



2
2EJ

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EL IMPACTO HUMANO EN LA
PALEOGEOGRAFIA DE
TEOTIHUACAN**

T E S I S
QUE PARA OPTAR AL GRADO DE:
DOCTOR EN ANTROPOLOGIA
P R E S E N T A
LUIS ALBERTO BARBA PINGARRON

Directora de Tesis: Dra. Linda Manzanilla

México, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer especialmente al Dr. Zoltan de Cerna, al Dr. Dante Morán y al Dr. José Lugo por su valiosa asesoría y comentarios durante la visita a las cuevas y depresiones. A Linda Manzanilla por compartir el trabajo de campo, su acertada dirección y su amistad. A José Luis Córdova por su amistad y paciente asesoría en los cálculos sobre las distancias, los volúmenes y los consumos de leña, además de las cuidadosas revisiones al texto. A Jaime Urrutia por su ayuda en la determinación de propiedades paleomagnéticas de las muestras de basalto y por su agrupamiento de las fechas de radiocarbono de la zona de Cuicuilco. A Yoko Sugiura y a Emily McClung por sus enriquecedoras discusiones y comentarios.

También es menester agradecer la participación de Eliseo Linares, de Guillermo Pérez y de Agustín Ortiz en la perforación de los sondeos y en la primer etapa de adquisición de los datos magnéticos. Adicionalmente a Agustín Ortiz por el cálculo del volumen de las depresiones. A Luz Lazos por el procesamiento de los datos de las líneas magnéticas y las determinaciones químicas en estucos. A Francisco González y Hector Celedón por la medición de las dimensiones de las unidades habitacionales y por su participación en el cálculo del volumen de dos de las depresiones.

Debo también agradecer a Carlos Córdova por permitirme el uso de los datos sedimentológicos recogidos en la región de Cuanalan y Acolman y por el estudio de las muestras de adobe y toba. A Karl Link por su valiosa ayuda en el procesamiento y representación gráfica de los datos y los mapas. A René Chávez y Nayeli Peralta por su ayuda en la elaboración del mapa magnético al este de la Pirámide del Sol. A Gerardo Gutierrez por su ayuda en la elaboración del modelo digital de elevación del terreno. A Heajoo Chung por su ayuda en los detalles finales. A René Millon por toda la información proporcionada en su mapa que fue la plataforma en la que se apoyó este trabajo.

Pero muy especialmente agradezco a mi esposa y mis hijos que han padecido la viudez y la orfandad de la última etapa de trabajo, por su gran apoyo. A mis padres y hermanos por su cariño y apoyo. Agradezco también a todos los compañeros y amigos del Instituto de Investigaciones Antropológicas por su apoyo. En especial al Dr. Luis Alberto Vargas y nuestras autoridades por su apoyo para poder realizar este proyecto y al Dr. Carlos Serrano por su paciente asesoría y consejos para realizar los trámites que esta titulación implica.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1. Introducción	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Resumen	1
1.3 Marco Teórico	2
1.4 Antecedentes	3
1.4.1 Cuicuilco	3
1.4.2 Teotihuacan	5
1.4.3 El culto a los cerros en el Formativo	6
CAPITULO 2. Geología	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Marco geológico general	8
2.3 Metodología aplicada en el trabajo de campo	10
2.3.1 Reconocimientos del terreno	10
2.3.1.1 Estudios paleomagnéticos	12
2.3.2 Estudio magnético regional	13
2.3.2.1 Interpretación de líneas magnéticas	14
2.3.2.1.1 Sección Pirámide de la Luna	14
2.3.2.1.2 Sección Oztoyahualco	14
2.3.2.1.3 Sección Depresión 9	15
2.3.2.1.4 Sección Pirámide del Sol	15
2.3.3 Estudios eléctricos de la sección Pirámide de la Luna	15
2.3.3.1 Interpretación	16
2.3.4 Perforación de núcleos	16
2.3.4.1 Interpretación de los resultados de la perforación	17
2.3.4.1.1 Sección Pirámide de la Luna	17
2.3.4.1.2 Sección de la Depresión 9.1	17
2.3.4.1.3 Sección Pirámide del Sol	18
2.3.5 Observaciones	18
2.3.6 Interpretación de datos magnéticos	19
2.4 Discusión general de resultados	21
Figuras del Capítulo 2	
CAPITULO 3. Materiales volcánicos de construcción	24
3.1 Tezontle	24
3.1.1 Estudio de las depresiones	24
3.1.2 Cálculo del volumen de las pirámides	28
3.2 Toba Volcánica	32
Figuras del Capítulo 3	

CAPITULO 4. Estudio de los recubrimientos de cal	36
4.1 Introducción	36
4.1.1 Origen de los recubrimientos de cal	39
4.2 Descripción del proceso de transformación	43
4.3 Cálculo de volúmenes utilizados en la construcción en conjuntos habitacionales	44
4.3.1 Interpretación de las tablas de datos	45
4.3.2 Interpretación de los mapas de distribución de conjuntos habitacionales	46
4.3.3 Mediciones de muros en las unidades habitacionales excavadas	48
4.3.4 Resumen	49
4.3.5 Cálculo del volúmen de cal utilizada	50
Figuras del Capítulo 4	
CAPITULO 5. Cálculo del consumo de madera	53
5.1 Antecedentes	53
5.2 Madera necesaria para producir la cal	54
5.2.1 Cálculo de la masa de madera	55
5.3 Madera en techos	56
5.4 Cálculo del consumo de leña	57
5.6 Comentarios	57
CAPITULO 6. Estudios sobre la erosión y la sedimentación	60
6.1. Introducción	60
6.2. Estudio de los sedimentos en Teotihuacan	61
6.3. Estudio de sedimentos en Acolman	61
CAPITULO 7. Vulcanismo y culto a las montañas	64
7.1 Actividad volcánica	64
7.2 Revisión de fechas de radiocarbono en Cuicuilco	66
7.3 Sobre la construcción de las pirámides	68
7.4 Aspectos rituales	70
CAPITULO 8. Conclusiones	75
8.1 Reconstrucción geológica	75
8.2 Uso de los materiales volcánicos	75
8.3 Uso de la cal	76
8.4 Uso de la madera	76
8.5 Aprovechamiento de los sedimentos	77
8.6 Variaciones en el tiempo	78
Referencias Bibliográficas	80

APENDICES

Apéndices Capítulo 2

A2.1 Gráficas del estudio paleomagnético

A2.2 Gráficas de las líneas magnéticas

A2.3 Descripción de perforaciones

Apéndices Capítulo 3

A3.1 tabla para el cálculo de coordenadas de estructuras piramidales

A3.2 tabla para el cálculo de coordenadas de las depresiones

A3.3 tabla para el cálculo de la distancia entre estructuras piramidales y depresiones

A3.4 forma de algunas depresiones

A3.5 descripción del cálculo de volumen de pirámides

A3.6 tabla del cálculo de volumen de pirámides

Apéndices Capítulo 4

A4.1 Tabla de concentración de resultados analíticos

A4.2 Plano de Oztoyahualco

A4.3 Plano de Tetitla

A4.4 Plano de Tlamimilolpa

A4.5 Plano y reconstrucción isométrica de Xolalpan

A4.6 Plano de Yahualco

A4.7 Plano de Zacuala

A4.8 Tabla de mediciones en muros

A4.9 Desarrollo cronológico de Teotihuacan

A4.10 Producción moderna de cal en Guanajuato

CAPITULO 1. INTRODUCCION

1.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es evaluar los procesos de transformación que el asentamiento urbano de Teotihuacan provocó en el valle que ocupó. Esto se logrará a través de:

a. El estudio de la geología de la región, para entender el aprovechamiento de los materiales de construcción para la ciudad de Teotihuacan y explicar las consecuencias actualmente visibles como las depresiones y las cavidades.

b. El estudio específico de la producción y el consumo de cal para la construcción y el revestimiento de las estructuras arquitectónicas.

c. El estudio de la explotación de la madera como material de construcción y fuente de energía.

d. El estudio de la erosión y la sedimentación que el uso intensivo de la madera pudo haber ocasionado en los alrededores del asentamiento.

e. El estudio de las velocidades de transformación que todos estos procesos involucraron.

1.2. RESUMEN

En el primer capítulo se incluirán aspectos relativos a los objetivos que se persiguen, la justificación para realizar esta investigación, y la descripción de las condiciones y los antecedentes que dan pauta al desarrollo de los puntos subsecuentes.

En el capítulo 2 se trata de reconstruir la evolución geológica de la superficie donde se asentó la ciudad de Teotihuacan y la forma en que esto se relaciona con la explotación de los recursos para obtener los materiales de construcción. Para lograrlo se expondrán los resultados de los estudios geológicos, geofísicos y de las perforaciones realizadas, incluyendo sus interpretaciones particulares.

En el capítulo 3 se aborda el tema de los materiales volcánicos utilizados en la construcción de la ciudad. Se incluyen cálculos de los volúmenes de los materiales contenidos en las estructuras piramidales pequeñas y en las dos mayores. Estos materiales se comparan con el volumen calculado de material extraído de las depresiones. Estas comparaciones permiten proponer las estrategias de explotación y control de este recurso.

En el capítulo 4 se estudian los recubrimientos de cal presentes en todas las superficies construidas en Teotihuacan, además de los morteros utilizados. Se realizan mediciones y cálculos para determinar el total de las superficies recubiertas. Se calcula la cantidad total de cal utilizada y la energía necesaria para producir la transformación de roca caliza en calhidra. Los resultados ilustran el impacto que el consumo masivo de un material foraneo implica.

El consumo de la madera como combustible y como material de construcción se

aborda en el capítulo 5. En este espacio se calcula la cantidad de madera necesaria para cumplir con los requerimientos energéticos y constructivos. Para concluir se realiza la estimación de la superficie de bosque que tuvo que ser talada para proveer este material.

Finalmente en el capítulo 6 se plantean las posibles consecuencias de la deforestación planteada en el capítulo anterior. Apoyados en estudios sedimentológicos recientes se proponen lugares de obtención del material limoso que forma el relleno de las dos grandes pirámides del sitio.

Para concluir en el último capítulo se desarrolla la discusión general de los resultados. Se enumeran las conclusiones obtenidas y con base en la gran inversión de energía evaluada se proponen algunas explicaciones sobre las motivaciones para emprender la construcción de las estructuras estudiadas en la ciudad.

1.3 MARCO TEORICO

Las transformaciones ocasionadas por el asentamiento urbano prehispánico pueden ser detectadas, cuantificadas y evaluadas en el contexto que les dió origen y esta información puede ser utilizada para analizar problemas similares en la actualidad.

Cuando la energía involucrada en las transformaciones rebasa cierto umbral, resulta tan grande el impacto al medio ambiente que las transformaciones se vuelven prácticamente irreversibles y cambian las condiciones del entorno. Las actividades humanas relacionadas con concentraciones urbanas normalmente son de tal magnitud que producen transformaciones drásticas. El esfuerzo humano y la organización social implícitos en estas transformaciones son proporcionales. De otro modo, la apropiación de los recursos naturales demandados por las concentraciones de población produce severos cambios en el medio ambiente.

En consecuencia debe esperarse que los impactos producidos por la concentración urbana de Teotihuacan en el valle y sus alrededores fueran de tal magnitud que sean susceptibles de reconocerse y estudiarse.

La cultura domina a la energía a través de las herramientas tecnológicas. La energía humana involucrada ha sido encausada por medio de una organización social. White (1949) apunta "la cultura evoluciona mientras aumenta la cantidad de energía *per cápita* por año".

L. White ha sugerido que la evolución cultural puede medirse en términos de las cantidades de energía dominada por persona, por año. Esta es una medida que en términos generales, parece estar en concordancia con la experiencia histórica de la humanidad. El desarrollo de fuentes de energía independientes de los procesos biológicos inmediatos ha sido un factor de gran importancia para las sociedades industrializadas que han dominado energía *per cápita* en mucho mayor proporción que las no industrializadas, y en consecuencia, los ricos en energía han disfrutado una

gran ventaja en sus relaciones con los pobres en energía (Rappaport 1971).

La agricultura no está libre de la tendencia a la especialización que caracteriza a la evolución social en general. Grandes regiones han sido convertidas por el hombre en ecosistemas incipientes. Pero la insistencia del hombre de forzar los ecosistemas que domina hacia la simpleza, en contra de la diversidad biológica, disminuye aún más la de por sí limitada autonomía de los ecosistemas. Están sujetos no únicamente a las presiones ambientales locales sino también, a vicisitudes económicas y políticas extrañas. Aumenta su dependencia de más materiales importados, los hombres que manejan dichos materiales se hacen cada vez más sujetos a eventos distantes, a intereses y a procesos que no pueden entender ni controlar, la capacidad autocorrectiva normal del sistema disminuye y a final de cuentas, el ecosistema se destruye.

Teotihuacan es una de las concentraciones urbanas preindustriales que logró el control de grandes cantidades de energía, entre ellas la humana involucrada en las grandes empresas constructivas, la de la madera como el combustible utilizado para todos los procesos de transformación, la de los alimentos necesarios para mantener su población y la implicada en el transporte de todos los bienes demandados por sus habitantes. En este proceso de manejar cada vez mayores cantidades de energía parece haber llegado a un punto en que se vuelve demasiado dependiente de recursos externos y en consecuencia vulnerable. De la misma manera que los ecosistemas se destruyen, también la organización lograda desapareció.

1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 Cuicuilco

Por ser Cuicuilco el antecedente directo de la ciudad de Teotihuacan, es conveniente presentar los aspectos relevantes de este asentamiento en los momentos en que se abandonó. En el trabajo reciente de Córdova, Martín del Pozzo y López (1994) se han tratado de reconstruir algunas de las alteraciones producidas por la erupción del Xitle. La información más relevante se resume a continuación:

Los campos de lava del pedregal cubren una extensión de 80 Km² en el sur de la cuenca. Cuicuilco tiene una ocupación que va de 150 a 50 a.C. en el Preclásico Tardío (Parsons, 1989). En este punto Rattray difiere y asienta que la ocupación fue más prolongada (650 a.C. a 1 d.C.) Debido a lo difícil que resulta la excavación bajo de la capa de basalto de olivino, los autores han diferido sobre la extensión e importancia de este asentamiento. Heizer y Bennyhoff (1972) y Piña Chan (1967), apoyados en materiales de excavación, consideran a Cuicuilco un centro urbano. Sanders (1979) lo considera un centro regional de importancia comparable a Teotihuacan en sus primeras fases. Por el contrario, Niederberger (1987) considera que Cuicuilco no fue más que una comunidad protourbana. La determinación precisa de su extensión e importancia requerirá de tecnologías novedosas que informen sobre las estructuras debajo de la lava; sin embargo todos coinciden en señalar que Cuicuilco es un de los lugares más

importantes de concentración de población en su tiempo.

Alrededor del actual sitio arqueológico de Cuicuilco, se aprecia una capa de aproximadamente 4 cm de espesor de ceniza gris entre la lava y el paleosuelo. Esto sugiere a los autores que la dirección del viento en el momento de la erupción de ceniza era hacia el noreste. En las áreas que no fueron cubiertas por lava esta capa de ceniza se ha perdido debido a la erosión. La lava del pedregal es del tipo *pahoehoe* acordonada, aunque cerca del volcán también se pueden encontrar bloques angulares característicos de la lava tipo *aa*.

En la reconstrucción de las paleoformas asociadas se han realizado las siguientes observaciones. Las capas más delgadas del flujo de lava generalmente cubren los limos arenos arcillosos y los suelos limo arcillosos. Por otro lado, los mayores espesores de lava se encuentran sobre suelos arenosos con gravas redondeadas y sin estructura o bien sobre depósitos aluviales en las áreas de topografía baja.

La mayoría de las estructuras excavadas de Cuicuilco se encuentran construidas sobre las lomas de la formación Tarango, excepto los montículos de la sección B que fueron construidos sobre la toba pumícea de la Formación Tacubaya. Entre estas estructuras se han identificado tres paleocauces de río: El Rosal, el antiguo Magdalena y el Cuicuilco.

La erupción del Xitle comenzó con la emisión de cenizas y debió ser muy parecida a la erupción del Parícutín, aunque la lava del Xitle por ser menos viscosa, formó tubos de lava en las laderas.

Las fechas de radiocarbono que se manejan en este trabajo (Córdova, Martín del Pozzo y López 1994), sugieren que el flujo de lava tuvo lugar alrededor de 400 d.C. Según los autores, esta fecha es corroborada por la existencia de cerámica de la fase Teotihuacán II y III excavada justo debajo de la lava por Cummings. Esto también fue confirmado por el hallazgo de figurillas Teotihuacán II. Todo parece indicar que, para este momento, el sitio ya había sido abandonado. Los registros indican que Cuicuilco había declinado hacia el año 150 d.C. Sin embargo, estas fechas no coinciden con los estudios que realiza Urrutia que ubican este evento en el año cero y que se exponen en detalle en el apartado 7.6.2.

De acuerdo con López-Camacho (1991) la construcción de la estructura principal fue realizada superponiendo 3 conos truncados producto de distintas etapas de construcción. Los conos fueron recubiertos con muros de piedra teniendo el interior relleno con tierra. Es de destacar que esta técnica constructiva tiene estrecha relación con la técnica de construcción de las pirámides en Teotihuacán, sólo que en lugar de planta circular se cambió a planta cuadrada. Después del abandono sobrevino un proceso de deterioro y erosión que depositó piedras y tierra de relleno en la base de la estructura. La relación estratigráfica entre estos materiales sugiere que el colapso de la paredes pudo ser el resultado de temblores que acompañaron la erupción ya que el flujo de lava no se deposita directamente sobre las paredes de la estructura, sino sobre

su derrumbe. Para los autores, esto es una de las evidencias de que en el momento de la erupción el sitio se encontraba abandonado.

1.4.2 Teotihuacan

Manzanilla (1993) menciona que en Mesoamérica los templos son construidos sobre enormes basamentos piramidales, simulando los planos celestiales. Considera que Teotihuacan es el eje de la historia mesoamericana durante el Clásico Temprano. Fue el centro de peregrinación por excelencia, el lugar donde se crearon el tiempo y el espacio sagrados, el arquetipo de ciudad civilizada. A partir del año 200 d.C. se definen los elementos de planificación urbana y la vida doméstica en conjuntos habitacionales multifamiliares. Después de la construcción de las pirámides principales y de la Calle de los Muertos, la población abandonó el sector noroeste y se dispersó en el resto de la ciudad. Millon (1993) coincide y comenta que, entre otras cosas, Teotihuacan se caracterizó por el desarrollo de un origen mítico centrado en la creencia de que Teotihuacan estaba donde el cosmos y el ciclo de tiempo presente comenzaron.

En relación al tamaño de la ciudad Millon cita a Chandler (1974) "Constantinopla fue la ciudad más grande de su tiempo con 500 000 habitantes. Siguen las ciudades chinas de Changan y Loyang; a continuación Ctesiphon la capital de Persia. Alejandría ocupa el quinto lugar con 200 000 y finalmente Teotihuacan con 125 000 habitantes".

Según Millon (1993) primero fue construida la Pirámide de la Luna con sus Plazas de Tres Templos para rematar la calle de los Muertos. Unos 75 años después fue construida la Pirámide del Sol centrada en la cueva y fue dedicada al Gran Dios y al Dios de las Tormentas. Entre 150 y 225 d.C. se construye la fachada que ahora vemos de la Pirámide del Sol, se extiende la Calle de los Muertos y se inicia la construcción de la Ciudadela. La plataforma adosada de la Pirámide del Sol se terminó en 175 d.C., mientras que el templo de la serpiente emplumada en la Ciudadela fue terminado en 225 d.C. Señala que la inversión de energía manifestada en la construcción de las pirámides y la Ciudadela es una demostración dramática del ejercicio del poder.

En su importante trabajo sobre la Cuenca de México Sanders, Parsons y Santley (1979: 107) comentan acerca de la Fase Cuatro (100 a.C. - 100 d.C.): "casi tan extraordinario como la monumentalidad es la planeación de la arquitectura pública. La gran avenida central de Teotihuacan fue trazada y las dos estructuras públicas mayores, las Pirámides del Sol y de la Luna, se construyeron a lo largo de ella. La Pirámide del Sol, con un volumen de alrededor de un millón de metros cúbicos fue la más grande estructura de una sola fase erigida en el Nuevo Mundo precolombino".

El motivo que indujo a una nucleación de la población tan extrema no es claro aún. Presumiblemente el control político fue el principal factor involucrado. Sin embargo, no se sabe de otra situación en el registro histórico o arqueológico en el cual tan grande población sedentaria regional estuviera involucrada en una relocalización tan drástica. La gran mayoría de la población (80-90%) estaba nucleada en Teotihuacan. Este es uno de los aspectos relevantes que se discutirán en capítulos posteriores involucrando la

gran cantidad de energía canalizada por la organización social.

1.4.3 El culto a los cerros en el Formativo

Respecto de los antiguos cultos Barba de Piña Chan (1980:31) comenta que: "Aparece en Tlatilco una figurilla antecedente del dios del fuego (Tlatilco III, temporada 1955) porque porta en la cabeza una vasija y tiene la cara arrugada, corresponde a los finales de la fase media".

En su trabajo sobre el culto a los cerros, Johanna Broda menciona los siguientes aspectos destacados de este culto. Según Broda (1991:465) "entre las primeras deidades que se adoraban desde tiempos preclásicos se encuentra el antiguo Dios del Fuego y del tiempo, Huehueteotl-Xiuhtecuhtli. El culto oficial en Teotihuacan fue el dios de la lluvia".

Más adelante Broda (1991:469) menciona: "hay un conjunto de deidades que pertenecen al culto mexicana de los cerros, el agua y la tierra que se encuentran en el Templo Mayor; entre ellos se encuentran el conocido como Huehueteotl-Xiuhtecuhtli, también interpretado como Tonacatecuhtli y como Tepeyóllotl, cuyas interpretaciones son el Dios Viejo del Fuego y del tiempo, la deidad suprema de los mantenimientos y el corazón del cerro". Este aspecto tiene relación estrecha con el dato obtenido por Manzanilla (1994) en las Relaciones Geográficas del Siglo XVI (Acuña 1986) que relata como en la parte alta de la Pirámide del Sol se encontraba una escultura de Tonacatecuhtli:

"Sin éste, había otros ídolos menores en el pueblo de San Juan, que era el templo y oráculo a donde acudían los pueblos comarcanos. Tenían, en el dicho pueblo, un *cu* muy alto, en el cual había tres descansos para poder subir a lo alto: en la cumbre dél, estaba un ídolo de piedra que llamaban por nombre TONACATEUCTLI, el cual era de una piedra tosca y muy dura, todo de una pieza. Tenía tres brazas grandes en largo y otra en ancho, y otra de gordor. Estaba vuelto al poniente, y, en un llano que se hacía delante del dicho *cu*, estaba otro *cu* más pequeño, de tres estados en alto, en el cual estaba otro ídolo un poco menor que el primero, llamado MICTLANTEUCTLI, que quiere decir 'señor del infierno'. Este estaba vuelto hacia el primero, asentado sobre una peña grande cuadrada, de una braza en cuadro por todas partes. Un poco más adelante, en la parte norte, estaba otro *cu* un poco menor que el primero, al que llaman 'el cerro de la Luna', en lo alto del cual estaba otro ídolo, grande de casi tres brazas, que llamaban LA LUNA. A la redonda dél había muchos *cúes*, en uno de los cuales (el mayor dellos) había otros seis ídolos, a los que llamaban HERMANOS DE LA LUNA"

La permanencia de estas tradiciones es señalada por Broda (1991:472): "El Templo Mayor abarcaba en su doble pirámide dos cerros: mientras que la pirámide de Huitzilopochtli se identificaba como el Coatepec (el cerro de las serpientes), la pirámide de Tláloc era el Tonacatepetl, el cerro de nuestros mantenimientos que estaba mágicamente relacionado con el agua y el maíz y contenía el acceso ritual al sustento humano". Broda continúa comentando que: "Los cerros deificados significaban lugares sagrados en la cuenca de México y se les rendía culto al principio y al final de la

estación de lluvias. Los grandes volcanes (el Popocatépetl y el Iztaccíhuatl) así como la sierra de Tláloc eran las deidades más importantes" (1991:473).

Finalmente Broda (1991:475) comenta que: "los tecuacuiltin eran sacados del Tlillan, el templo de la diosa Cihuacóatl que se encontraba al lado de la pirámide de Huitzilopochtli, para las ceremonias. La arquitectura de este templo era imitación de una cueva oscura y los idolitos que se guardaban en este enigmático templo no eran sino otra clase de imágenes que representaban a todos los cerros de la cuenca".

Todos estos elementos consignados por destacados autores muestran la estrecha relación existente entre el culto a los cerros, los volcanes, las cuevas y el dios antiguo Huehuetotl- Xiuhtecuhtli, también interpretado como Tonacatecuhtli. Estos elementos y su permanencia de varios siglos serán retomados en las conclusiones para proponer una explicación a la construcción de las pirámides en Teotihuacan.

CAPITULO 2. GEOLOGIA

2.1 ANTECEDENTES

Como consecuencia de los reconocimientos que se realizaron en la zona con el objetivo de localizar túneles y cuevas en el sector noroeste del Valle de Teotihuacan dentro del Proyecto Cambio Global en Perspectiva Histórica. el caso del centro urbano preindustrial de Teotihuacan patrocinado por CONACYT, se apreció que las depresiones (hundimientos del terreno) se localizaban alrededor de la ciudad, tenían cierto alineamiento y presentaban características comunes. Una de las preguntas que surgió en ese momento fue sobre el origen de estas depresiones. En un principio se manejaron hipótesis sobre fenómenos naturales de formación (Manzanilla, *et al.* 1989), pero poco a poco se fueron refutando algunas y mejorando otras. Finalmente se llegó a concluir que todos los datos indicaban que las cavidades y cuevas podían ser consecuencia de trabajo humano. Esto implicaba una actividad extractiva que necesitaba ser probada. Se planteó entonces que el material extraído debió haberse utilizado en la construcción de la ciudad. Si esto fuera así, sería necesario probar que los volúmenes construidos son comparables a los volúmenes extraídos y que los materiales visibles actualmente en las paredes de las depresiones, fueron los mismos utilizados en la construcción de las estructuras arqueológicas.

2.2. Geología

2.2.1 Marco geológico general

Un grupo de trabajo contratado por el proyecto (Milán *et al.* 1990) recopila la información geológica y la resume. En su informe menciona que estratigráficamente las rocas más antiguas en el Valle de Teotihuacan corresponden al Mioceno Medio y Tardío. Estas rocas afloran en el Cerro Malinalco y están constituidas por andesitas. El conjunto de rocas extrusivas correspondientes al Plioceno Temprano se localiza en el Cerro Patlachique. La composición de estas rocas varía de andesitas a dacitas, con algunas secuencias piroclásticas no consolidadas conformadas por tobas líticas y pumiciticas, que se encuentran cubiertas por derrames lávicos.

Los derrames de lava ácida denominados Riolitas Navajas están interestratificados con brechas, tobas y depósitos de avalancha, que presentan estructura fluidas. Estas rocas afloran en el sureste del valle en el Cerro Soltepec. Basaltos Pliocénicos aparecen en la Sierra de Patlachique y en las lomas del sureste del valle. Presentan una composición que varía de andesítica a basáltica y se caracterizan por mostrar una morfología redondeada producida por el intemperismo prolongado al que han estado sujetas.

La actividad piroclástica y fluvial del Plioceno formó unos depósitos no diferenciados que presentan una variación granulométrica de arcillas a gravas. Sobreyacen a las últimas lavas y subyacen o se interdigitan con lavas y piroclastos del Cuaternario. Las tobas amarillentas aflorantes en los alrededores de la zona

arqueológica, pertenecen a este grupo.

En el Valle de Teotihuacan, el Cuaternario se encuentra representado por rocas volcánicas máficas provenientes del Cerro Gordo y de los campos volcánicos de Otumba. El Cerro Gordo es un estrato volcán basáltico compuesto de capas de lavas y escorias estratificadas Plio-Cuaternarias. La actividad volcánica en esta época también se manifiesta por los conos cineríticos del extremo oriental del valle y los derrames y conos al noroeste de la zona arqueológica.

Una de las unidades litológicas de mayor importancia, por ser la que soporta a la zona arqueológica, se encuentra representada por una secuencia uniforme de brechas escoriáceas y aglomerados, en la que predominan bombas con forma de cordón, de huso y de almendra, así como abundantes fragmentos de escorias. El aglomerado de tezontle formado presenta una granulometría variable, con fragmentos que van de un centímetro hasta bombas con 1.5 m de diámetro.

Los depósitos aluviales, fluviales y lacustres se localizan en la parte central del valle y en los cauces de arroyos mayores, donde configuran terrazas de erosión. Litológicamente están conformados por gravas, arenas y limos de origen aluvial que configuran las planicies del centro del valle (Milán *et al.* 1990).

