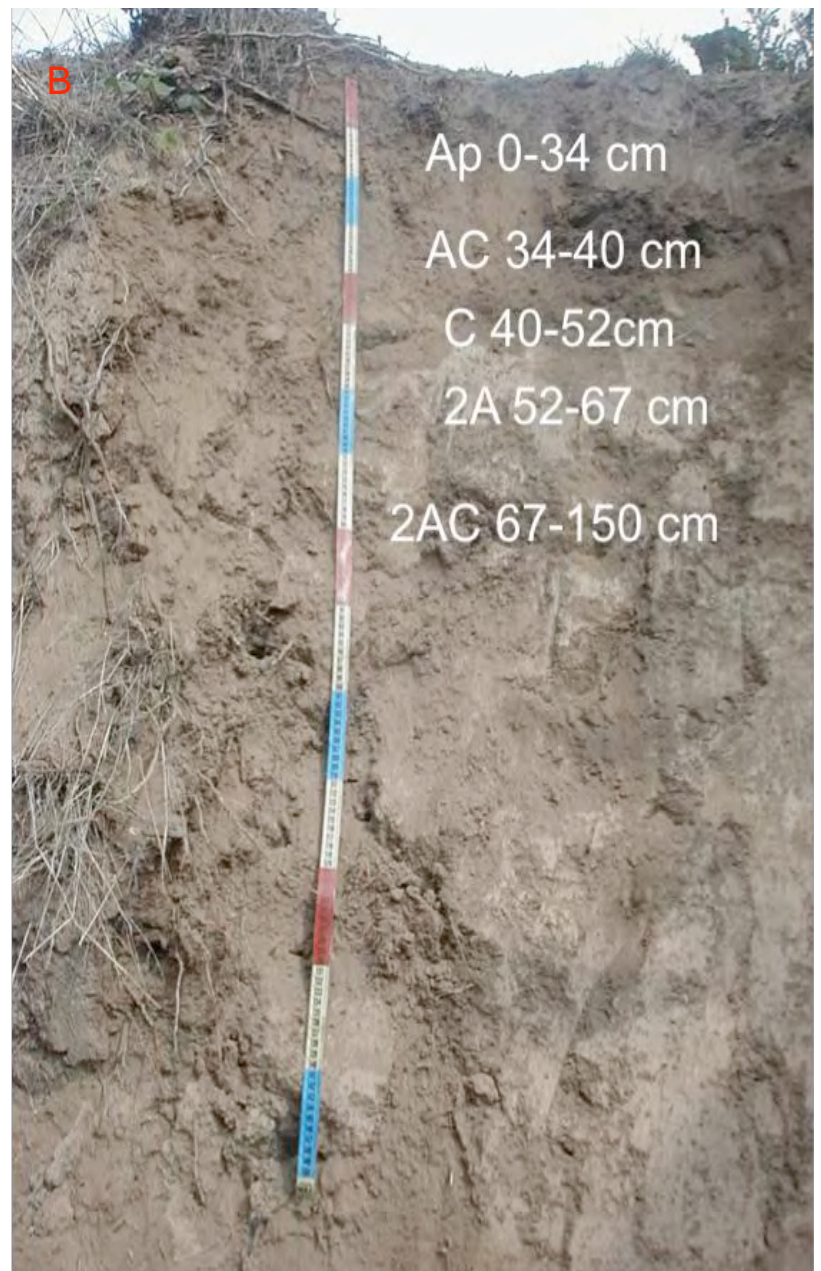


Fig. 8. A) Foto panorámica de San Pablo II. B) perfil San Pablo II.

El horizonte Ap (0-34 cm) es muy arenoso y con una estructura granular, muy suelto y con predominio de arenas, pero de textura franca, de color pardo claro. AC (34-40 cm) también es un material muy suelto en donde destacan las arenas; la textura es franco arenosa del mismo color que el anterior. El horizonte C (40-52 cm) no tiene estructura, es un material suelto con predominio de arenas, pero es de textura franca, con presencia de laminación. El único paleosuelo de este perfil, presenta las siguientes propiedades: 2A (52-67 cm) es un horizonte con estructura granular poco estable, y presencia de coprolitos, es poroso con una textura franco limosa. En cuanto a 2AC (67-150 cm), es el horizonte con menor estructura y muy suelto. El material es arenoso pero de textura franca, donde se observan laminaciones.

**Perfil El Tular:** se localiza al Oeste del valle, cerca del cerro Colorado, con coordenadas N 19° 40' 17'' y 98° 53' 31'' a 2278 msnm. Este perfil contiene una secuencia de un suelo actual y dos paleosuelos con poco grado de desarrollo, reconociéndose los siguientes horizontes: Ap-Ah1-Ah2-C-2Ah-2AC-3Ah1-3Ah2-3AC (Fig. 9).

El horizonte superficial del suelo actual Ap (0-20cm), es un material muy arcilloso con estructura granular. Ah1 (20-70cm) y Ah2 (70-115cm) muestran colores pardos oscuros y una fuerte bioturbación, que se observa en forma de pellets fecales y biocanales. La estructura es en bloques subangulares, con una textura migajón arcillosa. Ah2 fue fechado en 2890-2760 años Cal a. P. ó 940-810 Cal a.

C. (Beta- 210758). El horizonte C (115-190cm) es más arenoso con textura migajón arcillo arenoso, laminado, con sedimentos re-trabajados por la acción fluvial, apareciendo capas de arcilla y materia orgánica.

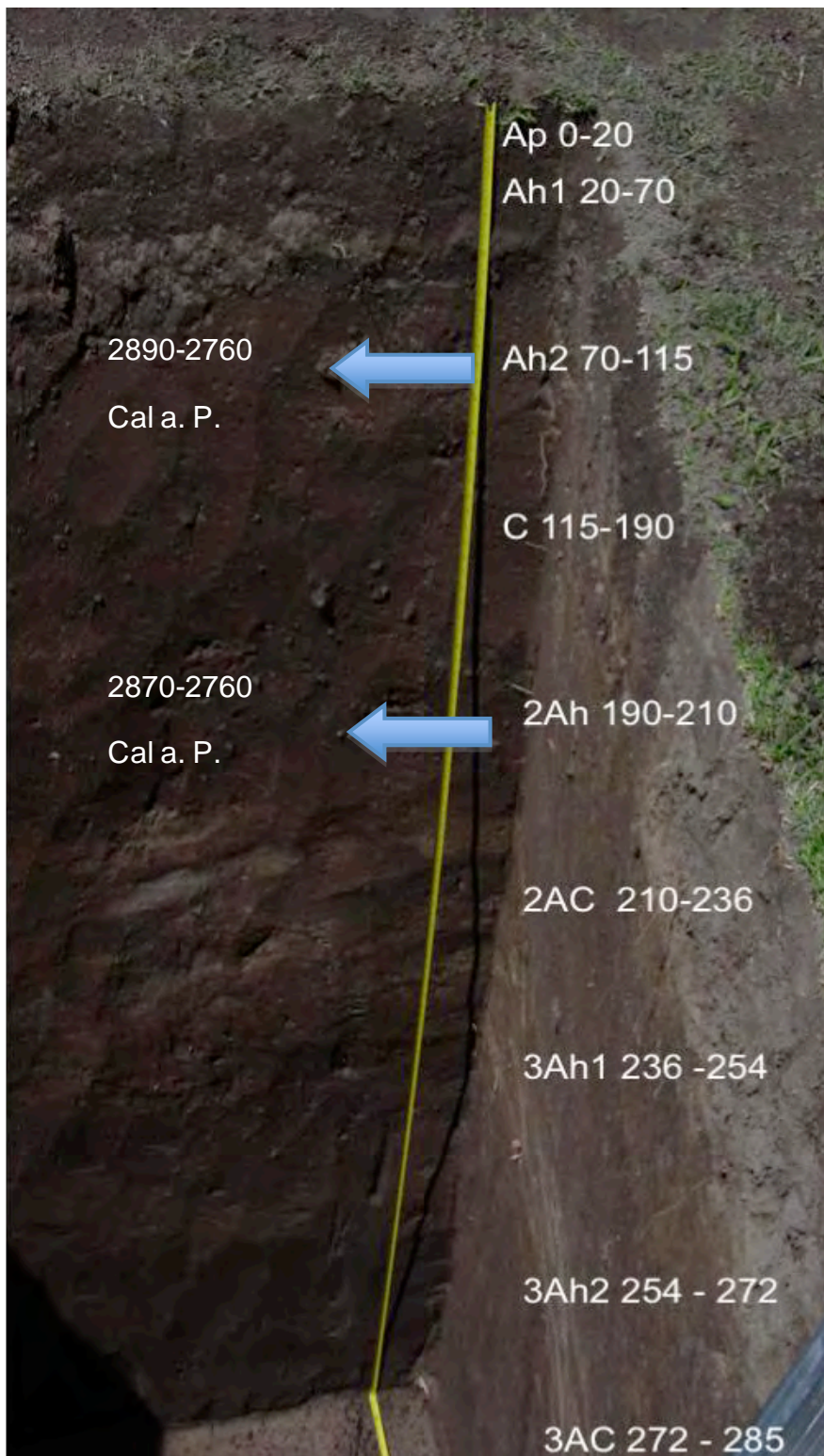


Fig. 9 Fotografía del perfil El Tular



El primer paleosuelo 2Ah (190-210cm) es granular, poroso y muy friable, la textura es arcillosa, con presencia de raíces, este horizonte fue fechado en 2870-2760 años Cal a. P. ó 920-800 Cal a. C. (Beta-210759). 2AC (210-236cm) presenta las mismas propiedades pero a diferencia, la textura es migajón arcillo limoso. Los horizontes del paleosuelo 3Ah1 (236-254cm) y 3Ah2 (254-272cm) muestran una estructura granular, de color gris oscuro, ambos horizontes son porosos y tienen una textura arcillosa. La única diferencia es que 3Ah2 presenta una mayor densidad. El horizonte 3AC (272-285cm) se tiene la misma textura, aunque el color es gris claro y poco estructurado.

## **5.2. Descripción de perfiles asociados con un sitio arqueológico en el Cerro San Lucas.**

**Perfil San Lucas:** se ubica fuera de la excavación arqueológica, en una terraza abandonada en el piedemonte del Cerro San Lucas (Fig. 10A), con las siguientes coordenadas: N 19° 42' 42.8" y W 98°42' 6.9" a 2491 msnm. Este perfil posee los siguientes horizontes: A-AB-BC-C1-C2 (Fig. 10B). Es un suelo poco desarrollado, formado a partir de ceniza volcánica, producto de la actividad del volcán San Lucas.



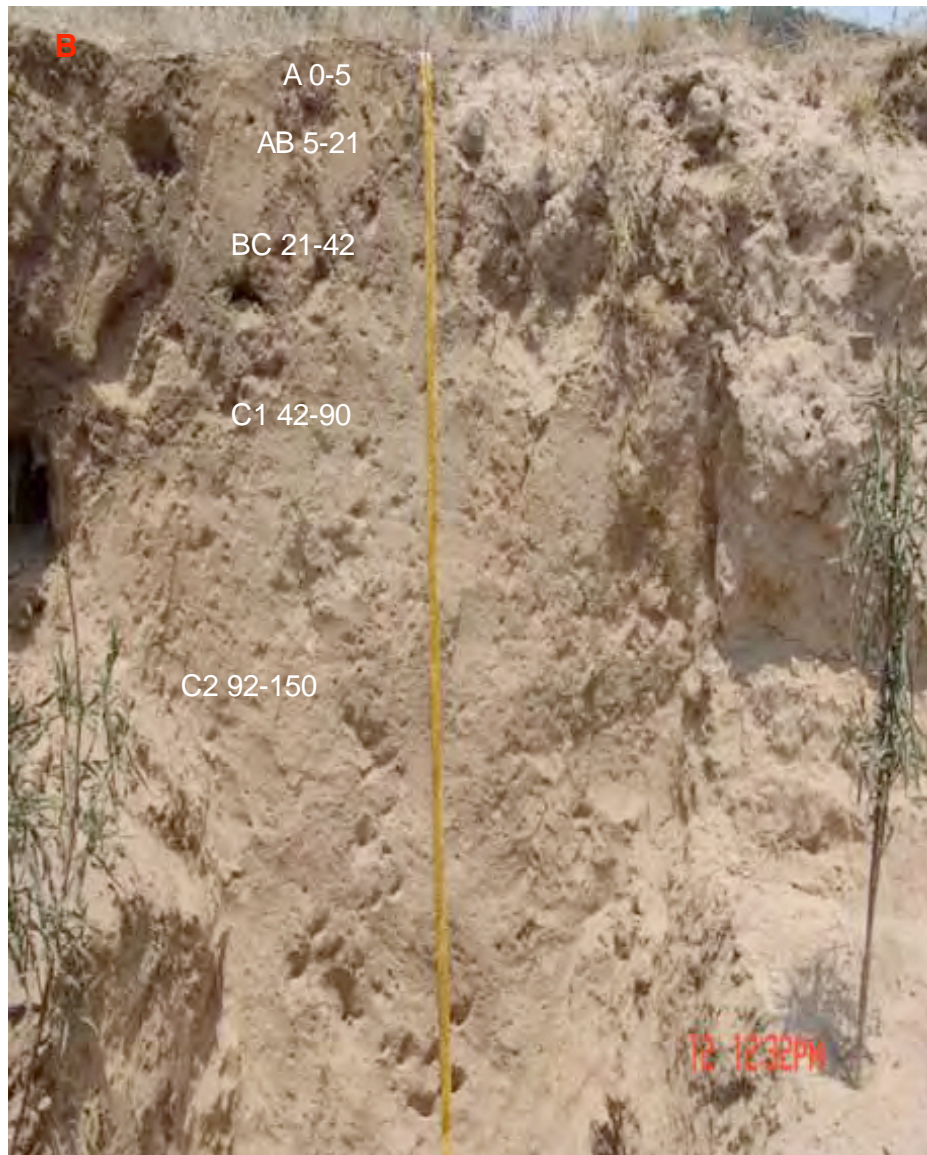


Fig. 10. A) Foto panoramica del Cerro San Lucas, B) perfil San Lucas.

El horizonte superficial A (0-5 cm) y AB (5-21 cm) es poco denso, muy poroso, de color pardo claro, de bloque subangular que rompen a granular, con una textura predominantemente areno-limosa. Los siguientes horizontes BC (21-42 cm), C1 (42-90 cm) y C2 (90-150 cm), tienen color pardo claro, con la misma textura, la estructura en bloques angulares grandes y mayor contenido de gravas de hasta 3 cm de diámetro. Los horizontes C1 (42-90cm) y C2 (90-150cm), muestran

laminaciones con una estructura más suelta y colores más claros que los anteriores.

Dentro de la excavación arqueológica se seleccionaron tres perfiles, relacionados con diferentes áreas de actividad de acuerdo con Pérez (2008). El primero ubicado en la parte Sur de la habitación, fue un área de desecho (A). En el segundo no se encontró evidencia de alguna actividad específica, ubicado al SE enfrente de uno de los muros (B). Por último, debajo de un muro se ubicó un horizonte que presenta características diferentes, a lo encontrado en la excavación, orientado al noroeste de la habitación (C). En la figura 11, se esquematiza la ubicación de los perfiles



Figura 11. Foto aérea de la casa habitacional tomada por Pérez, P. J. (FAMSI, 2007), A- área de desecho. B- área sin actividad específica. C- horizonte debajo de muro.



**El perfil en el área de desecho:** (W4-S5) de la casa presenta los horizontes Ap-A1-A2 (Fig. 12). Se observa restos de ceniza, producto de la quema algún material. El horizonte Ap (0-5/12cm) muestra una estructura en bloque subangular de tamaño pequeño, que rompe a granular, es muy friable y poco estable, con alta presencia de raíces, y tiene una textura franco arenosa. A1 (5/12-31cm) presenta una estructura en bloques subangulares de tamaño medio, su textura es franco arcillo arenosa, con alto contenido de gravas (30 %). A2 (31-47cm) posee una textura franca, muy friable y con una estructura subangular.



Fig. 12. Perfil designado como área de desecho.

**Perfil en área sin actividad específica:** (E5-S3 este), localizado a un lado de un muro (Fig. 13). Tiene los siguientes horizontes: Ap1-Ap2-A-AB-C. Ap1 (0-5-cm) y Ap2 (0-15cm) presentan carbonatos por su reacción al HCl, de color pardo, con estructura subangular y apariencia masiva, pero muy friable. El horizonte A (15-37cm) es grisáceo, con textura franca y apariencia rugosa. Su estructura es subangular, rompiéndose en pequeños agregados granulares, muy poroso y firme. Se observan pequeñas raíces y presenta reacción a HCl. AB (37-42/62cm), tiene el mismo color y textura que el anterior, con raíces blancas (carbonatadas) muy finas y también reacciona al HCl. Por último el tepetate (>62cm), no tiene estructura y es más masivo y arcilloso.

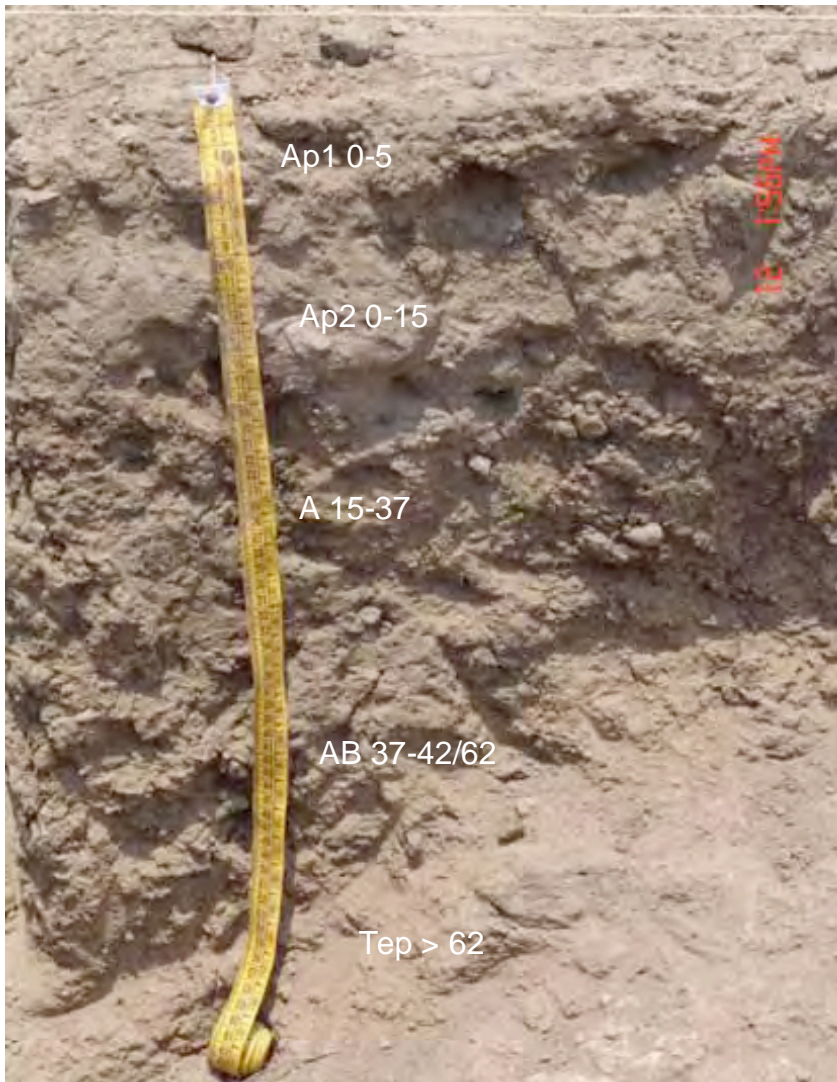


Fig. 13. Perfil sin actividad específica



**Suelo debajo del muro:** (W2-N2-N3), este sedimento que se ubica debajo de uno de los muros, tiene un espesor de 15 cm, se tomo muestra ya que presenta características que no se encontraron en los perfiles que se ubican alrededor y fuera de la excavación. Tiene color pardo oscuro, una estructura subangular de tamaño medio, los agregados muy firmes y estables, con una textura franco arcillosa (Fig. 14).



Fig. 14. Horizonte que se ubica debajo de muro

### 5.3. Descripción de los Rellenos en la Pirámide de la Luna.

Dentro de la Pirámide de la Luna, se tomaron muestras que corresponden al túnel 3 del edificio 1 (Fig. 15 A, B), denominadas rellenos 1, 2, 3, 4. El relleno 1 presenta una textura franco arcillosa, de color pardo oscuro. El relleno 2, de color negro, tiene la misma textura. El relleno-3 muestra el mismo color que el anterior pero con una textura más arenosa. El relleno 4 presenta un color gris oscuro con textura franco arcillosa,.

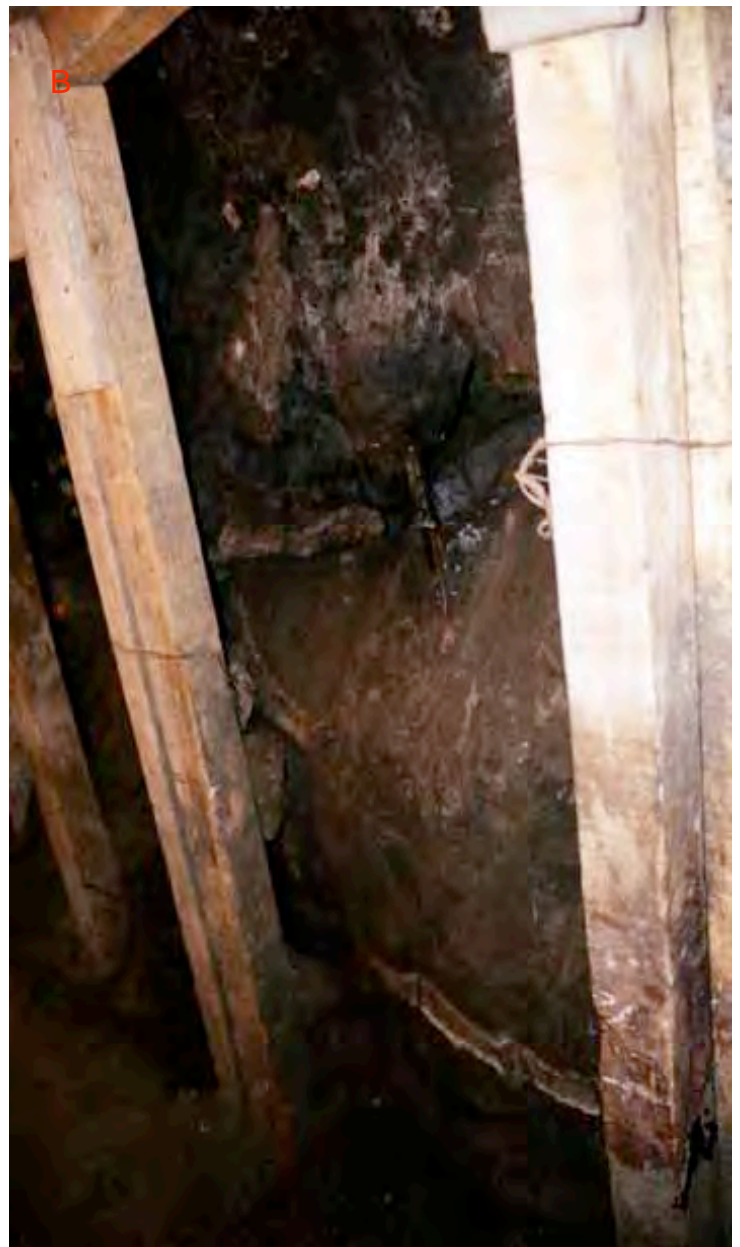
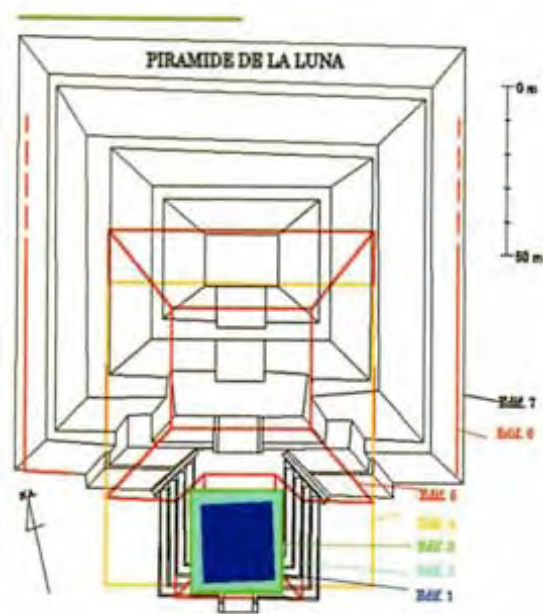


Fig. 15. A) Esquema donde se muestra los siete edificios de la Pirámide de la Luna (Sugiyama, S. 2004). B) relleno que corresponde al edificio 1.

#### **5.4. Resultados de las propiedades físicas y químicas de los perfiles de las secuencias edafo-aluviales del fondo del valle.**

San Pablo I y II. En ambos perfiles estudiados, las fracciones gruesas predominaron, especialmente el limo, sobre todo en el suelo moderno y los paleosuelos 2, 3, y 4 (San Pablo I) (tablas 1 y 2). El horizonte 5A, el paleosuelo más profundo posee un alto contenido de arcilla (57 %).

En cuanto al **pH**, los resultados mostraron que en el perfil San Pablo I son ligeramente básicos. Los horizontes 4A y 4AC presentan el valor más bajo con 7.7, seguido por 3A con 7.8; y el valor más alto lo tiene 2AC con 8.7. En el caso del perfil San Pablo II, muestra un **pH** ligeramente básico, con el valor más alto en el horizonte C de 8.5, y en 2CA el valor más bajo con 7.4.

Los resultados del carbono orgánico total (**COT**) de San Pablo I, muestran que los valores más altos los presentan los paleosuelos 4 A (1.07 %), 4AC (1.56 %) y 5 A (1.6%), en cambio el valor más bajo corresponde a 2AC (0.50 %). En el perfil San Pablo II, el horizonte superficial contiene 1.02 % de COT, en tanto en 2A disminuye hasta 0.63 %, valor que es similar al paleosuelo 2A de San Pablo I (Tabla 1)

El análisis de Fe cristalino (**Fed**) en San Pablo I, mostró que el paleosuelo 2AC posee el valor más alto con 0.65%, seguido por 4A con 0.64%. En cambio el valor más bajo, lo presenta 4AC con 0.26 % (Tabla 2). Para el aluminio amorfo (**Al<sub>o</sub>**) todos los valores son muy cercanos, teniendo un promedio de 0.11 %. Asimismo, el Sílice amorfo (**Sio**) no muestra grandes diferencias entre los horizontes y los



valores son bajos, de entre 0.04 y 0.06 % (Tabla 1). También ocurre lo mismo con el hierro amorfo (**Feo**), cuyos valores son muy bajos (0.01%) en todos los horizontes, con la excepción de 4AC con 0.02 %.

En San Pablo II el análisis de **Fed** mostró pocas diferencias, teniendo valores de entre 0.41 y 0.47 % (Tabla 2). Lo mismo es evidente con **Al<sub>o</sub>** y **Sio**, que muestran para el primero 0.11 y 0.13 %, y para el segundo de 0.05 hasta 0.07 %. En cambio, respecto al **Feo** el valor se mantuvo en 0.01 % a lo largo del perfil. En general, los valores son muy semejantes al perfil San Pablo I.

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del perfil San Pablo I.

Horizonte	Color en seco	Color húmedo	pH	Arena	limo %	arcilla	COT %	Fed %	Alo	Sio %	Feo
Ap	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2A	10YR 3/2	10YR 5/2	8.2	29,9	41,0	29,1	0.63	0.48	0.13	0.05	0.01
2AC	10YR 3/2	10YR 5/2	8.7	33,4	42,9	23,7	0.50	0.65	0.12	0.05	0.01
2C	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3A	10YR 3/2	10YR 5/2	7.8	18,3	43,2	38,5	0.58	0.52	0.12	0.05	0.01
3C	10YR 3/2	10YR 6/3	8.3	15,0	48,4	36,7	*	0.51	0.12	0.06	0.01
4A	10YR 3/1	10YR 4/2	7.7	21,6	47,5	30,9	1.07	0.64	0.10	0.04	0.01
4AC	10YR 3/1	10YR 4/1	7.7	3,7	60,7	35,6	1.56	0.26	0.11	0.04	0.02
5A	10YR 2/1	10YR 3/1	7.9	1,5	41,3	57,1	1.60	0.43	0.13	0.05	0.01

COT carbono orgánico total. Fed hierro cristalino. Alo aluminio amorfo. Sio Silice amorfo. Feo hierro amorfo.

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del perfil San Pablo II

Hori- zontes	Color en seco	Color en húmedo	pH	Arena	Limo %	Arcilla	COT %	Fed %	Alo	Sio %	Feo
Ap	10YR 5/2	10YR 3/2	8.3	42,01	37,03	20,96	1.02	0.47	0.12	0.06	0.01
AC	10YR 5/2	10YR 3/2	8.3	40,59	19,09	40,32	0.73	0.47	0.13	0.06	0.01
C	10YR 5/2	10YR 3/2	8.5	36,35	45,28	18,37	*	0.41	0.12	0.05	0.01
2A	10YR 5/2	10YR 3/2	8	30,46	47,35	22,19	0.63	0.41	0.11	0.07	0.01
2AC	10YR 5/2	10YR 3/2	7.4	31,00	46,74	22,25	*	0.44	0.13	0.06	0.01

COT carbono orgánico total. Fed hierro cristalino. Alo aluminio amorfo. Sio Silice amorfo.  
Feo hierro amorfo.

el Perfil el Tular, la granulometría mostró que en todos los horizontes predomina la fracción arcilla, con valores por arriba del 36 %; exceptuando al horizonte C del suelo moderno, en donde la arena alcanza valores de 66 %, y los horizontes Ah<sub>2</sub> y 2AC que presentan un ligero incremento de limo (Tabla 3).

Los valores de **pH** en este perfil fluctúan de neutro a ligeramente básico; ningún horizonte está por arriba de 8 como en los perfiles anteriores. El valor más alto lo presenta el horizonte C con 7.5, en cambio el valor más bajo corresponde a Ah<sub>1</sub>, Ah<sub>2</sub>, 2Ah y 2AC con 7. En cuanto al **COT**, sólo presentó valores altos en los dos primeros horizontes del suelo actual, Ap (1.25%) y Ah<sub>1</sub> (1.49 %), cuyo horizonte mostró el valor más bajo (0.12 %). En los paleosuelos 2 y 3 los valores son muy semejantes, teniendo un promedio de 0.47 %.

Los resultados de **Fe<sub>d</sub>** mostraron que el valor más bajo lo presenta el horizonte Ap con 0.32 %, pero el más alto lo tienen los horizontes del primer paleosuelo (2Ah y 2AC) con 0.46 %. En cuanto al **Al<sub>o</sub>**, el valor más bajo corresponde al horizonte C del suelo actual, con 0.12%; sin embargo, el valor más alto con 0.20 % lo tiene 2AC. Con respecto al **Si<sub>o</sub>**, el mismo horizonte C quien tiene el valor más bajo con 0.05 %, pero el valor más alto lo presentan los paleosuelos con 0.08 %, excepto en 3Ah<sub>1</sub> que es de 0.07 %. Por último, **Fe<sub>o</sub>** tiene ligeras diferencias a lo largo del perfil, encontrándose el valor más bajo (0.08 %) en varios de los horizontes (Tabla 3). El valor más alto ocurre en 2Ah con 0.11%, pero a partir del horizonte 2AC, el valor se mantiene constante (0.1%).

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas del perfil el Tular.

Hori- zonte	Color en Seco	Color en húmedo	pH	Arena	Limo %	Arcilla	COT %	Fed %	Alo	Sio %	Feo
Ap	10YR 3/3	10YR 3/2	7.4	12	34	54	1.25	0.32	0.16	0.06	0.08
Ah <sub>1</sub>	10YR 5/2	10YR 2/2	7	30	34	36	1.49	0.35	0.19	0.07	0.09
Ah <sub>2</sub>	10YR 5/3	10YR 2/2	7	28	40	32	0.31	0.37	0.16	0.07	0.08
C	10YR 5/2	10YR 2/2	7.5	66	26	9	0.12	0.35	0.12	0.05	0.08
2Ah	10YR 5/2	10YR 2/2	7	10	43	56	0.5	0.46	0.19	0.08	0.11
2AC	10YR 5/2	10YR 2/2	7	20	42	38	0.48	0.46	0.20	0.08	0.10
3Ah <sub>1</sub>	10YR 6/2	10YR 3/2	7.3	16	40	44	0.47	0.41	0.19	0.07	0.10
3Ah <sub>2</sub>	10YR 6/1	10YR 3/2	7.3	20	30	50	0.47	0.41	0.18	0.08	0.10
3AC	10YR 6/2	10YR 3/2	7.4	20	38	42	0.5	0.33	0.18	0.08	0.10

COT carbono orgánico total. Fed hierro cristalino. Alo aluminio amorfo. Sio Silice amorfo. Feo hierro amorfo.

## 5.5. Resultados físicos y químicos de perfiles asociados con un sitio arqueológico en el Cerro San Lucas.

En el suelo no alterado del perfil San Lucas, predomina la fracción arena con valores entre 51 a 68.8 %. El **pH** de este perfil es básico, y sus valores mayores a 8.2 hasta 9; la tendencia es aumentar conforme a la profundidad, sin embargo el horizonte BC, es ligeramente menor al sobreyacente (8.52).

En cuanto al **COT**, el horizonte superficial A posee un valor del 1 %, mientras que en AB disminuye ligeramente hasta 0.70 % (Tabla 4).

Con respecto a los resultados de **Fe<sub>d</sub>**, el valor más bajo fue 0.45 % en el horizonte C1 y 0.61 % el más alto en BC. En **Al<sub>o</sub>** no se encontraron grandes diferencias: el valor más bajo lo presenta C1 con 0.13 % y el más alto A con 0.15 %. Para **Si<sub>o</sub>** se mantuvo constante en todo el perfil con 0.06 %. Por último en cuanto al **Fe<sub>o</sub>**, tampoco se encontraron grandes diferencias; el valor más bajo fue en los horizontes BC y C1 con 0.05 % y el más alto en C2 con 0.07 %.

En el área sin actividad específica (E5-S3 este), los resultados granulométricos del perfil, arrojan un predominio de las fracciones gruesas (limos y arenas) en los horizontes Ap, A y AB, a diferencia del tepetate inferior, en el cual se tiene un alto porcentaje de arcilla (Tabla 4).

El **pH** en este perfil es básico, con valores entre 8.6 a 9.4, con una tendencia clara de aumentar de acuerdo a la profundidad. En cuanto a **COT** es bajo en superficie y disminuye con la profundidad, de 1.2 a 0.75 %.

No se encontraron grandes diferencias en los valores de **Fe<sub>d</sub>**, teniendo el valor más bajo en Ap2 y el tepetate con 0.49 %, y el valor más alto 0.61 % en AB. Así también el **Al<sub>o</sub>** no hay diferencias notables teniendo valores muy cercanos en todo el perfil, entre 0.1 y 0.13 % (Tabla 4). En cuanto al **Si<sub>o</sub>**, se mantiene constante en los horizontes superficiales Ap1, Ap2 y A con 0.04 %, un aumento en los horizontes más profundos con 0.05 % en AB y 0.07 % en el tepetate. Por último, **Fe<sub>o</sub>** tampoco muestra diferencias muy marcadas en todo el perfil, tendiendo desde 0.07 % en Ap2 hasta 0.11 % en A.

En el perfil que se ubica en el área de desecho (W4-S5 Sur), al igual que en el perfil anterior, lo que destaca son las arenas con valores por arriba de 46%. El **pH** es ligeramente básico, con valores que van de 7.2 a 7.8, El **COT** presenta los valores más altos dentro y fuera de la excavación arqueológica (1.3 a 1.5 %).

Los valores de **Fe<sub>d</sub>** son altos para el horizonte superficial con 0.58 % y van decreciendo conforme a la profundidad, hasta 0.24 % en A2. Para **Al<sub>o</sub>**, el valor más bajo lo presenta el horizonte superficial con 0.09 % Ap y tiene un ligero de acuerdo a la profundidad, con el máximo de 0.18 % en A2. Es esta misma tendencia la que presenta **Si<sub>o</sub>**, cuyo valor más bajo ocurre en el horizonte superficial con 0.03 % y el más alto en el horizonte más profundo con 0.08 % (Tabla 4). Por último, **Fe<sub>o</sub>** no muestra diferencias significativas en todo el perfil, teniendo en promedio un valor de 0.1 %.

El horizonte debajo del muro (W2-N2-N3), presentó un contenido alto de arcilla con 38.3 %, y el valor más bajo de **COT** en todos los perfiles fue de 0.55 %. Los porcentajes de **Fe<sub>d</sub>**, **Al<sub>o</sub>** y **Si<sub>o</sub>**, son semejantes al resto de los perfiles estudiados, aunque el **Fe<sub>o</sub>** es mayor que en lo que queda del suelo no alterado (Tabla 4). En cuanto al **pH** que presenta, es básico.

Tabla 4. Propiedades físicas y químicas del Cerro San Lucas

perfil	Color seco	Color húmedo	pH	arena	Limo %	arcilla	COT %	Fed %	Al <sub>o</sub>	Si <sub>o</sub> %	Fe <sub>o</sub>
A	10 YR6/3	2.2YR 3.5/1.1	8.2	55,3	39,2	5,5	0.99	0.48	0.15	0.06	0.06
AB	10 YR6/2	4.9YR 3.4/1.1	8.6	51,0	44,4	4,6	0.70	0.53	0.14	0.06	0.06
BC	10 YR6/3	4.1YR 3.5/1.2	8.52	53.8	40.8	7.6	*	0.61	0.14	0.06	0.05
C1	10 YR7/3	9.3YR 3.8/1.5	8.6	67,2	28,8	4,1	*	0.45	0.13	0.06	0.05
C2	10YR 6/3	9.3YR 3.8/1.4	9	68,8	31,2	0,0	*	0.49	0.14	0.06	0.07

COT carbono orgánico total. Fed hierro cristalino. Al<sub>o</sub> aluminio amorfo. Si<sub>o</sub> Silice amorfo. Fe<sub>o</sub> hierro amorfo.



Continuación tabla 4

perfil	Color seco	Color húmedo	pH	Arena	limo %	Arcilla	COT %	Fed %	Alo	Sio %	Feo
Área sin act Especifica											
Ap1	10 YR5/3	6.3R 3.1/ 0.8	8.6	54.4	23.5	22.1	1.17	0.51	0.12	0.04	0.09
Ap2	10 YR5/3	9.6R 3/1.4	8.6	48,7	41,3	10,0	1.22	0.49	0.10	0.04	0.07
A	10 YR5/3	1.5R 3/1.1	9.2	42,4	40,5	17,1	0.98	0.57	0.12	0.04	0.11
AB	10 YR5/3	5.6R 3.2/1	9.3	41,3	43,3	15,4	0.75	0.61	0.11	0.05	0.10
Tep etat e	10 YR6/3	8.4R 3.4/1.4	9.4	35,2	17,1	47,7	*	0.49	0.13	0.07	0.09
área de desecho											
Ap	10 5/2	YR 4.4R 2.9/0.9	7.2	58.2	26.6	15.2	1.42	0.58	0.09	0.03	0.10
A1	10 5/2	YR 9.3RP 3/1.3	7.5	49.9	20.3	29.9	1.31	0.37	0.10	0.04	0.11
A2	10 5/2	YR 3.2Y 2.9/0.4	7.8	46.8	43.8	9.4	1.54	0.24	0.18	0.08	0.10
Hte. debajo de muro											
Bt	10YR 5/3	5.8YR 3.2/0.9	8.5	27.3	34.3	38.2	0.55	0.39	0.13	0.05	0.10

### 5.6. Resultados físicos y químicos de los rellenos de la Pirámide de la Luna

En los rellenos de la Pirámide de la Luna, en general la fracción arcilla es la predominante con valores arriba del 40 %, excepto en el relleno 3, en donde

presenta un porcentaje más alto de arena, con 44 %. En cuanto al **pH**, todos los rellenos son ligeramente neutros, con valores desde 6.8 hasta 7.3. Los resultados de **COT** demuestran que el valor más bajo lo tiene el relleno 4 con 0.98 % y el más alto el relleno 3 con 1.5 % (Tabla 5).

Tabla 5. Propiedades físicas y químicas de los rellenos de la Pirámide de la Luna

Rellenos Pirámide de la Luna	Color en seco	Color en húmedo	pH	COT %	Arena	Limo %	Arcilla
Relleno-1	10YR 4/1	10YR 2/1	6.8	1.07	36	20	44
Relleno-2	10 YR 2/1	10YR 2/1	7	1.13	30	30	40
Relleno-3	10 YR 2/1	10YR 2/1	7	1.5	44	26	30
Relleno 4	10YR 4/1	10YR 2/1	7.3	0.98	30	30	40

COT carbono orgánico total. Fed hierro cristalino. Alo aluminio amorfo. Sio Silice amorfo. Feo hierro amorfo.

### 5.7. Mineralogía de arcilla

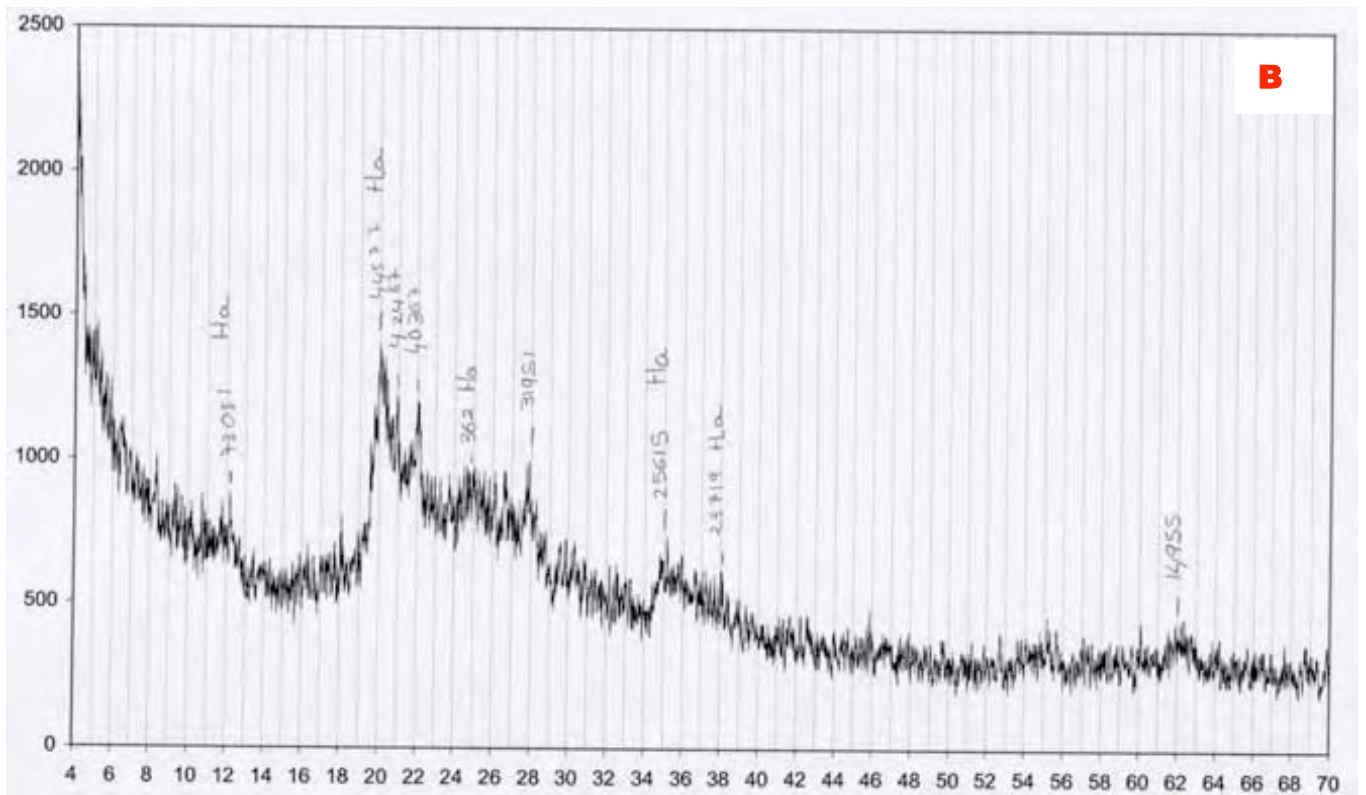
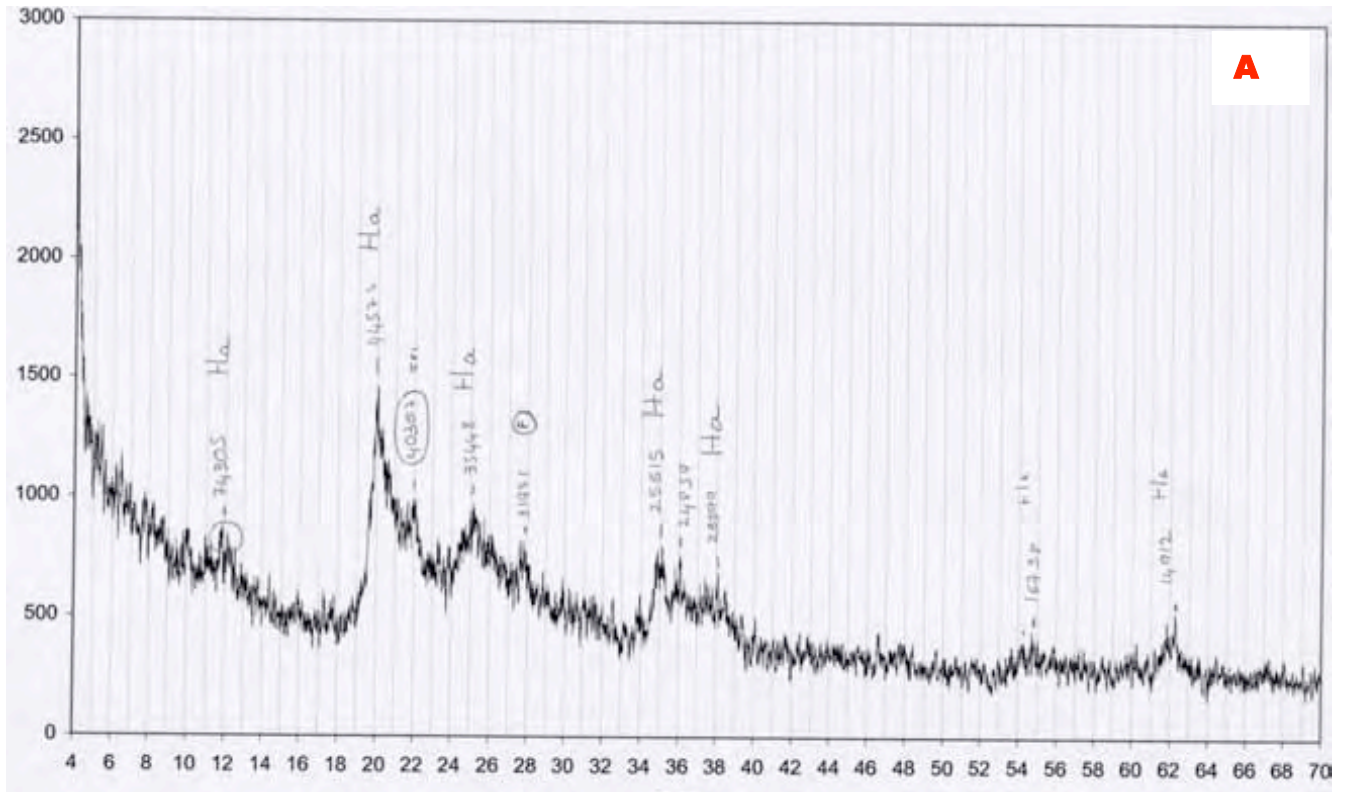
En los horizontes seleccionados de los perfiles San Pablo I, San Pablo II, el Tular y los rellenos de la Pirámide de la Luna, se encontraron arcillas del tipo halloisita y caolinita, con las siguientes características mostradas en la Tabla 6. La diferencia entre la caolinita del perfil Tular y San Pablo I es principalmente la cristalinidad,

siendo el perfil San Pablo I, donde se encuentra una caolinita con mayor cristalinidad, debido a un mayor grado de desarrollo.