Los estudios regionales del valle indican la existencia de fallas tectónicas que han sido propuestas por Mooser (1968) formando un paralelepípedo alrededor del valle. A lo largo de estas grandes fallas se produjeron escapes de magma que originaron la actividad volcánica que se aprecia en las montañas que rodean esta región. En el mencionado estudio realizado por Mooser también se mencionan las edades relativas para las estructuras volcánicas presentes en la parte noroeste del valle. La estructura más antigua es el Cerro Malinalco o Malinalli del Terciario, enseguida se forma el estrato volcán que conocemos como el Cerro Gordo en el Plioceno, y finalmente en el Cuaternario aparecieron los pequeños conos cineríticos que se aprecian entre estas estructuras. Quizá debido a que es común delimitar el valle por el parteaguas de los montes circundantes, no se ha atendido la parte norte de este volcán. La topografía de esta zona muestra una gran cantidad de pequeños conos cineríticos en el norte y el oeste, que no se aprecian en la parte sur, por lo que puede suponerse que fueron cubiertos por flujos posteriores. Como se verá mas adelante, este parece ser el caso en la zona sobre la cual se desarrolló el asentamiento urbano de la ciudad de Teotihuacan.

En la primera etapa de nuestro trabajo nos apoyamos en la propuesta de que describe un flujo basáltico bajo la zona arqueológica y entonces se planteó que la presencia de las cavidades se podía deber a causas naturales, como los tubos de lava. Esta propuesta no pudo explicar la presencia de bombas volcánicas intactas en las paredes de las cuevas exploradas. Mooser propuso un flujo en forma de lengua que partía del Cerro Coronillas, pero si así hubiera sido, las bombas deberían mostrarse muy erosionadas al haber sido acarreadas a lo largo de varios kilómetros. Por otro lado, no hay duda de que el flujo existe pues tanto en los mapas topográficos, como en los estereopares de las fotografías aéreas, se aprecia la forma lobular y los desniveles de

terreno de los límites del flujo. Hasta ese momento los datos recuperados de los estudios topográficos, geológicos, fotográficos y magnéticos nos indicaban una geología volcánica muy compleja en la parte norte de la Ciudad de Teotihuacan.

2.3. Metodología aplicada en el trabajo de campo

2.3.1. Reconocimientos del terreno

Con el apoyo del mapa de topográfico obtenido por fotorrestitución (Teotihuacan Mapping Project, Millon 1973) y con el auxilio de fotografías aéreas tomadas a baja altura (CETENAL 1970), se realizó la primera aproximación al problema. Se identificaron con claridad las zonas en donde el terreno presentaba un hueco o depresión. Se apreció, que la mayoría de estas depresiones se encontraban en el sector noroeste de la ciudad y que algunas de ellas seguían un patrón lineal. Este alineamiento ya se había notado años atrás y se había propuesto una interpretación (Barba *et al.* 1990). Los elementos manejados entonces se han enriquecido y la interpretación se ha modificado. En colaboración con Linda Manzanilla se recorrieron sistemáticamente todas las depresiones y se hizo un registro de las cuevas encontradas en sus paredes. Este registro incluyó su localización en el mapa y el rumbo que mostraba el túnel desde su acceso. Adicionalmente se inició un registro de los materiales presentes en las paredes de las depresiones (figura 2.1). En esta figura pueden apreciarse los trazos de 3 cortes topográficos que se despliegan en la figura 2.2. En ellos pueden observarse algunos detalles de interés. En el corte C-C' se aprecia una pendiente constante sin alteraciones que va desde la zona de Oztoyahualco a la parte norte de la Pirámide de la Luna. Debajo se encuentra el corte B-B', nuevamente desde Oztoyahualco a la Pirámide del Sol y aquí ya se aprecian modificaciones al terreno como las depresiones, la nivelación del terreno en las cercanías de la pirámide y se tiene una medición de 2.3% de pendiente cerca de la depresión 5. En el corte A-A' se nota con claridad el escalón topográfico al sur de la depresión 2 y una elevación del terreno a los lados de la Calle de los Muertos que sugiere la presencia de rellenos y subestructuras.

Con la colaboración de Gerardo Gutierrez se capturaron los datos para construir el modelo digital de elevación del la parte del Valle de Teotihuacan ocupada por el antiguo asentamiento urbano de Teotihuacan. La información se obtuvo del mapa topográfico publicado por Millon (1973). Se seleccionó un gran cuadro que va de la pagina 6 hasta la página 79 o lo que es lo mismo del cuadro N6W4 al cuadro N1E4 en diagonal. Los valores de altura se capturaron usando una tableta digitalizadora siguiendo cotas cada 5 metros. Al punto cero del mapa de Millon se le asignó el valor 10 000, 10 000 para dar valor a las coordenadas del mapa digital (figura 2.2).

Se apreció el alineamiento este-oeste de los grandes bloques basálticos en la parte central de las depresiones alargadas, que complementan el alineamiento mencionado de las depresiones más pequeñas. Algunas de las depresiones presentaron formas anulares alrededor de un macizo de basalto. Durante el reconocimiento sobre el camino que parte del cuartel de San Juan Teotihuacan hacia el norte, se percibió un

cambio muy notorio de las características de la superficie. Desde la salida de San Juan se pueden ver afloramientos de toba amarillenta a lo largo de todo el camino, con una pendiente que buza hacia el este. Pasando la barranca Cosotlan se inicia una subida en donde cambia la pendiente del terreno que ahora baja hacia el sur. En este punto también cambia el color del suelo y se torna rojizo, a consecuencia de la gran concentración de pequeños fragmentos de escoria volcánica. En este lugar también se inicia la depresión 2. En sus paredes puede apreciarse que en la pared norte se encuentran principalmente tobas mientras que en la parte sur predominan las escorias. Esta depresión forma un interesante conjunto con las depresiones 1, 2.1 y 3. La depresión 3 tiene al oeste, el acceso a una gran cámara lateral con gran cantidad de escoria roja, de tamaño uniforme y pequeño. Esto sugiere que los puntos de emisión se encuentran alineados y formaron un montículo alargado que funcionó como la barrera que desvió un flujo posterior. A diferencia del grupo de depresiones 9 y 11 que fueron rebasadas por este flujo, la depresión 2 por encontrarse en la orilla de la corriente, pudo desviar el flujo y permitir el afloramiento del tezontle en su ladera sur (figura 2.10).

En la depresión 11.1 se apreció un fenómeno interesante que puede ayudar a comprender un grupo de depresiones con características semejantes. Se trata de una depresión semicircular en cuyo centro se encuentra un espacio elevado con afloramientos de basalto en su superficie, debajo de ellos se encuentra una gran caverna. Lo extraño de este caso es que en su interior se aprecian grandes bloques de basalto que han sido desprendidos del techo y fragmentados. Esto resultaba contradictorio ya que en este trabajo se plantea que la tecnología teotihuacana no podía aprovechar los bloques de basalto, dada su densidad y dureza. Afortunadamente se encontraron perforaciones cilíndricas de una pulgada en varios de los bloques, lo que es evidencia del uso de tecnología moderna para el desprendimiento de ellos. A juzgar por los resultados magnéticos obtenidos sobre el Restaurante de La Gruta y por sus dimensiones sería posible que estas dos cavidades representaran los lugares de extracción de material basáltico en tiempos relativamente recientes, digamos finales del siglo pasado.

En la depresión 11.1 ocurre lo mismo que en las depresiones 4 y 5, donde se tienen espacios semicirculares vaciados rodeando afloramientos de basalto centrales; ésta es la evidencia de una emisión de magma que produjo un anillo concéntrico de escoria que ya fue removido y aprovechado. En estos tres casos tratamos con puntos de emisión que forman parte de un fracturamiento mayor y que pueden considerarse lugares de emisión aislados entre sí que contrastan con las depresiones alargadas 2, 9, 11 y 11.2 en donde la emisión de magma parece haber sido a lo largo de una grieta.

Las 17 depresiones encontradas en los alrededores de Teotihuacan pueden agruparse en 4 grandes grupos. El primer grupo lo forman las depresiones 1, 2, 2.1, y 3 como parte una posible grieta de emisión. Asociados a ellas se encuentran dos Plazas con Tres Templos y toda la zona de unidades habitacionales de Oztoyahualco. Las depresiones 4, 5, 6 y 7 forman otro grupo con tres centros de emisión independientes. Las depresiones 8, 9 y 10 forman otro conjunto con una fractura de emisión en el

centro de la depresión mayor (9). Finalmente se tiene el grupo de las depresiones al este de la Calle de los Muertos. Lo constituyen las depresiones 11, 11.1, 11.2, 11.3 y 11.4 que realmente debieron formar una sola depresión, pero que ahora aparecen separadas. Es necesario aclarar que la depresión 11.3 ya no puede estudiarse, pues ha sido rellenada. En estas depresiones debe notarse su marcada orientación este-oeste. En el centro de la depresión 11, precisamente en el lugar que ocupa el escenario del teatro construido en este lugar, se tienen los grandes bloques de basalto que nuevamente señalan el mayor centro de emisión. A diferencia de las depresiones del noroeste, que estaban asociadas a Plazas de Tres Templos, en los grupos de las depresiones 9 y 11 se tiene asociación con estructuras piramidales sencillas.

2.3.1.1. Estudios Paleomagnéticos

Con el fin de probar la hipótesis de que los bloques de basalto encontrados en el centro de las depresiones fueran restos de los centros de emisión, se practicaron perforaciones de 2.5 cm de diámetro en uno de los afloramientos dentro de la depresión número 9. Se tomaron 8 muestras por cada bloque estudiado. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica a cargo de J. Urrutia y se determinaron sus parámetros magnéticos. Para determinar el emplazamiento y la dirección de flujo durante el enfriamiento de la roca se tomaron las muestras de la parte superior del afloramiento de basalto que pudo haber sido un cuello volcánico.

Se realizaron las siguientes mediciones:

- susceptibilidad a baja y alta frecuencia
- intensidad y dirección del magnetismo remanente natural (NRM)
- estabilidad y composición vectorial del NRM
- desmagnetización por campos magnéticos alternos
- fabrica magnética (anisotropía de susceptibilidad)
- adquisición de magnetización isothermal para la identificación de minerales magnéticos.

Las mediciones de anisotropía se realizaron con el equipo *Miniscp* conectado a una computadora personal. Estas mediciones se hacen con campo magnético bajo y baja frecuencia. Este análisis usa las direcciones principales y las magnitudes de susceptibilidad magnética en el tensor. La representación geométrica tiene forma de elipsoide donde $k_1 > k_2 > k_3$. Esto define una lineación magnética (en el plano de k_1) y un plano de foliación (plano de k_2 y k_3).

El grado de anisotropía se determina como $k_1/k_3 = A$
la lineación como $k_1/k_2 = L$
la foliación $k_2/k_3 = F$
(apéndice 2.1)

Los resultados indican que las direcciones de K_1 son casi verticales. La fábrica es inversa y K_1 podría marcar la dirección del flujo (o bien los estados de esfuerzos

durante el enfriamiento). Esto sería lo esperado en el sentido de flujo de un conducto volcánico o un dique vertical en la parte central de un aparato volcánico. En consecuencia los datos indican que más que un cuello se trata de la porción somera de un conducto volcánico dentro de un cono. También se aprecia que el cono era de dimensiones reducidas (figura 2.3).

Hay que hacer notar que la fábrica normal se tiene en el flujo de lava horizontal en donde K3 sería vertical y K1 o K2 paralelos a la dirección del flujo, lo que indicaría la existencia de un derrame lávico. En consecuencia la hipótesis planteada tiene un elemento más de apoyo. Sin embargo, resultados de las pruebas antes mencionadas presentan anomalías. La anisotropía de susceptibilidad magnética tiene una fábrica dispersa y la dirección de magnetización remanente muestra valores muy altos. Esto puede indicar que los minerales de la roca han sufrido una alteración posterior. Aunque la gráfica de desmagnetización por campos alternos muestra la magnetización de un solo componente estable y se ha determinado que el mineral predominante en las rocas estudiadas es de la serie titanomagnetitas - magnetitas, lo que corresponde a lo esperado en estos basaltos, en opinión de J. Urrutia se requieren de estudio más amplios que despejen dudas planteadas por la inconsistencia de los resultados. En resumen, si hay evidencias de un flujo vertical, pero es necesario probar que estos resultados no están reflejando una alteración posterior a la emisión.

2.3.2. Estudio magnético regional

El estudio de las variaciones del campo magnético en el terreno se planteó como una forma de complementar las observaciones de campo ya que las áreas entre las depresiones no tenían otra forma de estudiarse. Por otro lado, las anomalías magnéticas ya habían sido capaces de detectar algunas cavidades y con su ayuda también sería posible localizar diferencias en las propiedades de los materiales geológicos. Las lecturas se tomaron durante varias temporadas de trabajo realizadas por Luis Barba y Linda Manzanilla en 1989. Se utilizó un magnetómetro Varian de vapor de cesio para campo total con el cual se recorrieron las veredas alrededor de la zona donde se agrupan las depresiones, en el cuadrante noroeste de la ciudad de Teotihuacan.

En la mayoría de las líneas las lecturas se hicieron cada 2 m y los recorridos se registraron sobre los mapas topográficos publicados por Millon (1973). El número de puntos registrados fue de cerca de 10,000, mientras que el número de líneas trazadas sobre el mapa fue de 65. Se utilizó un programa (Microsoft Excel v.4.0) para graficar estos datos dentro de una hoja de cálculo y se ajustó la escala de la impresión a la del mapa utilizado (apéndice 2.2). De esta manera se logró dibujar cada una de las líneas magnéticas sobre el trazo del camino recorrido. Esta representación permite observar la forma de la anomalía magnética en el sitio en que fue obtenido el dato y asociarlo a las informaciones obtenidas en el recorrido.

Los resultados vertidos en los mapas indican diferencias notables en las características magnéticas del terreno. De inmediato se aprecia que aunque las

depressiones se encuentran alineadas, entre ellas no hay continuidad de las características del terreno. Esto es, si se tratara de diques basálticos, la respuesta magnética esperada sería continua, pero en este caso los resultados indican que se tienen fenómenos más o menos independientes y concentrados. También se apreció que en las zonas en donde hay afloramientos de basalto aumentan también los valores de las lecturas magnéticas. (véase figura 2.4)

2.3.2.1 Interpretación de líneas magnéticas

Para realizar esta etapa de interpretación de los datos magnéticos, se determinaron los valores máximos y mínimos de las lecturas en todas las líneas y se estableció una sola escala para todas las gráficas. Con esto se pudieron comparar entre sí, lo que destacó las zonas en donde el basalto con alta susceptibilidad magnética se concentraba. En contraste, las líneas con pocas alteraciones se interpretaron como áreas con predominio de toba. Evidentemente entre estos dos extremos se encuentran extensas áreas con mezclas de toba y tezontle que se manifiestan como variaciones magnéticas constantes, pero de poca amplitud (figura 2.5).

2.3.2.1.1 Sección Pirámide de la Luna

Las líneas magnéticas alrededor de las depresiones 4 y 5 casi no muestran variaciones y confirman que se trata de una zona con puntos concentrados de emisión que formaron zonas independientes, como se había mencionado en la interpretación de la forma de las depresiones. Esta zona de bajos valores representa tobas que sólo se interrumpen por la pequeña anomalía cercana a la depresión 6, donde se tienen concentraciones de basalto que sugieren otra zona de emisión de magma. Este parece ser el último punto de emisión de basalto en la fractura que proviene de Oztoyahualco. A partir de la depresión 9.1 hasta la Plaza de Tres Templos al este de la Pirámide de la Luna los datos magnéticos sugieren una zona de tobas y escorias sin afloramientos de basalto.

2.3.2.1.2 Sección Oztoyahualco

La línea Q coincide en sus anomalías con la línea N y ambas con la presencia de la depresión 1. Las variaciones en las líneas P, N y M, pero principalmente la Q, muestran una trayectoria que sugiere la existencia de basalto emitido a lo largo de una fractura.

Parece ser que la depresión 1 pudo ser de exploración para buscar la trayectoria de escorias producidas por esta zona de emisión, y al no tener el rendimiento necesario, no continuaron con su explotación. Cuando se visitó la cueva en la esquina noreste de esta depresión, se apreció que el tezontle se encuentra muy mezclado con la toba, lo que indica cierta distancia del centro de emisión. La depresión 2 es poco profunda y alargada. Es el único punto en donde se encontró aflorando el tezontle. La importancia de este afloramiento se discutirá en la parte de que trata el tezontle como material de construcción. Las cuevas al oeste de la depresión 3 tienen gran cantidad de tezontle rojo fragmentado.

2.3.2.1.3 Sección Depresión 9

La línea R tiene en su extremo este una variación importante, que debe tener relación con el afloramiento cercano de basalto. La línea S es la que tiene las máximas anomalías. Pasa encima de un afloramiento de basalto. En esta zona, la depresión 7 representa la explotación de la mitad oeste de este lugar de emisión. La zona de emisión más importante corresponde a la depresión 9, complementada con la depresión 7. En el espacio comprendido entre las depresiones 7,8,9 y 10 se ha explorado una extensa zona de túneles con largos recorridos subterráneos. Esto indica que aquí se tiene una gran acumulación de tezontle que se encuentra en medio de dos de los centros de emisión más importantes. En esta zona los valores magnéticos presentan variaciones constantes de poca amplitud, lo que habla de una capa de escoria subterránea con alta susceptibilidad pero con fragmentos con direcciones aleatorias que no modifican sustancialmente el campo magnético total (líneas T, U, y sur de S).

2.3.2.1.4 Sección Pirámide del Sol

La línea V parece mostrar subestructuras o límites de plataformas de la zona de la Plaza de las Columnas. La línea W estrechamente relacionada con la anterior tiene anomalías semejantes que no parecen ser bloques de basalto, aunque representan un cambio importante en el tipo de material involucrado. La zona alrededor de la Pirámide del Sol presenta cambios importantes que sugieren una gran variabilidad en las propiedades magnéticas del terreno. Se tienen las anomalías mayores justo en el centro de la base de la pirámide y esto sugiere la presencia de centros de emisión de magma que van desde la depresión 9 a la depresión 11, pasando por debajo de la Pirámide del Sol. Chávez *et al.* (1994) confirma la presencia de un bloque mayor de basalto colocado al frente de la plataforma adosada que fue interpretado con gran detalle usando varios métodos. De la misma forma los estudios geofísicos detallados realizados en la parte este de esta pirámide mostraron la presencia de pequeñas zonas de emisión aisladas y alineadas formando el puente de unión con las depresiones del grupo este (11 a 11.4).

2.3.3 Estudios eléctricos de la sección Pirámide de la Luna

La mayor parte de los estudios eléctricos se realizaron para confirmar las anomalías magnéticas que sugerían la presencia de cavidades; sin embargo, hubo estudios eléctricos que proporcionaron información sobre las capas más profundas en las cercanías de la Pirámide de la Luna. Los estudios superficiales, destinados a la localización de cavidades, permitieron producir mapas eléctricos y magnéticos que sirvieron como base para estudios posteriores (Arzate *et al.* 1990 y Barba *et al.* 1990). Para la realización de los estudios eléctricos profundos, se contrató a la compañía Investigaciones Geofísicas de México. Los estudios eléctricos consistieron en la realización de cinco líneas en forma de calicatas, dos líneas de corte polo-dipolo y trece sondeos eléctricos verticales alineados de forma que produjeran tres líneas próximas a la base de la Pirámide de la Luna (figura 2.6).

2.3.3.1 Interpretación

Pseudosección 1

Con los sondeos eléctricos verticales números 1 al 4, que utilizaron el arreglo Schlumberger, se formó la sección 1, atendiendo a las diferencias en resistividad eléctrica, se identificaron tres capas.

Capa A. Valores menores de 500 ohm-m. Se encuentra constituida principalmente por materiales de relleno como el suelo (50 cm) y la toba (2 m).

Capa B. Con valores entre 34 y 64 ohm-m. Constituida por el aglomerado de toba y tezontle. Su espesor es de 2 a 10 m.

Capa C. Muestra valores de 400 a 1900 ohm-m y un espesor entre 10 y 20 m. Está formada por basaltos. Se localizaron diques inclinados a la altura del límite norte de la base de la Pirámide de la Luna (figura 2.7).

Pseudosección 2

Formada por los sondeos eléctricos verticales 5 al 8. Esta línea es paralela a la anterior y se encuentran separadas alrededor de 50 m. Las capas detectadas son muy semejantes y el dique mencionado vuelve a aparecer en el mismo sitio que en la sección 1.

Pseudosección 3

Esta sección está formada por los sondeos eléctricos verticales (SEV) del 9 al 13. Tiene una dirección perpendicular a las dos anteriores. El SEV 9 forma esquina con la pseudosección 1. La capa A es más delgada que en los casos anteriores y en algunos puntos se pierde. En cambio la capa B, aumenta de espesor y tiene menor resistividad. La capa C tienen menores valores de resistividad y sólo en el SEV 9 se alcanzan 700 ohm-m, lo que coincide con los diques mencionados en las otras secciones. Esto sugiere que el dique no continúa a lo largo de la cara norte de la pirámide.

Calicatas eléctricas

Este tipo de estudio eléctrico se practicó en los lados norte y oeste de la pirámide y se considera más superficial que las pseudosecciones. Sólo en el oeste se apreciaron anomalías directamente asociadas a los restos de estructuras enterradas, lo que habrá que contrastar con la topografía.

Cortes Polo-Dipolo

Se encuentran sobre la misma trayectoria que la pseudosección 1. Esta es otra forma de acomodo de los electrodos que confirma los trabajos anteriores. A simple vista se aprecian 4 inflexiones en las cotas dibujadas. Son pequeñas, pero pueden ser interpretables si se relacionan con otras líneas eléctricas practicadas en la misma zona y con los datos magnéticos levantados en el área (Arzate *et al.* 1990).

2.3.4. Perforación de núcleos

En los lugares en donde se obtuvieron anomalías que en su momento fueron

interpretadas como cavidades subterráneas, se practicaron perforaciones de verificación. Estas perforaciones se hicieron en colaboración con Linda Manzanilla como parte de los trabajos del Proyecto Túneles y Cuevas. Para las perforaciones practicadas en Teotihuacan se utilizó una nucleadora Black and Decker Trico, con broca de diámetro interior de 7 cm y exterior de 8.7 cm. El equipo completo consta de un generador de corriente eléctrica, una bomba para agua de 1/4 de caballo y mangueras. Puede perforar hasta 10 metros uniendo tramos roscados de 45 cm. Las barrenas tiene filos de polvo de diamante. Siendo hueca recupera en su interior el material perforado, sobre todo cuando se atraviesan materiales consolidados. En algunas ocasiones el núcleo recuperado tuvo 6 metros de longitud. La representación gráfica del material obtenido en forma de columnas respeta su altura topográfica en el terreno y muestra las capas perforadas en cada caso, lo que permite complementar la información obtenida por otros medios (figura 2.8).

2.3.4.1 Interpretación de los resultados de la perforación

2.3.4.1.1 Sección Pirámide de la Luna

Perforación A. Se tiene un metro de suelo mezclado con piedra de derrumbe, debajo del cual se presentan tobas bandeadas en forma diagonal y con capas arenosas (figura 2.9).

Perforación B. En esta perforación se puede apreciar un fuerte desnivel de más de 2 m rellenado con sedimentos, esto podría interpretarse como un depósito excavado, pues en la superficie actual se percibe como una ligera depresión. Pero más interesante es la presencia a 4 m de cantos rodados. Los fragmentos pequeños de cerámica y obsidiana que se encontraron a esta profundidad pudieron desprenderse desde la capa superior de sedimentos. Los cantos rodados pueden ser consecuencia de la fricción generada en el contacto entre el paleosuelo y el flujo de lodo que formó la toba. A 6 m se tienen indicios de un flujo de basalto que suponemos tocamos en su parte superior por la existencia de vesículas en el fragmento recuperado. Este flujo podría ser parte de los afloramientos que se aprecian 500 m al norte en el arroyo Piedras Negras y que provienen de los derrames del estrato-volcán Cerro Gordo. También se relaciona con la interpretación eléctrica que localiza un dique inclinado entre los sondeos eléctricos verticales SEV3 - 4 y SEV 5-6.

Perforación C. Muestra la presencia de tobas bandeadas como en la perforación A y de los guijarros o cantos rodados como en la B.

2.3.4.1.2 Sección de la Depresión 9.1

Las perforaciones D y E se realizaron sobre el relleno del camino al norte de la depresión 9.1, para verificar fuertes anomalías magnéticas. Como consecuencia se presenta más de un metro de piedras de relleno en el núcleo recuperado. Debajo de él se encontraron los sedimentos arcillosos propios del fondo de esta depresión depositados sobre basaltos que parecen relacionados con la depresión 6.

De la perforación H se puede deducir que en esta depresión no quedan restos de techo derrumbado, debieron aprovechar toda la toba como material constructivo, dejando una oquedad en lo que antes fue una zona relativamente plana, quizá para servir como depósito de agua, como Millón señala. Los mínimos magnéticos probablemente están reflejando las propiedades de los materiales debajo de la toba. Esta es una zona en donde la capa de escoria volcánica no se presenta como lo muestran las perforaciones G, H e I.

Llama la atención que en esta zona al norte de la depresión 9.1 se aprecia un espesor somero de toba y que aparecen basaltos en la parte más profunda de las perforaciones. La perforación F se realizó al pie de un montículo, por esto en la parte superior del núcleo se encontró piedra de derrumbe. Por la mezcla de fragmentos de tezontle y basalto cementados con toba, puede tratarse de una zona de contacto entre fragmentos móviles de escorias y el flujo de toba. En las perforaciones realizadas en el fondo de la depresión fue constante la presencia de cuando menos un metro de espesor de sedimentos arcillosos, debajo de los cuales se presentan más de dos metros de tobas bien consolidadas. Este contraste indica que entre estas dos zonas se encuentra el límite de los basaltos y escorias y que ya en el centro de la depresión y hacia el sur sólo tenemos tobas. Como en el lado este de la Pirámide de la Luna, en la perforación H se presentaron cantos rodados semejantes a los encontrados en la perforación B, que pueden representar la capa de contacto entre el paleosuelo y el flujo de toba. Es notable también en los materiales recuperados de esta zona la escasa presencia de tezontle que está reflejando la ausencia de puntos cercanos de emisión de magma.

2.3.4.1.3 Sección Pirámide del Sol

Estas tres perforaciones (J,K,L) se realizaron para verificar la presencia de una anomalía magnética y una eléctrica detectadas durante los estudios geofísicos. Las interpretaciones geofísicas sugirieron la presencia de un bloque de basalto rodeado por material de menor susceptibilidad magnética. Las perforaciones permitieron comprobar que el máximo magnético correspondía a un bloque de basalto (J) mientras que a ambos lados de él se tienen valores magnéticos menores asociados a una acumulación de escoria deleznable. Este modelo fue aplicado a otros casos y facilitó la interpretación de otras anomalías magnéticas.

Otras tres perforaciones (M,N,P) se practicaron para verificar la presencia de una cavidad en las cercanías de adoratorio al este de la plataforma perimetral de la Pirámide del Sol. En estas perforaciones muy próximas entre sí se apreció consistencia en la secuencia de las capas. Principalmente se trata de una capa superficial de suelo seguida por una capa de toba de aproximadamente 2 m de espesor, debajo de la cual se encuentra una capa de transición en la que la toba y el tezontle se mezclan y varían en proporciones y consistencia tendiendo a tener tezontle mayoritario. Al fondo de las perforaciones M y N se localizaron fragmentos de basalto.

2.4. Observaciones

Con la asesoría de especialistas en geología y geomorfología (ver agradecimientos), se lograron aclarar los fenómenos involucrados en la formación geológica de la zona. Como se ha mencionado, en un principio no había explicación satisfactoria para la presencia de bombas volcánicas en las paredes de las cuevas ya que su buen estado de conservación y las grandes dimensiones de algunas de ellas, indicaban que no podían haber sido transportadas, sino que se encontraban muy cerca del lugar de emisión. Se propuso que los restos de los lugares de emisión se encontraban ante nuestros ojos en forma de macizos de basalto y que el resto de la estructura volcánica asociada había sido removida por el trabajo de extracción de tezontle. En las depresiones más extensas, las concentraciones de basalto que permanecen en su centro muestran una tendencia a alargarse y alinearse del este al oeste. Esto nos indicó que en el caso de las depresiones 2, 9 y 11 no se trata de un centro de emisión simple, sino más bien de una fisura de donde erupció la lava. De esta fisura quedan los bloques que formaron parte de los canales de salida. Todo el espacio vacante que ahora forma las depresiones debió haber estado ocupado por la escoria volcánica. En las paredes de las actuales depresiones puede apreciarse la existencia de restos de esta escoria, además de mucha toba volcánica. La toba representa el espacio que ya no formó parte del montículo de escoria y que provino del flujo de lodo que los cubrió (figura 2.10).

No obstante el recubrimiento posterior de toba, algo debió aflorar en la superficie como indicador de la presencia de las escorias, ya que los teotihuacanos las reconocieron y aprovecharon. Es ahora evidente que los teotihuacanos utilizaron preferentemente tres materiales volcánicos presentes en el área: el tezontle, la toba y el basalto. Aunque existen andesitas, su proporción es comparativamente menor. En cuanto a la toba no tuvieron dificultad para encontrarla pues es omnipresente y aflora en muchos puntos. El basalto puede encontrarse en pequeños fragmentos sobre la superficie, pero principalmente aparece formando grandes macizos, prácticamente imposibles de aprovechar. Debe considerarse que muy poco de la escoria que formó los montículos debió aparecer a la vista, y sin embargo éste fue uno de los materiales más explotados para la construcción dado que combina su disponibilidad y una gran resistencia mecánica con una baja densidad, propiedades especialmente útiles en las construcciones masivas de Teotihuacan.

2.5. Interpretación de datos magnéticos

Los estudios magnéticos regionales muestran notables diferencias en el comportamiento del terreno. Esto sin duda refleja la existencia subterránea de los materiales que hemos discutido anteriormente. Ahora sabemos que en la parte noroeste de la ciudad se concentra la mayor parte de las depresiones existentes; sólo unas cuantas pueden verse en el sector este, pero por razones geológicas, estas depresiones no pueden existir en la parte sur de la ciudad. Las variaciones por encima de 3000 gamas están relacionadas con la presencia de afloramientos de basalto. En los alrededores de la depresión 2 se tienen estas grandes variaciones. Lo mismo ocurre en las cercanías de la depresión 5, pero la más evidente de las asociaciones entre altos valores magnéticos y basalto se encuentra en el afloramiento localizado al este de la

depresión 7. Así todo parece indicar que se tienen dos fracturas principales que han producido dos zonas de emisión y que en algunos puntos las líneas magnéticas las han detectado (figura 2.10).

Otro aspecto relacionado es el hecho de que la línea magnética practicada sobre la Calle de los Muertos, enfrente de la Ciudadela, muestra propiedades magnéticas totalmente distintas, lo que implica que en la parte norte de la ciudad, donde se encuentran las depresiones, se tienen variaciones bruscas de las propiedades magnéticas, mientras que en la parte sur, donde no están las depresiones, ni los materiales, se tienen bajas lecturas magnéticas muy homogéneas. A partir de esta información, puede concluirse que el cauce del Río San Juan es una línea que divide un ambiente de rocas volcánicas extrusivas hacia el norte, mientras que al sur se encuentra una capa de tobas homogéneas cubiertas con sedimentos (figura 2.11).

En algunos casos, cuando el medio circundante es más homogéneo, se ha podido apreciar una anomalía magnética de bajos valores que sugiere la presencia de cuevas, pero en otros casos, especialmente en lugares donde se tienen variaciones muy bruscas, ha sido imposible diferenciar la señal producida por las cavidades subterráneas. En conclusión puede afirmarse que después de los estudios realizados, la interpretación de Mooser (1968) presenta las siguientes modificaciones: No se trata de un derrame basáltico sino de un flujo de lodo ardiente. Se tiene evidencia de dos zonas de fracturamiento que atraviesan esta parte del valle. La primera corre desde la zona de Oztoyalco y llega muy cerca de la Pirámide de la Luna. Para extraer el material piroclástico producido (tezontle) los teotihuacanos excavaron las depresiones 1, 2, 2.1, 3, 4, 5 y 6. La segunda zona de fracturamiento se encuentra a la altura de la Pirámide del Sol y va desde la depresión 9 a la depresión 11 e incluye las depresiones 8,9,10, 11, 11.1, 11.2, 11.3, 11.4. El material piroclástico acumulado alrededor de los puntos de emisión fue cubierto por el *lahar*.

Considerando que el único punto en que pudo haber aflorado el tezontle en tiempos teotihuacanos fue el límite sur de la depresión 2, que en esta zona se tiene un desnivel de 20 m y que en la fotografía aérea se aprecia con claridad una desviación del flujo de toba, se propone la presencia de un gran montículo alargado que impidió el paso del flujo. Este montículo terminó en la depresión 3, pero tuvo una continuación en forma de puntos de emisión que formaron pequeños montículos que ahora aparecen como depresiones alineadas. Los datos magnéticos entre ellas no muestran continuidad en propiedades magnéticas. Además, la forma que ha dejado la extracción del material en las depresiones 4 y 5, claramente habla de un anillo de escoria que alguna vez rodeó el centro de emisión.

Por otro lado, la zona de fracturamiento al sur ha dado lugar a las depresiones más extensas, la 9 y la 11. Ambas tienen un claro alargamiento este-oeste. Ambas presentan grandes bloques de basalto residual al centro de los espacios vacíos. Se incluyen en esta zona las depresiones 8 y 10. El caso de la depresión 7 puede considerarse como un punto de emisión aislado entre las dos grandes fracturas. En el espacio entre estas grandes depresiones se encuentra la Pirámide del Sol y su cueva. Nuestras últimas

observaciones permiten proponer que no se trata de una cavidad natural; sino por el contrario, es un túnel excavado en la escoria, como es el caso del resto de las cuevas y túneles estudiados en la región. La diferencia es que se trata de un túnel recto, largo y estrecho y de una cámara sin pilares que, considerando el peso que soporta, parece muy amplia.

En la parte este de la Pirámide del Sol se tiene un terreno sin estructuras registradas en los planos de Millon (mapas 45 y 46). Lo mismo ocurre en el área de los estacionamientos al frente de la pirámide (mapa 44). En estos espacios es probable que se tengan cavidades subterráneas ya que la geología sería favorable para practicar estas excavaciones y los teotihuacanos evitaron colocar estructuras sobre esta superficie. Aún más, el estudio magnético detallado en la parte este de la pirámide, con una malla de 2 x 2 m, ha mostrado, entre otras cosas, que nuevamente no se trata de un dique continuo sino más bien un alineamiento discontinuo en el cual existen puntos de emisión concentrada. El mapa magnético muestra tres puntos alineados, separados entre sí, en donde existe basalto verificado con perforaciones. Este espacio tienen relación con la depresión 11.2 inmediatamente al este (figura 2.12).

2.6. Discusión general de resultados

Los resultados mostrados anteriormente permiten entender la evolución de un área donde la actividad de fisuras y centros de emisión liberó la lava que ahora vemos solidificada como roca basáltica, la erupción produjo bombas volcánicas y escorias que formaron conos y montículos alargados. Por otro lado en eventos previos, se tuvieron coladas de basalto y capas de escoria alternados en la base del Cerro Gordo. Pero todo esto no es ahora aparente porque está cubierto por una capa superficial de toba amarillenta que ha suavizado el relieve y ha disimulado la existencia de estos materiales. Tomó algún tiempo entender esto ya que tuvieron que reunirse muchos elementos aportados por el trabajo de distintas personas (Mooser 1968, Milán *et al.* 1990) pero en este momento puede decirse que se tiene evidencia de que existieron dos fracturas principales que formaron zonas de emisión alargadas.

Los materiales producidos por estos eventos fueron el basalto gris oscuro, denso, que quedó solidificado en los conductos de emisión, el tezontle que formó todos los montículos de escoria asociados a los conductos de emisión. Aquí vale la pena aclarar que no se trata de conos cineríticos, pues no se alcanzaron las dimensiones de un cono pequeño y porque no se trata de material homogéneo dispuesto en capas. Se trata de fracturas en donde el material emitido produjo escorias con muy distintos tamaños, desde bombas de casi dos metros hasta gravas de un centímetro de diámetro. El material encontrado presenta todos sus bordes y aristas sin redondeamiento, lo que garantiza que no ha sido transportado. Finalmente, se encuentra la capa de toba que recubre todo el terreno y es la que forma el piso actual.

El estudio estereoscópico de las fotografías aéreas de esta zona permite apreciar diferencias notables del relieve del terreno en forma de lóbulos. Se tiene la impresión inmediata de que se trata de un flujo que forma frentes semicirculares y que recorrió

un camino por donde no encontró obstáculos. Todo indica que en la zona de Oztoyahualco, en la depresión 2, el montículo alargado formó una barrera y desvió el flujo de toba, mientras que en las depresiones 9 y 11, en donde también se tuvieron montículos alargados, estos fueron rebasados y el flujo se extendió cuando menos hasta el río San Juan. Puede apreciarse que los actuales arroyos corren exactamente en los límites del flujo. En todos los casos, los arroyos debieron haber tenido una trayectoria más recta, pero la presencia del material tobáceo del flujo desvió los cauces. Aunque al sur del río San Juan se tienen tobas, parecen los remanentes del flujo y corresponden a otro contexto geológico. Los datos magnéticos obtenidos sobre la Calle de los Muertos frente a la Ciudadela muestran consistentemente bajos valores, lo que los diferencia del resto de los datos magnéticos al norte del río.

Los datos interpretados hasta el momento indican la presencia de zonas perfectamente definidas de basaltos que se evidencian por variaciones bruscas de los datos magnéticos y en algunas ocasiones, por el afloramiento del material. Las escorias son difíciles de encontrar actualmente ya que ha sido el material extraído, y los vacíos dejados son los únicos que se aprecian. Sin embargo, existen paredes dentro de las depresiones en donde todavía se pueden ver. Las tobas que fueron el material que recubrió a los anteriores, tampoco existen en la zona de las depresiones, pero siguen formando sus paredes y el techo de toda la zona de cuevas.

En relación con la existencia de la cueva debajo de la Pirámide del Sol. Autores como Heyden (1975), Millon (1981) y López Austin (1989) han destacado la sacralidad de este lugar. Todos ellos han partido del supuesto de que se trataba de una cueva natural. En el mismo sentido Millon (1993) menciona que las cuevas son tubos de lava en asociación con escoria volcánica. Que la escoria fue excavada para formar parte del concreto teotihuacano y que la cueva debió ser limpiada para convertirla en el lugar más sagrado.

En este momento no puede sostenerse el origen natural de esta cueva y debe incorporarse a la discusión el hecho de que se trata de una cueva excavada con toda intención, lo que implica que bien pudiera haber sido excavada antes, durante o después de la construcción de la pirámide. Esto pudo ser porque geológicamente existen las condiciones para realizar la excavación en cualquier parte de la base de la pirámide, poseían la tecnología para realizarla y seguramente tenían un objetivo muy claro para excavarla en este lugar.

Uno de los contactos más importantes toba/escoria de cuantos se han conocido hasta el momento es el localizado en el interior de la cámara tetralobulada debajo de la Pirámide del Sol. En una de las visitas efectuadas como parte de los trabajos del proyecto Túneles y Cuevas, se verificó una observación anterior en donde se había apreciado un contacto geológico en esta cámara. Millon (1981: 234) menciona que la cámara tenía techo de "tepetate", lo cual no es correcto, pues sólo la mitad norte de la cámara lo muestra, mientras que la parte sur tiene un techo de escoria volcánica mezclada con toba. Mas aún, se percibe el contacto inclinado que buza hacia el norte. Se trata de un contacto con un ángulo de 20 grados a partir de la horizontal que muestra

nuevamente como la toba de un evento posterior cubre un talud de escoria volcánica. Esta evidencia apoya la interpretación de que el túnel debajo de la Pirámide del Sol no es una cueva natural, sino que se trata de una excavación intencional en dos materiales distintos. Con la información acumulada hasta el momento, se puede asegurar que no existe ningún proceso de formación natural que pueda explicar la presencia de una cavidad en este lugar, y en cambio, sí existe una gran semejanza con las técnicas de excavación encontradas en el resto de las cuevas de la zona. Otro detalle importante es que normalmente todas las demás cuevas son excavadas en tezontle, pero la cámara de esta intruye la capa de toba, lo que la distingue. Esto no resta sacralidad a la cueva, pero si le quita el carácter natural.

La ubicación de la ciudad puede obedecer a muchos factores, pero sin duda, uno de ellos es la disponibilidad de los materiales de construcción. En el valle existen otros lugares en donde se puede encontrar el mismo tipo de tezontle, por ejemplo, Oztoticpac, pero éste es el único en que al norte se encuentra el Cerro Gordo. Ningún otro lugar dentro del valle y con la misma disponibilidad de material puede tener un cerro de estas dimensiones al norte, lo que debe considerarse en relación al culto a los cerros.

LISTA DE FIGURAS CAPITULO 2

2.1 Mapa de localización de depresiones

2.2 Cortes topográficos

2.3 Modelo digital de elevación de terreno

2.4 Gráfica de direcciones principales de susceptibilidad

2.5 Gráfica de la línea magnética S

2.6 Mapa de localización de líneas magnéticas

2.7 Mapa de localización de estudios de resistencia eléctrica

2.8 Gráficas de sondeos eléctricos verticales

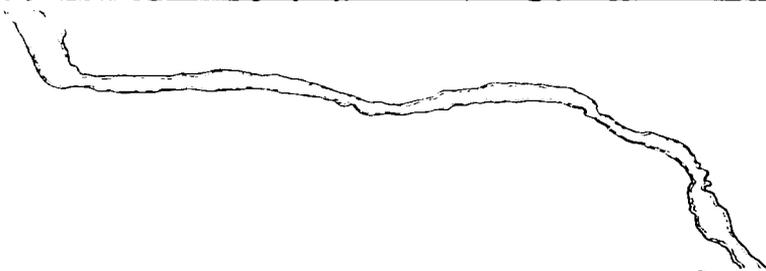
2.9 Mapas de localización de perforaciones

2.10 Perfiles de las perforaciones

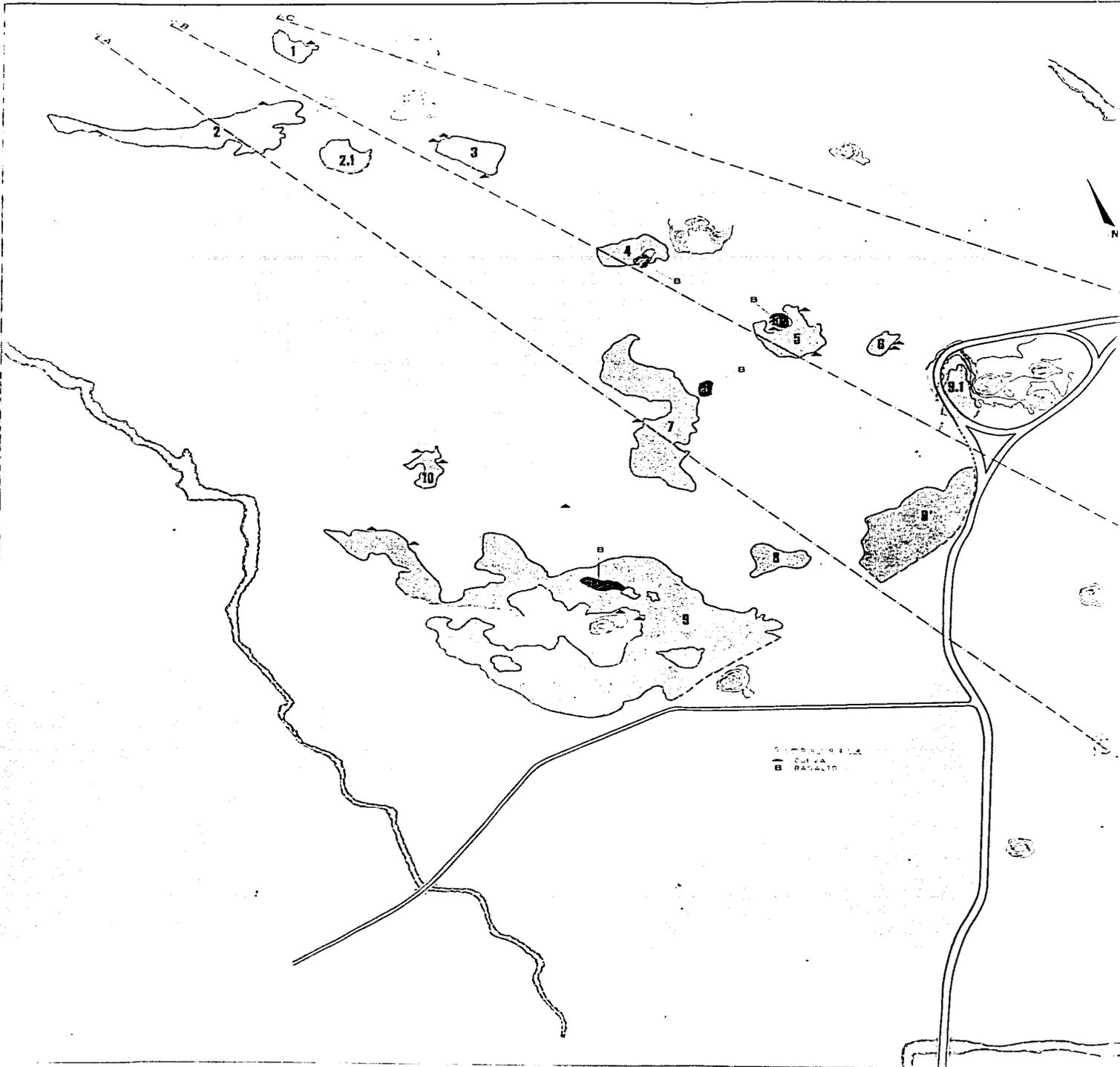
2.11 Mapa de interpretación de eventos volcánicos

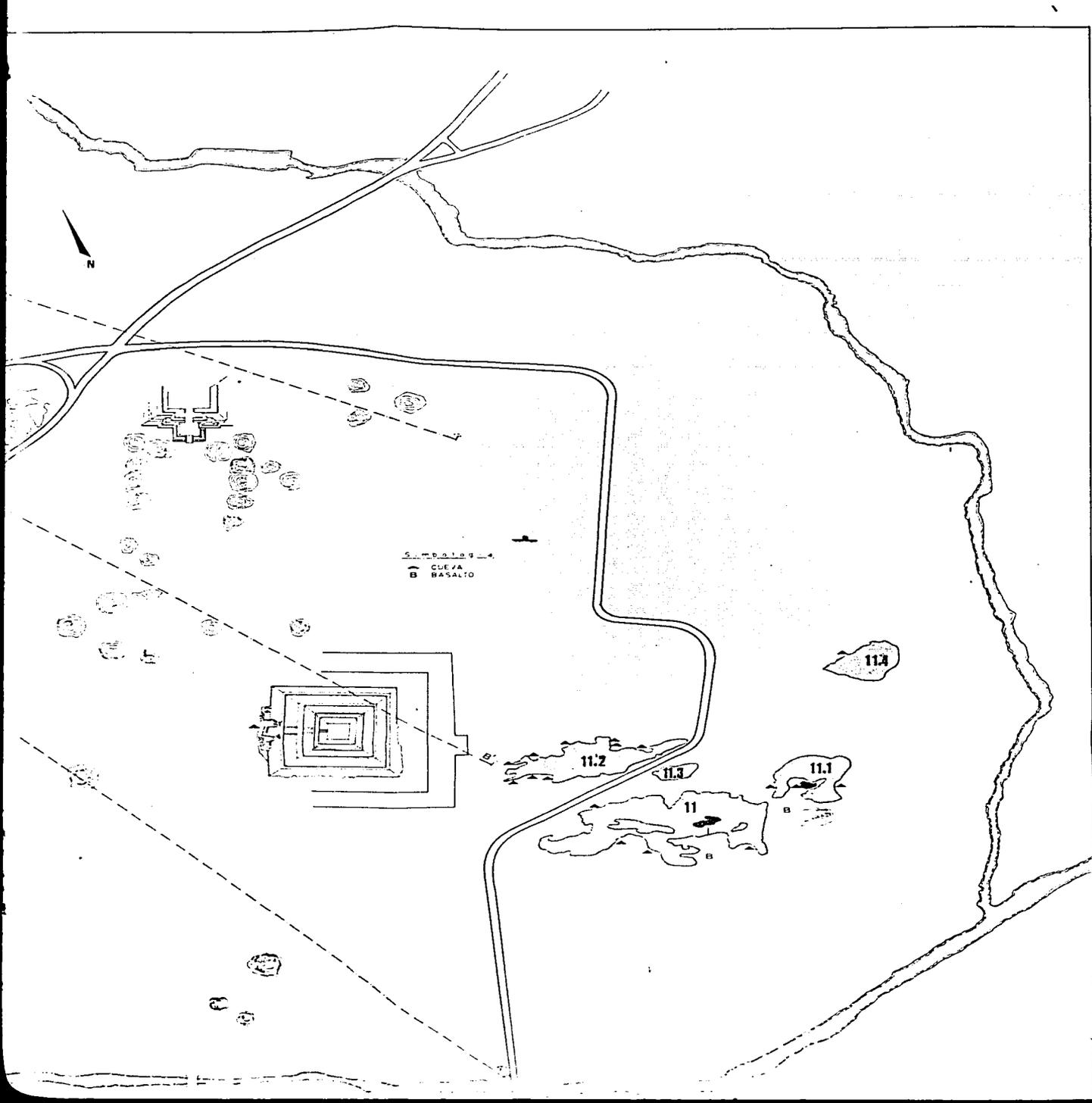
2.12 Línea magnética al frente de la Ciudadela

2.13 Retícula magnética al este de la Pirámide del Sol

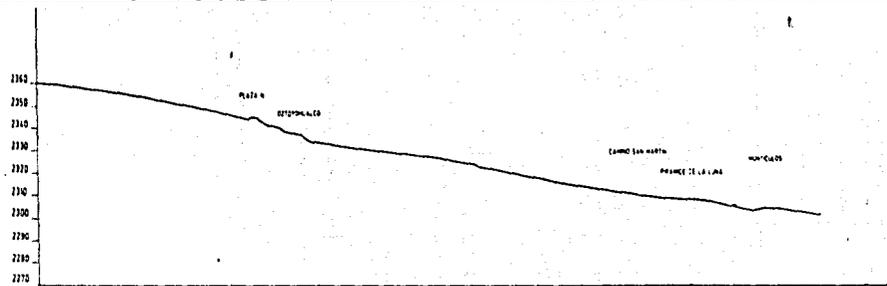


2.1 Mapa de localización de depresiones. Las zonas sombreadas señalan las áreas deprimidas. Las líneas de corte señalan la ubicación de los cortes topográficos de la figura 2.2. Los triángulos muestran las bocas de cuevas y las manchas oscuras señaladas con "B" representan los afloramientos de basalto.

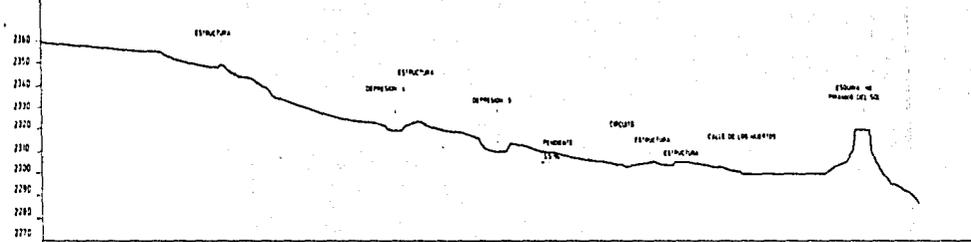




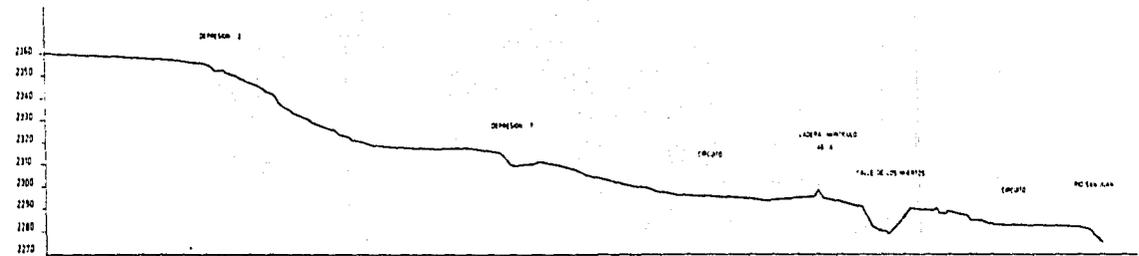
2.2 Cortes topográficos. El corte C-C' muestra una pendiente suave y constante desde Ozttoyahualco hasta el norte de la Pirámide de la Luna. En contraste el corte A-A' muestra el desnivel topográfico cerca de la depresión 2 y los rellenos cerca de la Calle de los Muertos.



CORTE C-C'



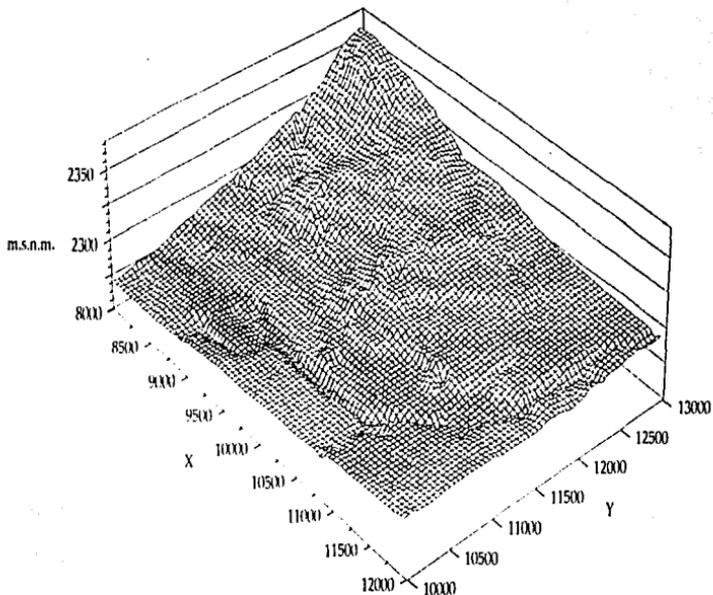
CORTE B-B'



CORTE A-A'

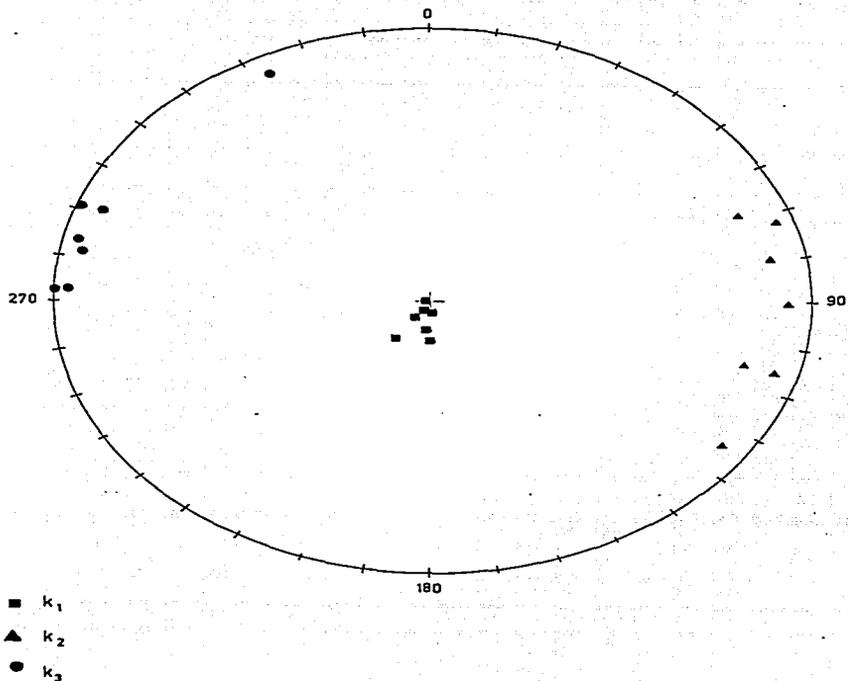
CORTES TOPOGRAFICOS

MODELO DIGITAL DE ELEVACION



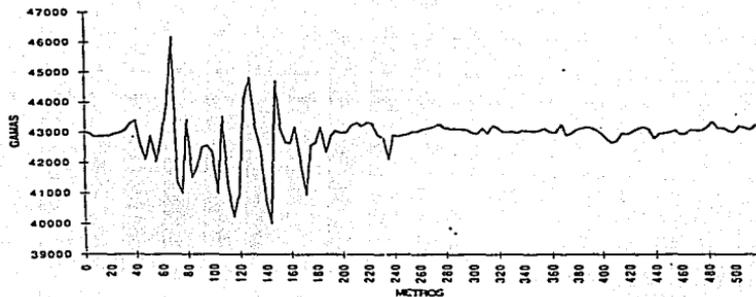
2.3 Modelo digital de elevación de terreno. Esta representación se formó con los datos digitizados del mapa topográfico obtenidos cada 5 m. El punto 10,000-10,000 corresponde al NO-EO de la retícula de Millon (1973).

Direcciones principales de susceptibilidad magnética.

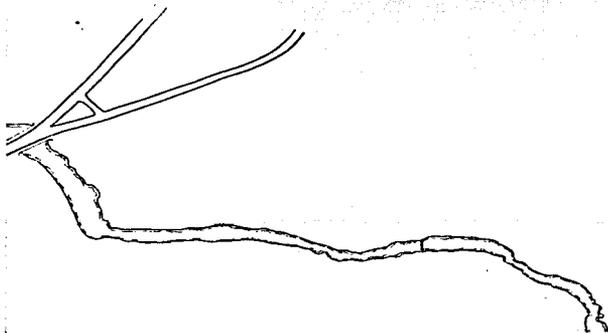


2.4 Gráfica de direcciones principales de susceptibilidad. La presencia de los valores de k_1 al centro de la gráfica indica la dirección de flujo vertical.