El patrón de difracción de la halloisita, que muestran los materiales de la Pirámide de la Luna (Fig. 16A y 16B) y el horizonte 5A de San Pablo I (Fig 16C) son similares, tanto en la presencia de material amorfo, como en la baja cristalinidad de la arcilla. En cambio el horizonte 2AC San Pablo I, presenta una alta cristalinidad (Fig. 16C) y ausencia de material amorfo.

Tabla 6. Mineralogía de arcilla de las muestras seleccionadas de los materiales estudiados.

PERFIL	HORIZONTES	CARACTERISTICA	FASE	ARCILLA
El Tular	Ah1	Presentan una baja cristalinidad.	7.2 Å	Caolinita
	Ah2	“	7.2 Å	Caolinita
	3Ah2	“	7.2 Å	Caolinita
	3AC	“	7.2 Å	Caolinita
San Pablo I	2A	Ligero incremento de cristalinidad respecto al perfil el Tular.	7.2 Å	Caolinita
	2AC	“	7.2 Å	Caolinita
	3A	“	4.4 Å	Halloisita
	3C	“	7 Å	Caolinita
	5A	“	4.4 Å.	Halloisita
San Pablo II	AC	“	7 Å	Caolinita
Rellenos	Rellenos 1,2,3,4	Baja cristalinidad respecto al perfil San Pablo. Presencia de amorfo.	4.4 Å	Halloisita



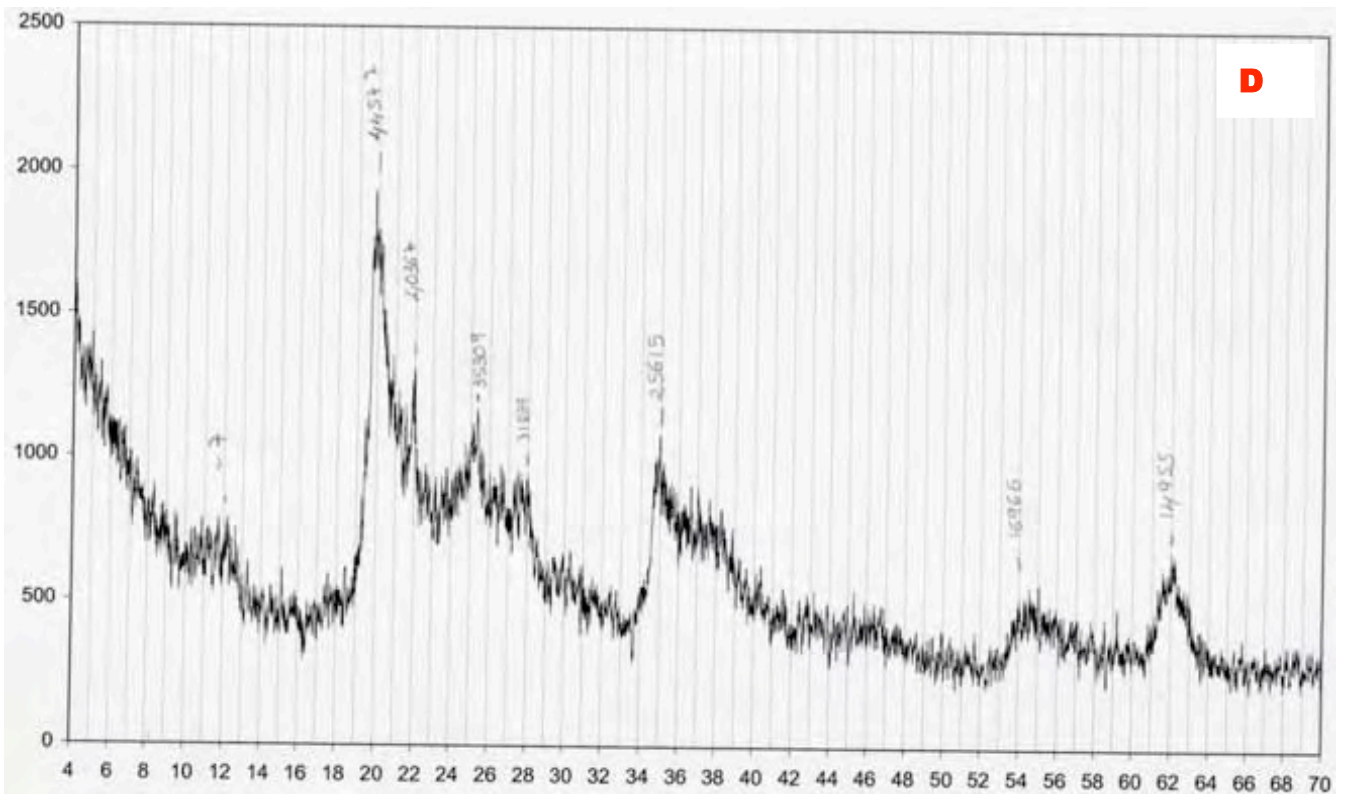
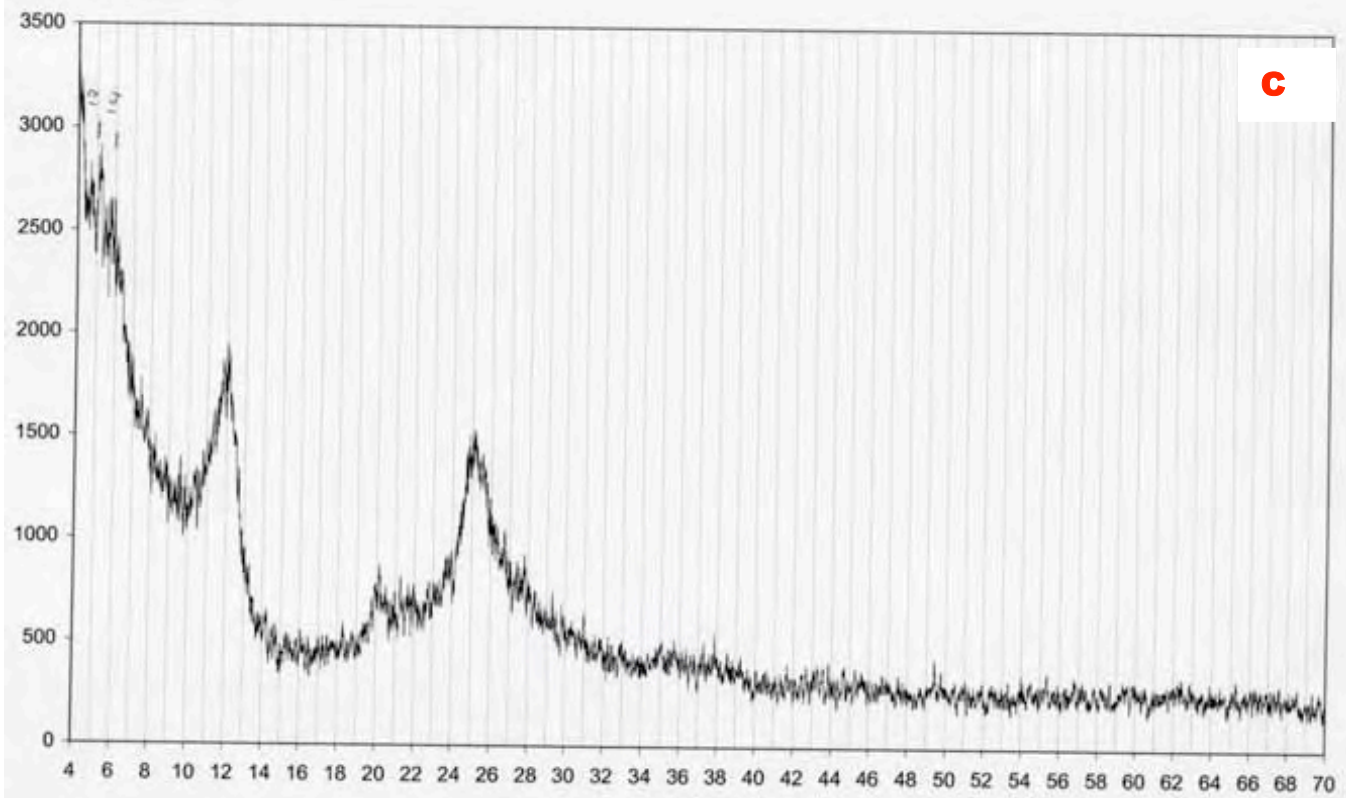


Fig. 16. Patrones de difracción de rayos X de arcilla A) Relleno 1 de la Pirámide de la Luna y B) Relleno 4 de la Pirámide de la Luna, C) horizonte 2AC de San Pablo I. D) Horizonte 5A San Pablo I.

## 5.8. Micromorfología

Se seleccionaron muestras de los perfiles mejor desarrollados (San Pablo I) o de mayor interés geoarqueológico (Casa Azteca y rellenos de la Pirámide de la Luna), para el estudio micromorfológico.

### Perfil San Pablo I:

**Horizonte 2A.** Tiene estructura en bloques subangulares; los agregados están compuestos principalmente de minerales tamaño arena, donde predominan las plagioclasas con pocos rasgos de intemperismo (40- 50 %) (Fig. 17D); también hay anfíboles poco alterados. Se presentan pequeñas raíces dentro de los poros (Fig. 17A), con rasgos de microlaminación en ciertas áreas (Fig. 17B), las cuales están principalmente compuestas por fragmento de tamaño limo, que se localizan fuera de los agregados. Esta microlaminación se encuentra fracturada en la mayoría de los casos formando así pequeños agregados. La presencia de pápulas es frecuente (Fig. 17C) y concreciones de manganeso (<5%) que están redondeadas. Además se observan restos de carbón, pero no son muy frecuentes.

**Horizonte 3A.** Está formado principalmente por sedimentos bien clasificados, de minerales tamaño arena fina y compuesto principalmente por plagioclasa y anfíboles. No hay una estructura edáfica, sólo microlaminaciones (Fig. 17E), las cuales están formadas por minerales opacos principalmente. Se observan cambios en el tamaño del grano, refiriéndose a cambios de energía, en el

momento de emplazamiento de los sedimentos. Presenta pequeños fragmentos redondeados de suelo (Fig. 17H), junto con pápulas (Fig. 17G). Dentro de los sedimentos se observan fitolitos y restos de carbón (Fig. 17 F).

**Horizonte 4A:** Este horizonte presenta en general estructura subangular, en ciertas zonas granular y microlaminaciones que rellenan los poros con pápulas incorporadas (Fig. 17K), donde hay materia orgánica. Se observan fragmentos de lo que corresponde al horizonte 5A, preservando su estructura y huellas de fractura, evidencia de mezcla de estos horizontes (Fig. 17I). Se observan abundantes fragmentos de carbón (Fig. 17L). Los minerales en mayor cantidad son las plagioclasas y ferromagnesianos. También por último, se encontró evidencia de actividad biogénica, en forma de coprolitos (Fig. 17J).

**Horizonte 4AC.** Presenta un color predominante pardo oscuro. La estructura es en bloques subangulares, con fracturamiento en ciertas zonas. Se encuentran poros de tamaño mediano y grande, que son rellenos por cutanes de arcilla. Se observan concreciones de óxido-reducción, que se formaron *in situ*. En varios puntos, se presentan lentes con cambios en el tamaño de partícula, de fina a muy fina. La matriz es predominantemente arcillosa y limosa; las pocas arenas son de plagioclasas. Existe un alto contenido de materia orgánica, evidenciado por el color de interferencia. Los minerales tienen cierto grado de intemperismo (quedando la huella).

**Horizonte 5A.** Debido a la complejidad de este horizonte, se tomaron 3 muestras inalteradas obteniéndose una subdivisión de 5A, 5A' y 5A'', las cuales corresponden a la parte superior, media e inferior del horizonte, respectivamente.

En 5A el color es gris oscuro, la estructura que presenta es en bloque angular (Fig. 17 P). En la matriz se observa la materia orgánica, predominando la fracción fina (limo y arcilla). Muestra iluviación de arcilla en todos los poros y fracturas; casi no hay minerales primarios, pero las plagioclasas abundan y anfíboles (Fig. 17 R). Se observan pequeños fragmentos de carbón y restos vegetales (Fig. 17 Q).

En 5A', presenta el mismo color y la misma estructura, con rasgos de iluviación de arcilla en los poros y grietas (Fig. 17 S, T), pero en mayor concentración que en la parte superior; tiene menor contenido de restos orgánicos. Aumenta la proporción de minerales de tamaño arena fina, como las plagioclasas.

Por último 5A''. El color es pardo oscuro, y la estructura se presenta en bloques subangulares, con grietas y abundantes fragmentos de carbón (Fig.17 N). Los poros son de tamaño mediano a grande, con cutanes de arcilla (Fig.17 O, P), que se distinguen por la extinción ondulante con luz polarizada. También se observan de concreciones de Fe. La matriz está compuesta de arcilla y limo principalmente.

**5Bk.** Su color es pardo grisáceo. La estructura muestra bloques subangulares con presencia de grietas, rellenas de carbonato de calcio (Fig. 17 Y). Además, la



calcita se encuentra fuera de los agregados, cementando. También se observaron cutanes de arcilla (Fig. 17 Z), que en algunas zonas están cubiertos por calcita.

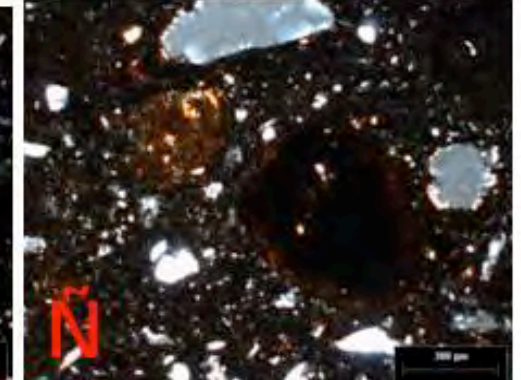
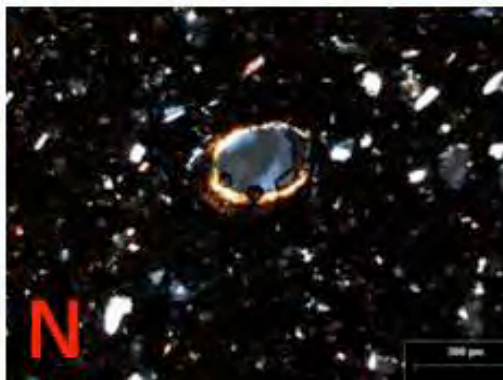
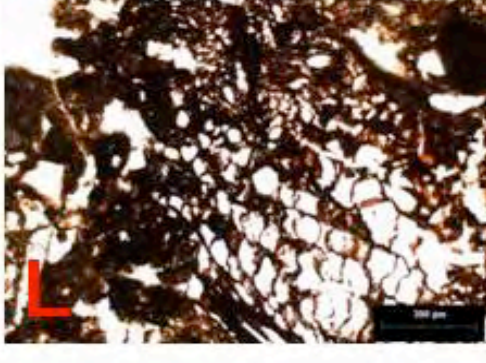
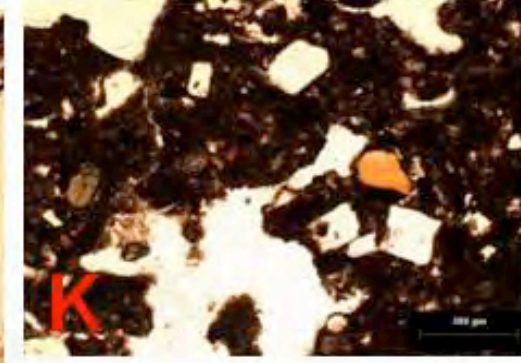
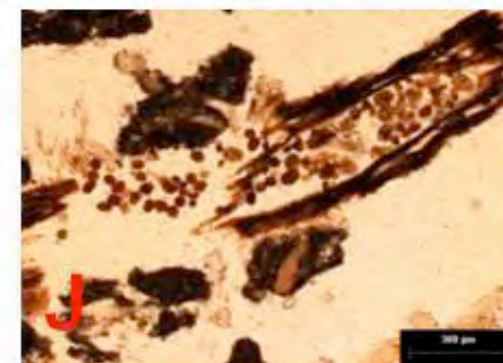
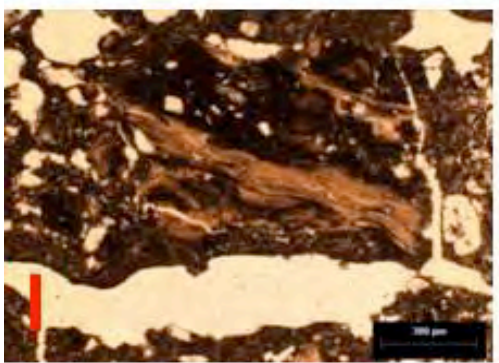
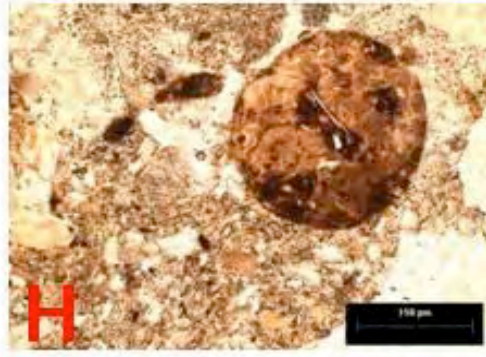
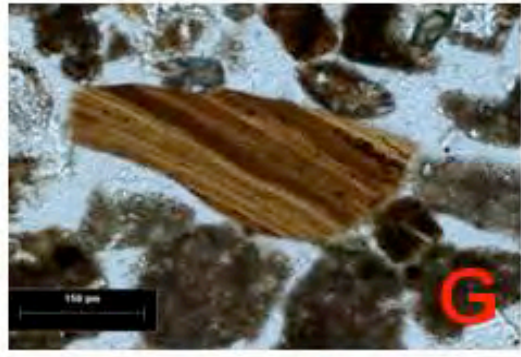
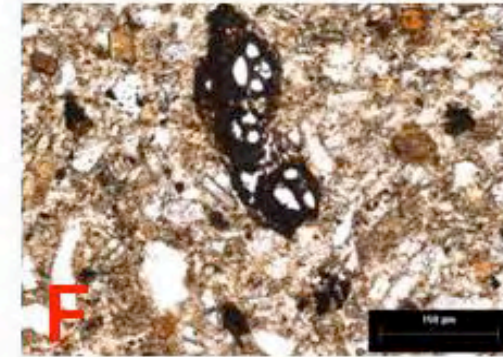
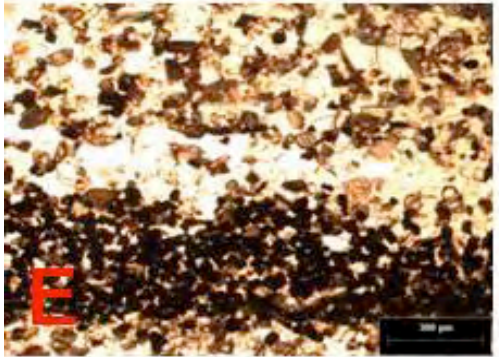
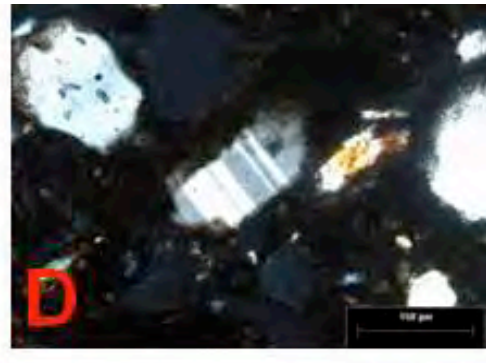
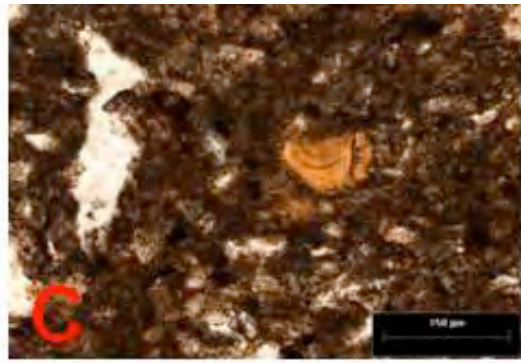
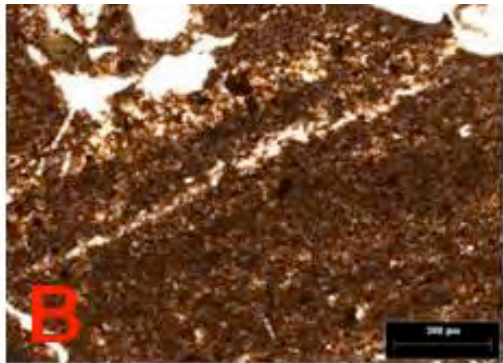
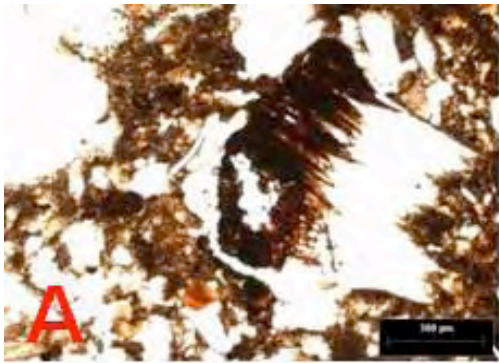
En la tabla 7, se resumen las principales características micromorfológicas del perfil San Pablo I.