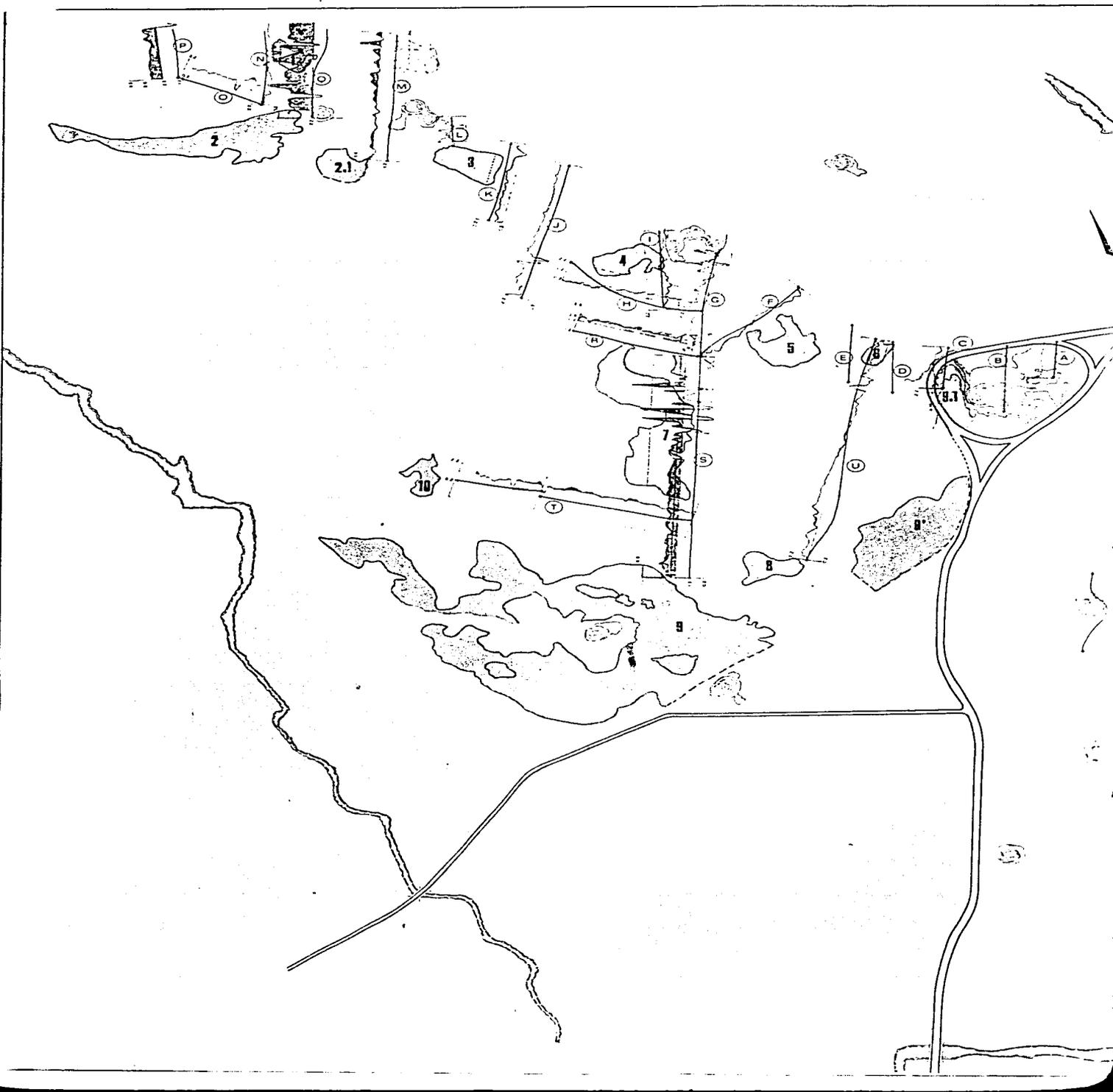
PERFIL MAGNETICO S

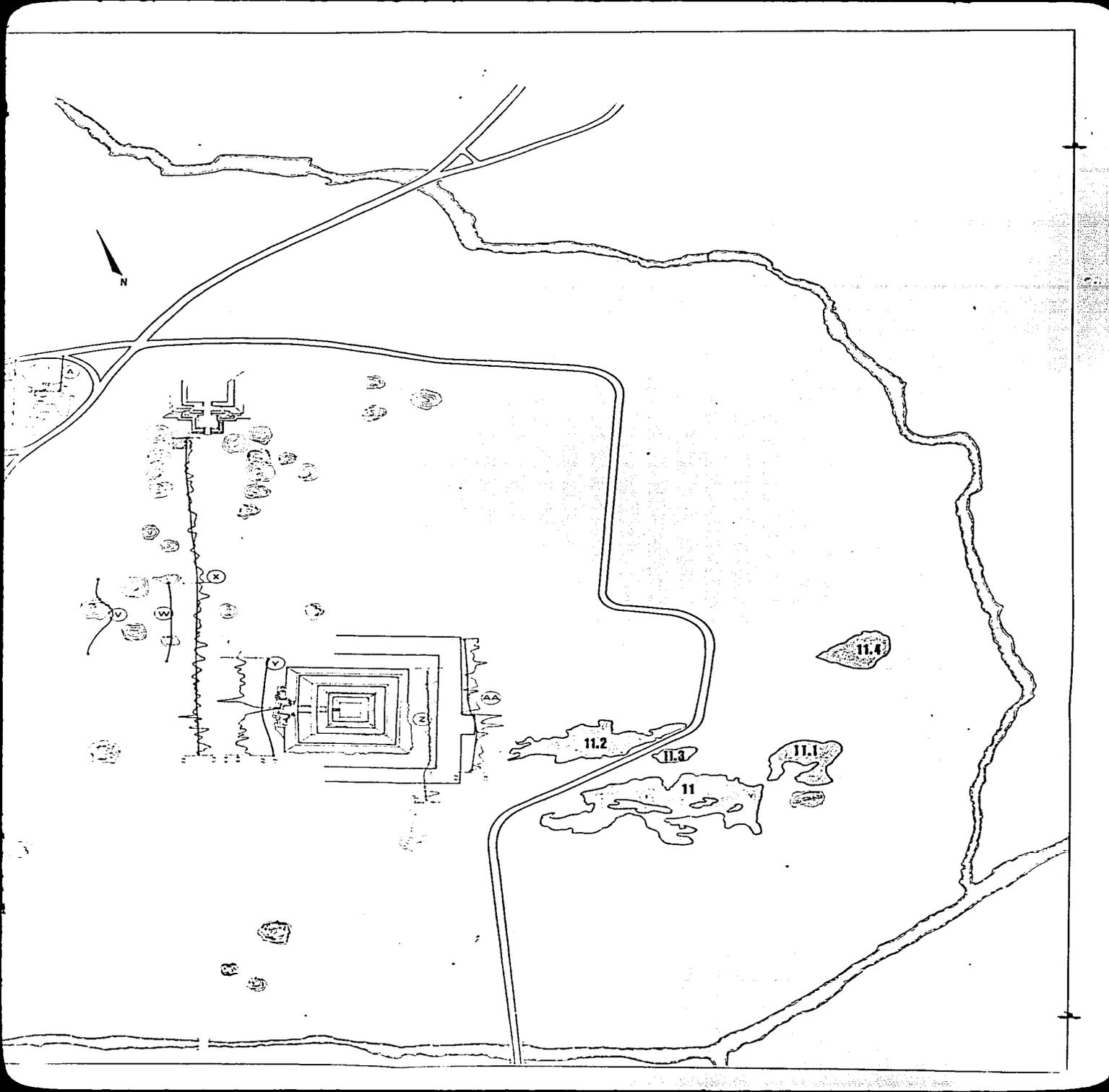


2.5 Gráfica de la línea magnética S. En esta gráfica pueden apreciarse las grandes variaciones en la intensidad de campo magnético ocasionadas por la presencia del basalto entre 60 y 160 m que contrastan con un sustrato más homogéneo de escoria y toba entre 200 y 500 m.



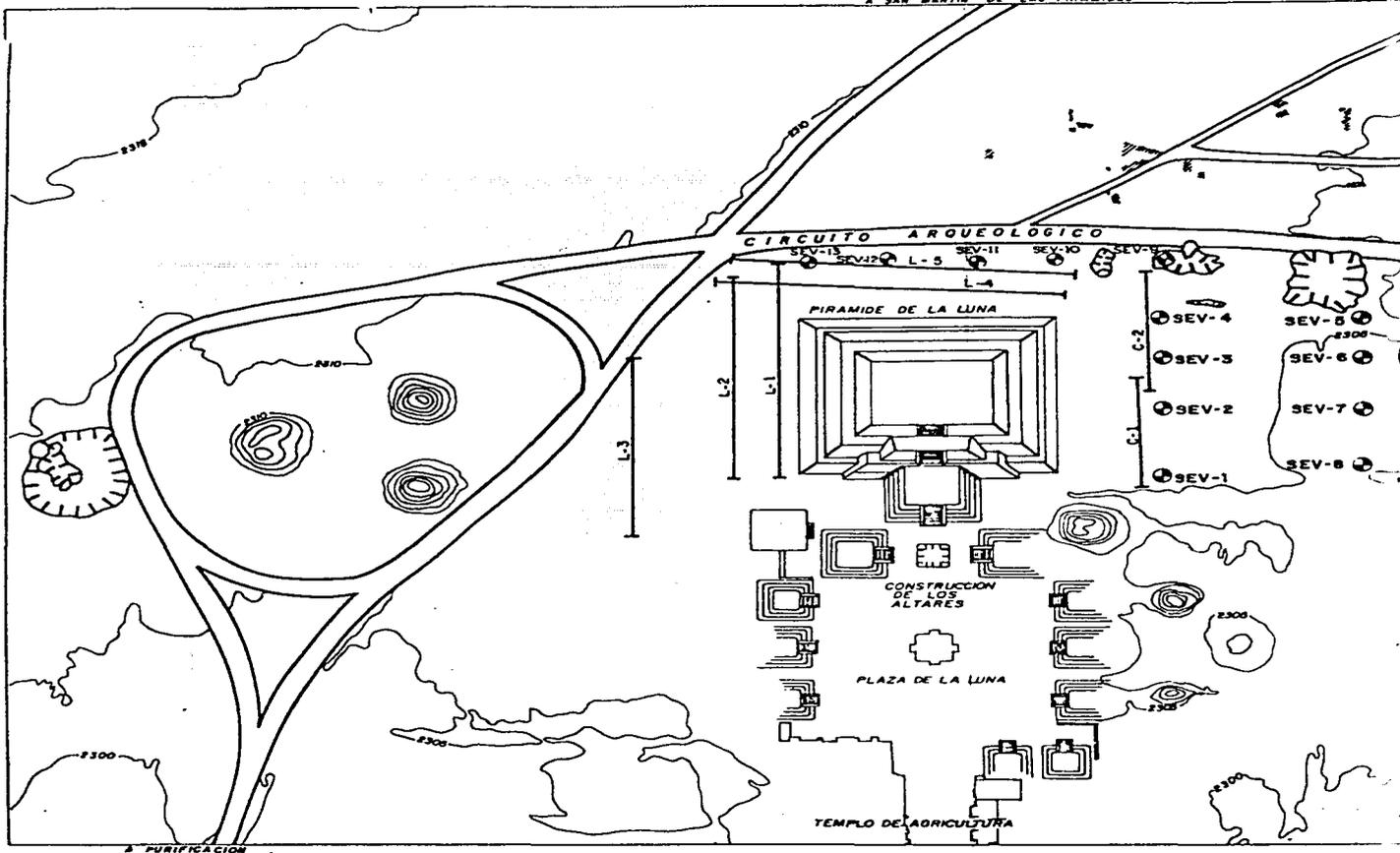
2.6 Mapa de localización de líneas magnéticas. Las líneas magnéticas del apéndice 2.2 se ubicaron en los lugares de adquisición de la información. Estas líneas siguen los caminos y veredas en la parte noroeste del actual sitio arqueológico. Puede apreciarse también la relación espacial entre las estructuras principales representadas y las depresiones.





A SAN MARTIN DE LAS PIRAMIDES

A SAN MA



A PURIFICACION

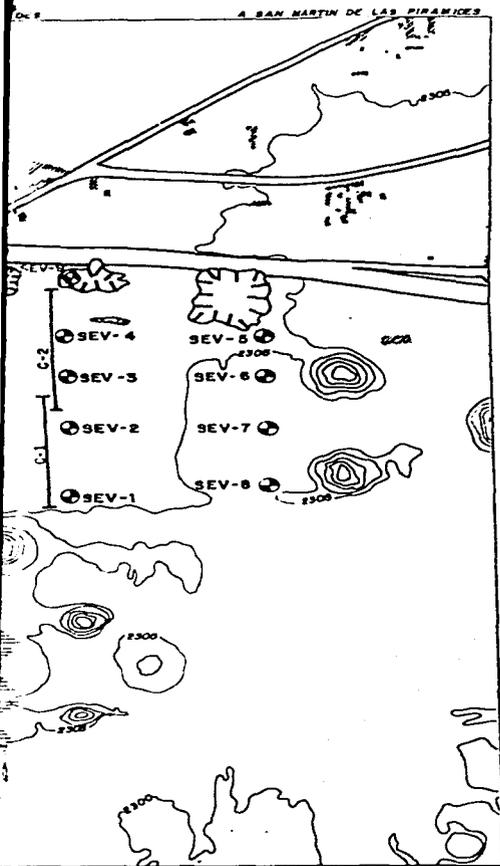
TEMPLO DE AGRICULTURA

PLAZA DE LA LUNA

CONSTRUCCION DE LOS ALTARES

PIRAMIDE DE LA LUNA

CIRCUITO ARQUEOLOGICO



— S I M B O L O G I A —

CONSTRUCCION ACTUAL	_____	
TEMPLO	_____	
ESTRUCTURA EXCAVADA	_____	
MONTICULO	_____	
DEPRESION	_____	
CURVA DE NIVEL	_____	
CARRETERA	_____	
CAMINO	_____	
SONDEO ELECTRICO VERTICAL	_____	
CALICATAS	_____	L - 3
CORTE POLO DIPOLO	_____	C - 2

2.7 Mapas de localización de estudios de resistencia eléctrica. En este mapa se muestran los puntos estudiados con Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) al este de la Pirámide de la Luna que se representan en forma detallada en la figura 2.8.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLOGICAS
U N A M

ESTUDIO GEOLOGICO - GEOFISICO PARA LA DETECCION DE CAVERNAS EN LA ZONA ARQUEOLOGICA DE TEOTIHUACAN, ESTADO DE MEXICO.

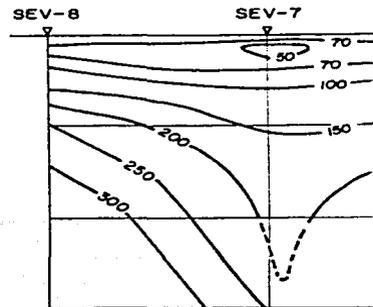
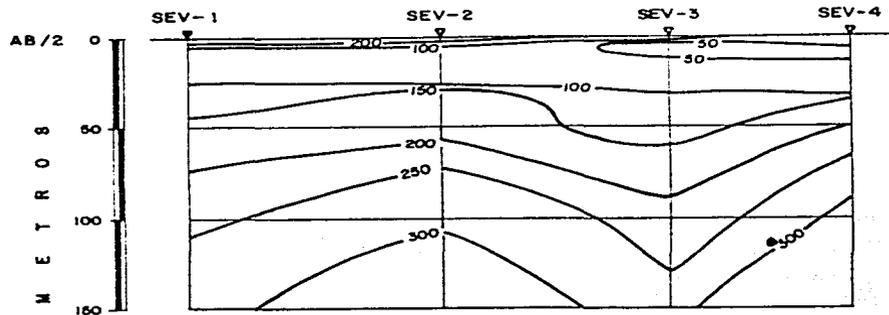
LOCALIZACION DEL TRABAJO GEOFISICO

IGM, S.A. DE C.V.

JULIO DE 1990

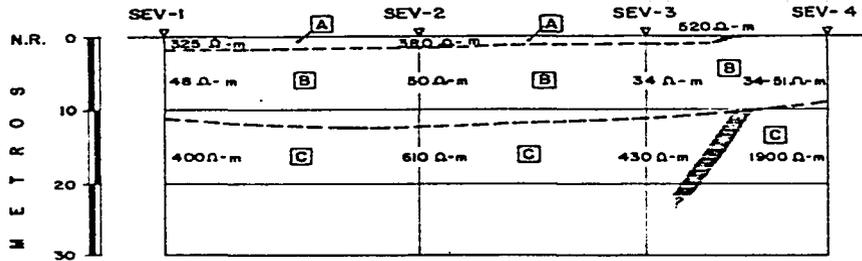
PLANO No. 2

— SECCIONES DE ISORRESISTIVIDADES APARENTES —

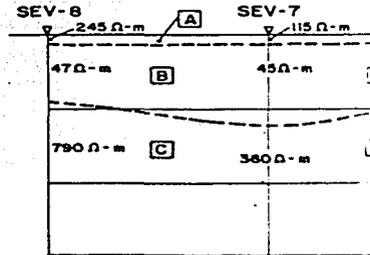


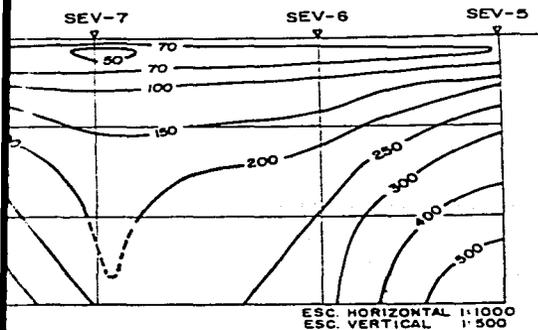
— SECCIONES DE RESULTADOS —

SECCION No. 1



SECCION No. 2

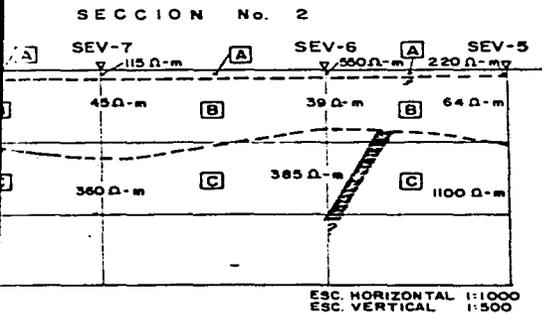




S I M B O L O G I A

SONDEO ELECTRICO VERTICAL		SEV-5
ISORRESISTIVIDAD APARENTE		100
CONTACTO GEOELECTRICO		
DISCONTINUIDAD GEOELECTRICA		
RESISTIVIDAD		200 Ω-m
UNIDAD LITOLOGICA		D

2.8 Gráficas de sondeos eléctricos verticales. Los 8 sondeos alineados se representan en forma de dos perfiles. La interpretación muestra la presencia de una zona inclinada con alta resistencia eléctrica que se ha interpretado como un derrame de basalto.



E X P L I C A C I O N

- A** RESISTIVIDAD DE 115 A 550 Ω-m; HORIZONTE DE MATERIAL DE RELLENO.
- B** RESISTIVIDAD DE 34 A 64 Ω-m; HORIZONTE DE BRECHA VOLCANICA (AGLOMERADO).
- C** RESISTIVIDAD DE 360 A 1900 Ω-m; HORIZONTE DE BASALTOS.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS
U N A M

ESTUDIO GEOLOGICO-GEOFISICO PARA LA DETECCION DE CAVERNAS EN LA ZONA ARQUEOLOGICA DE TECTIHUACAN, ESTADO DE MEXICO

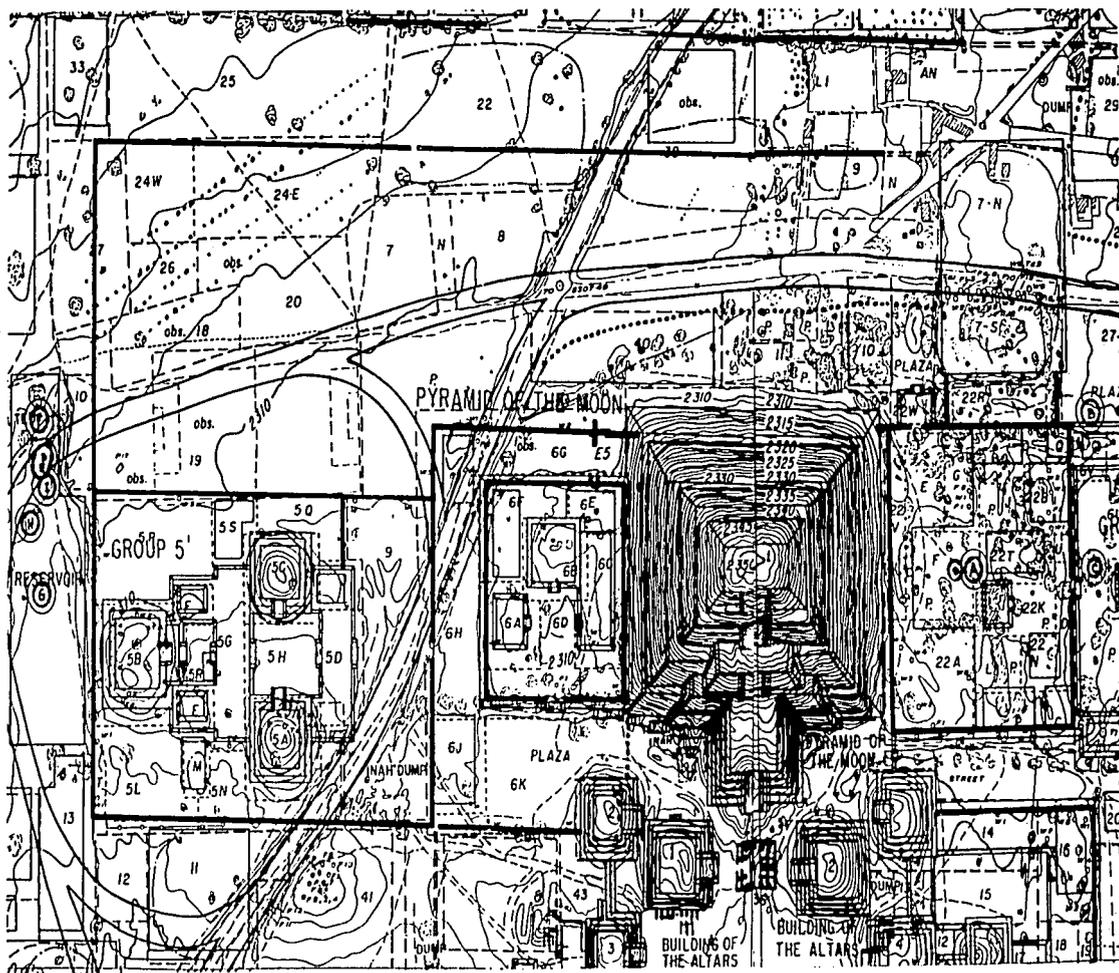
SECCIONES GEOFISICAS 1 y 2

IGM, S.A. DE C.V.

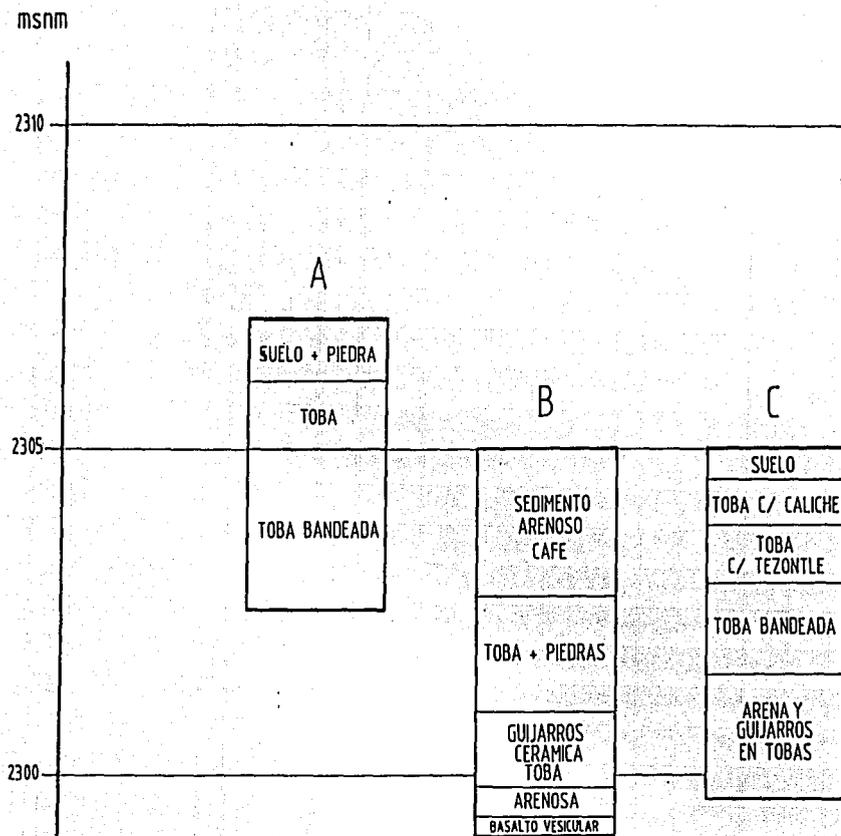
JULIO DE 1990

PLANO No. 3

2.9 Mapas de localización de perforaciones. El primer mapa muestra los puntos perforados al este y al oeste de la Pirámide de la Luna. Incluye las perforaciones de la A a la I. El segundo mapa muestra los puntos perforados al este de la Pirámide del Sol. Incluye las perforaciones de la J a la U.

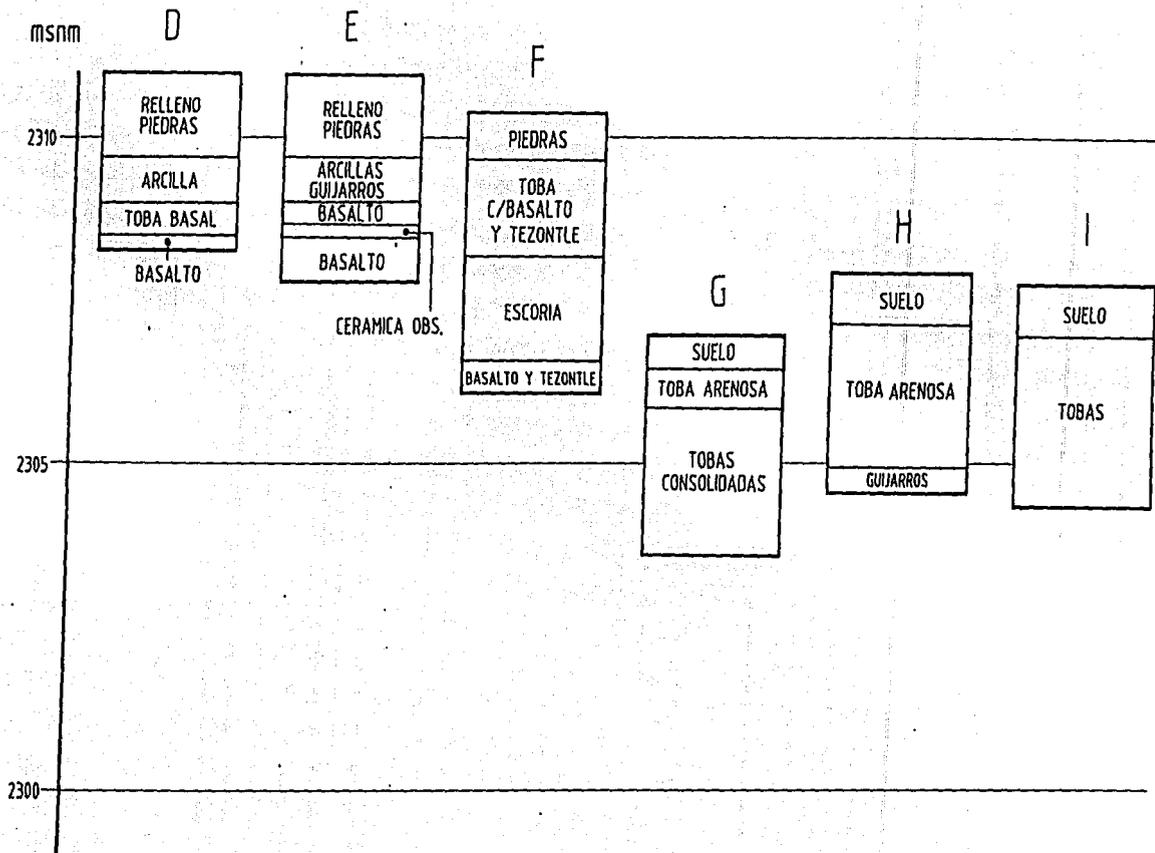


PÉRFORACIONES AL ESTE DE LA PIRAMIDE DE LA LUNA

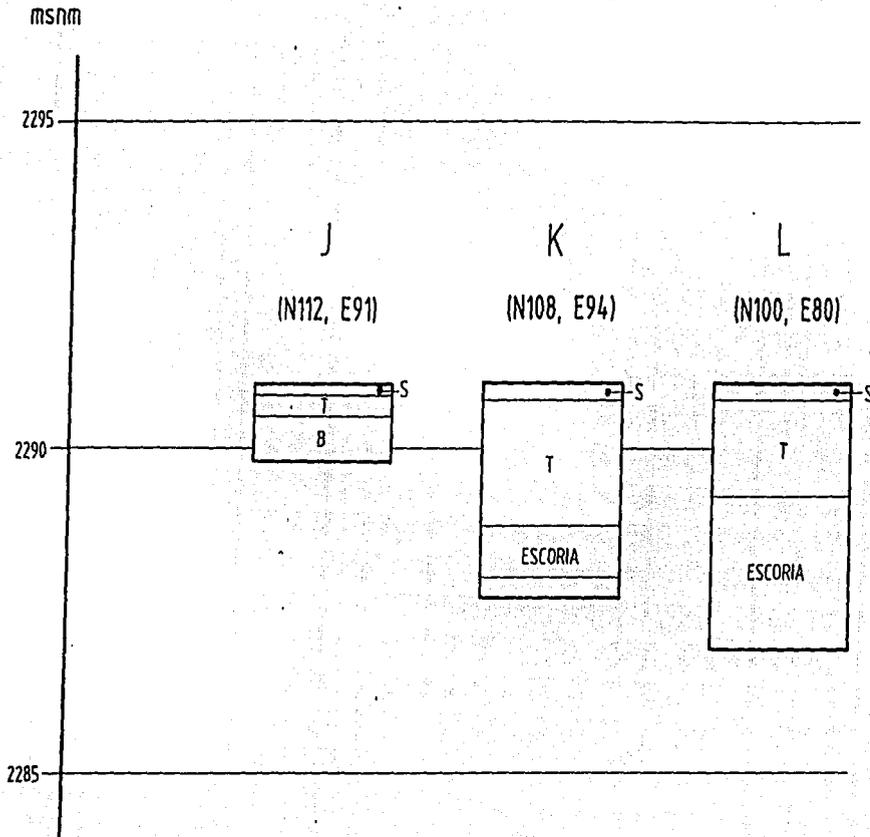


2.10 Perfiles de las perforaciones. Estas representaciones muestran el perfil reconstruido a partir de los materiales recuperados durante las perforaciones.

PERFORACIONES AL OESTE DE LA PIRAMIDE DE LA LUNA

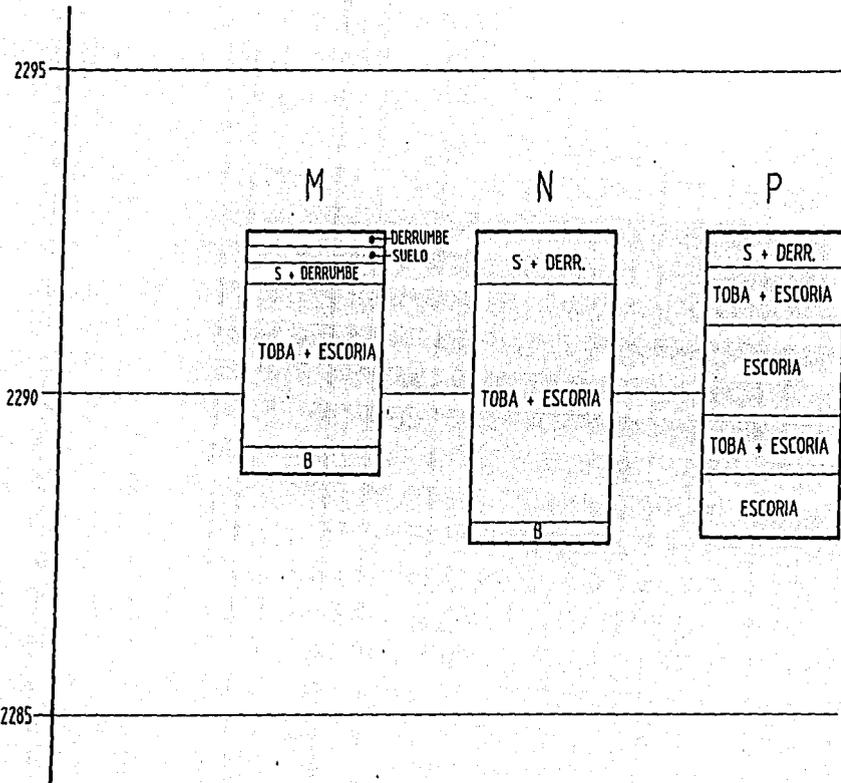


PERFORACIONES AL ESTE DE LA PIRAMIDE DEL SOL

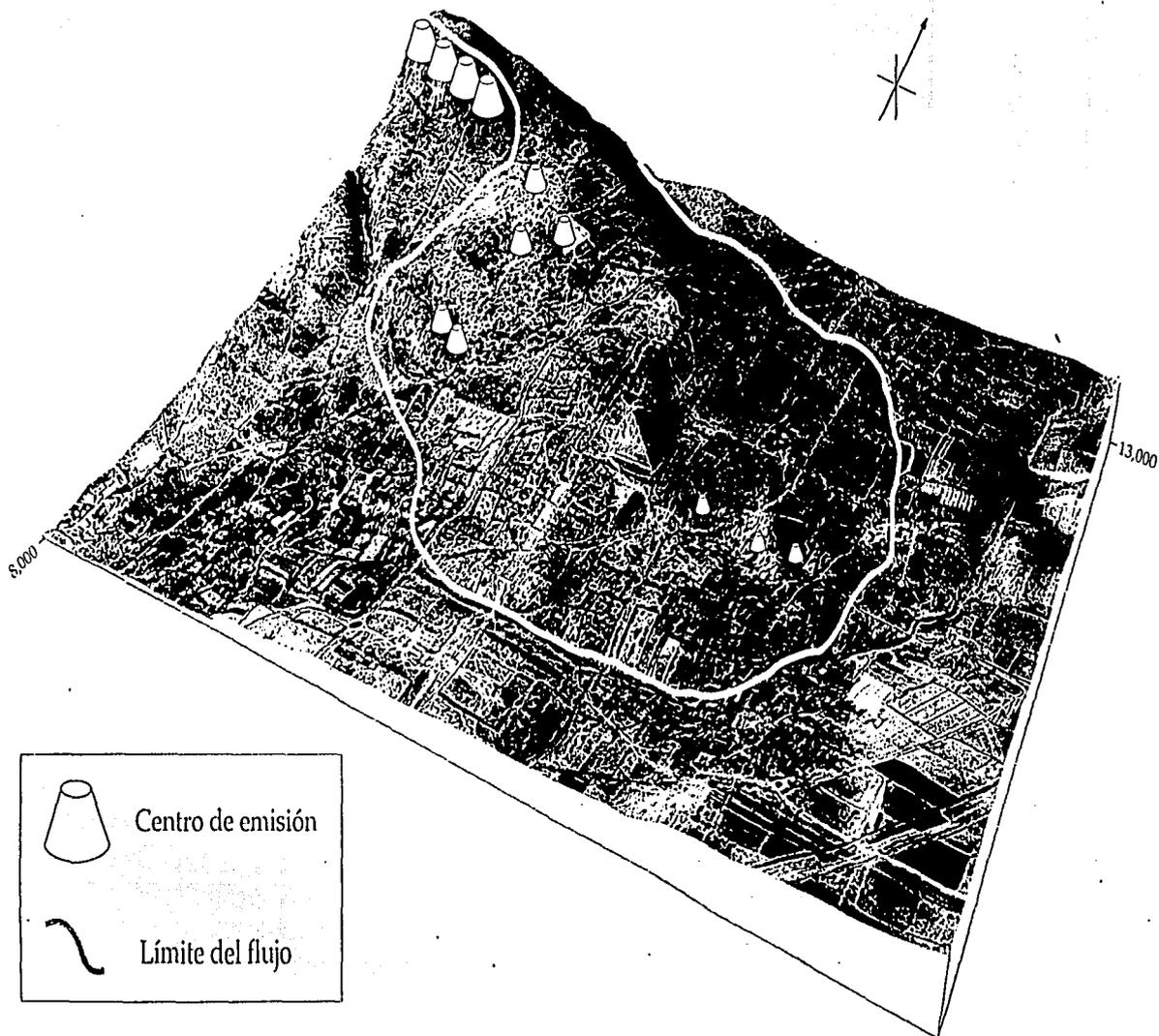


PERFORACIONES AL ESTE DE LA PIRAMIDE DEL SOL

msnm

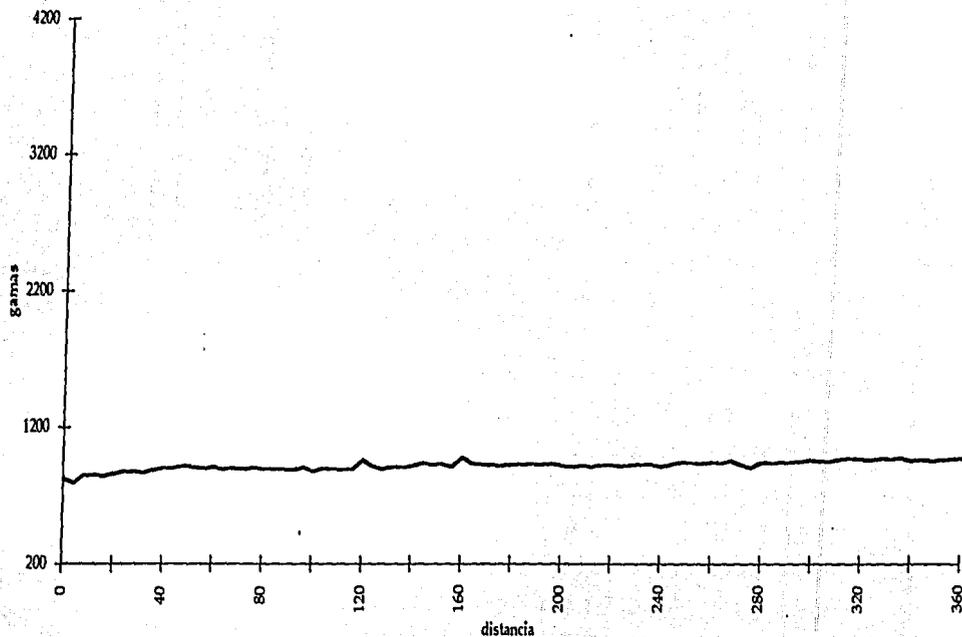


Interpretación geológica



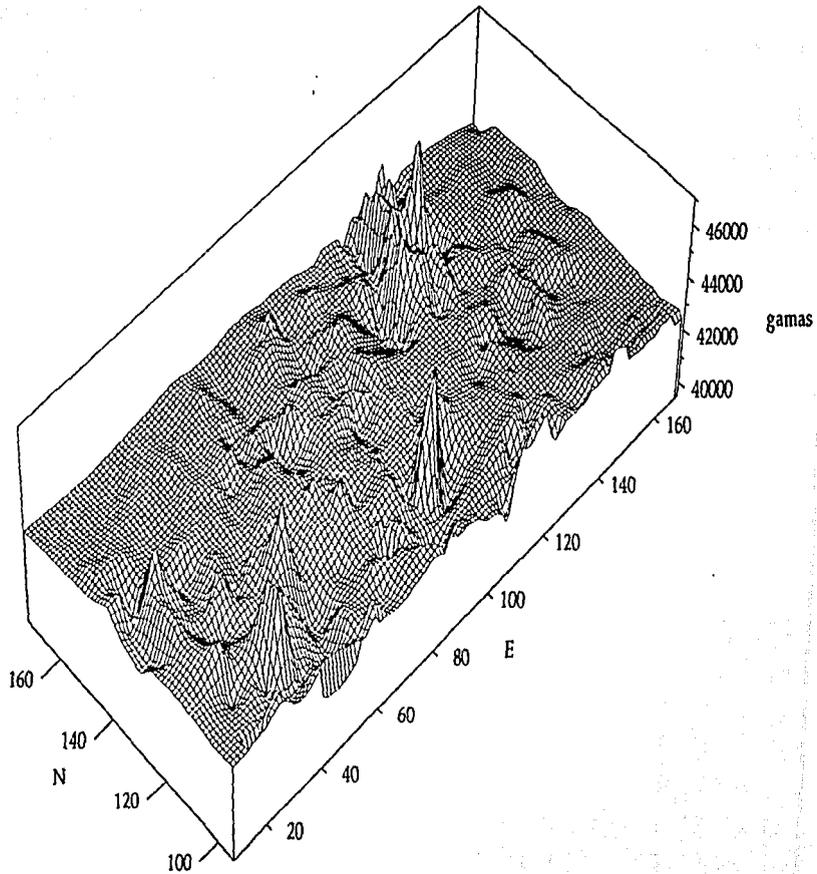
2.11 Mapa de interpretación de eventos volcánicos. Esta imagen muestra la foto aérea superpuesta a la topografía del terreno. Sobre ella se marca con línea blanca el límite del flujo de lodo incandescente y con conos truncados la localización de los centros de emisión de escorias.

Línea magnética Ciudadela



2.12 Línea magnética al frente de la Ciudadela. Esta línea muestra los valores de intensidad de campo magnético obtenidos al recorrer la Calle de los Muertos frente a la Ciudadela. Estos valores contrastan con el resto de las líneas magnéticas y demuestran que la geología de esta parte es distinta de la encontrada al norte del río San Juan.

RETICULA MAGNETICA



2.13 Reticula magnética al este de la Pirámide del Sol. Esta reticula se formó adquiriendo valores cada 2 m. Los picos muestran la presencia de bloques de basalto que corresponden a pequeños centros de emisión.

CAPITULO 3. MATERIALES VOLCANICOS DE CONSTRUCCION

"Allí (Teotihuacan) también se enterraban los principales señores, sobre cuyas sepulturas se mandaban a hacer túmulos de tierra, que hoy se ven todavía y aparecen como montecillos hechos a mano; y aun se ven todavía los hoyos donde sacaron la piedra."

Sahagún ca. 1570

3.1 Tezontle

Considerando las dimensiones de esta gran ciudad, no hay duda de la extrema importancia que los materiales tuvieron en su construcción. Entre los materiales más utilizados en el proyecto constructivo teotihuacano se encuentran el tezontle y la cal, les siguen la toba, la andesita y el basalto. Para tratar de entender la explotación y el uso de los materiales característicos de ambientes ígneos extrusivos, se requirió estudiar la geología de los alrededores del asentamiento. Como se mencionó en el capítulo 2, originalmente propuso que la ciudad se construyó sobre un flujo piroclástico en forma de lengua. Nuestras observaciones recientes muestran que el flujo efectivamente existió pero es un *lahar*, debajo del cual se encuentran los restos de eventos volcánicos anteriores. Los reconocimientos geológicos realizados en todos los cortes visibles, los estudios geofísicos tomando lecturas magnéticas y eléctricas y las perforaciones de verificación practicadas en gran parte de la zona, han permitido entender la secuencia estratigráfica bajo la ciudad.

En el área cercana a la Pirámide de la Luna, se pueden apreciar claramente zonas sin suelo en donde aflora la capa de toba volcánica. Esta es la capa formada durante el flujo más reciente. Se ha confirmado la interpretación de Mooser (1968) de que el flujo recorrió el espacio entre los dos volcanes, el Malinalco y el Cerro Gordo. Debajo de esta capa, de 2 m de espesor en promedio, se encuentran los restos de otros eventos volcánicos previos.

Como se explicó anteriormente, en esa etapa de actividad volcánica hubo emisiones a lo largo de grietas y fisuras que produjeron patrones lineales que ahora se han podido reconocer. El centro de emisión se identifica por la presencia de bloques de basalto rodeados por grandes acumulaciones de pequeños fragmentos de escoria porosa. Durante el reconocimiento magnético, el aumento de los valores nos mostró la presencia de cuerpos con gran magnetismo termorremanente, que fueron los bloques de basalto, mientras que contrastando con ellos se tienen amplias extensiones de valores magnéticos promedio que representan la acumulación de la escoria volcánica con direcciones magnéticas aleatorias. De esta forma se han podido reconocer las grandes extensiones de tezontle, que en la depresión 9 alcanzan 10 m de profundidad, pero que en la zona de túneles, al oeste de la Pirámide del Sol, tienen 6 m y constituyen la base sobre la cual se encuentra la antigua ciudad.

3.1.1 Estudio de las depresiones

Durante los reconocimientos y estudios realizados en la zona desde 1985 se detectaron las depresiones en la parte noroeste de la ciudad. Estas son partes del terreno que se percibieron por un desnivel topográfico que varía entre 1 y 5 m. Su extensión también es muy variable. En la paredes de muchas de ellas se encontraron cuevas que, partiendo del límite vertical de la depresión, se extienden radialmente. En algunos casos el recorrido dentro de la cuevas es de varios cientos de metros y en su interior las paredes muestran la escoria volcánica, lo que sugiere que el material removido fue el tezontle, mientras que sus techos frecuentemente están formados por toba.

En el reporte elaborado por Milán (1990) menciona que la existencia de pilares soportando los techos de las cámaras es prueba de una técnica de excavación (figura 3.1). Además, en el registro de los bloques de basalto presentes en el fondo de depresiones y en el interior de cuevas y cámaras se ha podido apreciar que son sistemáticamente evitados por el curso de la excavación. En el capítulo anterior se mencionó la forma de las depresiones 4, 5 y 11.1 que evidencian una excavación anular rodeando un macizo basáltico. De la misma forma los bloques presentes en el centro de las depresiones 9 y 11 son muestra de un material que se dejó casi intacto. Adicionalmente, en la trayectoria de los túneles explorados se puede apreciar cómo la extracción rodea los bloques grandes de basalto.

Una de las metas que este trabajo se ha planteado es establecer la relación entre la presencia de depresiones y de estructuras arqueológicas. Se propone que las depresiones son consecuencia de trabajos de explotación de un recurso que se utilizó para la construcción en la Ciudad de Teotihuacan, podemos entonces pensar que la distancia es un factor que debe evaluarse. Si tomamos el cuadrante noroeste del mapa de Millon, notamos primeramente que casi todas las depresiones se encuentran en esta parte y que además la mayor densidad de estructuras también se percibe en esta zona. Cuando aumenta la distancia entre las depresiones y otras zonas de la ciudad, también la densidad de estructuras disminuye. Existe otra interesante relación, las depresiones mayores están cerca de las dos pirámides mayores.

La observación de los mapas nos muestra que la mayoría de las estructuras piramidales mayores y de las unidades habitacionales mapeadas se encuentran directamente relacionadas con las depresiones. Para esto puede proponerse una explicación. A diferencia de otros grandes centros urbanos preindustriales en todo el mundo, en Teotihuacan no se dispuso de transporte por uso de animales de tiro y rueda, ni por agua. Tuvieron que hacer todo este trabajo con energía humana, lo que implica que debieron atender el aspecto de la distancia a las zonas de extracción de materias primas (figura 2.1. Mapa de localización de depresiones).

Para probar esta hipótesis era necesario calcular las distancias entre las depresiones y las estructuras y para hacerlo se requirió asignarles coordenadas. Nuevamente el mapa de Millon (1973) fue la base para construir una tabla en la que las coordenadas alfanuméricas del mapa original fueran transformadas en valores numéricos (apéndices 3.1 y 3.2).

Para realizar el cálculo de las coordenadas cartesianas para cada una de las estructuras piramidales registradas en el mapa de Millon se procedió a asignarles coordenadas dentro del cuadro en que aparecían, midiendo con un escalímetro. Sabiendo que cada uno de los cuadros tiene 500m por lado se contaron el número de cuadros de distancia que se tienen a partir del punto cero de su retícula, localizado en la esquina suroeste de la Ciudadela. Con esto fue posible calcular las coordenadas para el centro de cada estructura en relación a la retícula de Millon.

Adicionalmente se determinaron las coordenadas para cada una de las depresiones registradas (apéndice 3.2). Se enfrentó el problema adicional de la forma de las depresiones, que sobre todo en el caso de las depresiones alargadas, hace difícil asignarle un centro. Con todo se asignó arbitrariamente un centro a cada una de ellas y con esto se calcularon sus coordenadas. Es claro que se tendrá un error en el cálculo de la distancia, pero no será determinante ya que si la distancia mínima está calculada al centro, es posible que en muchos casos sea aún menor pues se pudo extraer material de las orillas de la depresión.

Finalmente J. L. Córdova diseñó un algoritmo para calcular las distancias entre cada una de las estructuras y las depresiones y de esta forma encontrar la distancia mínima entre ellas. Con este algoritmo se calcula la distancia trigonométrica entre una estructura y todas las depresiones y este cálculo se repite para el total de las estructuras. En cada caso se comparan las distancias y se registra la distancia mínima. Estas distancias se graficaron y se determinó su promedio (figura 3.2). Pudo apreciarse que la distancia mínima promedio fue de 500 m. La desviación standard es grande por la presencia de 5 estructuras que superan los 1000 m de distancia. En general se demuestra que el 90% de las estructuras se encuentra a menos de 800 m de distancia, siendo muchas las estructuras que se encuentran a menos de 400 m de algún lugar de aprovisionamiento de toba y tezontle para la construcción. Esta es una distancia eficiente para el transporte del material de construcción y prueba la estrecha relación entre los proyectos constructivos, la disponibilidad del material y la energía humana invertida (apéndice 3.3).

Con base en la evidencia anterior era necesario verificar la hipótesis de que el material extraído se ocupó en la construcción. Para esto se comparó el volumen de las estructuras piramidales y el de las depresiones. Con un programa que permite calcular el volumen entre dos superficies (GeoView v2.3), se alimentó la topografía actual y además se construyó la capa que existiría si el material no hubiera sido extraído. Entre estas dos superficies estuvo el volumen vaciado de las depresiones. Se realizó el cálculo para todas las depresiones y el resultado en números redondos fue 670 000 m³ (figura 3.3). Adicionalmente se usó un programa de análisis digital de imágenes (Image v1.49), se midió el área limitada por cada cota en el mapa topográfico de las depresiones y se sumaron las cotas que definen toda la depresión. Con esto se lograron verificar los cálculos anteriores y se completaron los faltantes (Véase apéndice 3.4).

Los resultados del cálculo del volumen de las depresiones que rodean a la ciudad de Teotihuacan muestran que la suma de sus volúmenes representa sólo el 30% del

volumen calculado para las estructuras. Entonces debe asumirse que la mayor parte del tezontle extraído de las minas debió emplearse en el revestimiento de las pirámides y en la construcción de los muros de las unidades habitacionales.

Para confirmar lo anterior se investigó sobre la técnica constructiva de las pirámides principales. En el resumen que hace Cabrera de las excavaciones practicadas en el interior de la Pirámide del Sol (Cabrera, Rodríguez y Morelos, 1991) menciona que el primer túnel fue excavado durante la temporada que realizó Gamio entre 1917-1922 y concluyó que la base de la pirámide estaba formada por una plataforma de adobes (Marquina en Gamio, 1979:132). En el otro túnel excavado por Pérez en 1933 y dirigido por Noguera se reportó un relleno de tierra y adobes. Estos dos túneles se unen por medio de una escalinata casi en el centro de la base de la pirámide (Pérez, 1935:91; Noguera 1935:5-6). En 1949 Rémy Bastien excavó un pequeño túnel perpendicular en donde se unen los dos anteriores (Bastien 1951). En una visita personal efectuada recientemente pude apreciar que en este sitio no se aprecia la presencia de adobes sino de varias capas de sedimentos oscuros mezclados con fragmentos blanquecinos.

Marquina (1981:64) menciona que esta pirámide fue construida de una sola vez con tierra en capas horizontales, menciona también que para evitar que este núcleo, semejante al de Cuicuilco, fuera destruido por las lluvias, fue recubierto con gruesas capas de piedra y lodo y después, por un aplanado muy grueso de cal.

En la revisión de los túneles que realizaron Millon, Drewit y Bennyhoff (1965) reportan que los adobes y demás materiales contenidos en el núcleo de la estructura no aparecen de manera continua y homogénea sino que se muestran en concentraciones irregulares. Sobre todo los adobes que se encuentran en la parte central y en los extremos opuestos de ambos túneles. En 1962 Robert Smith excavó un túnel en el último cuerpo de la pirámide (Rattray 1981:36); en el túnel encontró varias clases de relleno de tierra y tepetate, y dejó al descubierto restos de un núcleo de adobe.

De los túneles descritos, Cabrera *et al.* (1984) deduce que pudo existir una subestructura debajo de la visible actualmente terminada con adobes, seguida de la que actualmente apreciamos reconstruida por Batres a principios de siglo y una última etapa constructiva representada por los contrafuertes en 3 de las caras de la pirámide que le dieron un mayor volumen. Concluye también que no hay evidencias suficientes para sostener que se emplearan los cajones para relleno como en otros edificios. Propone que en la base de la pirámide el relleno sea una simple acumulación de materiales contenidos por algunas hileras de adobes y que en los siguientes cuerpos pudieron emplearse cajones de adobes para contener el relleno.

En la Pirámide de la Luna se tienen muy pocas excavaciones pero parecen existir cajones como sistema de relleno. En el cajón mencionado por Schávelzon (1983) describe la presencia de sillares de piedra y tepetate. En la publicación de Gamio (1979:135) se cuenta con un dibujo del túnel realizado por Ordóñez y una transcripción de la descripción realizada por Marquina: describe la presencia de piedras cementadas

con barro, lajas, pedazos de tepetate y tezontle argamasado con barro, una capa de adobes, mampostería de piedra y barro. El cajón localizado está formado por lajas de tepetate. Esto hace distintas las formas de construcción de las dos pirámides principales. Sin embargo, aún en el caso de que la descripción de este túnel fuera correcta, la participación de la tierra en forma de argamasa de barro resulta muy importante y puede considerarse que aunque los cajones fueran de piedra, la mayor parte del relleno debió ser de tierra.

En contraste, el Templo de Quetzalcoatl consiste de un sistema de profundos cajones con estructuras de pilotes de madera que se rellenaron con tierra. Las paredes de los cajones eran de lajas de tepetate amarrados con lodo. La construcción del templo viejo de Quetzalcoatl se inicia hacia la fase Miccaotli, entre 150 y 200 años DC. Esta construcción es posterior a las otras dos pirámides. La plataforma adosada que cubrió gran parte de la fachada del Templo de Quetzalcoatl se comenzó a construir entre los 200 y 350 años DC. Con base en esta información puede decirse que partiendo de la Pirámide del Sol en donde su volumen es principalmente de tierra y adobe, la participación de la piedra en la construcción se incrementa paulatinamente en la Pirámide de la Luna para concluir con el Templo de Quetzalcoatl en donde ya juega un papel relevante en la formación de su sistema de cajones.

Estos cálculos no incluyeron el volumen de tezontle extraído de los túneles y cuevas explorados. Dado que para calcular este volumen sería necesario hacer el levantamiento topográfico interior de todas y cada una de las cuevas y túneles, se decidió dejar a las generaciones futuras esta apasionante tarea. Con todo, no creemos que se altere apreciablemente el volumen calculado hasta el momento y menos aún las conclusiones obtenidas.

3.1.2 Cálculo del volumen de las pirámides

A continuación se hicieron pruebas para determinar la forma más eficiente de calcular el volumen de las pirámides en la ciudad. Después de varios intentos se estableció que el volumen de una pirámide truncada era muy semejante al de las pirámides de varios cuerpos y el error era de menos de 10%. Este modelo se aplicó con éxito a todas las estructuras piramidales encontradas en la parte central de Teotihuacan.

El procedimiento adoptado para validar los cálculos de volumen realizados anteriormente (Millon *et al.* 1965; Millon y Drewitt 1961; Cook 1947: 51) fue el de calcular el volumen de la Pirámide del Sol, cuerpo por cuerpo, utilizando las dimensiones determinadas por Harleston (1974). En los datos reportados en la literatura existen diferencias, debido a que hay variaciones en las dimensiones consideradas para realizar el cálculo. Sin embargo haciendo la aclaración de las dimensiones utilizadas, los cálculos pueden ser consistentes. Estos indican que en nuestro caso se tienen 1,403,701 m³ haciendo la suma de 6 pirámides truncadas. Con el fin de hacer más sencillo el cálculo, se simplificó la forma geométrica hasta

convertirlas en una pirámide de base cuadrada y con su vértice en el punto de altura máxima de la pirámide. Esta forma de hacer el cálculo mostró un gran error al reducir el volumen a 1,164,484 m³ lo que se explica porque al ser realmente truncada, el modelo pierde parte del volumen de los cuerpos en la parte superior de la pirámide (figura 3.4).