Tabla 7. Propiedades micromorfológicas del perfil San Pablo I

San Pablo I	porosidad	intemperismo	iluvación	nódulos	cutanes sucios (agrocutan)	Frag. de suelo	Prop. vérticas	carbonatos	carbón	pápulas	micro laminación	actividad biogénica
2A	XX	X			XX				X	XX	XXX	X
3A	X	X				XX			X	XX	XXX	
4A	XX	XX					X		XX	X	XX	X
4AC	XX	XX	XX	X			XX		X		X	X
5A	XXX	XXX	XX	X			XX		XX			XX
5A´	XXX	XXX	XXX				XX					X
5A´´	XXX	XXX	XXX	X			XX	XX	X			X
5Bk	X	X	X					XXX				

X ESCASO    XX FRECUENTE    XXX ABUNDANTE







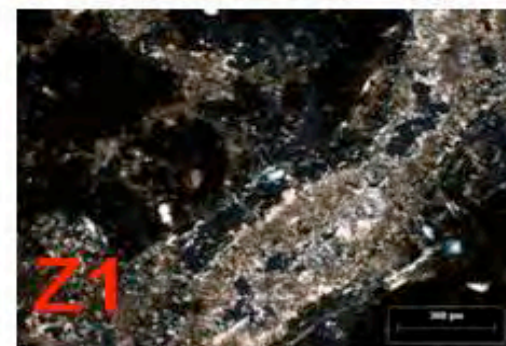
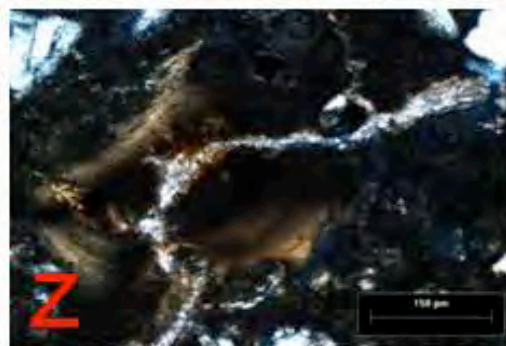
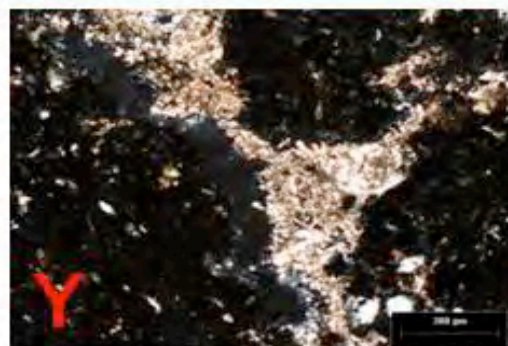
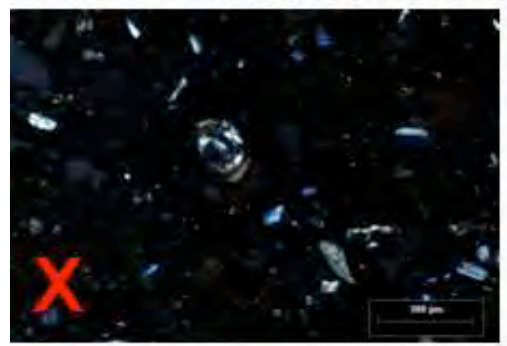
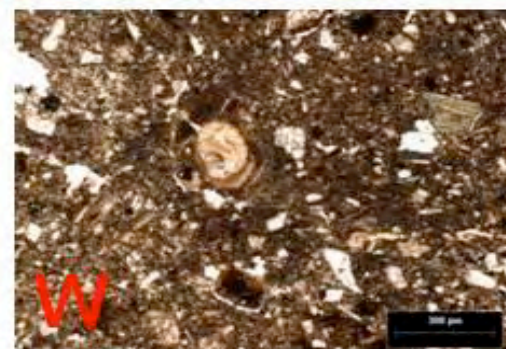
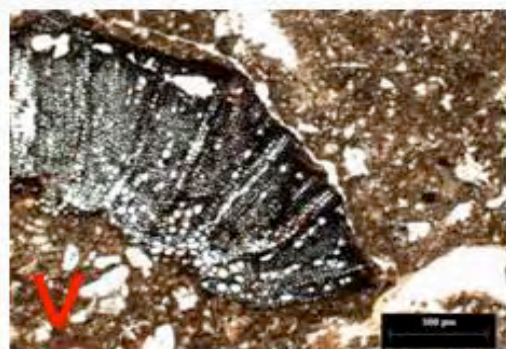
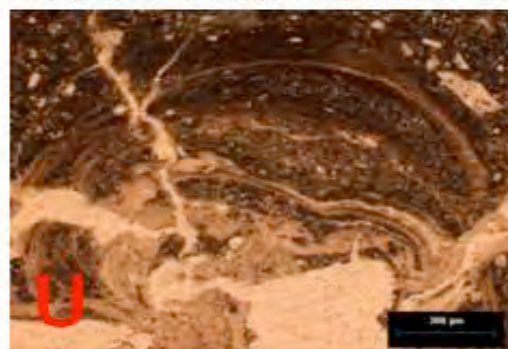
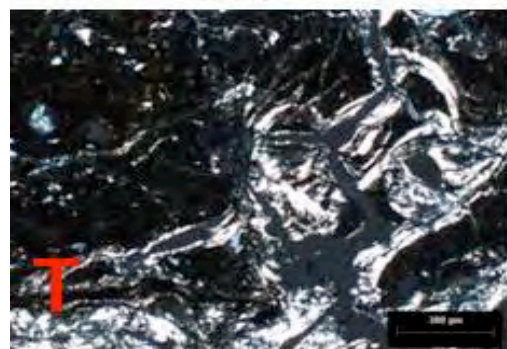
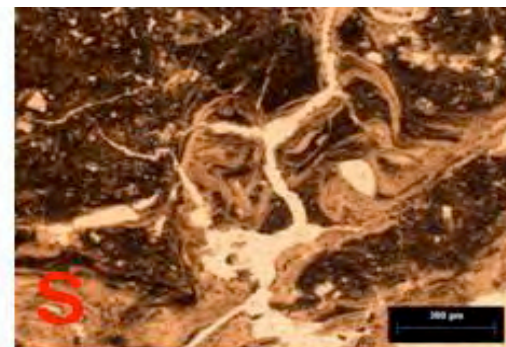
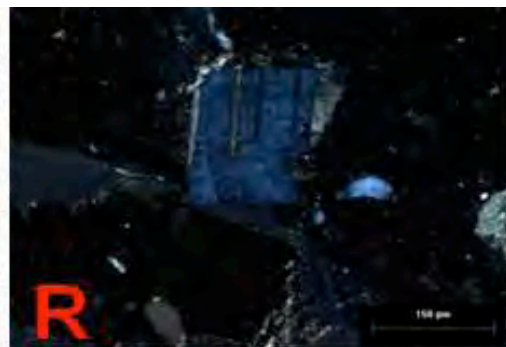
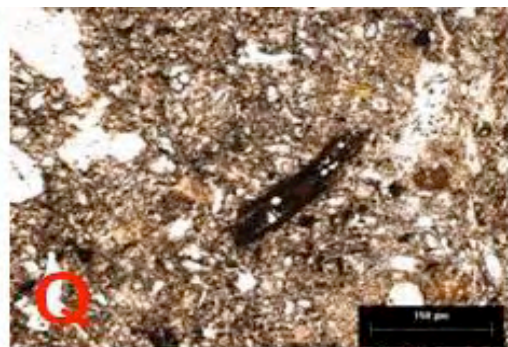
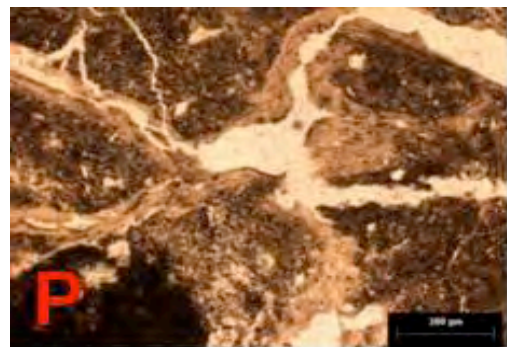


Fig.17 Aspectos micromorfológicos de horizontes seleccionados de San Pablo I. NX observado bajo el segundo polarizador

**A**-horizonte 2 A, resto vegetal.

**B**-horizonte 2 A, microlaminación.

**C**-horizonte 2 A, pápula incorporada en la matriz.

**D**-horizonte 2 A, plagioclasa, NX.

**E**-horizonte 3 A, laminación.

**F**-horizonte 3 A resto de carbón.

**G**-horizonte 3 A, pápula en material laminado.

**H**-horizonte 3A, fragmento de suelo redondeado e incorporado a la matriz.

**I**-horizonte 4A, estructura subangular.

**J**-horizonte 4A, evidencia de actividad biogénica, coprolitos.

**K**-horizonte 4A, pápula incorporada en la estructura.

granular con abundante materia orgánica.

en la misma matriz se observa la materia orgánica.

**L**-horizonte 4A, fragmento de carbón.

**M**-horizonte 4AC, microlaminación.

**N**-horizonte 4AC, cután de arcilla, NX.

**ñ**-horizonte 4AC, concreción de hierro, NX

**O**-horizonte 4AC, minerales de anfíbol y piroxeno, NX

**P**-horizonte 5 A, estructura subangular con materia orgánica en la matriz y evidencia de iluviación de arcilla en los poros.

**Q**-horizonte 5 A, restos vegetales.

**R**-horizonte 5 A, plagioclasa observado, NX.

**S**- horizonte 5 A´, cutanes de arcilla relleno los poros.

**T**-horizonte 5 A´, cutanes de arcilla relleno los poros, NX.

**U**-horizonte 5 A´, cután de arcilla.

**V**-horizonte 5A´´, resto de carbón vegetal,

**W**-horizonte 5A´´, cután de arcilla.

**X**-horizonte 5A´´, cután de arcilla, NX, donde se refleja una extinción ondulante.

**Y**-horizonte 5Bk, carbonatos de calcio relleno los poros, NX.

**Z**-horizonte 5Bk, carbonatos de calcio relleno una fractura de cután de arcilla, NX.

**Z1**-horizonte 5Bk, carbonatos de calcio, NX.

## **Cerro San Lucas, excavación**

**AB 5-21cm fuera de excavación (perfil San Lucas).** Es un horizonte de color pardo oscuro, que infiere la presencia de materia orgánica y tiene una estructura microgranular (Fig. 18E), con sus microporos en forma de vesículas. Los minerales en su mayoría, están redondeados con presencia de vidrio volcánico (20 % aproximadamente) (Fig. 18 F,G). También se observan plagioclasas y anfíboles, pero en menor proporción. Los fragmentos de rocas tienen intemperismo en su parte superficial, principalmente pómez de tamaño grande (Fig. 18H). Existen materiales vegetales muy frescos entre los poros y también restos de carbón. En ciertas zonas se observa acumulación de sedimentos muy finos (limo).

**Horizonte debajo de muro (W2-N2-N3).** Presenta color pardo y una estructura en bloque subangular (Fig. 18 A), con abundante arcilla iluviada (Fig. 18 B,C). La porosidad es poca, pero hay muchas grietas. Se observa pequeñas pápulas con su extinción ondulante. Existen dos contrastes en los minerales: minerales muy intemperizados (Fig. 18D) y minerales muy frescos. Hay fragmentos de roca, con su corteza de intemperismo.

**Piso de la casa (E4- S3).** Se tomó adicionalmente una muestra del piso de la casa para poder conocer sus propiedades, encontrando lo siguiente: se observan restos de raíces, con evidencia de quema y fragmentos de carbones (Fig. 18 I, L);

las rocas presentan una costra de intemperismo (Fig. 18J). Esta muestra está compactada, sin estructura ni poros. Se observa también materia orgánica. Hay abundancia de plagioclasas (Fig. 18K) y anfíboles. No se observan rasgos fuertes de intemperismo.

**Horizonte Ap área sin actividad específica (E5-S3).** En este horizonte la estructura es granular con tendencia a bloques subangulares, donde se observa materia orgánica (Fig 18M). Los minerales de tamaño arena son generalmente plagioclasas y anfíboles. Las rocas presentan pátina de intemperismo. No hay evidencia de fragmentos de carbón en este horizonte. Existen zonas con poros rellenos de limo y es frecuente encontrar restos vegetales frescos y coprolitos (Fig. 18 N,O, P).

**Tepetate, área sin actividad específica (E5-S3).** La estructura es masiva (Fig. 18 S, T) y la matriz fina. Las arenas están poco intemperizadas, observándose minerales del tipo plagioclasas. También hay fragmentos de rocas, con un intemperismo superficial (Fig. 18R). En ciertas zonas, los carbonatos se acumulan en los poros y grietas (Fig. 18 Q).

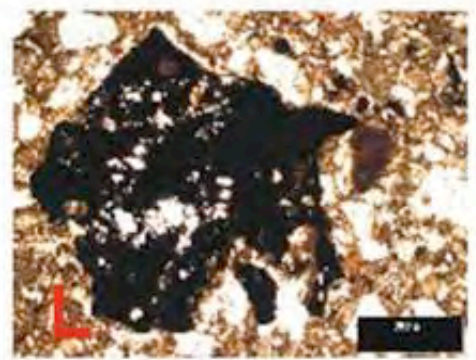
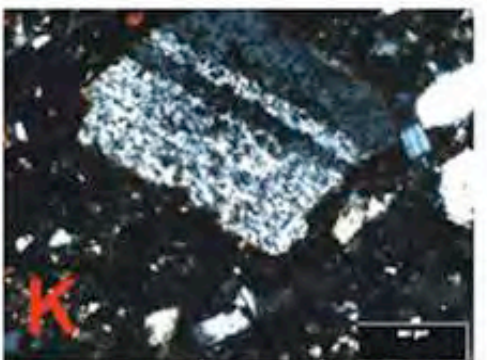
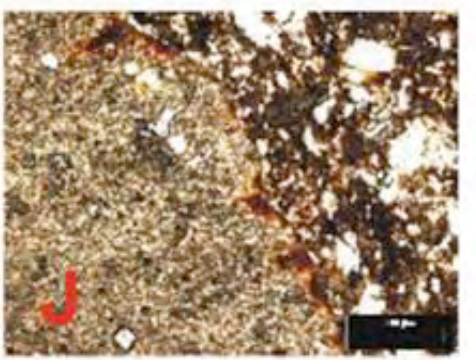
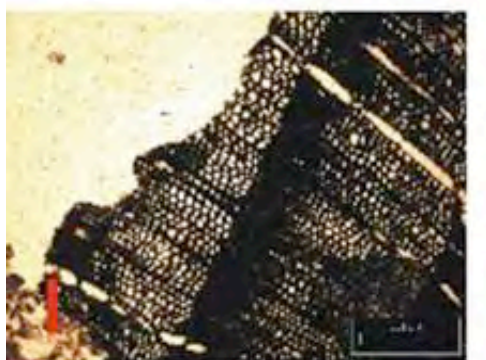
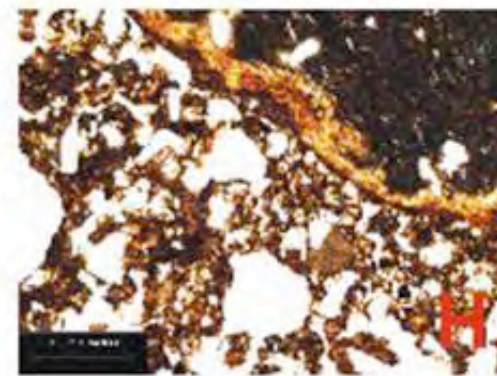
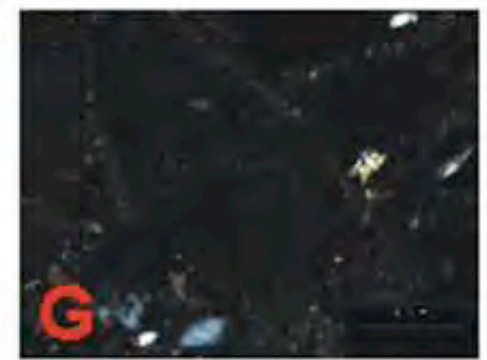
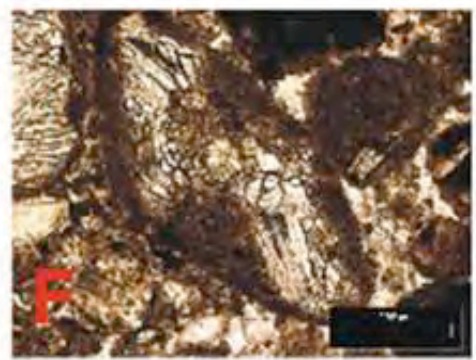
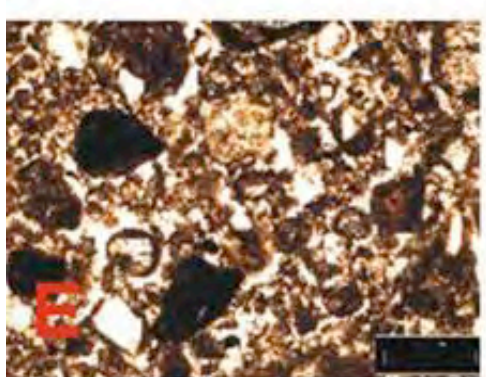
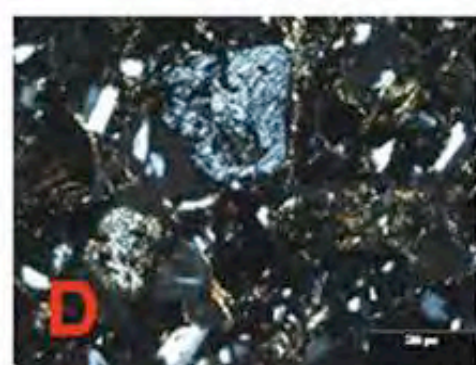
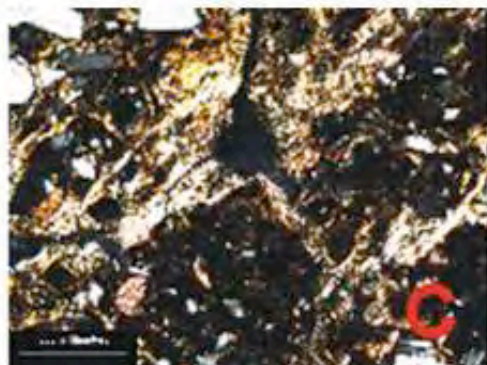
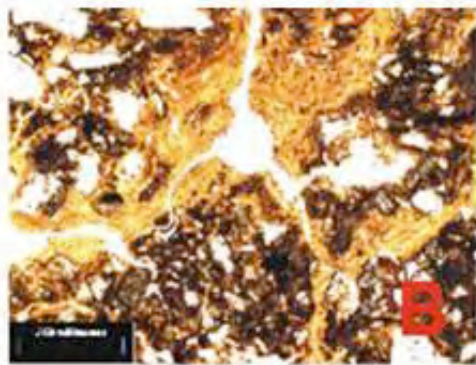
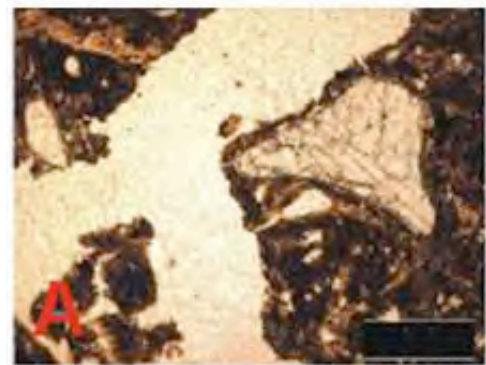
**Horizonte A2 área de desecho (W4-S5).** La estructura es predominantemente subangular con microporosidades Fig. 18 U), pero en algunas áreas es masiva. La materia orgánica es abundante en este horizonte. Los minerales principales son plagioclasas (Fig. 18W) y anfíboles, que presentan fracturas y huella de intemperismo, además también hay vidrio volcánico (Fig. 18 X). Materiales finos y restos vegetales, están rellenoando los poros (Fig. 18 V). En la tabla 8 se resumen todas las propiedades micromorfológicas del Cerro San Lucas



Tabla 8. Propiedades micromorfológicas del Cerro San Lucas

Cerro San Lucas	Porosidad	intemperismo	iluvación	cutanes sucios (agrocutanes)	Frag. de suelo	de carbonatos	carbón	pápulas	actividad biogénica
Hte. debajo de muro	X	XX	XXX	XXX		X		XX	
Tepetate	XXX	X				XXX			
AB 5-21cm	XXX	X			XX		X		X
San Lucas									
Piso de la casa	X	X					XXX		XX
Ap 0-15 cm lado del muro	X	X							X
A2 31-46 cm	X	X	X			XXX			

X ESCASO XX FRECUENTE XXX ABUNDANTE





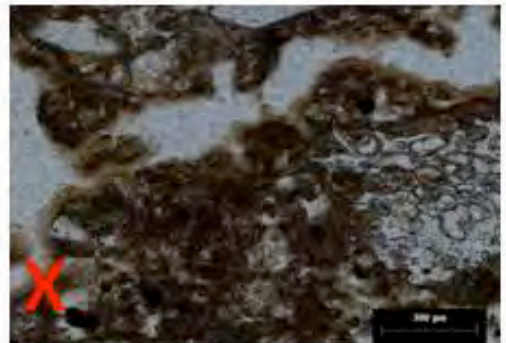
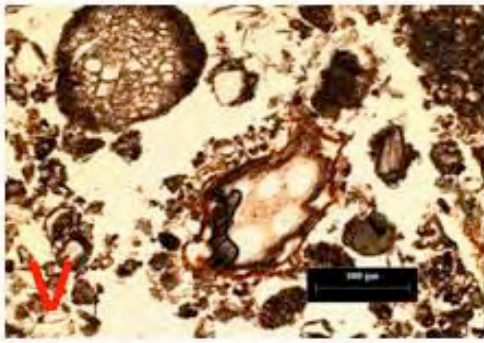
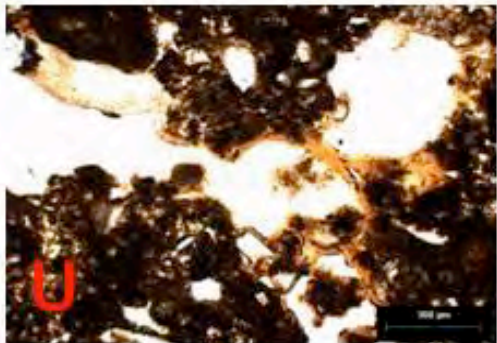
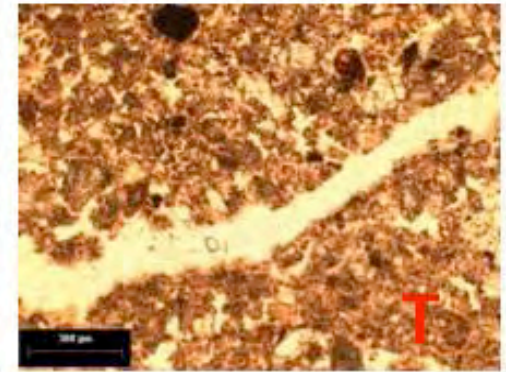
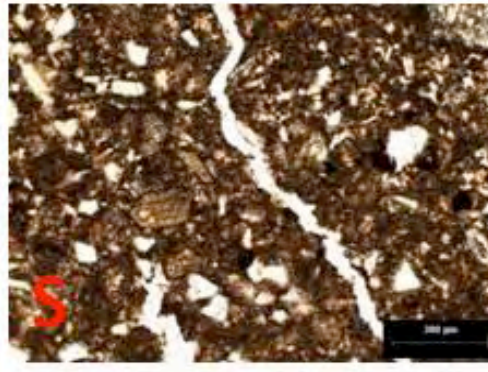
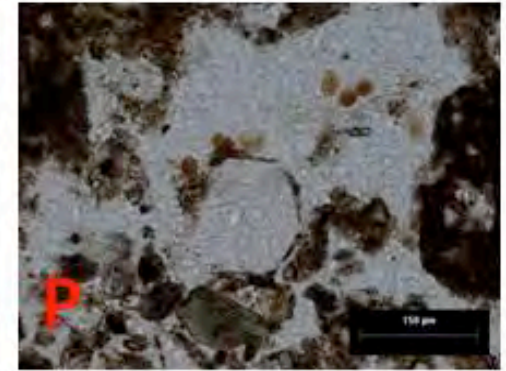
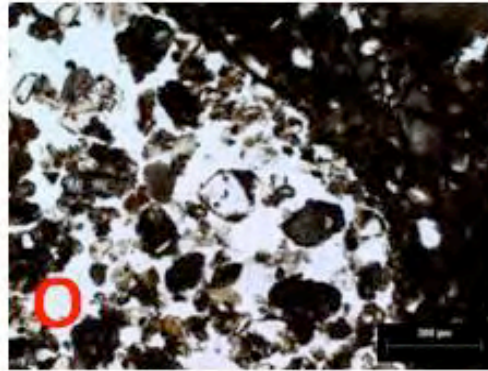
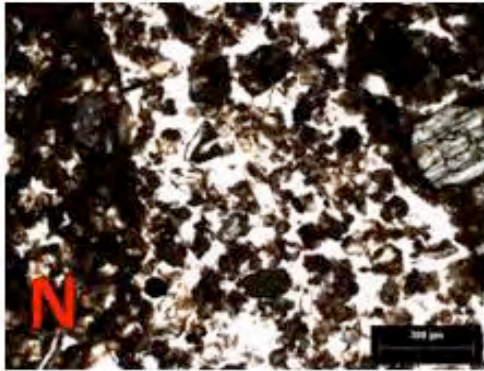
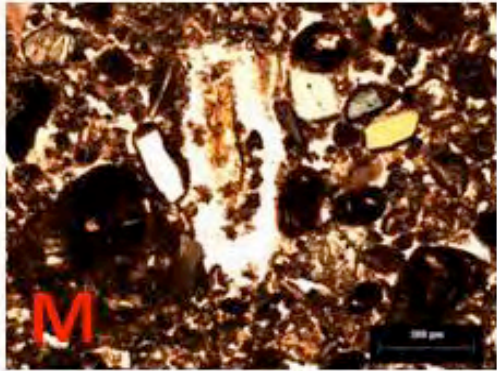


Fig. 18. Aspectos micromorfológicos de horizontes seleccionados en el Cerro San Lucas. NX segundo polarizador.