En seguida se intentó simplificar la forma con una pirámide truncada en donde se consideraran las dimensiones de la base y las de la parte superior del último cuerpo. Haciendo el cálculo con este modelo se obtuvo un volumen de 1,269,611 m³ y se decidió que considerando el ahorro de tiempo, 10% es un error tolerable para aplicar este modelo al cálculo de todas las estructuras piramidales presentes en Teotihuacan (figura 3.5. dibujo del perfil de las pirámides). Llama la atención el dato de Antonio Peñafiel (1900:30) quien determina el volumen de las dos pirámides y dice que la Pirámide de la Luna tiene 383,320 m³ mientras que la del Sol tiene 1,400,736 m³, que corresponden a los volúmenes calculados en este trabajo antes de la simplificación.

Las dimensiones de cada una de las pirámides encontradas en el mapa de Millon (1973) se determinaron con base en las medidas que propuso en las reconstrucciones hipotéticas de las micas de su libro. Dado que se asume que son estructuras de base cuadrada, se midió un lado de la base y un lado de la arista del último cuerpo. La altura de la estructura se determinó contando las cotas de nivel marcadas para cada estructura en el mismo mapa topográfico. Con estos datos se elaboró la tabla (ver apéndices 3.5 y 3.6), y se aplicó la fórmula para determinar el volumen de pirámides truncadas de base cuadrada.

Hasta el momento se tiene la suma del volumen de todas las estructuras piramidales sin contar la Pirámide del Sol y de la Luna que hace un total de 355,000 m³, y que sumadas a las dos mayores (330,000 +1,270,000) hacen un gran total de 1,955,000 m³. Pero a esto hay que agregar las banquetas que rodean la Pirámide del Sol, la Ciudadela y la Plaza de las Columnas (que aproximadamente sumarían 200,000 m³). Esto hace un total de 2,150,000 m³ de material de construcción, es decir que si se llenaran camiones para transporte de materiales de 6 m³ de capacidad y se colocaran defensa contra defensa sobre la carretera, se podrían formar de manera ininterrumpida 360,000 camiones de 6 m de largo que irían desde el Distrito Federal hasta 2150 km. de distancia, lo que alcanzaría una ciudad como Nogales, Sonora. Esto es un volumen enorme y desde luego implica gran cantidad de mano de obra y tiempo en el momento teotihuacano.

Todo lo anterior confirma que el material de construcción tuvo una gran importancia en la selección del sitio. Se propone que debido a la gran cantidad de materiales de construcción requeridos para el proyecto y al hecho de que el transporte de materiales residía en la fuerza humana, los materiales constructivos no podían encontrarse muy alejados del lugar de construcción. De hecho lograron obtenerlos de la periferia y aún del subsuelo de la ciudad.

También es muy clara la preferencia que los teotihuacanos tenían por el tezontle

sobre otros materiales y es que la densidad del tezontle es mucho menor que la del basalto, pero además la resistencia mecánica del tezontle supera por mucho la de la toba. Entonces este material combina una gran resistencia mecánica, comparable a la del basalto, y menor peso que transportar.

En el capítulo anterior se mencionó que la depresión 2 se distinguía por ser un montículo alargado que desvió el flujo. La reconstrucción hipotética de este evento tiene importancia por tres razones:

- es evidencia de cómo el flujo de lodo candente pudo ser desviado
- explica la trayectoria lineal de las depresiones en esta zona
- es el único punto en donde el tezontle afloró en época teotihuacana.

Ahora se puede explicar la presencia alineada de las depresiones atendiendo al hecho de que la escoria se encontraba acumulada a lo largo de una fractura. Si el interés era la explotación del tezontle, tuvieron que seguir esta trayectoria. Al parecer, la depresión 2 fue el único punto en donde la escoria afloraba en tiempos teotihuacanos. Puede ser que éste haya sido el lugar en donde conocieron el material e iniciaron su explotación. Todos los demás sitios estuvieron cubiertos con una capa de toba. En consecuencia, es muy probable que en las cercanías de esta depresión fuera donde por primera vez se organizara su explotación. Esto correspondería a las primeras etapas del asentamiento de la zona de Oztoyahualco y estaría relacionada con la presencia de las Plazas con Tres Templos en este lugar. Millon (1993) menciona que cuando se estaba trazando la Calle de los Muertos en el primer siglo, se construyeron muchos complejos de Tres Templos sobre o cerca de la calle y en el cuadrante noroeste. Menciona que esos complejos de templos parecen haber jugado un rol político temprano y que más tarde formaron parte de la estructura administrativa de la ciudad.

Como se ha mencionado, pueden apreciarse interesantes asociaciones entre estructuras y depresiones. Desde hace tiempo (Barba *et al.* 1990), se apreció que las Plazas con Tres Templos estaban directamente relacionadas con las depresiones, y que la trayectoria que comenzaba en Oztoyahualco terminaba en dos plazas a los lados de la Pirámide de la Luna. Esto sugiere que el momento en que se realizó la extracción de estos materiales fue el mismo que el de la construcción de estas plazas. Según datos de Cook de Leonard (1957) y Millon (1957:16), las Plazas con Tres Templos corresponden a las primeras etapas de este asentamiento. Entonces puede decirse que la organización para la explotación de este material podía partir de las mismas personas que tenían a su cargo los templos y las plazas de la zona de Oztoyahualco. Pero para el momento en que se inicia la explotación de las depresiones mayores, algo cambia, pues en las depresiones 9 y 11 ya no se tienen Plazas con Tres Templos; en su lugar se tienen estructuras piramidales en los bordes de la depresión, que debieron ser los lugares en donde se ejercía el control de esta época de explotación.

Debo hacer notar el gran conocimiento empírico que se tenía de las propiedades de los materiales y la atinada selección de los mismos en el proyecto constructivo de Teotihuacan. El desarrollo de este proyecto de enormes dimensiones, que requirió de

cantidades de energía nunca antes concebidas, debió incluir el aspecto de la disponibilidad de los materiales constructivos a una distancia adecuada y en las cantidades requeridas. Algunos autores habían mencionado la posibilidad de que las depresiones que observaban en los alrededores de Teotihuacan, especialmente al noroeste, fueran lugares de donde se obtuvieron materiales de construcción (Sahagún ca.1570), Cook de Leonard 1957, Millon 1957, Basante 1986:90), pero en ningún caso se habían aportado pruebas para sustentar esta aseveración. Este trabajo pretende fundamentar tal afirmación. Lo cierto es que existen en el terreno que circunda a Teotihuacan profundas cicatrices producto del trabajo de extracción y que este material debió emplearse en la construcción de la antigua ciudad, aunque también se tienen datos de que en tiempos recientes se excavaban estas depresiones para extraer material (Cook de Leonard 1957:5). Millon (1973) reporta en sus mapas la presencia de pequeñas estructuras habitacionales teotihuacanas en el fondo de las depresiones, lo que habla del momento de explotación y sin negar la posibilidad de un aprovechamiento reciente, determina que la mayor explotación se dio en momentos arqueológicos. Como hemos mencionado anteriormente, en las grandes cuevas de las depresiones 11 y 11.1 encontramos evidencias de explotación moderna de basalto, pero dudamos de una gran extracción de tezontle en tiempos modernos, pues en muchos casos ya se habría agotado.

En el estudio realizado a principios de siglo por Enrique Díaz Lozano como parte del Proyecto *La Población del Valle de Teotihuacan* (en Gamio 1922), existen algunos datos sobre las proporciones de los materiales constructivos utilizados. Se dice que la mitad de los materiales contados y medidos en las áreas excavadas hasta ese momento fueron fragmentos de tezontle; la andesita sólo se encuentra en el 20% de los casos y el basalto en el 16%. Menciona que la toba se utilizaba para rellenos (Díaz 1922:60). Con la información proporcionada por la medición del recorrido de muros que se detalla en el capítulo 4, se pueden calcular las proporciones de los materiales utilizados en la construcción de los muros de las unidades habitacionales.

Para calcular el volumen total de los muros levantados para construir los conjuntos departamentales medidos, se siguen los siguientes pasos:

En el punto 4.3.3 del siguiente capítulo se obtiene el coeficiente promedio calculado para los conjuntos excavados y medidos que resultó de 0.35 m de muros por metro cuadrado construido, el espesor promedio del núcleo de los muros, sin aplanados, se considera 40 cm y la altura promedio 2.5 m, entonces el volumen de muro por unidad de superficie construida será:

$$V = 0.35 \text{ m/m}^2 \times 0.4 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 0.35 \text{ m}^3 \text{ de muro/m}^2 \text{ de construcción}$$

Si se conoce la superficie total construida, entonces el volumen total de materiales en muros, sin contar aplanados será:

$$V_t = 4,559,500 \text{ m}^2 \times .35 \text{ m}^3/\text{m}^2 = 1,595,825 \text{ m}^3 \text{ de materiales en núcleos de muros}$$

Según los datos de Díaz (1992:60) obtenidos a principios de siglo se sabe que los muros tienen las siguientes proporciones de materiales en su construcción: andesitas 20%, basalto 16%, tezontle 52% y toba 12%. Sin embargo hay que considerar que todas estas piedras se encuentran unidas en el muro por el mortero que las rodea. Así, el 30% del volumen es ocupado por el mortero, mientras que el 70% restante lo constituyen las piedras. La proporción aproximada de los materiales que forman los muros en los conjuntos habitacionales de Teotihuacan será:

V piedra = $1,595,825 \times 0.7 = 1,117,077 \text{ m}^3$ de piedra en muros, aunque habría que considerar los $49,500 \text{ m}^3$ de piedra que recubre las construcciones piramidales. Sin embargo, no se tienen datos sobre la composición de estos recubrimientos y por ello no se incluyen en los siguientes cálculos. Aún incluyéndolos, los cálculos casi no se modificarían. El volumen total de materiales en muros es aportado por los siguientes materiales:

$$V \text{ andesita} = 1,117,077 \times 0.2 = 223,415 \text{ m}^3$$

$$V \text{ basalto} = 1,117,077 \times 0.16 = 178,732 \text{ m}^3$$

$$V \text{ tezontle} = 1,117,077 \times 0.52 = 580,880 \text{ m}^3$$

$$V \text{ toba} = 1,117,077 \times 0.12 = 134,049 \text{ m}^3$$

La suma del tezontle y de la toba hace casi $715,000 \text{ m}^3$ de materiales, lo que se aproxima mucho a los $670,000 \text{ m}^3$ de volumen extraído de las depresiones y cuya diferencia puede atribuirse al material que pudo extraerse de la excavación de túneles.

3.2 TOBA VOLCANICA

Este material normalmente amarillento se encuentra aflorando en los alrededores de la ciudad de Teotihuacan. Se le conoce normalmente como tepetate y tuvo un uso intenso durante la construcción de la ciudad. Es un producto de la actividad volcánica. Está constituido por pequeñas partículas de ceniza y cuando han sido suficientemente alteradas por el intemperismo, adquieren el color amarillento y se consolidan, muchas veces con la participación de carbonatos.

Como se ha discutido en capítulos anteriores, el flujo que puede percibirse estudiando estereoscópicamente el relieve en fotografías aéreas, es la lengua de material basáltico propuesta por Móoser (1968). Dentro de este flujo se detectan algunas variaciones en el espesor de la capa formada debido a que el relieve topográfico previo era muy irregular.

En la parte oeste de la ciudad, en los alrededores de la zona militar, se localizan las laderas del volcán Malinalco, el más antiguo del valle. El espesor de las capas de toba en la Barranca Cosotlan rebasa los 15 m de profundidad. En este punto la erosión permite ver una estratigrafía horizontal con caliche en la parte superior. Pero hay que establecer que se trata de eventos previos originados en el Malinalco y no de la lengua de piroclastos descrita.

En la parte sur y tomando como límite el curso del río San Juan, las tobas se encuentran cubiertas con sedimentos posteriores y se aprecia un cambio en la pendiente que tiende a cero. En contraste, al norte, en los alrededores de la Pirámide de la Luna, se tienen amplios espacios en donde aflora la toba. En estos puntos se ha perdido la capa de suelo que los cubría posiblemente a causa del aprovechamiento del suelo para la construcción como se verá en el capítulo 6.

El mencionado flujo piroclástico se trata más bien de un *lahar* constituido por lodo caliente que al descender siguió la trayectoria descrita entre los dos volcanes. Las evidencias de este flujo se mencionaron en la descripción de la depresión 2 en el capítulo 2 donde se asienta que claramente fue desviado. En este punto se tiene la orilla del flujo, con menor energía, y por ello pudo ser desviada, pero cuando nos acercamos a la parte central puede observarse que todos los obstáculos fueron superados y cubiertos. Este flujo relleno el espacio comprendido entre los volcanes y como consecuencia desvió el curso actual de los arroyos. En la actualidad puede observarse cómo la lengua de lodo se encuentra rodeada por arroyos, barrancas y el curso del Río San Juan. Este flujo tuvo la particularidad de formar una superficie de pendiente suave y constante que facilitó el asentamiento humano. Las estructuras volcánicas que cubrió difícilmente hubieran permitido un asentamiento de las dimensiones de la ciudad de Teotihuacan, esta capa de material amarillento tiene una pendiente promedio de 2 a 3% en las áreas más urbanizadas. Otra evidencia de la forma en que fluyó este *lahar* es la presencia de una capa de cantos rodados en el techo de la cueva explorada entre las depresiones 7 y 9 (figura 3.6). Estos cantos son el producto del desgaste ocasionado por un flujo y su mayor densidad los ubica en el fondo de la capa de lodo. Adicionalmente se tiene la presencia de cantos rodados en dos de las perforaciones practicadas en las inmediaciones de la Pirámide de la Luna (perforaciones B y H, 2.3.4.1).

Todo parece indicar que durante el trabajo de explotación del tezontle, se prefirió extraer este material en túneles y así evitar perforar constantemente la capa de toba. De esta forma la toba quedó como techo en la mayoría de las cavidades excavadas. Pero dado que se trata de un buen material de construcción, también se aprovechó la toba misma. Se tienen datos de su uso en muros, en firmes de pisos y en rellenos. Este material debió haberse obtenido de las capas removidas de las depresiones. Con base en las observaciones realizadas entre las depresiones 11 y 11.1, en donde se pudo ver la manera en que se está colapsando el techo de una cámara, se ha propuesto que para obtener bloques pequeños de toba, se permitió que los techos de las cámaras excavadas se colapsaran. De esta manera se pueden fragmentar las capas de tepetate con el mínimo esfuerzo para dejarlas de tamaños susceptibles de uso. De aquí se deduce que las depresiones que ahora observamos son el producto de cámaras que sistemáticamente se han derrumbado; de lo contrario encontraríamos todavía los pilares soportando los techos y aunque se apreciarían derrumbes en algunos lugares, no se tendrían las depresiones vacías. También puede observarse que en el fondo de las depresiones se han encontrado espesores apreciables de sedimentos y que no se tienen bloques de toba; éstos fueron removidos y aprovechados para la construcción.

Una de las razones por las que se utilizó el sistema de extracción del material por medio de túneles es por el hecho de que la perforación de la toba es extremadamente difícil. En sí mismo, el material es muy tenaz y no se fractura; aun los instrumentos modernos de acero no lo penetran con facilidad. Se vuelve especialmente resistente cuando sus partículas se han consolidado con carbonatos, como ocurre con la capa de caliche que se forma en la superficie de la región poniente. Tan resistente resulta que forma el techo de la cámara debajo de la Pirámide del Sol y ha soportado la carga por muchos años. Así, es comprensible que los teotihuacanos evitaran el atravesar este material. Entonces debieron buscar un acceso más fácil a la capa de escoria que siendo fácilmente deleznable, les permitía una extracción más eficiente del material. De esta manera, todo el sistema de túneles explorado muestra un techo de toba e invariablemente el ambiente en que se han excavado los túneles es de escorias.

Es aquí en donde surge la pregunta ¿cómo se formaron las depresiones? Todo parece indicar que los teotihuacanos adquirieron un gran conocimiento del terreno y lo que posiblemente fue accidental en un principio, fue completamente intencional al final. Dejando pilares de sustento en las cámaras excavadas, evitaron que se colapsaran durante el tiempo que convenía tenerlas con techo, pero una vez que decidían aprovechar el material tobáceo, eliminaban los pilares y permitían que el tiempo derrumbara esta capa. Cuando ocurría el derrumbe, los fragmentos de toba ya tenían dimensiones aprovechables y el esfuerzo humano invertido en el aprovechamiento de material habría sido mínimo. Es por esto que en la actualidad las depresiones no contienen restos de bloques de toba en su piso. Entre las depresiones que no presentan tezontle en sus paredes están la parte norte de la depresión 9 y la 9.1. Estas son diferentes de las demás y parece que el único material que se removió en ellas fue toba. La presencia de escorias en esta área es reducida como lo demuestran las perforaciones G, H e I.

Los teotihuacanos tuvieron el conocimiento para identificar el material requerido para un gran proyecto de construcción, y de alguna manera pudieron prever que sería suficiente para tal propósito. Se dispuso de la tecnología para explotar el recurso, y desde luego de un gran proyecto rector que determinó la distancia a la que se usaría el material.

Algunos autores como el propio Mooser (1968) y como Millon (1981), se han planteado la pregunta del por qué de este emplazamiento para construir la ciudad, pues no se encuentra cerca del abastecimiento de agua, ni de los terrenos de cultivo. Ahora el conocimiento sobre la existencia y la explotación de los materiales de construcción pudiera dar la respuesta a esta interrogante.

La importancia del recubrimiento geológico de toba es que sin él no hubiera sido posible la construcción de la ciudad y su crecimiento. Este fue el material que proporcionó la superficie plana, con pendiente suave que tuvo la estabilidad mecánica suficiente para poder construir encima las enormes estructuras piramidales. Esto no hubiera sido posible si las mismas estructuras se hubieran construido al sur del cauce

del río San Juan, donde las capas de sedimentos se hubieran deformado por la carga. De hecho se tienen evidencias de que el desplante de muchas estructuras arqueológicas excavadas se hizo desde el tepetate removiendo la capa de suelo quizá para evitar estas deformaciones (Cabrera, Rodríguez y Morelos, 1991). Por otro lado es un estupendo material para nivelación y rellenos que aún en la actualidad se utiliza. Se encontró también formando parte de muros en las estructuras teotihuacanas.

El volumen de toba calculado en el inciso anterior, $134,049 \text{ m}^3$, corresponde a la quinta parte del volumen calculado para todas las depresiones estudiadas, lo que sugiere que si consideramos una profundidad promedio para las depresiones de 5 m, el primer metro correspondería a la capa de toba volcánica, lo que es una suposición razonable.

LISTA DE FIGURAS DEL CAPITULO 3

3.1 Foto de la cueva con el pilar

3.2 Gráfica distancia depresiones contra estructuras

3.3 Tabla de resultados del volumen de las depresiones

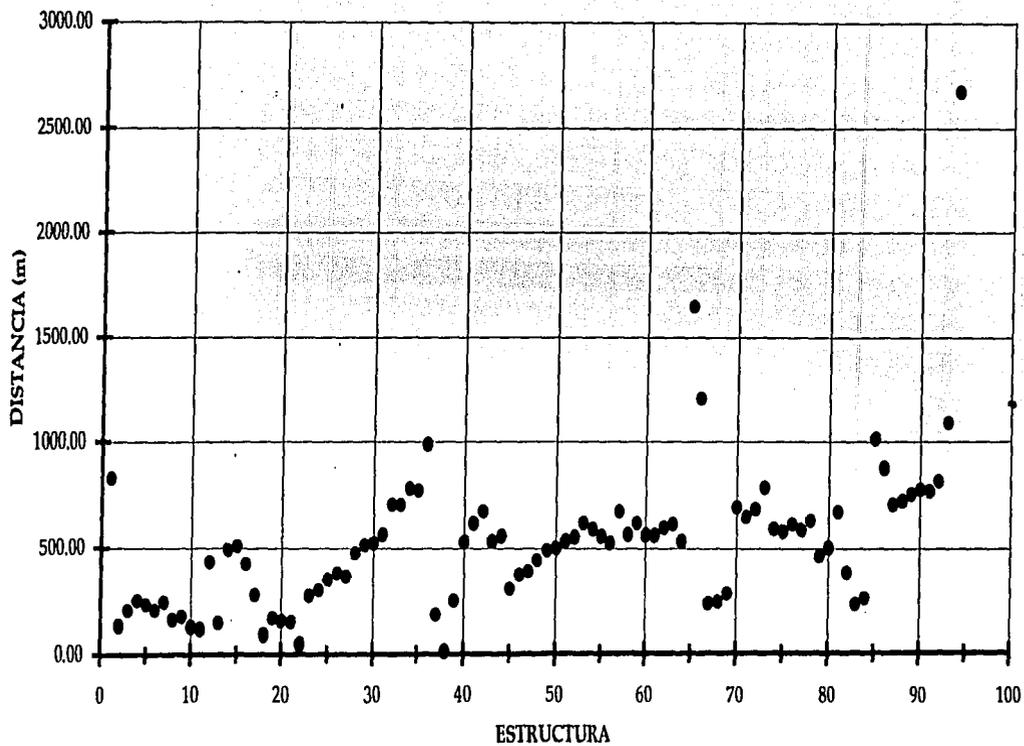
3.4 Tabla sobre tres formas de calcular el volumen de la Pirámide del Sol

3.5 Dibujo del perfil de la Pirámide del Sol

3.6 Foto de cantos rodados en el techo de toba de una cueva



H3.1 Foto de la cueva con el pilar. Este pilar es uno de los muchos que sostienen los techos de cámaras aún en pie. Al remover estos apoyos ocurre el derrumbe de las cámaras, lo que a su vez produce las depresiones.



3.2 Gráfica distancia contra estructuras. Esta gráfica representa la distancia mínima calculada entre cada una de las 94 estructuras registradas y su depresión mas cercana.

<i>No. depresión</i>	<i>cuadro</i>	<i>vol. m3</i>
1	N6W4	7448
2	N6W4	17910
2.1	N6W3	2853
3	N6W3	48607
4	N5W2	12755
5	N5W2	20404
6	N5W2	3237
7	N5W2	38186
7.1	N4W2	38468
8	N4W2	9711
9	N4W2/3-N3W2/3	200000
9.1	N5W1	11138
10	N4W3	13500
11	N3E2	136010
11.1	N3E3	47790
11.2	N3E2	34719
11.3	N3E2	5299
11.4	N3E3	20749
VOL. TOTAL (m3)		668,784

3.3 Tabla de resultados del volumen de las depresiones. Esta tabla resume los volúmenes calculados por distintos métodos para cada depresión.

VOLUMEN DE LA PIRAMIDE DEL SOL

1. CALCULO DEL VOLUMEN POR CUERPOS

LADO	LONGITUD	ALTURA	VOLUMEN
lado 1.1	228.84		
lado 1.2	190.70	h1=19.07	841 457.54
lado 2.1	171.63		
lado 2.2	135.61	h2=15.89	376 707.80
lado 3.1	114.42		
lado 3.2	85.81	h3=12.71	128 259.46
lado 4.1	76.28		
lado 4.2	74.79	h4.1=2.11	12 039.07
lado 4.3	74.79		
lado 4.4	68.44	h4.2=4.23	21 708.65
lado 5.1	57.21		
lado 5.2	38.14	h5=9.53	21 949.60
lado 6.1	25.42		
lado 6.2	19.07	h6=3.17	1 579.29
TOTALES		H t=66.71	1,403,701

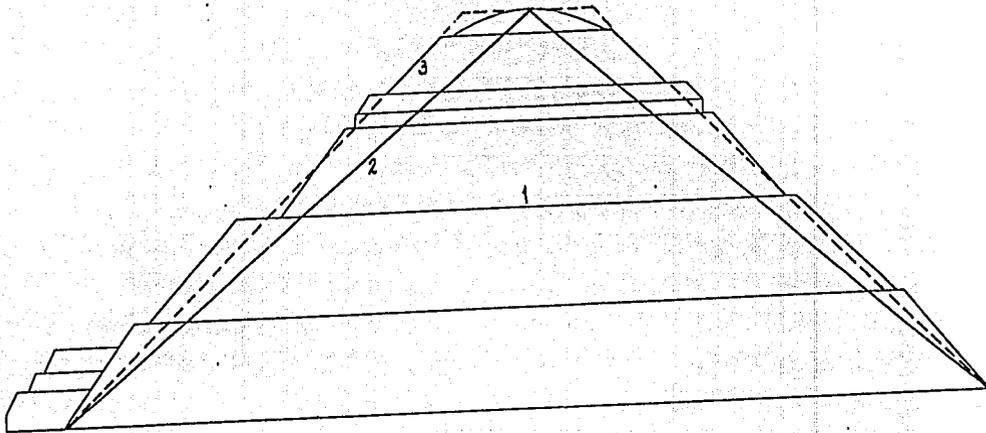
2. CALCULO DEL VOLUMEN DE UNA PIRAMIDE SIN TRUNCAR

lado 1.1	228.84		
lado 6.2	0	66.71	1,164,484

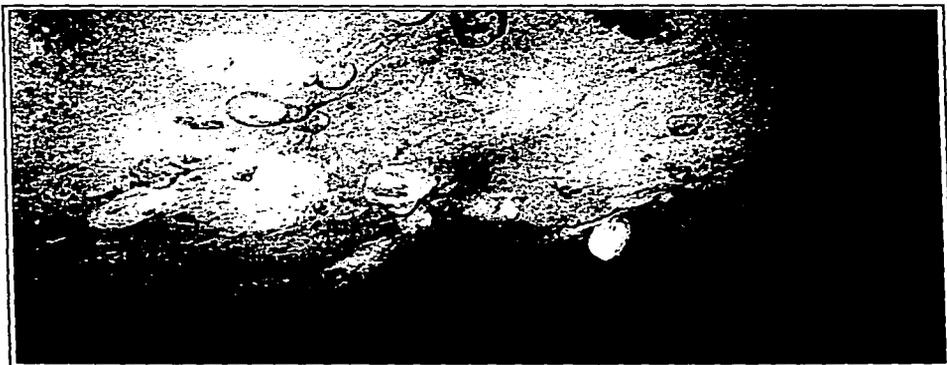
3. CALCULO DEL VOLUMEN DE UNA PIRAMIDE TRUNCADA

lado 1.1	228.84		
lado 6.2	19.07	66.71	1,269,611

3.4 Tabla sobre el volumen de la Pirámide del Sol. Se resumen las tres formas utilizadas para calcular el volumen de la pirámide.



3.5 Dibujo del perfil de la pirámide. Este dibujo se relaciona con la figura 3.4 ya que el cálculo 1 se realizó sumando el volumen de cada cuerpo. El cálculo 2 simplifica la forma a una pirámide de base cuadrada y pierde parte del volumen de los cuerpos superiores. El cálculo 3 es el modelo que se aplicó al resto de las estructuras y mostró un error de 10%.



CANTOS RODADOS EN EL TECHO DE TOBA DE UNA CUEVA

3.6 Foto de los cantos rodados en el techo de una cueva. Estos cantos se relacionan con los encontrados en algunas perforaciones y son la prueba del flujo de lodo incandescente.

CAPITULO 4. ESTUDIO DE LOS RECUBRIMIENTOS DE CAL

4.1. Introducción

Distintos autores (Sanders 1965, Margáin 1966) han planteado la posibilidad de que una fuerte deforestación tuvo relación con el final de la vida de la ciudad de Teotihuacan. Este estudio retoma esta posibilidad y prueba la hipótesis de que una de las causas de la deforestación pudo haber sido el uso intensivo de la madera para la fabricación de la cal, para la construcción de columnas y techos, y para el consumo doméstico cotidiano como leña. Para esto será necesario calcular los volúmenes de material involucrados, y sobre todo complementar estos cálculos con una prueba indirecta de la deforestación ocasionada. Se ha planteado que si tal cosa ocurrió, tuvo que haber ocasionado una fuerte erosión y una sedimentación en las partes bajas del valle. Por esta razón se propone incluir en los siguientes capítulos datos sobre un estudio sedimentológico para reconstruir las secuencias de sedimentación y sus fechas.

La cal fue un material muy importante para las culturas prehispánicas a partir de los teotihuacanos. Fue el material que les permitió dar los acabados de superficie que requirieron para sus estructuras, decorar sus interiores e impermeabilizar sus pisos y techos. Se utilizó en diversas formas: como mortero, aplanado, enlucido, etc. Los teotihuacanos fueron los primeros en el altiplano que hicieron un uso intensivo de la cal. En ese momento era un material novedoso y esta nueva tecnología encontró, en el proyecto de construcción de la nueva ciudad, el lugar más propicio para desarrollarse.

Aun siendo uno de los materiales comunes en las excavaciones arqueológicas de sitios posteriores al Clásico, hasta el momento ha sido muy limitado el estudio de los recubrimientos arquitectónicos a base de cal. Entre los estudios más destacados se encuentran los análisis sistemáticos realizados por Edwin Littmann entre los años 1957 a 1962. En estos estudios recorre distintos sitios arqueológicos del país recogiendo muestras y analizándolas. A continuación se presenta un resumen de sus aportaciones al estudio de este material. A través de varios años publica artículos con el nombre común de *Morteros, aplanados y estucos*, y sólo cambia el sitio en donde realiza el estudio.