- A-** horizonte que se ubica debajo del muro. Estructura del suelo
- B-** horizonte que se ubica debajo del muro. Arcilla iluviada (cutan) relleno un poro.
- C-** horizonte que se ubica debajo del muro. Arcilla iluviada (cutan) relleno un poro, NX.
- D-** horizonte que se ubica debajo del muro. Mineral de Plagioclasa con rasgos de intemperismo, observado bajo el segundo nicole.
- E-** horizonte AB 5-21 cm, perfil San Lucas. Estructura granular con presencia de materia orgánica.
- F-** horizonte AB 5-21 cm, perfil San Lucas. Vidrio volcánico cubierto en ciertas zonas de materia orgánica.
- G-** horizonte AB 5-21 cm, perfil San Lucas. Vidrio volcánico observado bajo el segundo polarizador, nótese que no presenta color de interferencia
- H-** horizonte AB 5-21 cm, perfil San Lucas. Se observa la matriz granular y un fragmento de roca con su patina de intemperismo.
- I y L** piso de la casa. Resalta en esta lámina unos grandes fragmentos de carbón vegetal
- J-** piso de la casa. Hay fragmentos de rocas con su pátina de intemperismo
- K-** piso de la casa. Plagioclasa, NX.
- M-Hte.** Ap (sin act. específica), estructura granular con presencia de materia orgánica y fragmento de raíz en poro.
- N y O-** Hte. Ap (sin act. específica), estructuras granulares con poros relleno con fragmentos de distintos tamaños, coprolitos y materia orgánica
- P-** Hte. Ap (sin act. específica), relleno con diferentes materiales, fitolitos, coprolitos, minerales como plagioclasa y materia orgánica.
- Q-** Tepetate, carbonato de calcio NX
- R-** Tepetate, fragmento de roca con patina de intemperismo.
- S y T-** Tepetate, fracturamientos en la matriz masiva.
- U-Hte.** A2 área de desecho, estructura granular con presencia de materia orgánica, en las paredes del poro hay arcilla.
- V-** Hte. A2 área de desecho, poro relleno con restos de raíces y vidrio volcánico
- W-** Hte. A2 área de desecho, plagioclasa, NX.
- X-Hte.** A2 área de desecho, material orgánico y vidrio volcánico recubierto por arcilla.

## **Rellenos Pirámide de la Luna.**

**Relleno 1.** La estructura es masiva, pero no uniforme, existen pequeñas áreas con estructura subangular, donde se notan acumulaciones de materia orgánica con límites difusos. Los minerales están frescos, predominando los ferromagnesianos (anfíbol y piroxeno) y plagioclasas. Se encuentran pequeños fragmentos de rocas, con sus costras de intemperismo superficial, (Fig. 19D), y concreciones de Fe en la matriz (Fig. 19A, C), así como restos de carbón producto de quema (Fig. 19B).

**Relleno 2.** Es más masivo que el anterior. El tamaño de grano es arena fina. Se presentan huellas de lo que fueron restos de plantas (Fig. 19H), y residuos de carbón. Este relleno tiene un menor grado de intemperismo, que el anterior. Se observan fragmentos de tepetate con arcilla (Fig. 19E). También hay fragmentos de rocas intemperizadas, con sus microcristales. Es frecuente encontrar arcilla mezclada con materia orgánica, junto con remanente de carbón vegetal (Agrocutanes) (Figs. 19. F, G).

**Relleno 3.** Su color es pardo oscuro y presenta estructura en forma de bloques subangulares con presencia de fracturas, (Fig. 19I, J); aparecen muchas partículas de carbón, con porciones de roca. Los minerales encontrados como las plagioclasas, en su mayoría son semi-redondeados, con cierta huella de intemperismo. Existen carbonatos cuando se observa con el segundo polarizador.

Este relleno tiene características de un horizonte A mezclado con un C; por los fragmentos de roca que presenta, y se observa restos de tepetate.

**Relleno 4.** La estructura es granular compactada (Fig. 19 M), formando agregados en bloques subangulares. Además, tiene un alto contenido de materia orgánica (Fig. 19 N). Presenta un porcentaje elevado de plagioclasas, poco alteradas; sin embargo, muestra ciertas fracturas en su plano de crucero. También hay presencia de anfíboles intemperizados. Entre la matriz, se aprecian restos de carbón producidos por quema (Fig. 19 N), así también se observan agrocutanes (Fig. 19 O). Dentro de la fracción limo se pudieron diferenciar fitolitos (Fig. 19 P).

En la tabla 9, se resumen las propiedades micromorfológicas de los cuatro rellenos de la Pirámide de la Luna, que pertenece al edificio 1.

*Tabla 9. Propiedades micromorfológicas de la Pirámide de la Luna*

Pirámide de la Luna	poros	intemperismo	nódulos	Agrocutanes	Frag. de rocas	Frag. de suelo	carbonatos	carbón	actividad biogénica
<i>Relleno 1</i>	X	XX	X		X			XX	X
<i>Relleno 2</i>		X			X	XX		XXX	X
<i>Relleno 3</i>	XXX	XX	X	X	X	XXX	X	XXX	X
<i>Relleno 4</i>	XX	X		XX				XXX	XX

*X ESCASO    XX FRECUENTE    XXX ABUNDANTES*



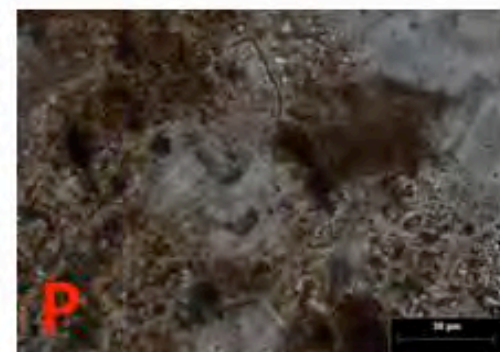
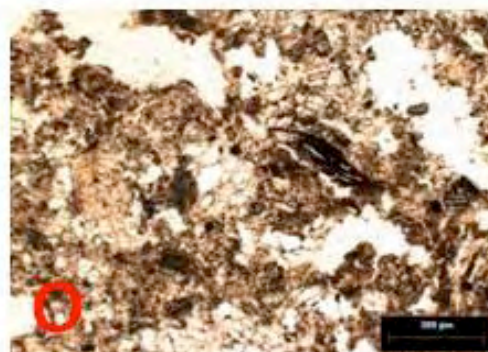
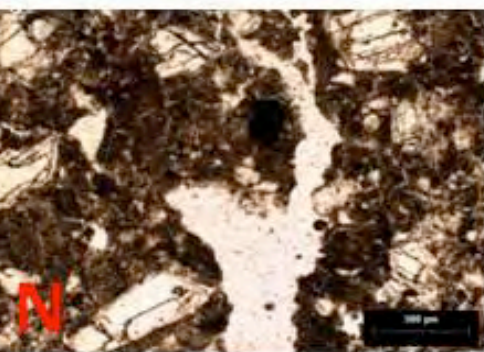
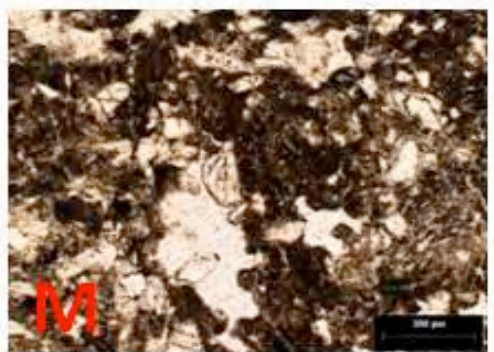
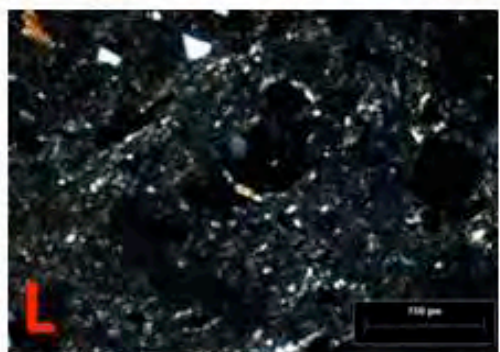
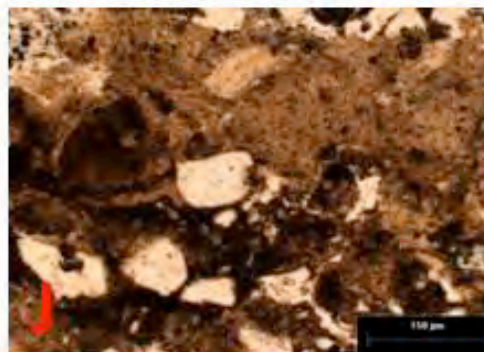
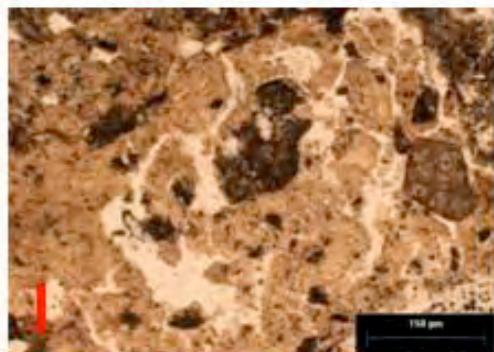
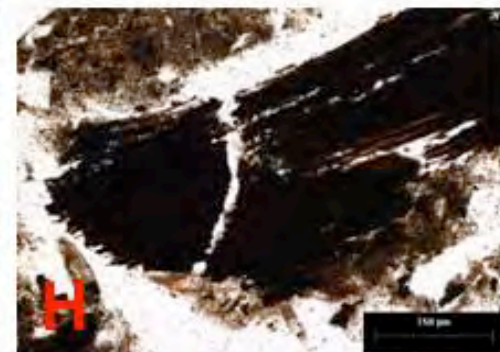
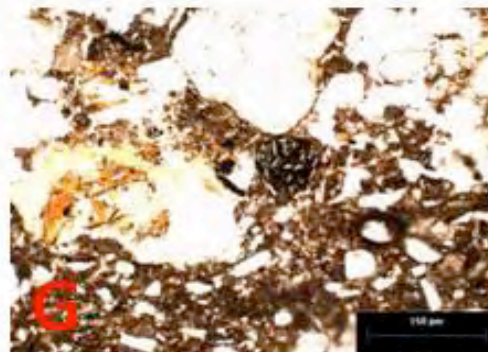
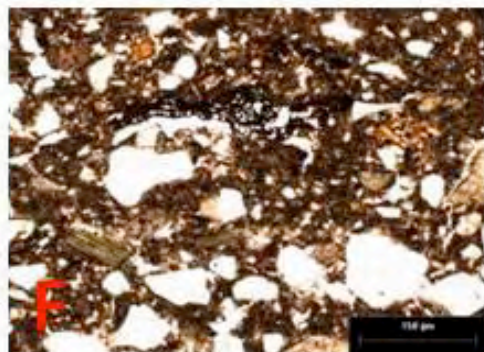
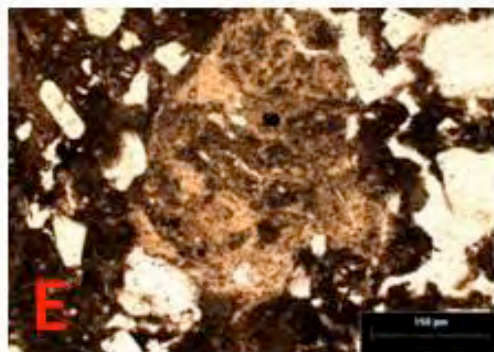
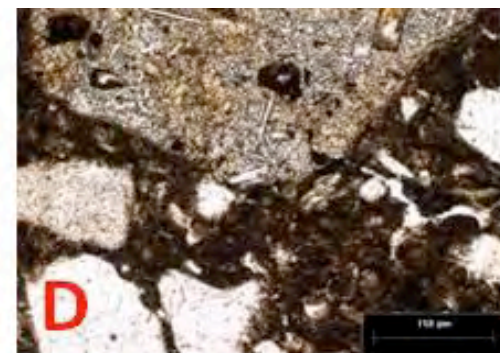
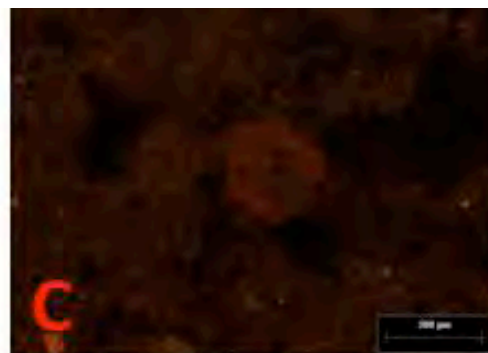
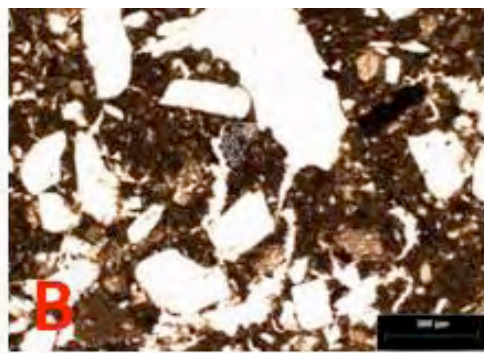
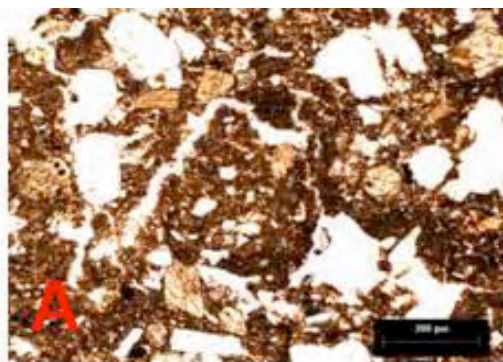




Fig. 19. Aspectos micromorfológicos de los rellenos de la Pirámide de la Luna. NX segundo polarizador.

A-Relleno 1- Estructura subangular

B-Relleno 1- Pequeños restos de carbón de origen vegetal y arcilla revuelta con materia orgánica (agrocitanes)

C-Relleno 1- Concreción de hierro bajo luz transmitida; Nótese la coloración rojiza

D-Relleno 1- Fragmento de roca con microcristales.

E-Relleno 2- Fragmento de suelo arcilloso incorporado a la matriz del suelo.

F y G-Relleno 2. Arcilla mezclada con materia orgánica (agrocitanes), junto con restos de carbón vegetal.

H-Relleno 2, Resto vegetal.

I-Relleno 3, Matriz arcillosa con fracturamientos.

J-Relleno 3, Matriz arcillosa mezclada con materia orgánica (agrocitán) y fragmentos de pápulas

K-Relleno 3 Matriz arcillosa, NX

L-Relleno 3 Matriz arcillosa, NX.

M-Relleno 4, Estructura granular

N-Relleno 4, Materia orgánica con pequeños fragmentos de carbón

O-Relleno 4, Agrocitanes y partículas de carbón

P-Relleno 4, Fitolitos.

## 5.9. Fitolitos.

A continuación se describirán los morfotipos de fitolitos encontrados y su abundancia a través de los perfiles estudiados, así como su agrupación en las vías fotosintéticas C3 y C4.

**Perfil San Pablo I.** El conteo de las 1200 partículas de los paleosuelos 2, 3 y el horizonte 4A, muestra valores bajos entre el 6 y el 15 % de fitolitos; en 4AC y 5A, existe un considerable aumento con respecto a los anteriores, con porcentajes variando entre 31 y 33 % (Fig. 20-A). Con base en estos resultados, se seleccionaron los siguientes horizontes, para la identificación de los morfotipos: 2AC, 3C, 4AC y 5A.

La identificación de los morfotipos muestra que Panicoideae, fue la más predominante en todos los horizontes seleccionados de este perfil. En 2AC tiene un 40 %, 4AC y 3C 44% y 5A el más alto con el 45 %. El siguiente grupo más abundante fue Pooideae, presentando 2AC 42%, 4AC 33%, 3C 36% y en 5A 34 %. Por último Chloricoideae, es el que tiene menor porcentaje en los horizontes, con 18% 2AC, 3C 19%, 4AC 23% y 5A el 21% (Fig. 20 B).

En cuanto a los grupos C3 y C4, todos los horizontes muestran que existe un predominio de plantas tipo C4, teniendo valores desde 57.9% en 2AC, hasta 68.8% en 4AC. Para los tipos C3, los porcentajes fueron desde 33.1% en 4AC, hasta 42% en 2AC (Fig. 20 C).

**Perfil San Pablo II.** Se encontró la mayor concentración de fitolitos en Ap con 20.5 % y 2A con 13.6 % (Fig. 21 A). Estos horizontes se tomaron para la identificación de los morfotipos, la que mostró la misma tendencia que en San Pablo I. Predominan Pooideae, con 39% en Ap y 43% en 2A. El siguiente grupo más abundante es Chlorideae, con 39% en Ap y 34% en 2A. El último grupo fue Panicoideae, teniendo el 21% en Ap y 23% en 2A (Fig. 21 B).

Consecuente con este perfil al igual que en San Pablo I, predominan las plantas tipo C4, con 58.9% en Ap y 56.9% en 2A, y en C3, 41% en Ap y 43% para 2A (Fig. 21 C).

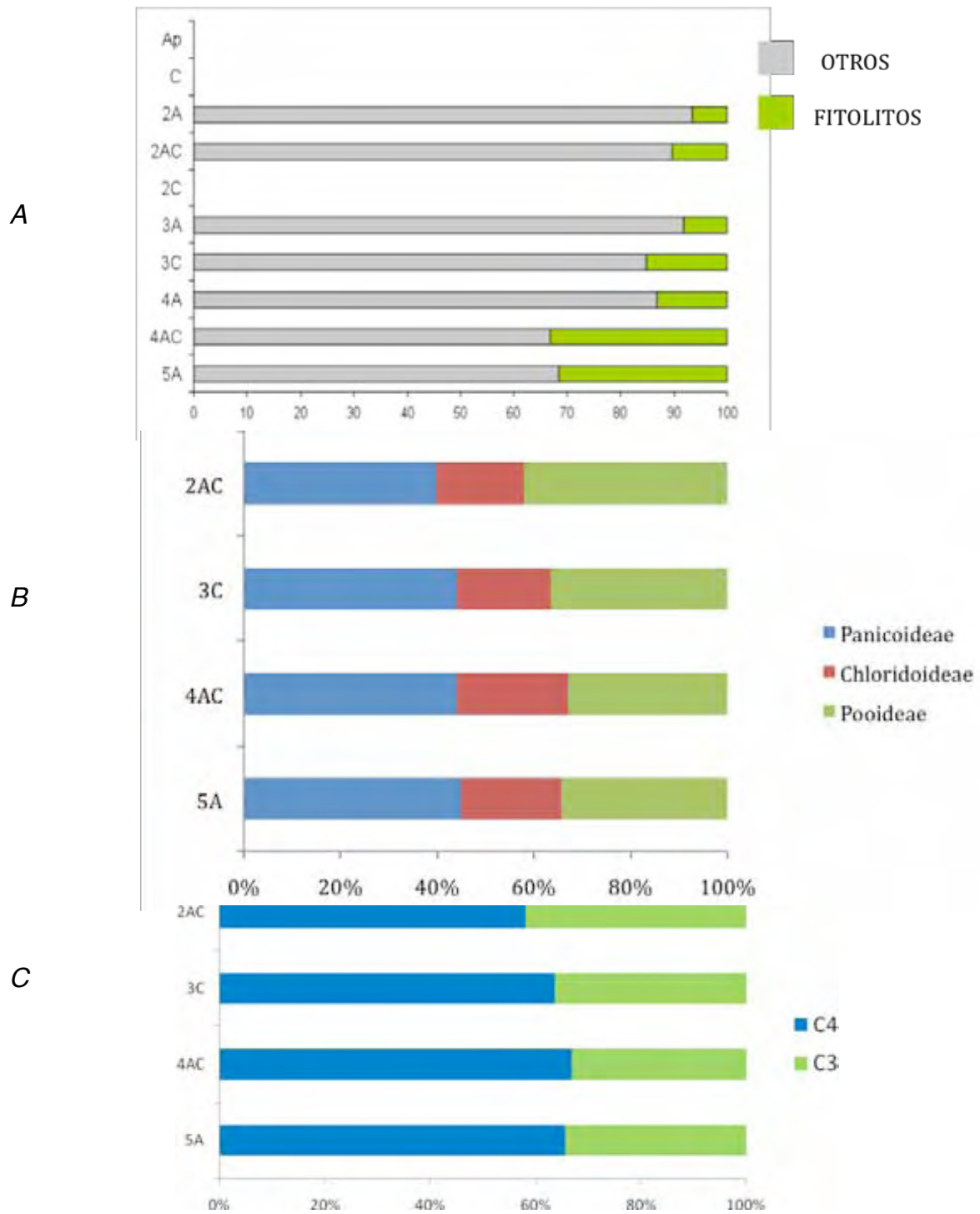


Fig. 20. Fitolitos del perfil San Pablo I. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

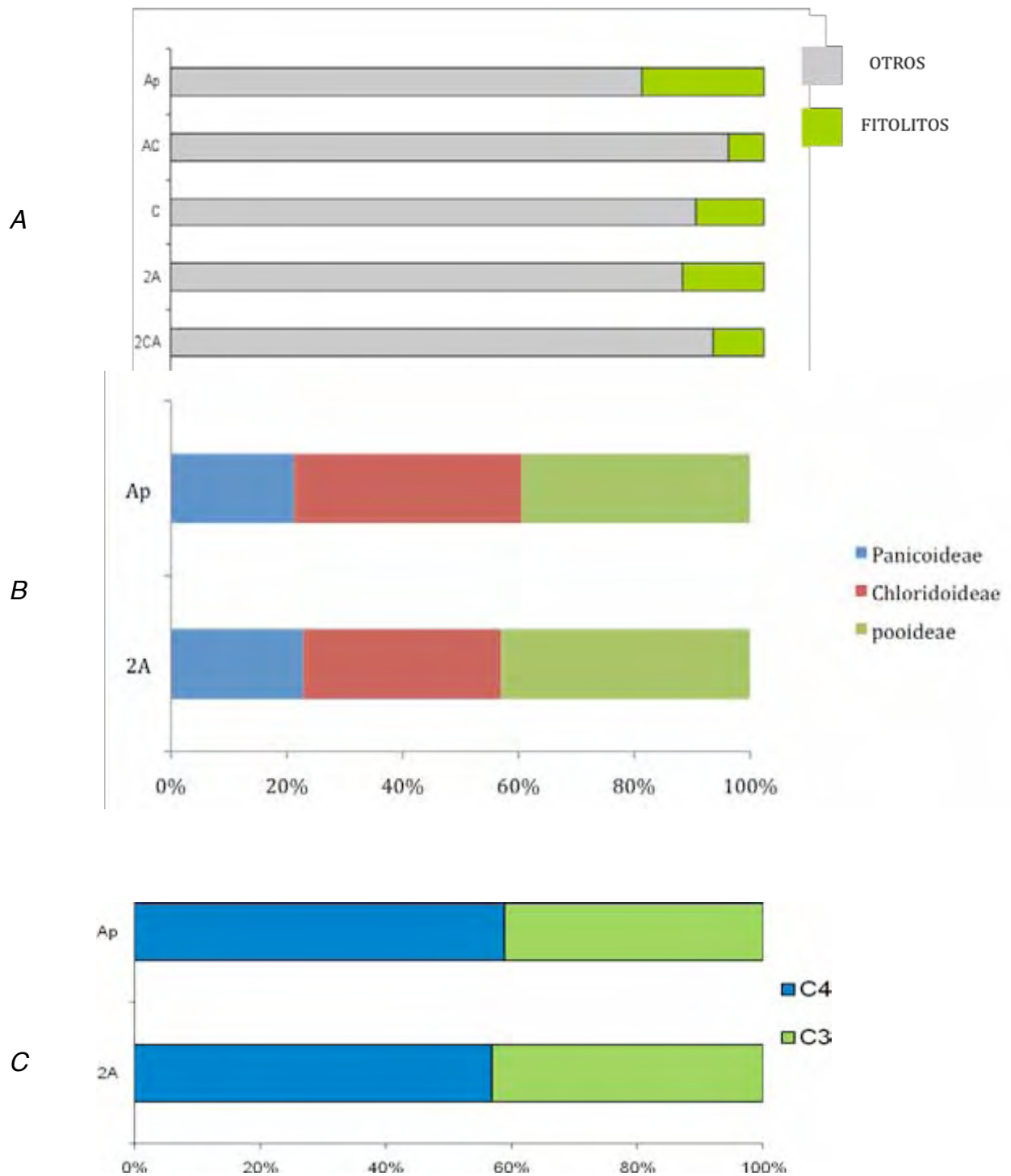


Fig. 21. Fitolitos del perfil San Pablo II. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

**Perfil el Tular.** El conteo de las 1200 partículas no arrojó grandes diferencias entre el suelo actual y el primer paleosuelo, teniendo de 7 a 11 % de fitolitos. En 3Ah1 presenta un aumento considerable con 18.4 % de fitolitos; los horizontes que le subyacen 3Ah2 y 3AC, muestran una concentración menor con 12.3 y 5% respectivamente (Fig. 22 A). Se seleccionaron los siguientes horizontes, para la identificación de los morfotipos: Ap, 2Ah y 3Ah1, los cuales tienen las siguientes tendencias: Pooideae fue el que predominó en los tres horizontes, con 69.4% en Ap, 60.8% en 3Ah1 y 43% en 2Ah. El siguiente fue Chloridoideae con 25.9% en Ap, y el 22.6% en 3Ah1, excepto en 2Ah, donde este grupo mostró menor abundancia, con el 26%. Por último Panicoideae, fue el de menor concentración, encontrándose un 4.6% en Ap y 16.5% en 3Ah1. Sin embargo, en 2Ah es lo contrario, ya que éste es mayor que el grupo anterior, con 30.8%(Fig. 22 B).