En su primer trabajo realizado en Comalcalco, Tabasco (Littmann 1957) propone que el uso de morteros de cal en el Nuevo Mundo parece ser un invento desarrollado en, y limitado a, Mesoamérica. En esos momentos eran muy pocos los estudios sobre este material y antes de Littmann sólo existían algunas menciones sobre el uso de extractos de corteza de árboles en la preparación de los morteros. Cita los trabajos de Morris, Charlot y Morris (1931, 1:220-224). Thompson (1932:174) registra el uso de *sascab* en lugar de arena en la preparación del mortero. Thompson (1954:75) describe el uso de pómez mezclado con lodo en los acabados del área maya. Villa Rojas (1934) menciona el uso del *sascab*. Ruppert, Thompson y Proskouriakoff (1955:67) aseguran que no existe evidencia del uso de arena o piedra caliza molida en el mortero de Bonampak. Foster (1935:577) presenta el análisis químico de un mortero de Chichen Itzá. Un informante de Alberto Ruz en Uxmal menciona que tradicionalmente se mezclaba miel para

preparar morteros. Finalmente, Thompson (1954:75) menciona el uso de corteza de *chacté* para preparar los aplanados.

En su trabajo Littmann establece las siguientes definiciones:

Morteros: Un material de unión, que se encuentra comúnmente entre las piedras y ladrillos, como material de nivelación y relleno en faltantes pequeños. Normalmente contiene un agregado de arena, piedra molida, tierra, *sascab* o concha.

Aplanados: Recubrimiento exterior, generalmente plano, usado como medio protector o como superficie para pintura mural. Frecuentemente es más denso que el mortero y contiene fragmentos más pequeños y menos visibles de piedra o concha.

Estucos: superficie de cal moldeada o modelada con fines decorativos o simbólicos.

Lechada de cal: Superficie muy delgada de material de cal que pudo ser aplicada con brocha o vaciando un líquido en una superficie horizontal.

Littmann incluye las siguientes pruebas químicas: determina calcio, magnesio y material insoluble en ácido clorhídrico y realiza la identificación microscópica de residuos. La ausencia de calizas en las cercanías de Comalcalco y la alta relación molar de calcio a magnesio sugieren el uso de concha para producir cal. Los altos valores de insolubles indican que la cal fue preparada usando una mezcla con arena de 1:1 y de 2 partes de arena por 1 de cal.

En el segundo artículo de la serie, también realizado con muestras de Comalcalco, nuevamente encuentra una alta relación molar de calcio a magnesio que confirma el uso de concha en los aplanados de Comalcalco, tanto en las etapas anteriores como posteriores al uso del ladrillo. El examen microscópico mostró la presencia de carbón y partículas de sílice. En sus conclusiones afirma que no se apreciaron diferencias entre los estucos provenientes de distintas estructuras y de distintos momentos de construcción del sitio.

En el trabajo realizado en Las Flores, Tampico (Littmann 1959), sus principales comentarios son en el sentido de que las muestras 6 y 10 tienen una baja relación de Ca/Mg, lo que le sugiere el uso de una caliza dolomítica combinada con conchas para preparar la cal.

En 1959 estudió estucos de Palenque, Chiapas; en este caso trató con aplanados de muchas capas y con diferentes colores. El uso de la roca dolomítica del lugar es sugerido por una relación de 1:1 Ca y Mg, pero algunos estucos muestran relaciones que van de 3 a 16 que indican pobreza de Mg (apéndice 4.1 tabla).

Por su parte durante el estudio realizado en el área Puuc (Littmann 1960) reporta un dato interesante pues identifica un poco de yeso en una de las muestras. La cal es producida de materiales no marinos como conchas. Difieren de las muestras de

Palenque en que no tienen muchas capas y muestran una clara presencia de materiales granulares y fragmentos de rocas. Muy pocas de las muestras presentaron fragmentos de carbón, lo que sugirió al autor que la forma del quemado de la cal fue diferente, de manera que no se mezclaron los pequeños fragmentos de ceniza y carbón con la cal producida. Las diferencias en los colores han sido atribuidas a mezclas con *sascab* de colores distintos.

Littmann (1960) dedica este trabajo a estudiar la presencia de residuos orgánicos. Menciona que existen muchas referencias al uso de extractos de corteza de diferentes árboles para modificar las propiedades de los aplanados mejorando la facilidad de trabajo o la resistencia y reduciendo las fracturas. Para analizarlo se determinaron las siguientes propiedades de muestras preparadas: encogimiento, velocidad de curado y porosidad. Las pruebas mostraron que una simple extracción en agua fue suficiente para producir el extracto suficiente. Se apreciaron diferencias claras en la velocidad de curado o fraguado, o dicho de otra manera, en la velocidad de absorción del dióxido de carbono pues la adición de extractos tienen la función de retardar la absorción de CO₂. Concluye diciendo que es posible que la adición de extractos produzca quelatos de calcio y magnesio que modifiquen las propiedades finales del aplanado.

En el trabajo en Uaxactún (1962) menciona que las características más importantes de un piso son su resistencia al intemperismo y al desgaste, resistencia a la carga y facilidad para repararse. El piso está constituido por firme, aplanado y acabado, y la suma de esos elementos constructivos forman un piso completo. En muchos aplanados de Uaxactún parece haber sido usado un apisonado de *sascab*, más que cal quemada en la preparación de los firmes, esto lo deduce por la ausencia de carbón en las muestras. Otro aspecto mencionado es la presencia de pequeños fragmentos de piedra en los aplanados de Tzakol y Tepeu, lo que le sugiere un aumento en la intensidad de extracción de piedra en las canteras.

Con la información proporcionada por estos trabajos se hizo una tabla para concentrar los datos analíticos reportados (apéndice 4.1 tabla resultados analíticos). Los aspectos más relevantes se discuten a continuación: el porcentaje de insolubles en los llamados agregados de cal, que deben ser considerados como firmes, es el más alto de la tabla y se puede decir que varían entre 65 y 40 % que corresponde a la presencia de materiales como la arena mezclada en proporción 1:1. De todos estos sólo hay dos firmes provenientes de Palenque que tiene un valor de 25%.

Todos los morteros son de Palenque y sus insolubles están entre 1 y 10%. La gran mayoría de los *plastes* o aplanados para formar pisos y muros son de Palenque y tiene valores entre 1 y 17%. Existe un aplanado que tiene 28 y otro con 0.7 que es muy poco, lo que hace suponer que están mal clasificados. También los estucos son de Palenque y tienen valores muy bajos que van de .5 a 2% de insolubles. Las lechadas de cal (*SAS con*) son muy distintas en Comalcalco y Palenque. En Comalcalco tienen valores altos de insolubles entre el 13 y el 19% mientras que los de Palenque tienen valores menores de 1. Hay una muestra mal clasificada con 11%.

Es notable que en las Flores y en Comalcalco, se agrega una gran cantidad de carga a la mezcla de cal. Quizá se deba a la escasez del recurso, esto es claro sobre todo, en los agregados. En cambio en Palenque las proporciones de la cal son muy altas, llegando en ocasiones a tener 99.5% de cal en la mezclas de lechadas y algunos aplanados.

Esto se nota claramente cuando se atiende a los porcentajes promedio por tipo de material.

	firmes	aplanados	lechadas	morteros
Comalcalco	55.5	17.4	17.4	
Las Flores	65.9	8.5		
Palenque	30.4	4.1	0.6	4.1

Para concluir, puede decirse que existe una relación estrecha entre la clasificación de los materiales y el porcentaje de insolubles en ácido. Esto significa que los nombres se les han dado considerando características macroscópicas que se relacionan con la proporción de cal y su función. Por otro lado, se aprecia también una relación entre la localidad en la que se obtuvieron las muestras y la relación molar Ca/Mg. Esto indica que en sitios como Las Flores y Comalcalco la cal se preparó a partir de concha de moluscos, en consecuencia se tiene alta proporción de calcio y baja de magnesio (los valores de la relación Ca/Mg varían entre 10 y 50). Cuando se llega a Palenque se aprecia que disminuye el valor de la relación y esto quiere decir que la proporción de magnesio se incrementa con respecto al calcio, lo que indica que se trata de cal proveniente de una roca dolomítica con proporciones semejantes de los dos elementos (varía de 0 a 10 aproximadamente).

En resumen, los trabajos de Littmann realizados entre 1957 y 1962, son el punto de partida para los estudios posteriores sobre este material. Desafortunadamente gran parte de estos trabajos tratan con aplanados con propósitos decorativos ya sea para relieves o para murales. El resto de los aplanados para pisos, techos o muros sin decoración han recibido muy poca atención, cosa que pretendemos invertir en este trabajo. Los datos analíticos anteriormente discutidos serán de utilidad en los cálculos posteriores sobre los consumos de cal en Teotihuacan.

4.1.1 Origen de los recubrimientos de cal

Todo parece indicar que el uso de los aplanados de cal se da en el Formativo en la península de Yucatán. Es evidente que por la abundancia de roca caliza se favorezca el descubrimiento de su uso como cal hidratada. En mi opinión, en la península, el simple uso de tres piedras en los hogares, es suficiente para realizar la conversión de roca caliza a cal viva, y el apagado ocurriría con adición de agua o la humedad ambiente. De esta forma accidental, fácilmente pudo descubrirse la producción de calhidra. Sin embargo, su uso como recubrimiento arquitectónico no fue tan intenso, ni siquiera en Palenque. Es muy probable que los teotihuacanos hubieran tenido conocimiento de esta tecnología y que la aprovecharan para la construcción de su ciudad. Crespo y Mastache (1981:103) refiriéndose al Barrio de Oaxaca, citan una

comunicación personal de Sanders que dice: "la actividad de este grupo en Teotihuacan pudo estar relacionada con el trabajo en estuco, ya que el uso de estuco en las construcciones es una tradición más temprana en Monte Albán que en Teotihuacan". Adicionalmente, según Fahmel (1995) existen evidencias de la relación y es muy posible que la tecnología maya hubiera sido canalizada hacia Teotihuacan a través de Monte Albán entre los años 150 y 200 d.C. Como se verá adelante, se encuentran evidencias muy tempranas de recubrimientos estucados en la zona oaxaqueña que sustentan esta propuesta, además de los aplanados localizados en el propio sitio de Monte Albán. También menciona (Fahmel 1995:11) que entre el año 1 y el 400 d.C. se produce un intercambio estrecho entre las tierras altas de Oaxaca y el sureste mesoamericano que se manifiesta con "un enriquecimiento tecnológico y formal de la arquitectura oaxaqueña y un incremento en el intercambio de tipos cerámicos". Durante la época II tardía los señores de Monte Albán reciben tipos cerámicos de las fases Miccaotli y Tlamimilolpa (150-350 d.C.). Además indica que hacia los años 350-400 d.C. el basamento de las Serpientes Emplumadas sufrió una gran destrucción y un grupo de personas se trasladó al "Barrio Oaxaqueño" y enterró bajo sus viviendas el recuerdo de Cocijo-Viento-Fuego. Estas son algunas evidencias de la forma en que un desarrollo tecnológico proveniente de la zona maya llegó a Teotihuacan a través de Monte Albán justo en el momento en que la ciudad inició la construcción de los conjuntos departamentales y en consecuencia, el consumo de grandes cantidades de cal durante la fase Tlamimilolpa.

Por otro lado se tienen algunas menciones dispersas de la presencia temprana de recubrimientos de cal. En su publicación sobre Tlapacoya, Barba de Piña Chan (1980:36) menciona que "aparecen pisos de estuco, muy rudimentarios, pero en los que ya se aplica la cal, que corresponden a las etapas finales de la época". Más adelante en su texto describe que "en la parte baja de la pirámide, en el piso que corresponde a la última época, había un estuco incipiente: arena y lodo con una poca de cal, formando una mezcla bastante consistente, pero no tanto como el estuco que encontramos posteriormente en Teotihuacan" (Barba de Piña Chan 1980:126).

Para la zona de Oaxaca también se tienen algunas menciones interesantes en los trabajos de Flannery y Marcus (1983: 47): "en la fase Tierras Largas temprana (ca. 1350 a.C.) se construyó en San José Mogote un nuevo tipo de construcción 'pública'. Se trataba de un edificio público de un cuarto con aplanados de cal, de los cuales se conocen 8 ejemplos. El piso era de estuco de cal sobre una plataforma de fragmentos de roca madre, arcilla, cal y arena".

También se cuenta con la información reportada por Flannery (1976:31) en la descripción de la unidad habitacional N.1 de la Fase Tierras Largas Tardía, descubierta en el área B. Menciona que la construcción fue hecha de bajareque recubierto con lodo y acabado con arcilla caliza blanca.

Flannery (1976:334), en la descripción de edificios públicos encontrados en San José Mogote fechados en la fase Tierras Largas (1400-1150 a.C.), asienta que "eran construcciones rectangulares con postes de pino y con piso de aplanado de cal sobre

una plataforma de fragmentos de toba volcánica, cal y arena. Las paredes fueron construidas con los mismos materiales y recubiertas con verdaderos aplanados de cal y algunas veces pueden detectarse varias capas. En el piso de una de estas construcciones se encontró, frente a un pequeño altar, un hoyo de almacenamiento lleno con cal en polvo para hacer estuco”.

A diferencia de asentamientos anteriores en el altiplano, las construcciones de Teotihuacan se caracterizaron por un extenso uso de la cal en sus diversas formas: estuco, argamasa, mortero, revoque, encalado, etc. Los datos actuales sobre el asentamiento anterior de mayor importancia -Cuicuilco- indican que en este sitio no se utilizaron los aplanados de cal. En cambio, en las excavaciones recientes practicadas en Tetimpa por Plunket y Uruñuela (1995) en un sitio Formativo en la ladera del volcán Popocatepetl en el Valle de Puebla (200-100 años a.C.), se localizan elementos arquitectónicos de tablero y talud con posible recubrimiento de cal.

Estas son evidencias del conocimiento de la cal durante el Formativo en el sureste y apoyan la propuesta de una difusión de un conocimiento tecnológico que partió de la región maya, pasó a través de la zona oaxaqueña y llegó al altiplano a principios del Clásico. Lo que es indudable es que este conocimiento fue aplicado de manera intensiva por primera vez en la ciudad de Teotihuacan.

Si bien para nuestra cultura el recubrimiento de un edificio tiene funciones estéticas o utilitarias (conservación, impermeabilización, etc.), para los teotihuacanos pudo haber tenido además una función religiosa. Una de las dualidades del pensamiento prehispánico que prevalece hasta nuestros días, es la del fuego y el agua. Este binomio purifica y sacraliza y son estos dos elementos precisamente los que se requiere para fabricar la cal. Es por esto que valdría la pena buscar el significado de algo, como los recubrimientos de cal, que habían pasado desapercibidos, en una ciudad en que todo tiene un simbolismo mágico religioso.

Este pensamiento se combina con la magnitud de la ciudad y con la gran cantidad de estructuras recubiertas con aplanados de cal que se encuentran en Teotihuacan. Margáin (1966) ya menciona la conveniencia de realizar un cálculo de los aplanados presentes en la ciudad y propone un procedimiento para realizarlo, pero una tarea de esta naturaleza rebasaba con amplitud los recursos y datos disponibles en esa época.

Se ha considerado que vale la pena realizar esta cuantificación y tratar de obtener datos sobre cuál pudo haber sido el impacto del uso de la madera utilizada en la producción de cal, en aspectos como la erosión y la sedimentación en el valle. Si se parte de que la cantidad de cal utilizada en la construcción de la ciudad debió haber sido muy grande y que en consecuencia la madera necesaria para producir esa cal también fue muy abundante, se sigue que el volumen de madera cortada para este propósito debió limpiar grandes extensiones de bosques. Como consecuencia, debió haber aumentado la erosión en las laderas del valle y aumentar la tasa de sedimentación en las cuencas. A fin de probar la hipótesis anterior es necesario calcular la superficie de las construcciones teotihuacanas que fueron recubiertas con aplanados de cal.

Aprovechando las dimensiones registradas en la tabla para el cálculo de los volúmenes de las pirámides (apéndice 3.6), se calculó la superficie lateral de las dos pirámides principales, pero además fue necesario incluir las estructuras menores. El cálculo realizado tomando los datos de las dimensiones de todos los montículos pequeños registrados en el mapa suma 118 500 m²; si esto se multiplica por el espesor promedio del aplanado (10 cm) produce un volumen de 11,850 m³ de estuco que significa 23,702 ton de carbonato de calcio como materia prima; si a esto se le suman las 25,800 toneladas del recubrimiento de las Pirámides del Sol y de la Luna, además de las plataformas respectivas, se tienen cerca de 49,500 ton de carbonato recubriendo las estructuras piramidales a lo que hay que sumar los recubrimientos y morteros de los conjuntos residenciales.

Hasta donde se sabe, la piedra caliza necesaria para la producción de cal se hallaba en la región al sureste de Tula, donde es posible que los teotihuacanos tuvieran un centro para controlar la explotación en Chingú (Díaz Oyarzábal 1980:60). En este trabajo se menciona que la piedra caliza es el material de construcción del sitio ya que abunda en las cercanías. Aunque se tienen evidencias de la relación de este sitio con Teotihuacan desde el Preclásico, y se sabe que la expansión teotihuacana pudo haber comenzado en la época Tzacualli, es en la fase Tlamimilolpa cuando se hace evidente una relación de control que convierte a Chingú en una verdadera zona metropolitana de Teotihuacan. Esto coincide con el inicio de la construcción de los conjuntos residenciales en la ciudad. Durante la ocupación Xolalpan se tienen indicios de un fin gradual del sitio. Aunque, hasta el momento, no existen evidencias arqueológicas sobre la explotación de roca caliza para producir cal en el sitio, también Crespo y Mastache (1976) coinciden en que el aprovechamiento de los bancos de roca caliza pudo ser uno de los motivos de la expansión teotihuacana. Rattray (1995:71) también menciona la posibilidad de que el barrio oaxaqueño al poniente del asentamiento teotihuacano tuviera como función la distribución de la cal.

Gibson (1991:343) menciona que en el siglo XVI la piedra caliza era difícil de conseguir en la Ciudad de México. En el principio de la Colonia "la cal se producía en los pueblos de Zumpango, Citlaltépec, Xaltocan, Hueyapoxtla y Tequixquiac. En Hueyapoxtla la quema de piedra se convirtió en una industria importante". Sin embargo, a finales del periodo Colonial la mayor parte de la cal para la Ciudad de México ya se obtenía de la región de Tula. Estas menciones nos indican claramente que uno de los lugares más accesibles para los teotihuacanos debió ser la región cercana a Tula, con afloramientos de roca caliza localizados en las cercanías de los actuales poblados de Santa María Apaxco, Apaxco de Ocampo, Hueyapoxtla, Santiago Tequixquiac y Tlapanaloya. Estas poblaciones modernas coinciden con las mencionadas para el siglo XVI y además de otras posibilidades un poco más al norte como Chingú, es una zona lógica de aprovisionamiento de roca caliza, a sólo 30 km de distancia de la ciudad, que necesita estudiarse con detalle para ver su relación productiva con Teotihuacan. Otros afloramientos a distancia razonable son los de los alrededores de Cuernavaca, sin embargo hay que considerar que la distancia se duplica y que el desnivel de terreno es de 1000 m de regreso con la carga. Esta posibilidad de aprovisionamiento tiene la ventaja de que la mitad del camino desde Chalco se podía

recorrer con canoa en el lago. Lo que si es un hecho es que el Valle de Teotihuacan no dispone de este recurso geológico, que los dos puntos mencionados son los más cercanos y que un estudio de proveniencia con herramientas analíticas podría aportar información sobre los lugares de obtención del material.

Hasta el momento no se tiene evidencia arqueológica del uso de hornos en Teotihuacan, ni para la transformación de cal ni para la quema de cerámica, pero los hornos no son un requisito indispensable para realizar estos procesos y la quema se puede hacer en hogueras abiertas o en emparrillados.

4.2 Descripción del proceso de transformación

Las etapas de transformación química se inician con la descomposición de la piedra caliza con alta proporción de carbonato de calcio, a un óxido, la cal viva, mediante el uso de calor. Luego, al reaccionar con agua forma un hidróxido, la cal apagada, y finalmente fragua incorporando el dióxido de carbono atmosférico para volver a formar el carbonato de calcio, pero ahora con la forma que el constructor le ha dado como mortero o estuco. En estas transformaciones destacan algunos aspectos:

1. La gran necesidad de energía para la primer transformación y en consecuencia, la gran cantidad de leña requerida.
2. La reacción de apagado, fuertemente exotérmica, produce la transformación del óxido en hidróxido.

Para cuantificar el punto 1 requerimos el dato del calor de reacción en la reacción química. El punto 2 implica que fue difícil transportar la cal como cal viva. En efecto, el transporte de carga, con "tamemes" o "mecapaleros"; utilizaba un "tenate" o canasto. El menor contacto con agua o sudor provoca una reacción química que libera una gran cantidad de calor, al punto de que llega a hervir la mezcla alcalina, con proyecciones. Esto obligó, al menos durante las primeras etapas constructivas de Teotihuacan, a que la transformación se realizara cerca del lugar de uso.

La producción de calhidra, por implicar un avance tecnológico, se debió dar en etapas posteriores. Por otro lado, actualmente existen culturas aborígenes que obtienen cal apagada con procedimientos relativamente sencillos. Esto implica que aun cuando la producción de calhidra implique un avance tecnológico, puede considerarse como de nivel preindustrial.

De manera resumida, las reacciones involucradas en la producción y uso de la cal son:

1. $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ ($\Delta H = 42.05 \text{ kcal/mol CaCO}_3$)
2. $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$
3. $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Como puede verse, el número de moles de CaCO_3 en la caliza es igual al número de moles de CaCO_3 en el aplanado. En otras palabras, la masa de carbonatos en el aplanado es igual a la de la piedra caliza (supuesto 100% de carbonato de calcio en la roca). Es por esto que en las tablas de cálculos se determina el carbonato de calcio presente en el recubrimiento.

La reacción 1 es la única que requiere de energía calorífica (de leña): 420.5 kcal por cada kilogramo de roca caliza (CaCO_3), ya que la masa molar del CaCO_3 es 100 g/mol.

La "cal viva" producida en la reacción 1, se combina en la reacción 2 con agua en un proceso altamente exotérmico (gran desprendimiento de calor). La cal viva literalmente explota en contacto con el agua; mientras mejor haya sido la calcinación, más violenta es la reacción. Ello hace suponer que la cal viva era producida "in situ" pues su transporte resultaba peligroso. La madera empleada fue, en consecuencia, de las cercanías de Teotihuacan. Durante las primeras etapas es casi imposible que los teotihuacanos produjeran calhidra (reacción 2) y luego la transportaran, pues se necesita un control sobre la cantidad de agua y sobre el secado para evitar la reacción 3 antes de tiempo.

Conocidas las etapas de transformación química, resta cuantificar cuál pudo ser la superficie recubierta con aplanados en la antigua ciudad de Teotihuacan.

4.3 Cálculo de volumen de recubrimientos de cal utilizados en la construcción de unidades habitacionales

Para tener una idea del orden de magnitud con el que íbamos a tratar se hizo una estimación preliminar utilizando los resultados del proyecto Teotihuacan Mapping Project. Millon (1973) propone que existen alrededor de 2000 unidades habitacionales registradas durante los trabajos de arqueología de superficie. Menciona también que las dimensiones promedio de ellas son 60 por 60 metros. Con estos datos se hizo una estimación preliminar de la superficie estucada. La superficie de cada unidad sería de 3600 m², si consideramos que se tiene piso y también techo, entonces se duplica a 7200 m². Considerando las dos caras de los muros internos de estas unidades, cuando menos debemos agregar otro tanto, con lo que tendríamos cerca de 10 000 m² de superficie por cada unidad. Al multiplicar por el número total de unidades nos quedan 20 000 000 m² (2000 Ha). Si se estima que el espesor de estos recubrimientos es de 5 cm en promedio entonces se tienen 1 000 000 m³ de aplanados de cal. Si estos aplanados fueran preparados con 90% de cal, de manera preliminar podemos hablar de 900 000 m³ de carbonato de calcio. Esto equivaldría a tener una montaña de carbonato de calcio casi del tamaño de la Pirámide del Sol, lo que sugiere que vale la pena realizar el cálculo detallado.

Esta primera aproximación, nos muestra que puede ser muy grande la cantidad de cal involucrada en los acabados de una ciudad como Teotihuacan, aunque también hay que considerar que fue amplio el espacio de tiempo en que se usó. Hay que agregar el

recubrimiento de las pirámides, el de las plazas y calles, el de las subestructuras y sus reparaciones, entonces la cifra se elevaría aún más (aproximadamente un 30%). Si como mencionamos, por la ineficiencia del sistema, se requiere una gran cantidad de energía para realizar la transformación, entonces nos encontramos ante la posibilidad de que la cantidad de combustible utilizado sea muy grande.

Para verificar esta propuesta y profundizar en los detalles de este estudio, se procedió a realizar el cálculo de la superficie total estucada. Para ello nos apoyamos en el mapa producido por Millon (1973) en donde se interpretan los datos del reconocimiento de superficie y se muestran los límites probables de las unidades habitacionales. Se midieron, una a una, las dos dimensiones de los rectángulos que representan cada unidad. Se procedió siguiendo la retícula N-S y E-W trazada en el proyecto original y por cada cuadro se registraron todas las unidades encontradas. Se hizo la captura en una hoja de cálculo y se determinó la superficie total. Para verificar algunas de las mediciones se digitalizaron algunos de los cuadros del mapa y se midió su superficie y perímetro automáticamente. Este procedimiento permitió observar diferencias mínimas en las dos formas de medición (figura 4.1 medición de conjuntos). Se encontró que las dimensiones promedio de los lados son muy parecidas, lo que indica una gran tendencia a hacer cuadradas las unidades. La dimensión promedio de los lados es de 44 m. El área promedio calculada hasta el momento resulta de 2114 m². Estos datos son menores que la estimación hecha por Millon y permiten ajustar nuestros cálculos.

4.3.1 Interpretación de las tablas de datos de las unidades habitacionales

Tabla dimensión N-S

Esta tabla resume los datos de la medición de altura (dimensión N-S) de los rectángulos que representan las unidades habitacionales en cada cuadro del mapa de Millon. Analizando los valores promedio por renglones se puede observar que hacia el norte aumentan los valores y hacia el sur disminuyen. Analizando los promedios en la dirección E-W se aprecia que hacia el este aumenta esta dimensión de altura. En el análisis por sectores se tiene que el sector 2 (noreste), es el que tiene un promedio de altura mayor, mientras que el sector 4 (sureste), tiene el valor menor. Los dos sectores del oeste son iguales. El promedio general es de 43 m en la longitud norte al sur (figura 4.2).

Tabla dimensión E-W

En esta tabla se tienen los datos de la dimensión este-oeste (base) de los rectángulos que representan las unidades habitacionales en los cuadros del mapa de Millon. Respecto de los promedios de las dimensiones de los conjuntos de la ciudad vistos del norte al sur puede apreciarse que hacia el centro aumentan los valores y hacia el sur se presentan los mínimos. En la dimensión E-W, cuando se analiza del este al oeste de la ciudad, se tiene un promedio constante con ligeros aumentos en el centro y el extremo oriental. El promedio global es cercano a 45 m y es muy cercano al de la tabla anterior (figura 4.3).

Tabla de superficie construida por cuadro

Esta tabla reúne los datos sobre los resultados del cálculo de la superficie construida por cada cuadro del mapa de Millon. La superficie se calculó multiplicando el dato de la base por la altura de cada rectángulo registrado y sumando el total por cuadro. En esta tabla es notable como se incrementa la superficie construida por línea en el centro de la ciudad, a los lados de la Calle de los Muertos y en el sector entre la Pirámide del Sol y la Ciudadela. Cuando se atiende a los promedios de superficie construida por línea nos percatamos de que en los extremos el promedio se incrementa. Lo que es una constante es que la parte sur de la ciudad presenta los menores valores en todos los indicadores. El promedio global de la superficie de todos los conjuntos que es 2114 m² por unidad (figura 4.4).

Tabla de densidad de conjuntos

En esta tabla se resume la cantidad de unidades habitacionales construidas por cada cuadro del mapa de Millon. Como en todas las tablas anteriores puede apreciarse que la mayor cantidad de unidades habitacionales se concentran en los cuadrantes de la parte norte de la ciudad. El máximo de unidades construidas se encuentra en el sector noroeste, que tiene la misma cantidad de unidades que la suma de los tres sectores restantes. En cuanto a los promedios tenemos que a los lados de la Calle de los Muertos se tiene el más alto promedio de unidades construidas y lo mismo ocurre cuando se considera la parte norte de la ciudad. El número total de unidades registradas es de 2199 y el promedio general de unidades construidas por cuadro es de 19. Cuando se atiende al promedio por sector tenemos que los sectores del norte tienen valores por arriba del promedio general y el valor máximo está en el sector noroeste, mientras que los sectores del sur tienen valores promedio bajos con un mínimo en el sureste de 9.3 unidades por cuadro en el sector (figura 4.5).

Tabla de conjuntos irregulares

Se observó que aunque la mayoría de las unidades tienden a ser cuadradas o rectángulos regulares, algunas de las unidades medidas eran irregulares y formaban "eles". Se calculó el porcentaje de unidades y se notó que en la parte norte se tiene el mayor número de unidades irregulares (figura 4.6).