Los dos grupos de C3 y C4 fueron diferentes en los distintos horizontes, tendiendo que para Ap, el grupo C3 es el de mayor porcentaje con 77.3 %, y para C4 sólo el 22.6 %. En 2Ah, para el grupo de los C3 se obtuvo 45.7 % y para C4 60 9%. Y en 3Ah1, el grupo C3 presentó un 56.3%; en cambio para C4 43.6 % (Fig. 22 C).

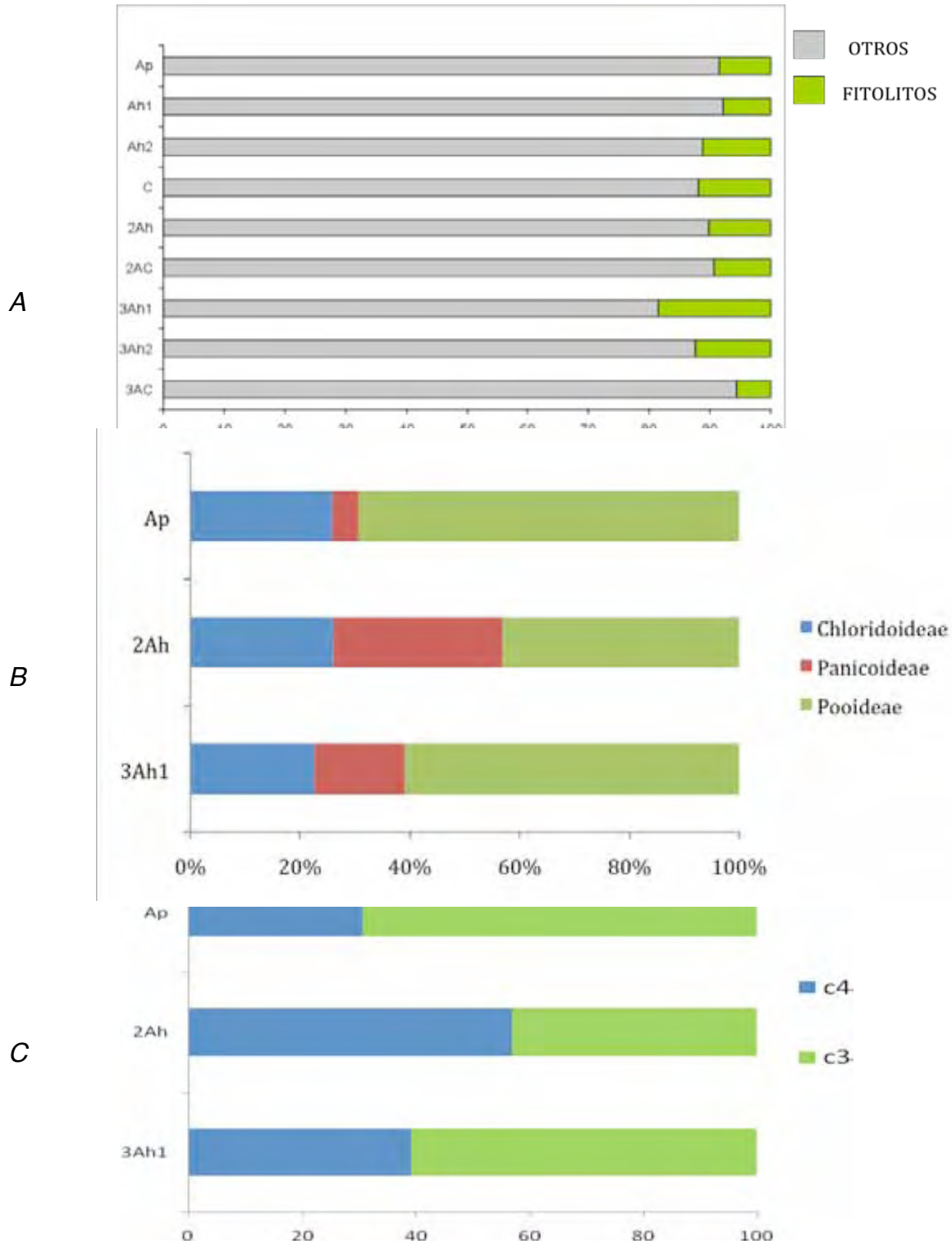


Fig. 22. Fitolitos del perfil EL Tular. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

En el Perfil **Cerro San Lucas** fuera de la excavación, los valores no tuvieron grandes diferencias, fluctuando desde 8.6 % en el horizonte superficial, hasta 5.6 % en C2 (Fig. 23 A), por lo que sólo se utilizó Ap para la identificación de los morfotipos. Se encontró que en Ap, aparece mayor cantidad de Pooideae con 39.2 %, le sigue Panicoideae con 32.2 % y por último Cloricoideae con 28.4 % (Fig. 23 B). También se observó en este horizonte, que existe mayor porcentaje de plantas C4 con 59.3% y en C3 40.2%, respectivamente (Fig. 23 C).

En el Perfil de **área sin actividad específica** (E5-S3 Sur), los resultados de las 1200 partículas arrojaron valores de 2.6 % de fitolitos en Ap1, 6.9 % en tepetate y 10.1 % en A (Fig. 24 A). La selección de los horizontes para la identificación de los morfotipos, fue Ap2 y A.

En la identificación de los morfotipos, no se encontró ninguna relación con los horizontes seleccionados. Pooideae predomina en Ap2 con 71%; en cambio en el horizonte A, sólo se encuentra 29.5%. Por el contrario Chlorideae tiene mayor porcentaje en el horizonte A, con 50%, pero en Ap2 sólo muestra el 9.3%. Únicamente Panicoideae se mantiene constante en los dos horizontes, con 20 y 20.5%, respectivamente (Fig. 24 B).

En cuanto al predominio de los grupos C3 y C4, tampoco existe relación entre los dos horizontes identificados. En Ap2 predominan plantas C3 con 80% y 20% para C4. Pero en el horizonte A se observa lo contrario, tiene un 75% de C4 y un 25% de C3 (Fig. 24 C).



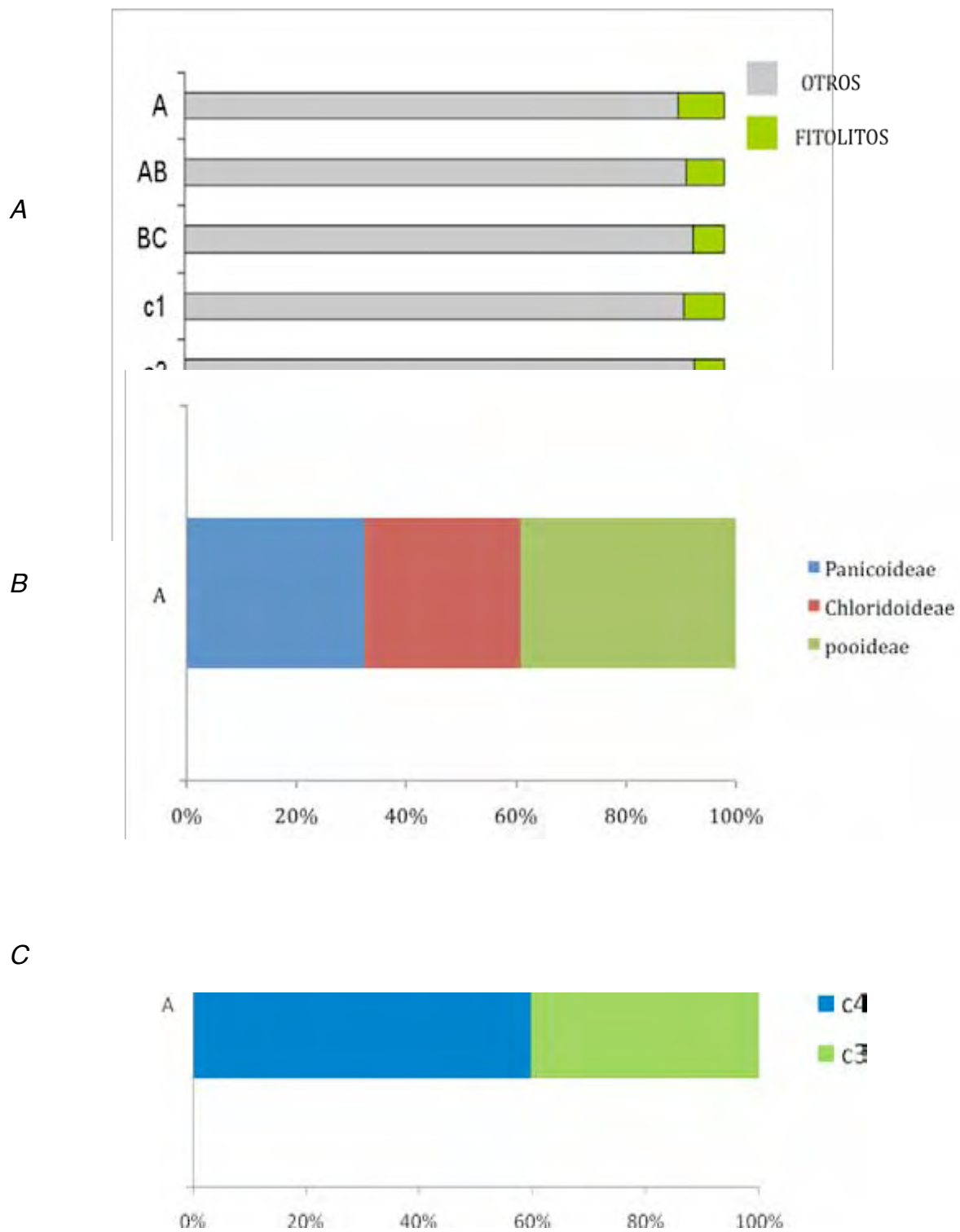


Fig. 23. Perfil San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

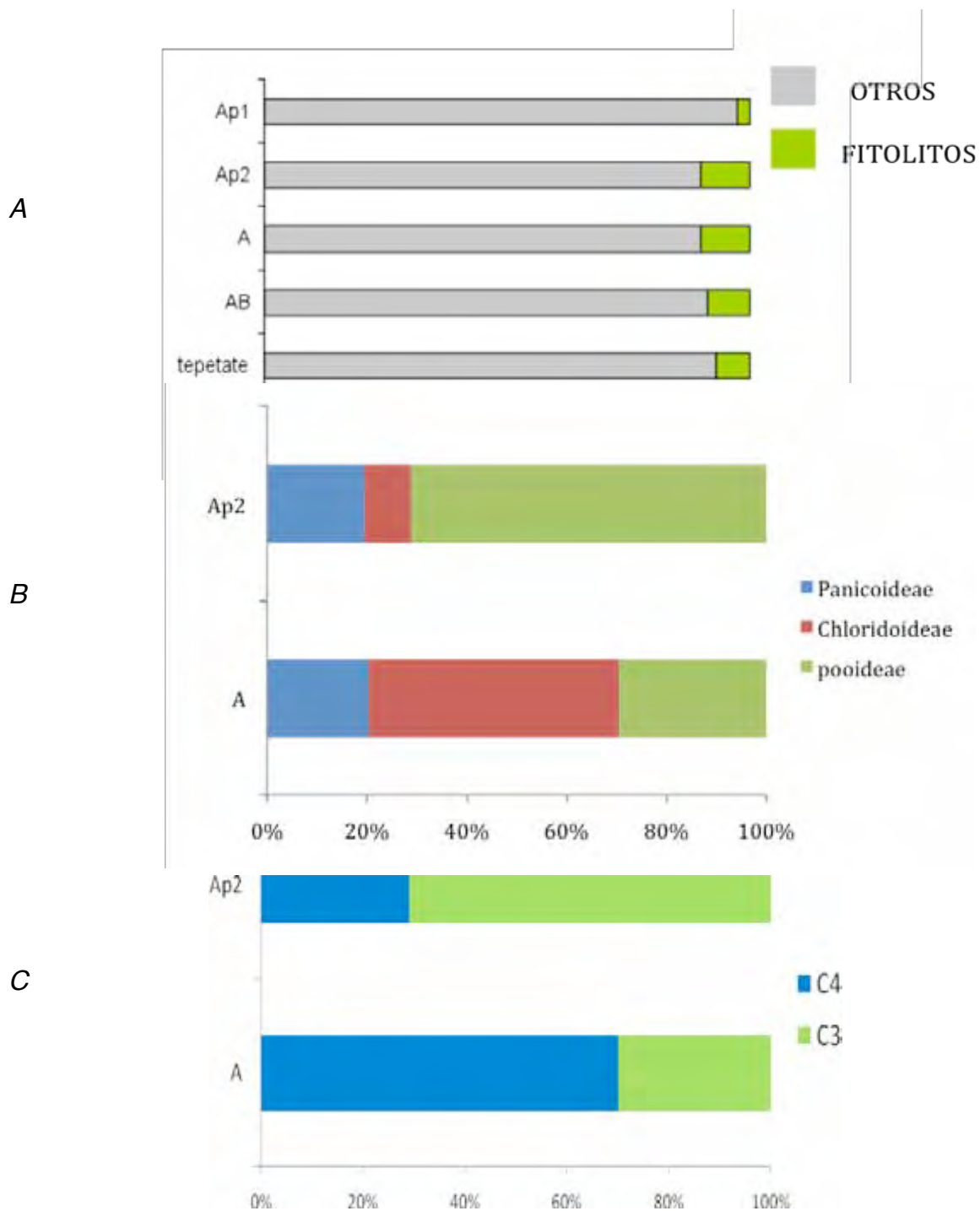


Fig. 24. Perfil que se ubica al lado de muro (sin actividad específica) en Cerro San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

El perfil que se ubica en el **área de desecho** (W4-S5 Sur), no mostró grandes diferencias en cuanto al contenido de fitolitos, sólo un ligero incremento en el horizonte superficial Ap con 12.5 % de fitolitos, bajando a 7.5 % en A1 y 10.4 % en A2 (Fig. 25A). Las muestras seleccionadas para la identificación de los morfotipos, fueron los horizontes Ap y A1 (Fig. 25B).

Al igual que en el perfil anterior, no existe ninguna relación en cuanto a predominio de los diferentes morfotipos. Panicoideae, es el grupo que más abunda; en Ap con 61%. En A1, sólo muestra 22.4%. En A1, Pooideae es la que presenta mayor porcentaje con 72.4%, sin embargo, Ap sólo cuenta con 20 % de este grupo.

En cuanto a los porcentajes de plantas C3 y C4, también son distintos de un horizonte a otro. Ap presenta 20.4 % de C3 y 79.5 % de C4. En A1 existe 73.3 % de C3 y 26.6 % de C4 (Fig. 25C).

El horizonte que se encontró **debajo del muro** (W2-N2-N3), mostró un 10.3 % de fitolitos (Fig. 26A). Entre los morfotipos identificados, encontró que Panicoideae fue el más abundante, con 40%, seguido por Pooideae con 34.1 %, y Chloridoideae con 25.9%. Además de que el 34.1 % es para C3 y 65.8 % de C4 (Fig. 26C).

En cuanto a los morfotipos identificados en los **rellenos de la Pirámide de la Luna**, se encontró que Pooideae sólo fue mayor en el relleno 2 con 39.8% y relleno 4 56%. El relleno 1, contiene tiene 30.9%, y en el relleno 3 35.3%, aparece por otro lado Chloridoidea, fue la más abundante en los rellenos 3 y 1, con 51.7% y 45.5%. Los rellenos 2 y 4, sólo muestran 36.7% y 12%. Por último, Panicoideae la que está en menor porcentaje en todos los rellenos, con valores que fluctúan desde 12.9% (relleno 3) hasta 32% (relleno 4), (Fig. 27A).

Para la agrupación de las plantas C3 y C4, se observa que los tres primeros rellenos comparten el predominio de C4, por arriba de 60 %, exceptuando el relleno 4 donde C3 es más abundante con 56%(Fig. 27B).

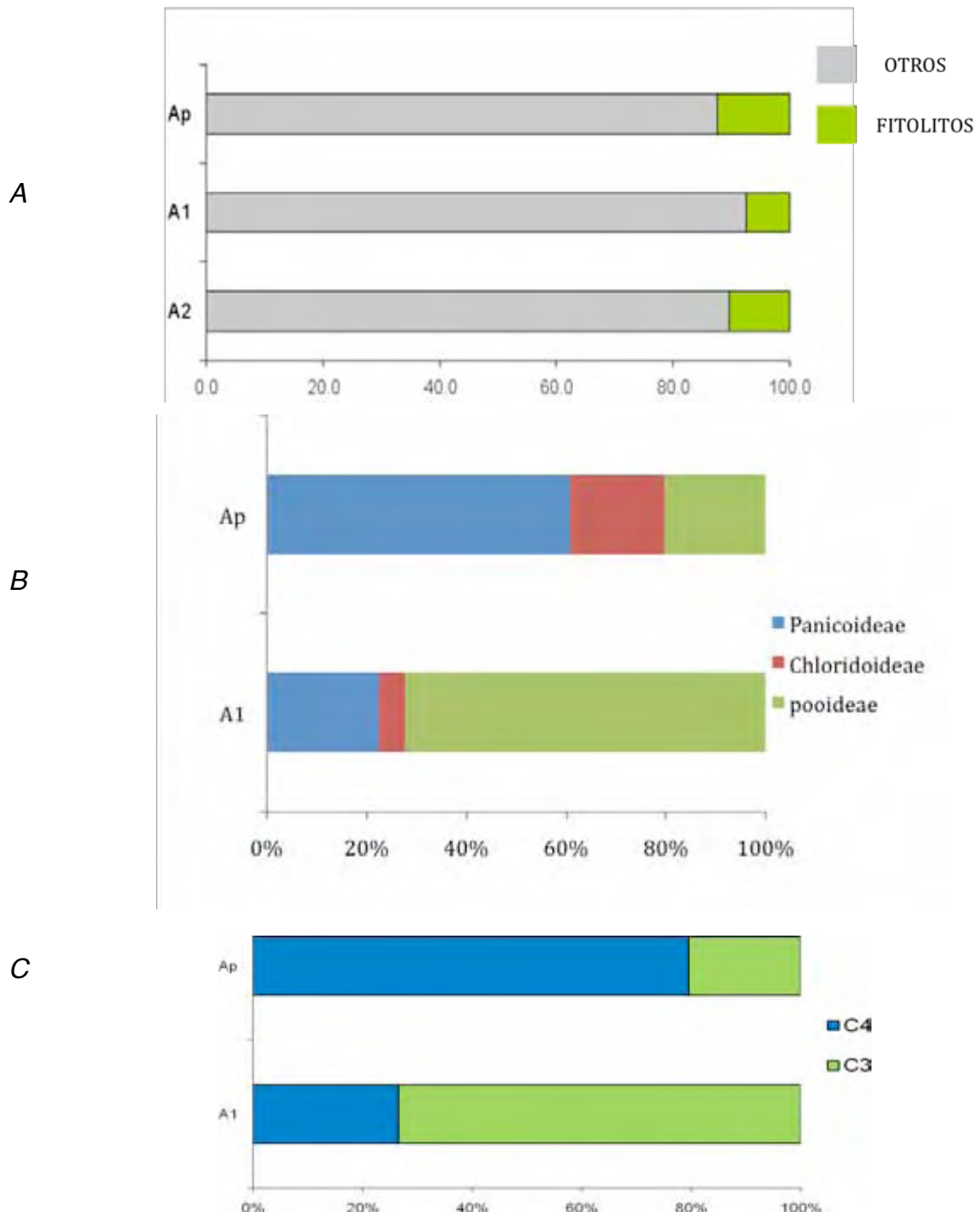


Fig. 25. Perfil de área de desecho en Cerro San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

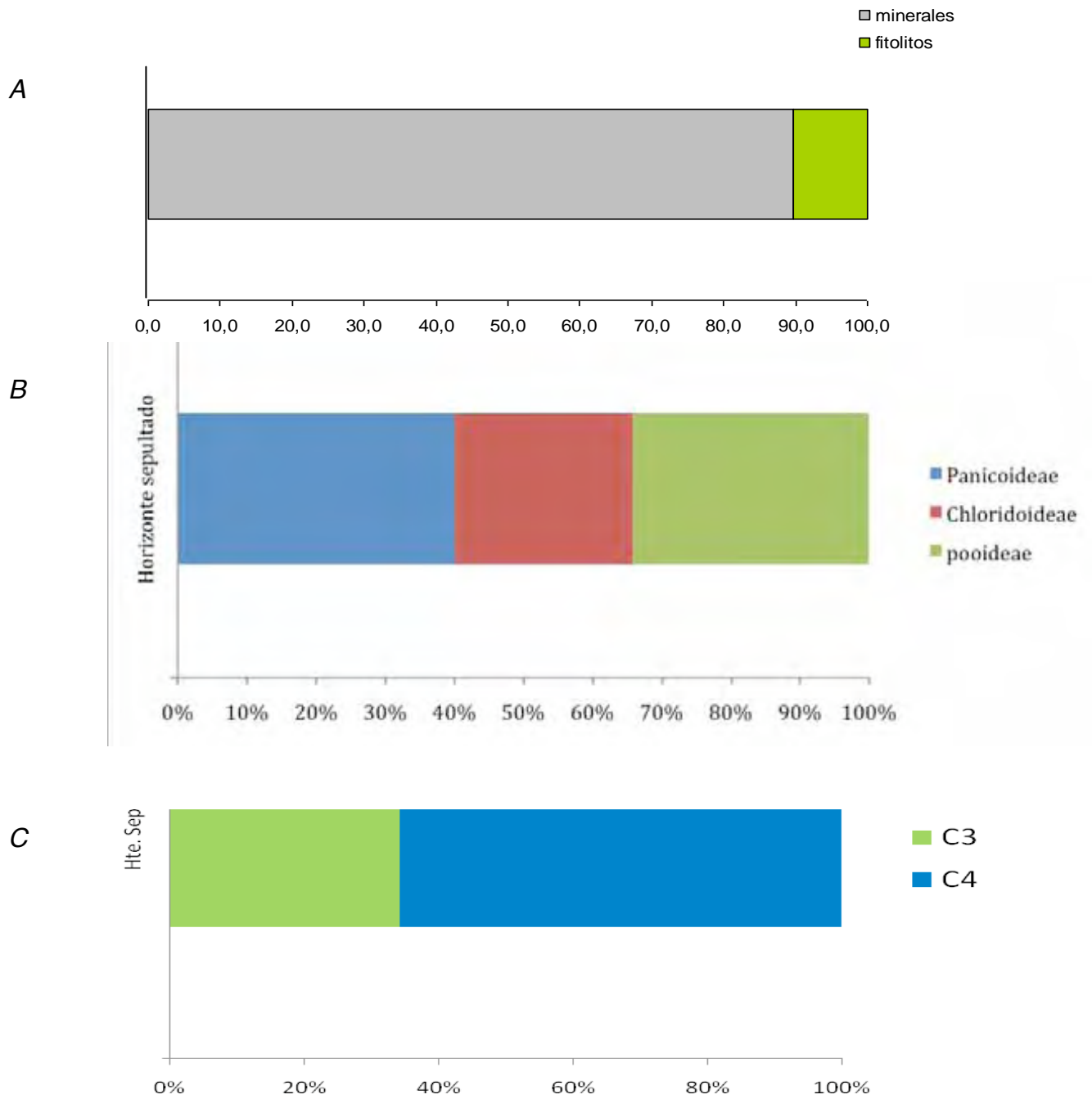


Fig. 26. Fitolitos de un horizonte que se ubica debajo de un muro en Cerro San Lucas. A) % de fitolitos en el conteo de las 1200 partículas. B) Morfotipos fitolitos identificados. C) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.

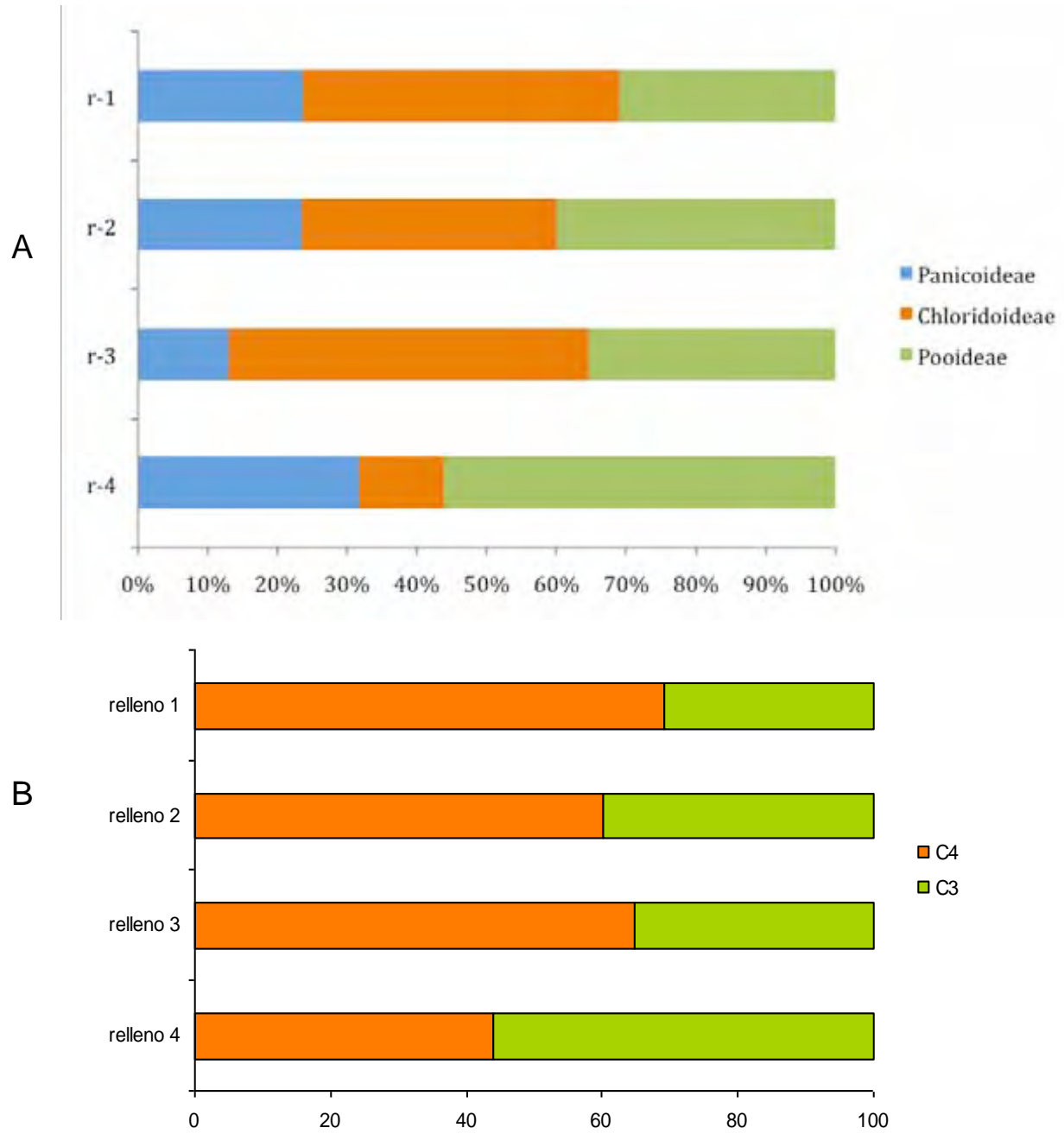
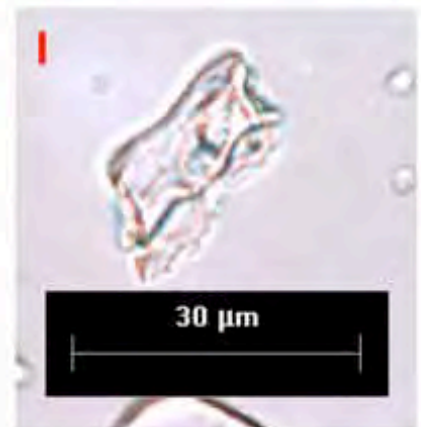
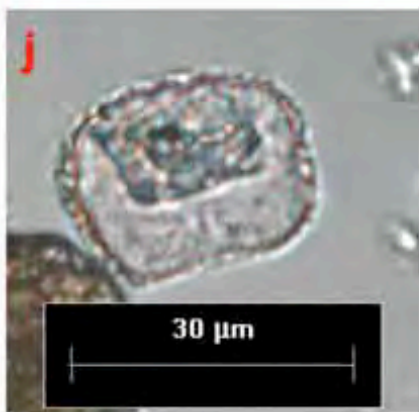
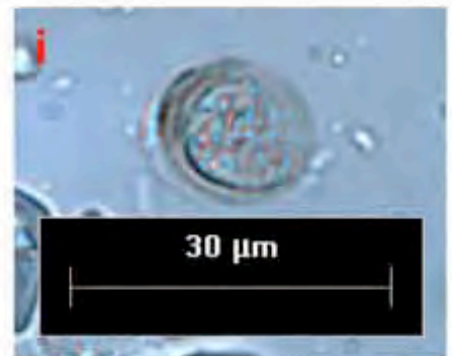
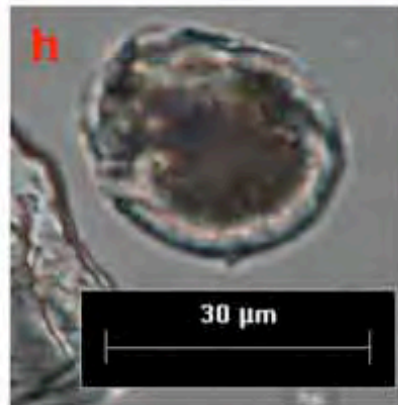
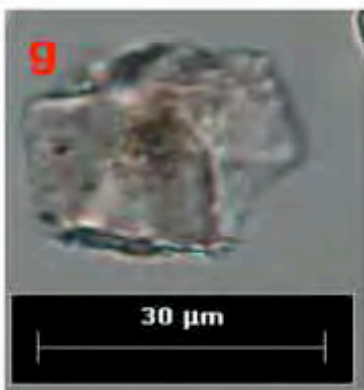
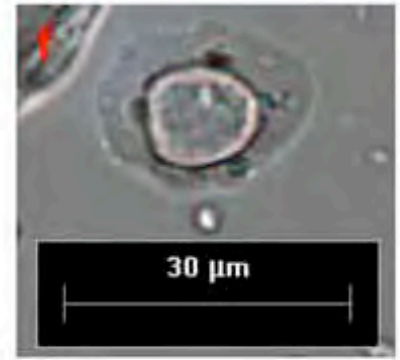
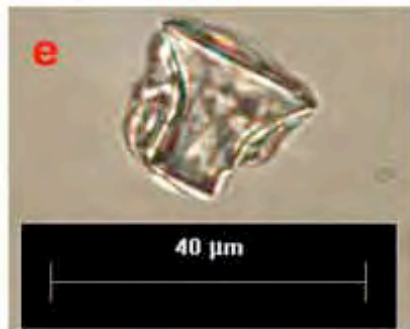
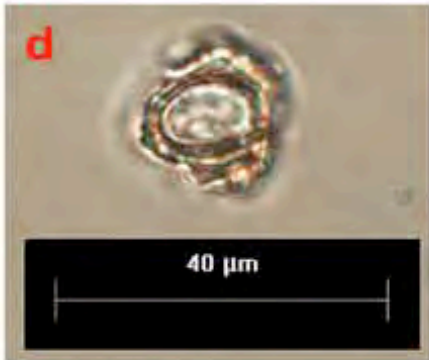
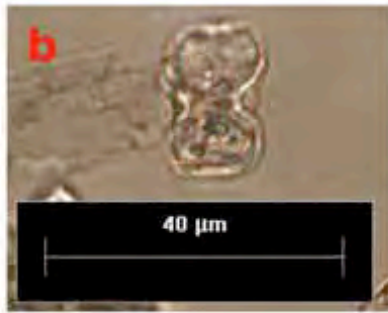
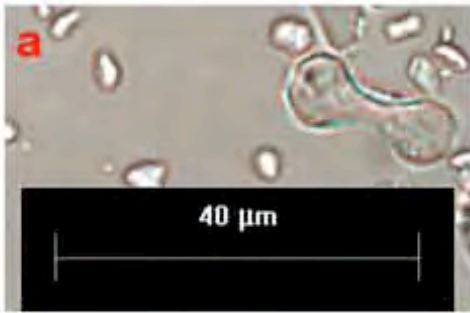


Fig. 27. Rellenos del edificio 1 de la Pirámide de la Luna. A) Morfotipos fitolitos identificados. B) % de tipo C4 y C3, de acuerdo a los morfotipos.





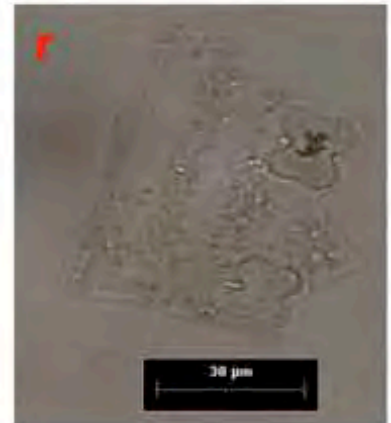
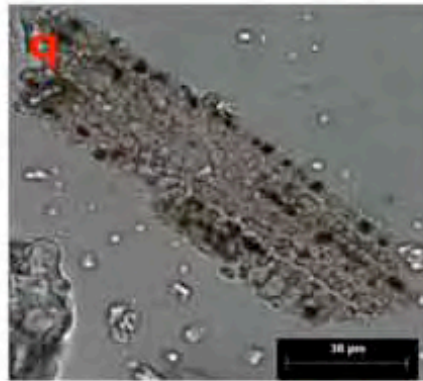
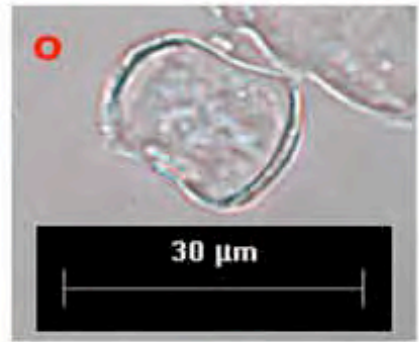
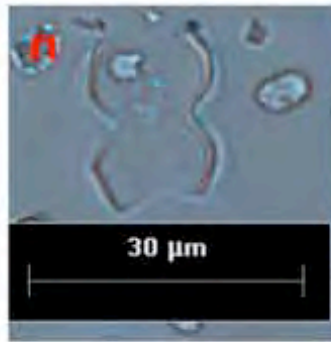


Fig 28. Fotografías de los morfotipos encontrados, tomadas con el microscopio petrográfico a 40X, donde:

PANICOIDEAE: a-b-c (bilobados células cortas), d-e-f (rondel). POOIDEAE: g (globular cuadrado), h-i (globular circular), j (célula corta trapeciforme), k-l (trapeciforme polilobado). CHLORIDOIDEAE: m-n-o -p (sillas de montar).

## **Capítulo 6**

### **Discusión**

#### **6.1. Ambiente prevaleciente en el valle de Teotihuacán durante el Holoceno tardío.**

Por los estudios previos realizados en el valle de Teotihuacán, se sabe que las condiciones paleoambientales durante el Pleistoceno tardío, fueron cambiando gradualmente de condiciones húmedas y cálidas a cada vez más secas, desde el Pleistoceno final al Holoceno medio (Cabadas, 2004, 2007; Solleiro et. al. 2006). Las condiciones semiáridas que hoy se presentan en el valle parecen establecerse sobre todo hace 5000 años (Solleiro et. al. 2006).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, proporcionan y corroboran la información sobre el ambiente prevaleciente desde el periodo Formativo (1100 años a.C.-200 años d. C.), hasta la actualidad.

El perfil San Pablo I, es el que presenta el registro más antiguo de todos los suelos estudiados. De acuerdo con el fechamiento del horizonte 4A de 2320-1980 años Cal a. P. (Tabla 10), indica que éste pertenece al periodo Formativo.

Tabla 10. Fechamientos de  $^{14}\text{C}$ , de los horizontes seleccionados y de los sitios arqueológicos.

Clave	Fuente	Perfil	Hte.	Profundidad cm	Material fechado	$^{14}\text{C}$ no calibrados años a . P.	Calibrados Años a. P.	Calibrados Años calendáricos
210758	Rivera et. al. 2007	El Tular	Ah2	70-115	Materia orgánica	2730 $\pm$ 40	2890-2760	940-810 a. C.
210759	Rivera et. al. 2007	El tular	2Ah	190-210	Materia orgánica	2710 $\pm$ 40	2870-2760	920-800 a. C.
219961	Rivera et. al. 2007	San Pablo I	2A	27-40	Materia orgánica	2920 $\pm$ 40	3210-2920	1260-1000 a. C.
210760	Rivera et. al. 2007	San Pablo I	4A	125-175	Materia orgánica	2140 $\pm$ 60	2320-1980	370-30 a. C.
*	Sugiya- ma, 2004	Pirámide de la Luna	Edificio 1	*	*	*	*	100 d. C.
21389	Pérez- Pérez, 2008	Casa habita- cional	Ceniza sobre tepetate	*	ceniza	410 $\pm$ 40	*	*

El análisis de fitolitos e isótopos estables de carbono (Lounejeva et. al. 2007), realizados a 4AC y 5A revelan el dominio de plantas tipo C4, las cuales se desarrollan bajo estrés hídrico. Aunado a esto, la base del perfil presenta el horizonte 5Bk, el cual tiene carbonatos secundarios dentro de las fracturas (Fig.17Y), lo que apoya una génesis bajo un clima semiárido.

El perfil San Pablo II, también presenta en mayor proporción morfotipos de plantas C4, así como su correspondiente firma isotópica, típica de estas plantas (Lounejeva, et. al. 2007), similar al perfil anterior.

En cuanto a los fitolitos de los rellenos de la Pirámide, son predominantemente de plantas C4, que concuerdan con los valores de isotopía, indicando también ambientes semiáridos (Lounejeva, et. al. 2007).

Finalmente, los perfiles en el Cerro San Lucas, proporcionan resultados relativamente contradictorios, ya que específicamente en el área de desecho y en el área sin actividad específica, existen cambios contrastantes entre horizontes adyacentes, indicando discontinuidades producto de la alteración antrópica y no de un cambio en las comunidades vegetales, además de que este patrón sólo se encontró dentro del área de la excavación (Fig. 24 y 25). Por otro lado, el perfil fuera de la excavación, presenta morfotipos predominantemente de plantas C4, y firmas isotópicas de comunidades vegetales CAM y C4, congruente con los perfiles antes mencionados dentro del valle.

Otra evidencia que apoya estos resultados es la micromorfología del tepetate que se encuentra como base de los suelos en el Cerro San Lucas, en donde se observa en la micromorfología (Fig. 18Q) carbonatos secundarios dentro de las grietas, así como la reacción positiva con HCl en varios horizontes.

Resumiendo, todos estos resultados indican que el clima ha sido semiárido desde hace más de 2000 años, y que concuerda con la vegetación actual. De

esta manera, se confirma que el clima no ha cambiado significativamente desde el establecimiento de las primeras comunidades del periodo Formativo.

## **6.2. Afectación de los suelos relacionados con actividades antrópicas.**

El valle de Teotihuacán ha sido ocupado durante diferentes periodos, prácticamente sin interrupción desde el periodo Formativo 1150 años a. C. (Sanders, et. al. 1979). De hecho, Rivera et. al. (2007)<sup>11</sup> han documentado la distribución de los asentamientos en el valle, señalando que en el Formativo, hay una preferencia para los piedemonte; mientras que en el Posclásico, se ocuparon diversas posiciones geomórficas.

En el Cerro San Lucas, la perturbación antrópica presupone un fuerte impacto, ya que el área se caracterizó por una alta densidad de asentamientos durante el Posclásico (Evans, 1990); las evidencias del impacto antrópico son: la menor profundidad del suelo (72 cm) presente en el área habitada, en comparación con el suelo ubicado fuera de la excavación (mayor a 150 cm). Se encontró un contacto abrupto con el tepetate y el suelo que se ubica debajo del muro, que tiene alto contenido de arcilla (Tabla 4), sugiriendo que el tepetate en área habitacional ya se encontraba expuesto en el momento de la construcción o que el suelo que se encontraba sobre él, fue removido y posteriormente nivelado con suelo.

---

<sup>11</sup> Rivera et. al. (2007), generaron mapas de distribución de asentamientos de distintos periodos, registrados por Sanders, (1965), Sanders et. al. (1979).

Este material arcilloso, que subyace a un muro de la habitación, tiene propiedades muy distintas a los suelos que se encuentran en esta área. Es probable que los antiguos habitantes de la casa hayan traído suelos arcillosos de sitios cercanos con fines constructivos. De acuerdo a la micromorfología (Fig. 18 B, C), se ha interpretado que estos materiales se obtuvieron de un suelo tipo Luvisol y que éste se utilizó para nivelar el terreno, debido a que el material cuenta con una alta cantidad de arcilla (Tabla 4), lo cual le confiere una mayor plasticidad y menor abrasión al contacto, que los suelos de la zona. Una fuente conocida de este tipo de suelo son las laderas del Cerro Gordo (Cabadas, 2004).

Por otro lado, los valores de fósforo son altos dentro de la casa (González, 2007), particularmente en el área de desecho (mayor que 100 mg/kg). En esta área es donde se encontraron mezclados fragmentos de cerámica, restos de cenizas y carbón; lo que apoya la hipótesis de que esta zona en particular, fue utilizada como área de desecho, ya que los niveles altos de fósforo se relacionan con desechos orgánicos como carne, huesos, estiércol, etc, arrojados en un lugar específico (Herz, et. al. 1998). Por el contrario, el fósforo es bajo en el suelo en la zona aledaña a la excavación.

Finalmente los rellenos de la Pirámide de la Luna, proporcionan evidencia directa del grado de perturbación, ya que para la construcción de esta primera estructura, se usó suelo de áreas circundantes, Sugiyama (2004) comenta fue construido alrededor de 100 años d. C. Los rellenos presentan propiedades especiales que demuestran su procedencia ya que estos mantienen rasgos de un suelo con un alto grado de desarrollo, buena estructura y un contenido elevado de arcilla, similar a los horizontes 4A, 4AC y 5A de San Pablo I.

La mineralogía de arcilla muestra que el origen de estos suelos es volcánico, evidenciado por su contenido en minerales amorfos y halloisita. Cabe mencionar que los patrones de difracción que arrojan estos rellenos son muy similares a los difractogramas del paleosuelo 5A de San Pablo I, lo que apoya la hipótesis de que estos rellenos pertenecen a la misma cubierta edáfica.

Otro rasgo interesante encontrado en los rellenos de la Pirámide de la Luna, es la presencia de agrocutanes (cutanes de arcilla "sucios", mezclados con materia orgánica, limo, restos vegetales), los cuales se forman por actividades agrícolas. Además se encontraron restos de carbón y fitolitos de maíz. McClung de Tapia (2004) reporta polen y restos carbonizados de maíz en los entierros de la Pirámide de la Luna.

Por otro lado, González (2007) encuentra valores muy altos de fósforo en los mismos, similares a los obtenidos en el horizonte 4AC del perfil San Pablo I, lo que nos confirma que estos suelos antes de ser utilizados como relleno, eran agrícolas. Pero además por presentar altos contenidos de materia orgánica y estructura desarrollada, debieron ser altamente productivos, a los que se les practicaba quema como técnica de cultivo.



### **6.3. Dinámica del fondo del valle**

Este estudio permitió establecer, cómo los suelos fueron afectados por las distintas actividades antrópicas, que provocaron una fuerte sedimentación y poco desarrollo edáfico en el fondo del valle. Dicha dinámica se encuentra bien documentada, en los perfiles que corresponden a San Pablo I, II y El Tular, los cuales presentan una inversión en sus edades. Esta dinámica, ha sido reportada en otras zonas del valle por McClung de Tapia et. al. (2005).

En San Pablo I, los paleosuelos más antiguos que se encuentran asociados con el periodo Teotihuacano son 4A, 4AC y 5A, mostrando un mejor desarrollo edáfico, evidenciado por un porcentaje mayor de carbono orgánico, buena estructuración y elevado contenido de arcilla. Todo lo anterior, en comparación con los paleosuelos que les sobreyacen y los suelos actuales.

La edad del horizonte 4A (370-30 años Cal a. C.) que corresponde al Formativo, evidencia que cuando los primeros pobladores se asentaron en el valle, las condiciones ambientales eran bastante estables para permitir la acumulación de materia orgánica, arcilla y el desarrollo de estructura.

Por lo antes expuesto, se deduce que esta dinámica erosiva y sedimentaria, inició hace aproximadamente 2000 años. De hecho los paleosuelos 2A, 3A, e incluso 4A, tienen laminaciones en sus horizontes C, que indican varios eventos de sedimentación, con un incipiente grado de desarrollo de los horizontes A. Sin embargo, hay ciertos rasgos contradictorios en los paleosuelos 2A- 2C- 3A- 3C y el suelo moderno, los cuales además de presentar micro y macrolaminaciones, y una estructura débil, cuentan con frecuentes pápulas procedentes de suelos preexistentes tipo Luvisol.

Asimismo, se observa la presencia de arcillas caoliníticas, que requieren de mayor tiempo y un fuerte intemperismo para formarse. Estas características también las comparte San Pablo II, que presenta poco desarrollo edáfico, tanto en el suelo actual como en el paleosuelo; el horizonte AC a pesar de ser suelto y poco estructurado también tiene una mineralogía de arcilla tipo caolinítica.

Por estas razones, se interpreta que los paleosuelos de San Pablo I y II han recibido pedosedimentos procedentes de las laderas de Cerro Gordo, en donde se han reportado suelos con propiedades y génesis tipo Luvisol. Estos cuentan con arcilla tipo caolinita y cutanes (Solleiro et. al. 2006; Cabadas, 2007).

Otra evidencia que apoya esta dinámica erosiva, es la inversión de edades en el fondo del valle. El horizonte 2A fechado en 3210-2920 años a. P., tiene una edad mayor que la del horizonte subyacente 4A con 2320-1980 años a. P., como se pueda ver en Tabla 10. Lo que indica que el material del cual se desarrolló este paleosuelo es un sedimento que contiene materia orgánica antigua proveniente de Cerro Gordo. McClung de Tapia et. al. (2005), mencionan que la gran variabilidad en los fechamientos en el fondo del valle y la frecuente inversión, refleja la fuerte dinámica de erosión-sedimentación.

En el perfil El Tular, estos procesos de sedimentación son similares a los perfiles San Pablo, ya que presenta en los horizontes superficiales un desarrollo incipiente. Además, en el horizonte C hay un cambio textural abrupto (más arenoso) y laminaciones, que nos indica una fuerte sedimentación aluvial (Tabla 3).

Al igual que en los otros dos perfiles (San Pablo I y II), los horizontes muestran el tipo de arcilla es caolinita. Por su ubicación en el fondo del valle frente al

cerro Chiconautla, se presume que los sedimentos que formaron a este perfil, provienen de la erosión de las laderas de este cerro. Esto explica que al igual que en Cerro Gordo, en las laderas existió una fuerte erosión y sugiere que ésta se relaciona con asentamientos y actividades humanas (Rivera, et. al. 2007); lo que provocó la sedimentación en la parte baja y un incipiente desarrollo edáfico.

Toda esta dinámica nos refleja que en estos suelos, predomina la erosión-sedimentación sobre la pedogénesis, a partir de que las civilizaciones se asentaron en el valle, desde pequeñas aldeas hace 3000 años, hasta grandes culturas como la Teotihuacana, Tolteca y Mexica, y la actualidad. A través del tiempo los asentamientos humanos en el valle, han dejado su huella sobre el desarrollo de estos suelos, provocando una inestabilidad en el paisaje la cual continúa hasta el presente. En base a esta interpretación, se desarrolló el siguiente modelo, el cual resume la dinámica en el valle (Figura 29).

Se considera que el Holoceno medio el ambiente era semiárido, con suelos tipo Luvisol en las laderas de los cerros, los cuales se formaron en etapas más húmedas (Fig. 29a). Las actividades humanas provocó inestabilidad erosión de los suelos (Fig. 29b). Lo que se asocia con el periodo Teotihuacano. Finalmente, el entorno inestable produce suelos de escaso desarrollo y pedosedimentos (Fig. 29c).

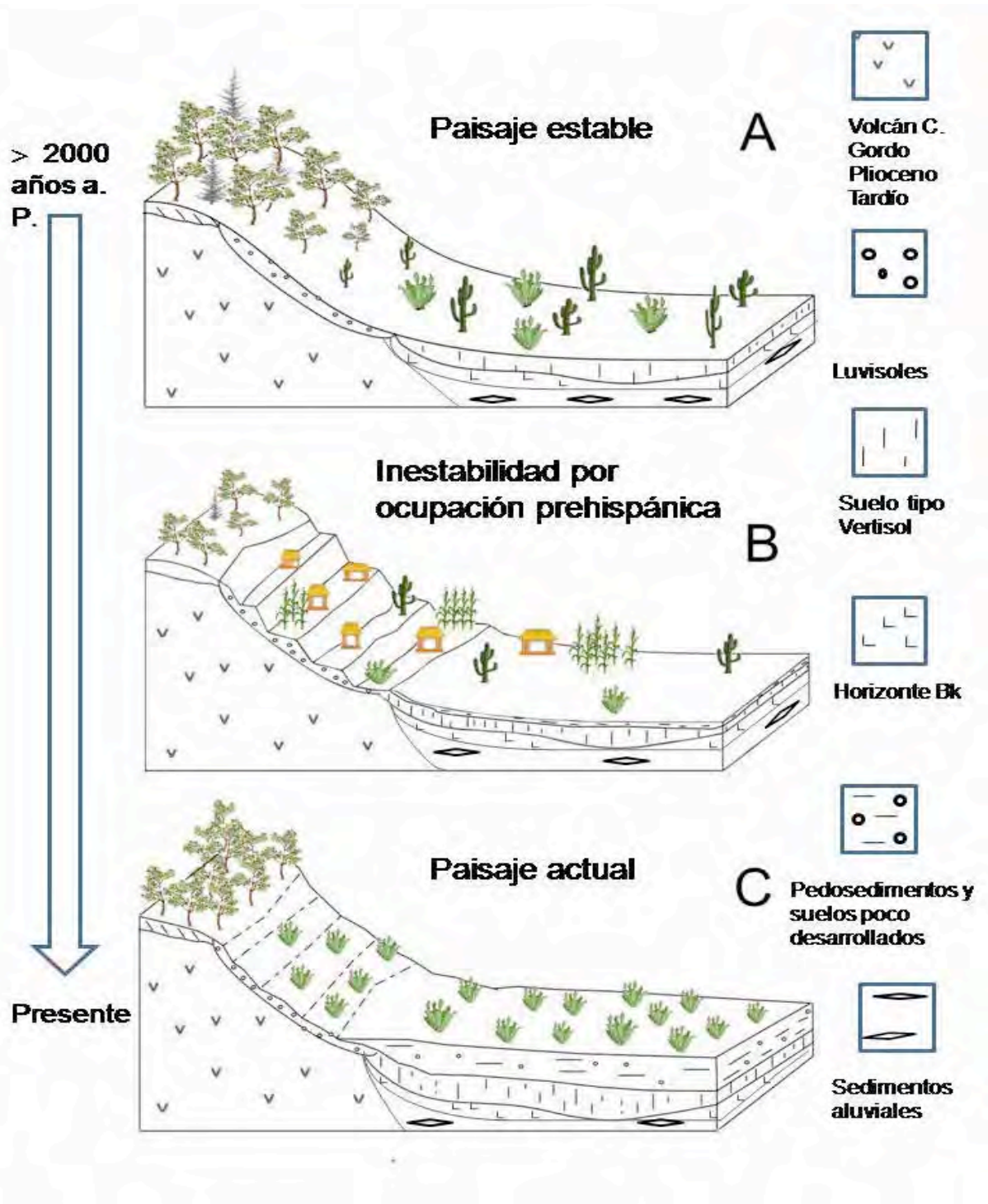


Fig. 29. Esquema que representa los eventos dentro del valle de Teotihuacán, donde A) representa ambiente estable semi-árido, el cual es interrumpido por B) inestabilidad y erosión de los suelos, provocando el sepultamiento de los suelos de las partes bajas teniendo en la actualidad C) vegetación secundaria con suelos poco evolucionados.

Similarmente a lo que se encontró en este trabajo es demostrado por Heine (2003), que explica que la erosión de los suelos en la región de Puebla-Tlaxcala es exclusivamente resultado de actividades humanas en periodos de ocupación.

En el área de Texcoco, Córdova y Parsons (1997) identifican dos fases de erosión, la primera en época prehispánica y la segunda durante la colonia, estos episodios fueron provocados por la aceleración del cambio de uso de suelo y por los patrones de asentamientos, que coinciden con el registro en San Pablo y Cerro San Lucas.

McAuliffe et. al. (2001) mencionan que en Tehuacan Puebla, existe evidencia de etapas erosivas intensas desde hace 900 años a. P. aproximadamente, que fueron causa de la expansión de la agricultura en la zona, y que se asocia también al crecimiento rápido de la población, que se dio en el momento. Evidencia de esto se encuentra en los depósitos aluviales, sedimentos arcillosos, provenientes de áreas cercanas que presentan suelos argílicos. Esto último permite hacer una comparación con los resultados obtenidos en el valle de Teotihuacán, donde la erosión de las laderas provoca depositación el fondo.

## **Capítulo 7**

### **Conclusiones.**

El ambiente que ha prevalecido en el valle de Teotihuacán ha sido semiárido desde hace más de 2000 años, condiciones que permanecen hasta la actualidad. Los paleosuelos encontrados en la planicie aluvial (San Pablo I, II y Tular), muestran que antiguamente, el ambiente era más estable con suelos de mayor evolución. Estas condiciones cambian con el establecimiento de las poblaciones.

Los suelos estudiados en el valle de Teotihuacán, presentan propiedades diferentes de acuerdo a las distintas posiciones geomórficas y a la historia del uso de suelo, a la cual se sometieron. Los suelos relacionados directamente con la actividad humana, como el Cerro San Lucas, demostraron tener poco desarrollo edáfico y pérdida por erosión.

Los rellenos de la Pirámide de la Luna dan evidencia de un uso previo agrícola, que después fueron utilizados como material de construcción. Por las propiedades que muestran estos rellenos y el paleosuelo 5A de San Pablo I, se considera que fue de este horizonte del que se sustrajo material para ser utilizado en la construcción. Esto es posible ya que en ese tiempo (aproximadamente 2000 años a. P.) este horizonte era la antigua cubierta edáfica de la zona.

El uso de los suelos como material de construcción era una actividad muy común dentro del valle en distintas etapas. Durante el Periodo Clásico en la

Pirámide de la Luna los suelos fértiles fueron utilizados como rellenos. En el periodo Posclásico un suelo tipo Luvisol fue usado para la nivelación del piso de la casa habitacional.

Por otro lado, la dinámica de sedimentación en el fondo del valle se relaciona con la ocupación humana durante los últimos 2000 años. El cambio de uso de suelo e inestabilidad de las laderas, provocó erosión y arrastre de los suelos por movimientos coluvio-aluviales, depositándose estos materiales en el fondo del valle.

Las actividades antrópicas durante los últimos 2000 años, no han permitido una estabilidad suficiente, para que exista un mayor grado de desarrollo edáfico en el fondo del valle. Donde existen suelos de bajo desarrollo y pedo sedimentos.

Por último, la hipótesis del presente trabajo, donde se plantea que las actividades antrópicas antiguas tuvieron impacto al recurso suelo, provocando erosión de las laderas de los cerros que circundan al valle y sedimentación en el fondo, es aceptada, por los resultados encontrados en los diferentes objetos de estudio, ya que evidenciaron procesos de erosión-depositación; así como remoción del mismo, producto de actividades constructivas, dando evidencia de alteración del paisaje.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adriano-Moran, C. C., McClung de Tapia de Tapia, E., 2008. Trees and Shrubs: the use of Wood in the prehispanic Teotihuacán. *Journal of the Archaeological Science*. 35 (11) 2927-2936.
- Barba Pingarron, L. Alberto., 1995. El impacto en la paleogeografía de Teotihuacán. Tesis Doctoral. Facultad de Filosofía y Letras. División de Estudios de Posgrado. UNAM. 92 p.
- Borejsza, A., Rodriguez, L. I., Frederick, C. D., Bateman, M. D., 2008. Agricultural slope management and soil erosion at La Laguna, Tlaxcala, Mexico. *Journal of Archaeological Science*. 35. 1854-1866.
- Cabadas, B. H. V., 2004. Paleosuelos como indicadores de cambio ambiental en el cuaternario superior: El caso del valle de Teotihuacán. Tesis profesional de ingeniero geólogo. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. México. 167 p.
- Cabadas, B. V. H., 2007. Paleosuelos del centro de México como indicadores de cambios ambientales ocurridos durante los últimos 30,000 años. Tesis de maestría de Ciencias de la Tierra. Instituto de Geología. 168 p.
- Caballero, M., Lozano, S., Ortega, B., Urrutia, J., Macias, J. L., 2005. La laguna de Tecocomulco: su historia durante los últimos 50 mil años.



Universidad nacional autónoma de México, Instituto de Geología. Editores:  
Huizar Álvarez R. Jiménez Fernández E. J. Juárez López C. no. 3. 49-85.

- Cabrera, Castro, R., 2005. Nuevas evidencias arqueológicas del manejo del agua en Teotihuacán, el campo y la ciudad. . Editores Maria Luisa Ruiz G. y Jesús Torres Peralta "Arquitectura y urbanismo: pasada y presente de los espacios en Teotihuacán. Memoria de la tercera mesa redonda de Teotihuacán. UNAM 121-161.
- Castilla, H. M. E., Tejero, D. J. D., 1983. Estudio florístico del Cerro Gordo (próximo a San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM.
- Cordova, C. E., Parsons, J. R., 1998. Geoaerchology of an Aztec dispersed village on the Texcoco piedmont of central Mexico. Geoacheology: An International Journal. Vol. 12. No. 3. 177-210.
- Davies, N., 2004. Los antiguos reinos de México. Fondo de cultura económica. 247 p.
- DDF., 1975. Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del distrito Federal, Tomo I-IV. Depto, D. F. México.
- Díaz, Ortega, J., 2008. Cambios ambientales y dinámica erosiva en el Glacís de Buenavista Morelos, en el Cuaternario tardío: registros paleopedológicos. Tesis de maestría, Instituto de Geología, UNAM. 122 p.
- Evans, S. T., 1990. The productivity of maguey terrace agriculture in central Mexico during the Aztec period. Latin American Antiquity. 1(2). 117-132.

- Ferring R. C., 1992. Alluvial Pedology and geoarcheology. Editado por Holliday, Vance, T. en: Soils in archeology. Landscape evolution and human occupation. Edit. Smithsonian institution press. Printed in United States.
- Fredlund, G. G., Tieszen, L. L., 1994. Modern phytolith assemblages from north American great plants. Journal of Biogeography 21. 321-335.
- Gama, C. J., Solleiro, R. E., McClung de Tapia, E., Villalpando, J. L., Sedov, S., Jasso, C., C., Palacios, M. S., Hernández, D., 2005. Contribuciones de la ciencia del suelo a la investigación arqueológica: el caso de Teotihuacán. Terra latinoamericana. Vol. 23. No. 1. 1-11.
- García, E., 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios. Mexico. D. F. 71 p.
- García, E, 1968. Clima actual de Teotihuacán. (ed) Jose L. Lorenzo. Materiales para la Arqueología de Teotihuacán. INAH, México. 9-28.
- García, M. C., 2005. La geología en la arqueología, una herramienta indispensable. Nuestra Tierra. Órgano de difusión de la Estación regional del Noroeste. UNAM. 9-12.
- García, P. A., Macias, J. L., Tolson, G., Valdez, G., Mora, J. C., 2002. Volcanic stratigraphy and geological evolution of the apan region, east-central sector of the Mexican Volcanic Belt. Geofisica International. 41 (2), 133-150.

- Gol'yeva, A. A., 1997. Biorph analisys as a component of the genetic and morphological study of soil. Eurasian soil science. Vol. 30. No. 9. 927-936.
- Gonzalez, del Angel. J. A., 2007. Determinación de fosforo en paleosuelos de un sitio arqueológico del valle de Teotihuacán como indicadores de actividad antrópica. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios superiores, Zaragoza UNAM. 71 pp
- Heine, K., 2003. Paleopedological evidences of human-induced enviromental change in the Puebla- Tlaxcala area (Mexico) during the last 3,500 years. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. V. 20. No. 3 235-244.
- Herdandez, J. I., 2007. Geología y Geomorfología volcánica de la región de los yacimientos de obsidiana de Otumba en el sector Norte de la Sierra Nevada de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. 125p.
- ICPN 1.0., 2005. Annals of Botany. 96: 253-260.
- Jackson, M. L., Whiting, L. D., Pennington, R. P., 1949. Segregation procedure for the mineralogical analysis of soils. Soil Science Society Proceedings. 77- 81.
- Lounejeva, B. E., Morales, P. P., Cienfuegos, A. E., Sedov, S. Solleiro, R. E., 2007. Late Quaternary Environment in the Teotihuacán Valley, México, inferred from d13C in soils.SAS Bulletin. 30:1. 6-11.

- Lounejeva, B. E., Morales, P. P., Cabadas, B. H., Cienfuegos, A. E., Sedov, S., Vallejo, G. E., Solleiro, R. E., 2006. Late pleistocene to Holocene environmental changes from C13 determinations in soils at Teotihuacán, México. *Geofísica International*. Vol. 45. No. 2. 85-98.
- Lozano, G. M. S., Ortega, G. B., 1998. Late Quaternary environmental changes of the Central part of Basin of Mexico: correlation between Texcoco and Chalco basins. *Review of Paleobotany and Palinology*. 99. 77-93.
- McAuliffe, R. J., Sundt, C. P., Valiente, B. A., Casas, A., Viveros, J. L., 2001. Pre-columbian, and collapse of a subsistence agricultural economy in the semi-arid Tehuacán Valley, Mexico's "cradle of maize". *Journals of Arid Environmentals*. 47: 47-75.
- McClung de Tapia., 1987. Agriculture and the formation of the Teotihuacán state. *Universidad Nacional Autónoma de México, Investigaciones Antropológicas*. 19 p.
- McClung de Tapia, E., 2004. Restos macrobontánicos en la Pirámide de la Luna. *Viaje al Centro de la Pirámide de la Luna, recientes descubrimientos en Teotihuacán*. Coedición Conaculta- Inah, Arizona State University. 36-40.
- McClung de Tapia, E., Dominguez, R. I., Gama, C. J., Solleiro, E., Sedov, S., 2005. Radiocarbon from soils in the valley of Teotihuacán, Mexico:

indicators of geomorphological processes. Radiocarbon, vol. 47. No.1. 159-175.

- McClung de Tapia, E., Solleiro, R. E., Gama, C. J., Villalpando, J. L., Sedov, S., 2003. Paleosols in Teotihuacán valley, Mexico: evidence for paleoenvironment and human impact. *Revista Mexicana de Ciencias Biológicas*. V 20. No. 3. 270-282.
- McClung de Tapia, E., Tapia-Recillas, H., 1997, Statistical analysis using GIS: Application to the study of prehispanic settlement location in the Teotihuacán Region, Mexico, *Archaeological Applications of GIS Proceedings of Colloquium II. UISPP XIIIth Congress, Forli, Italia* (I. Johnson y N. North, eds.), Sydney University Archaeological Methods Series 5, Australia.
- Mehra, O. P., Jackson M. L., 1960. Iron oxide removal from soil and clays by a ditionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate buffer. *Clays and Clay Miner.* 7: 317-327.
- Millon, R., 1970. Teotihuacán: completion of map of giant city of valley of Mexico. *Science*. 170. 1077-1082.
- Millon, R., 1973. Urbanitation at Teotihuacán, Mexico. V. 1. Part. 1. The Teotihuacán map: Austin University of Texas Press. Dan Danciger publication series.
- Munsell Soils Color Charts, 1975. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation Baltimore, Maryland.

- Murakami, T., 2007, Inter-valley Relations in the Formative to Classic Transition: A Preliminary Analysis of Architectural Technology at Teotihuacán. 72nd Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Austin, Texas.
- Ortega, G. B., Caballero, M., M., Urrutia, F. J., 1993. Late Pleistocene and Holocene Paleoenvironments of Chalco lake, Central Mexico. *Quaternary Research*. 40. 332-342.
- Ortega, G. B., Sedov, S., Solleiro, E., Soler, A., 2004. Magnetic mineralogy in Barranca Tlalpan exposure paleosols, Tlaxcala, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 21. 120-132.
- Perez, J., 2007. Agricultura en terrazas en el cerro San Lucas, valle de Teotihuacán. *FAMSI*. 216 p.
- Pérez, P. J., McClung de Tapia, E., Gama, C. J., Solleiro, E., Sedov, S., Peralta, H. A., Rivera, Y., 2006. Terrazas agrícolas prehispánicas en suelos de origen volcánico. *Memorias del IV Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Deteriorados, Morelia Michoacan*. 1-7.
- Piperno, R. D., 2006. *Phytoliths, a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. AltaMira Press, U.S.A. 238 p.
- Porta, C. J., 1999. *Edafología, para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa. España. 849 p.

- Rivera, U. Y., Sedov, S., Solleiro, R. E., Pérez, P. J., McClung de Tapia, E., González, A., Gama, C. J., 2007. Degradación ambiental en el valle Teotihuacán: evidencias geológicas y paleopedológicas. Boletín de la Sociedad Geologica Mexicana. 203-217.
- Rzedowski, J., 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del lago de Texcoco. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 21: 1-15.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México. Limusa. Mexico, D. F. 432 p.
- Sanders, W. T., 1965. Cultural ecology of the Teotihuacán valley, Department of Sociological and Anthropology, The Pennsylvania. State Univestiy, University Park.
- Sanders, W. T., J. R. Parsons y R. S. Santley., 1979, The Basin of Mexico: Ecological Processes in the Evolution of a Civilization, Academic Press, N. Y.
- Sanders, W. T., West, M., Fletcher, C., Marino, J., 1975. The Formative period occupation of the valley. Teotihuacan Valley Project. Final Report Vol. 2. Occasional papers in Anthropology, 10. Department of Anthropology. The Pennsylvania State University, University Park.
- Schaetzl, R. Anderson, S., 2006. Soils Genesis and Geomorphology. Cambridge university press. Reino Unido. 817 pp.
- Sedov, S., Solleiro, E., Morales, P. P., A. A., Vallejo G. E., Jasso, C. C., 2003. Mineral and organic components of the buried paleosols of the

Nevado de Toluca, Central Mexico as indicators of paleoenvironments and soil evolution. *Quaternary International*. 169-184.

- Smith, E. M., Montiel, L., 2001. The archaeological study of empires and imperialism in Pre-hispanic central Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology*. 20. 245-284.
- Soil Survey Staff, 1988. Key of soil taxonomy 8<sup>th</sup> ed. Us Department of Agriculture, Washington DC.
- Solleiro, R. E., Sedov, S. Gama, C. J., Flores, R. D., 2003. Pelosol-sedimentary sequences of the Glacis de Buenavista, Central Mexico: interaction of the Late Quaternary pedogenesis and volcanic sedimentation. *Quaternary International*. 185-201.
- Solleiro, R. E., Sedov, S., 2005. Perfiles de los paleosuelos de las localidades de Barranca Tlalpan y Mamut, Tlaxcala. *Symposium Interdisciplinario, Cambios Ambientales recientes y pasados del estado de Tlaxcala*. 39-59.
- Solleiro, R. E., Sedov, S., McClung de Tapia, E., Cabadas, H., Gama, C. J., Vallejo, V. E., 2006. Spatial variability of environment changes in the Teotihuacán Valley during the Late Quaternary: Paleopedological inferences. *Quaternary International*. 1-19.
- Sugiyama, S., 2004. La Pirámide de la Luna en la Planeación Urbana. *Viaje al centro de la Pirámide de la Luna: descubrimientos recientes en*



Teotihuacán. Coedición CONACULTA-INAH, Arizona State University, 16-20.

- Tapia-Varela, G. López-Blanco, J., 2001. Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la cuenca de México: unidades morfogenéticas a escala 1:100,000. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. V 19. num. 1. 50-65.
- Twiss, P. C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths, In: Rapp, G. J. Mulholland, S. C. (Eds.), *Phytoliths systematics Emerging issues: advances in Archaeological and museum science 1*, Plemun Press, 113-128.
- Victor O. Targulian., Sergey, V. Goryachkin., 2004. Soil memory: types of record, carries, hierarchy and diversity. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. vol. 21 no. 1. 1- 8.