La conclusión es que habiendo una dimensión promedio muy constante y una gran tendencia a hacerlas cuadradas y regulares, es notable como también tuvieron que adecuarse a los espacios libres disponibles y esto hizo que variara su patrón de construcción haciendo las unidades irregulares. Este es un fenómeno que ahora puede apreciarse en el centro de las grandes ciudades, cuando aumenta la plusvalía del terreno. Con estos datos debe explorarse la posibilidad de que las unidades irregulares representen los conjuntos construidos en la última etapa, cuando ya no se disponía de lugares idóneos para construcción.

4.3.2 Interpretación de los mapas de distribución de unidades habitacionales

Gráfica de distribución de conjuntos departamentales

En este mapa se representan las unidades habitacionales presentes en cada cuadro

del mapa de Millon. Se puede apreciar como el máximo de densidad de unidades habitacionales se encuentra en la parte central norte de la ciudad. Una densidad media se aprecia siguiendo los dos ejes principales hacia el este y el oeste y hacia el sur, pero hacia el norte el incremento es notable. Corresponde con exactitud a la zona que rodea la Pirámide del Sol y hacia la Pirámide de la Luna. Un gran pico se destaca en la zona de Oztoyahualco. Otra concentración de unidades construidas en Teotihuacan se encuentran cerca de la Calle de los Muertos y entre las dos grandes pirámides. De este modelo sólo se dispara la zona noroeste y los barrios desarrollados sobre los ejes, como el Barrio de Oaxaca al oeste y el de los Comerciantes al este (figura 4.7).

Gráfica de distribución de superficie construida

En principio, la distribución de este mapa refleja al mapa anterior por razones obvias, pero en este caso se tiene información adicional sobre las dimensiones de las unidades habitacionales. Aun cuando en el mapa anterior se aprecia que la mayor densidad se encuentra sobre la Calle de los Muertos, entre las dos pirámides mayores, en este mapa puede verse que sus dimensiones tienden a ser pequeñas. Esto debe tener relación con la superficie disponible. En este espacio tan importante, el terreno es más cotizado y la superficie disponible reducida; la consecuencia es que se tienen concentradas muchas unidades pequeñas. En contraste se tienen los espacios al oeste de la Ciudadela donde las dimensiones aumentan considerablemente. Por lógica hacia las afueras de la ciudad se dispuso de mayores espacios y las dimensiones de las unidades aumentaron. Tal es el caso de la zona inmediatamente al noreste de la Pirámide de la Luna y la zona del Barrio de los Comerciantes al este de la ciudad. Como en el mapa anterior, es notable como en las orillas del mapa disminuye la presencia de unidades y sólo se pueden ver aumentos siguiendo la Calle de los Muertos al sur y hacia el este y el oeste. Se destaca un aumento en la superficie construida en un sector al sur cercano a la Calle de los Muertos. Ya he propuesto anteriormente que la mayoría de las construcciones se encuentran en la parte norte de la ciudad, pero en este mapa se puede delimitar la mancha urbana y correlacionarla con la presencia de las depresiones. El resultado es que la relación entre las depresiones y la presencia de las construcciones es muy estrecha, y tiene que ver con el aprovisionamiento de materiales (figura 4.8).

Mapa de distribución de conjuntos irregulares

Uno de los indicadores de la limitación en espacio disponible para la construcción es que conociendo la gran tendencia teotihuacana a hacer sus unidades cuadradas, se encuentran unidades en forma de L (ele). Esto puede estar indicando restricciones de espacio. En este mapa se muestra que nuevamente el espacio comprendido entre las dos pirámides mayores, que resultó el más densamente construido, es el que tiene más unidades irregulares, el área que le sigue es otra vez el área al noroeste de la Pirámide de la Luna. El resto del área muestra que hacia las orillas de la ciudad no se requirió deformar las unidades y que todas pudieron hacerse cuadradas. Como se propuso anteriormente, las unidades que son cuadradas en las áreas más densamente construidas debieron ser anteriores a las unidades irregulares que se adaptaron al espacio restante. La correlación entre los valores máximos en el mapa de densidad y el de unidades irregulares es casi exacta y se aprecia una gran correspondencia (figura 4.9).

Mapa de superficie promedio por cuadro

Este mapa es más homogéneo pues representa el promedio de la superficie por cada cuadro. Sin embargo, existen diferencias dignas de destacarse. En el mapa de distribución en el área de Oztoyahualco se presenta una gran cantidad de pequeñas unidades habitacionales, pero en este mapa se nota que el área construida promedio es menor. En contraste, aunque también existen unidades construidas en el centro de la ciudad, éstas pueden ser mayores, pues el resultado es que el área promedio aumenta considerablemente en la zona cercana a la depresión 9. en la zona de conjuntos residenciales al noroeste del Gran Conjunto. Hacia el sur resulta despreciable la superficie promedio (figura 4.10).

Hasta el momento sólo se han considerado las superficies de piso construidas pero otra gran extensión de superficie con aplanados son los techos. Según la reconstrucción de los materiales utilizados en el techado publicado por Margáin (1966) la impermeabilización final se hace con aplanados de cal. Para determinar la superficie techada, se consultaron los planos arquitectónicos publicados por los autores de las excavaciones realizadas en unidades habitacionales (Linné 1934, 1942; Séjourné 1966; Manzanilla 1993) y se determinó el porcentaje de la superficie total que tiene patios descubiertos. Para tres de las unidades estudiadas tenemos 15, 20 y 25% del área total sin techo. Hasta el momento podemos utilizar el 80% como el factor a aplicar en todas las unidades, a reserva de ampliar la muestra y mejorar el dato. Este factor fue aplicado al total de las unidades y con esto se estimó la superficie techada total. Utilizando los mismos planos arquitectónicos se realizó el cálculo de la superficie de muros que se encuentran recubiertos con aplanados de cal en las unidades habitacionales.

4.3.3 Mediciones de muros en las unidades habitacionales excavadas

Con el fin de conocer cual sería el recorrido de muros por cada metro cuadrado de superficie construida en las unidades habitacionales se midieron las longitudes de los muros en los planos obtenidos de algunas de las unidades excavadas en Teotihuacan, los resultados se muestran a continuación. Los dibujos de los planos se obtuvieron del artículo de Manzanilla (1993: 32-40) quien cuidadosamente redibujó los planos originales. (apéndice 4.2 planos de conjuntos departamentales excavados):

Oztoyahualco

De las mediciones realizadas en los tramos de muros de esta unidad excavada por Linda Manzanilla entre 1985 y 1987 se midieron 181 m de muros con 52 tramos, con un promedio de 3.5 m por tramo. La superficie total excavada fue de 550 m². El recorrido de muros por metro cuadrado de construcción es de 0.33 (apéndice 4.3 tabla mediciones en muros).

Tetitla

En esta tabla se tienen los datos de la medición de 256 tramos de muros que suman un total de 1238 m de muros, con un promedio de 4.8 m por tramo. Sus dimensiones son 60 m por lado y su superficie total es 3600 m². El coeficiente es de 0.34 m de muro

por cada metro cuadrado de construcción.

Tlamimilolpa

En esta unidad se midieron 346 tramos de muro y sumaron 1424 m de longitud de muros, con un promedio de 4.1 m por tramo. La superficie excavada es de 3640 m² con 176 cuartos (según Margáin 1966:164, la superficie aproximada es 4000m²). En este caso el recorrido de muros por metro cuadrado varía entre 0.35 y 0.39.

Xolalpan

En esta unidad se midieron 109 tramos de muro y su longitud total es de 400 m, lo que hace un promedio de 3.7 m por tramo. Este es uno de los conjuntos habitacionales pequeños. Sus dimensiones son 38 por 32 m y su superficie es de 1300 m². También en este caso el coeficiente es de 0.31 m/m².

Yayahuala

En esta unidad se midieron 188 tramos, la longitud total de muros es de 1198 m y el promedio es de 6.4 m por tramo. También sus dimensiones son 60 m por lado, lo que da una superficie de 3600 m², con un coeficiente de 0.33 m/m².

Zacuala

Se midieron 561 m de longitud de muros sumando 86 tramos, con un promedio de 6.5 m por tramo. Sus dimensiones externas son 58 por 62 m, que hacen una superficie construida de 3596 m². Es notable que en este caso el promedio de los tramos medidos es alto con 6.5 m. Esto coincide con un coeficiente bajo de sólo 0.16 m/m². Esto sugiere que en las construcciones denominadas *palacios*, podemos encontrar espacios mayores que se manifiestan en los datos como tramos de muros más largos y en consecuencia, menos muros por unidad de superficie.

4.3.4 Resumen

El resumen de toda las mediciones indica que se midieron 1094 tramos de muros en total y tienen una longitud de 5447 m, lo que da un promedio de casi 5 metros por tramo medido. La superficie total construida es de 16 202 m² para las unidades estudiadas. El coeficiente general es de 0.34 m de muros por cada metro cuadrado de construcción. Sin embargo, dado que los datos de Zacuala tienden a disminuir el valor, para los cálculos vamos a utilizar el coeficiente de 0.35 m/m².

Por otro lado, se determinaron los tramos con la menor longitud pues representan los espesores de muros. Los valores mínimos para cada unidad se promediaron y el valor resultante fue 0.75 m que determina el espesor mínimo promedio de los muros en estas unidades. Sin embargo hay que considerar que 10 o 15 cm de este espesor lo constituye el aplanado. Margáin (1966: figura 7 y 15) muestra muros de 50 cm de espesor con 10 cm de aplanados. Estos datos serán de utilidad para calcular el volumen de materiales utilizados para levantar los muros pues aunque las mediciones de los muros en los planos de los conjuntos reproducidos por Manzanilla (1993) indican un promedio mayor a los 50 cm de espesor, considero conveniente utilizar un valor mínimo razonable para realizar el cálculo ya que proporciona valores conservadores

que pueden aumentar cuando se tengan mediciones específicas.

4.3.5 Cálculo del volumen de cal utilizada

En el punto 3.1.2 del capítulo anterior se realizó el cálculo del volumen total de materiales presentes en el núcleo del muro. De ellos el volumen del del mortero que liga las piedras en los muros se estimó en 30% del total, en consecuencia, el volumen del mortero será:

$$V \text{ mortero} = 1,595,825 \times 0.3 = 478,747 \text{ m}^3 \text{ de mortero en muros}$$

Masa mortero = $478,747 \times 2.5 \text{ ton/m}^3 = 1,196,867 \text{ tons de mortero}$
considerando el 60% de pureza en el mortero se tienen 718,120 tons CaCO_3 en morteros

El cálculo del volumen de aplanados en los muros tiene los siguientes pasos:

$$\text{Long} = 4,559,500 \text{ m}^2 \times 0.35 \text{ m/m}^2 = 1,595,825 \text{ m de muros totales}$$

$$\text{si consideramos sus dos caras, Long} = 3,191,650 \text{ m de muros } 2c$$

Para calcular la superficie recubierta con aplanados se consideran 2.5 m de altura:

$$St = 7,979,125 \text{ m}^2 \text{ de superficie aplanada}$$

Se consideran 5 cm de espesor promedio de los aplanados:

$$Vt = 398,956 \text{ m}^3 \text{ de aplanados en muros}$$

Se requiere añadir la superficie de pisos recubierta con aplanados. Aunque se sabe que el acabado de los techos también tenía aplanados de cal y que pudiera representar el 80% de la superficie de pisos este dato es incierto y por el momento no se incluirán en los cálculos, entonces:

$$Vp = 4,559,500 \text{ m}^2 \times 5 \text{ cm}$$

$$Vp = 227,975 \text{ m}^3 \text{ de aplanados en pisos}$$

lo que hace un volumen total de aplanados en conjuntos residenciales de 626,931 m^3

La masa se calcula utilizando una densidad promedio de 2.5 ton/m^3 :

$$Mt = 1,567,327 \text{ tons de aplanados en muros}$$

Apoyado en los datos de Littmann (ver apéndice 4.1) y en nuestros propios resultados analíticos se puede considerar que el aplanado tiene un 80% de pureza, entonces la masa de carbonato de calcio puro en los aplanados será:

$$M_{\text{carb}} = 1,253,862 \text{ tons de } \text{CaCO}_3 \text{ en los aplanados de muros}$$

Este dato (1,253,862 ton) sumado a los obtenidos del cálculo de los recubrimientos de las estructuras piramidales (49,507 ton) (ver apéndice 3.6), más la cantidad de cal en los

morteros (718 120 ton) formarán el gran total de carbonato de calcio utilizado en la construcción de la gran ciudad de Teotihuacan (2,021,327 ton). Sin embargo, debo hacer notar que no se han incluido los materiales utilizados en la construcción de la Calle de los Muertos, las plazas abiertas, las calles y las subestructuras. Este resultado será de utilidad en el siguiente capítulo para el cálculo de la madera necesaria para transformar la cal.

Millon (1993) comenta que el estado tuvo que haber patrocinado la construcción de los complejos departamentales organizando el aprovisionamiento de los materiales de construcción. Esta fue una decisión política que resultó en la formación de unidades administrativas de 50 o 100 personas en la base de la sociedad teotihuacana. La información calculada en este capítulo permite conocer las cantidades de materiales involucradas en la construcción de las células que dieron vida a la sociedad teotihuacana. Es notable que en si mismas no son estructuras que requieran de mucho material constructivo, pero el hecho de ser más de 2000 las hace muy importantes en cuanto al total de materiales que juntas requirieron.

Los resultados obtenidos muestran la importancia que los recubrimientos a base de cal jugaron en la construcción de la ciudad de Teotihuacan. Por la cantidad presente, por la distancia a la que se encuentra el recurso, por la tecnología que implica y por la energía que requirió su producción es, sin lugar a dudas, un material que demanda mayor atención. Si a esto agregamos que ha demostrado ser uno de los materiales que mejor conservan los residuos químicos impregnados (Barba y Ortiz 1993) y por lo tanto puede informar sobre las actividades desarrolladas sobre su superficie, debe convertirse en uno de los materiales arqueológicos de mayor importancia en el futuro cercano.

Sin ser este un objetivo del presente trabajo, no deja de ser atractivo el poder estimar la población apoyándose en el dato de la superficie total construida. Si ociosamente consideramos que en promedio una persona puede disponer de una superficie aproximada de 30 m² entonces la cantidad de personas que pueden ocupar 4,560,000 m² serían 152 000. En cambio, si consideramos 40 m² por persona la cifra será de 114 000 habitantes que son cifras que se han manejado con frecuencia para describir la población de esta ciudad en su momento de auge. Claramente el problema de este y otros cálculos es la dificultad de saber si todos los complejos residenciales fueron habitados al mismo tiempo.

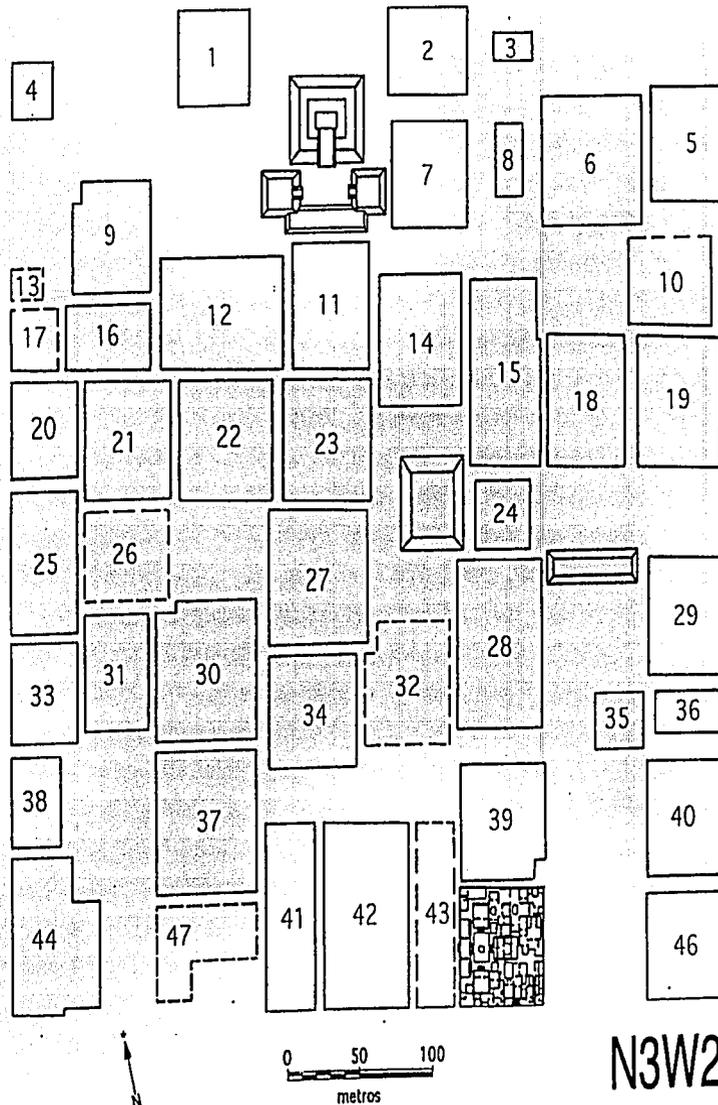
Para tener un marco temporal que defina los momentos en los que cada uno de los materiales estudiados fue utilizado en la construcción de la ciudad fue necesario recopilar las opiniones de distintos autores para tratar de establecer los límites de las fases en la cronología de Teotihuacan. Matos (1990), Rattray (1991) y Manzanilla (1994) son los autores que aportaron los datos para resumir la tabla cronológica que se utilizará en este trabajo (apéndice 4.4). En la figura 4.11 pueden apreciarse las dos etapas constructivas importantes para la ciudad de Teotihuacan. En la primera de ellas que comprende las fases Tzacualli y Micaotli (0 - 250 d.C.) puede considerarse que la mayor parte de la energía se dedica a la construcción de las pirámides del Sol y de la Luna y el resto a la construcción de la Ciudadela con su Templo de Quetzalcóatl.

La segunda gran etapa constructiva incluye las fases Tlamimilolpa y Xolalpan (250-650 d.C.) y es el momento de la construcción de todos los complejos departamentales. Esto implica el momento de mayor demanda de cal para la construcción y la necesidad de establecer relaciones con las áreas de aprovisionamiento. Esto coincide con la llegada de una tecnología desarrollada en el sureste, canalizada a través de Monte Albán y aprovechada en el proyecto constructivo de la ciudad. Ni antes, ni después de los intervalos establecidos la demanda de materiales de construcción puede considerarse de importancia. Son 650 años de intenso consumo de materiales separados en dos partes. Primero la tierra, la piedra del revestimiento y la cal de acabado de las pirámides. A continuación, el programa de construcción de complejos departamentales con gran consumo de cal, pero también de toba para rellenos y nivelaciones, de tezontle para levantar los muros y de madera para techos (figura 4.11).

LISTA DE FIGURAS DEL CAPITULO 4

- 4.1 Ejemplo de medición digital de conjuntos habitacionales**
- 4.2 Tabla dimensión norte-sur**
- 4.3 Tabla dimensión este-oeste**
- 4.4 Tabla de área construida por cuadro**
- 4.5 Tabla de conjuntos departamentales por cuadro**
- 4.6 Tabla de conjuntos irregulares**
- 4.7 Mapa de distribución de conjuntos departamentales**
- 4.8 Mapa de distribución de superficie construida**
- 4.9 Mapa de distribución de unidades irregulares**
- 4.10 Mapa de distribución de superficie promedio por cuadro**
- 4.11 Cuadro sobre el consumo de materiales por fase**

Complex	Surface Area	Perimeter
1	1893.9	179.5
2	1967.6	181.7
3	356.9	79.9
4	723.8	112.1
5	2851.0	219.4
6	4283.5	265.2
7	2657.4	208.5
8	634.0	109.6
9	2838.6	217.8
10	2358.1	199.2
11	3143.1	226.9
12	4405.2	276.0
13	288.9	68.2
14	3568.9	240.2
15	4299.1	285.1
16	1791.2	178.8
17	883.0	122.6
18	3298.6	232.9
19	3477.6	236.9
20	1995.5	181.2
21	3349.4	236.2
22	3579.8	245.9
23	3469.8	239.8
24	1256.9	147.5
25	3051.9	231.8
26	2447.4	199.7
27	4356.9	265.2
28	4738.8	284.0
29	2932.9	224.0
30	4490.9	273.4
31	2449.7	206.5
32	3233.8	232.4
33	2137.6	187.2
34	3285.7	228.4
35	858.3	119.6
36	872.8	127.3
37	4645.1	275.5
38	1385.3	153.2
39	3220.2	236.7
40	2973.0	223.7
41	2845.8	243.9
42	5047.4	297.3
43	2125.2	224.2
44	3859.4	263.9
45	2817.7	211.3
46	2637.6	210.7
47	2127.2	223.3
TOTAL	127,912	



4.1 Ejemplo de medición digital de conjuntos habitacionales en el cuadro N3W2. Esta forma de medición de áreas lo realiza digitalmente el programa *Image v.1.49* y se utilizó para verificar el trabajo realizado.

	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
N7						38	46	50									45
N6					28	33	41	53	71	64	64						51
N5					37	46	44	50	57	55	34	51					47
N4				31	35	41	47	32	40	45	41	41					39
N3		19	23	51	39	26	55	45	45	38	44	66	47				42
N2	42	28	30	43	50	53	55	36	26	39	44	43	40	65	53	50	44
N1	34	63	44	50	44	58	60	57		39	49	52	40	43	48	61	49
S1		51	52		64	52	52	41	54	52	46	46	48	35			49
S2			40			49	41	34	40	52	40	40	34	24			39
S3						47	36	37	33	29	40	41	37	30			37
S4					45	45	31	33	37	38							38
S5					62	30		29	40								40
S6					44			22	24								30
S7								35	22								29
	38	40	38	44	45	43	46	40	41	45	45	48	41	39	51	56	43.16
																	prom

4.2 Tabla dimensión norte-sur. Esta tabla muestra los resultados promedio por cuadro de la dimensión N-S medida en cada rectángulo registrado en el mapa de Millon.

	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
N7						34	40	51									42
N6					21	34	42	53	64	64	47						46
N5					43	44	42	44	58	51	36	46					46
N4				33	38	45	48	37	42	44	41	55					43
N3		30	22	43	51	23	52	46	56	40	51	60	45				43
N2	40	36	29	58	56	59	56	42	27	36	40	45	44	61	51	50	46
N1	62	49	40	52	45	60	59	51		55	44	59	43	60	44	62	52
S1		45	50		63	56	53	54	49	51	43	48	62	34			51
S2			42			44	44	36	39	46	40	52	35	26			40
S3						47	39	34	41	48	50	40	38	29			41
S4					55	45	31	31	38	38							40
S5					62	30		28	60								45
S6					47			22	27								32
S7								25	27								26
	51	40	37	47	48	43	46	40	44	47	44	51	45	42	48	56	prom
																	44.61

4.3 Tabla dimensión este-oeste. Esta tabla muestra los resultados promedio por cuadro de la dimensión E-W medida en cada rectángulo registrado en el mapa.

	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
N7		0	0	0	0	37442	40040	10875	0	0	0	0	0	0	0	0
N6	0	0	0	0	34173	120160	103235	65947	36519	43573	41082	0	0	0	0	0
N5	0	0	0	3081	11678	62134	68668	60590	50393	96852	24696	6084	0	0	0	0
N4	0	0	0	18433	10153	69796	128938	87585	16263	122155	49873	16250	0	0	0	0
N3	0	3060	9256	20936	0	18423	143239	122971	22951	56733	71731	23125	22093	0	0	0
N2	1680	7321	39191	44993	29973	98769	179390	96863	55644	96225	84198	1935	0	12461	5319	2500
N1	8292	15893	38488	0	58220	116316	167748	83158	0	81132	96022	64244	65300	16234	20534	27379
S1	0	42049	5200	0	8428	78389	94262	42360	57387	79282	24595	25375	29333	13012	0	0
S2	0	0	0	0	0	133589	9154	38223	32806	26144	3250	6050	8541	8944	0	0
S3	0	0	0	0	0	10615	31339	33521	31058	0	2000	9825	8658	8999	0	0
S4	0	0	0	0	0	4100	19519	21313	13900	0	0	0	0	0	0	0
S5	0	0	0	0	7708	900	0	1909	2400	0	0	0	0	0	0	0
S6	0	0	0	0	11305	0	0	1700	4025	0	0	0	0	0	0	0
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	1725	0	0	0	0	0	0	0

SUPERFICIE TOTAL 4,559,500

4.4 Tabla de área construida por cuadro. Esta tabla representa la suma de las superficies construidas por cada cuadro del mapa.

	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	SUM	x
N7						27	21	4									52	17
N6					5	102	58	23	8	10	13						219	31
N5					21	28	36	25	17	34	18	2					181	23
N4				3	9	35	54	62	10	60	28	7					268	30
N3		5	18	9	5	22	48	53	9	34	31	6	10				250	21
N2	1	7	41	8	10	31	57	55	72	64	43	1	35	3	2	1	431	27
N1	4	5	21	16	28	33	44	27		32	40	21	36	6	9	7	329	22
S1		19	13		2	25	32	20	20	27	12	11	9	10			200	17
S2			3			5	5	27	18	10	2	3	7	13			93	9
S3						5	20	23	19	8	1	6	7	10			99	11
S4					1	2	18	16	9	3							49	8
S5					2	1		4	1								8	2
S6					5			4	6								15	5
S7								2	3								5	3
SUM	5	36	96	36	88	316	393	345	192	282	188	57	104	42	11	8	2199	
																		prom
x	3	9	19	9	9	26	36	25	16	28	21	7	17	8	6	4		19

sec1	1061	sec2	669	sec3	254	sec4	215
prorr	27	prorr	22	prorr	11	prorr	9

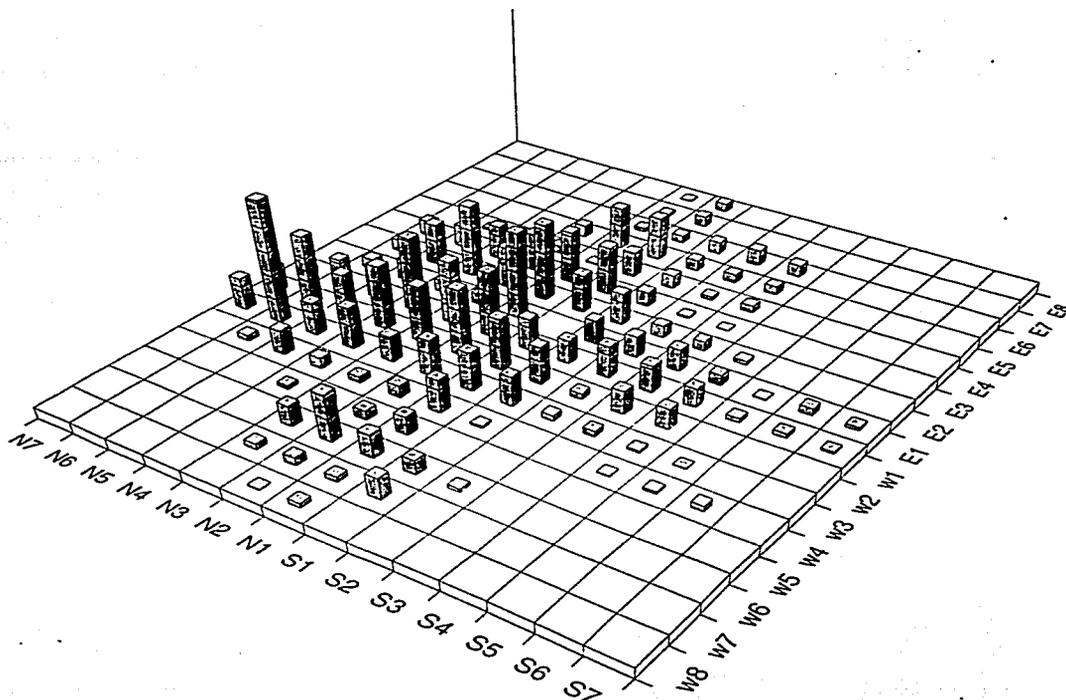
4.5 Tabla de conjuntos por cuadro. En esta tabla se muestran los conjuntos departamentales registrados por cada cuadro del mapa. Además se tiene el número total de conjuntos estudiados y algunos promedios.

	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
N7						6	4	1								
N6					0	22	14	0	0	1	0					
N5					0	3	0	3	4	2	0	0				
N4				0	0	4	0	14	0	11	4	0				
N3		0	1	0	0	0	1	16	1	8	2	0	1			
N2	0	0	0	0	2	3	7	15	25	13	6	0	0	1	0	0
N1	1	1	1	0	0	2	8	6		7	14	0	3	1	1	0
S1		0	0		0	5	2	0	6	1	1	0	0	1		
S2			0			0	0	0	0	1	0	0	0	1		
S3						0	0	0	0	0	0	0	0	0		
S4					0	0	0	0	0	0						
S5					1	0		0	0							
S6					0			0	0							
S7								0	0							

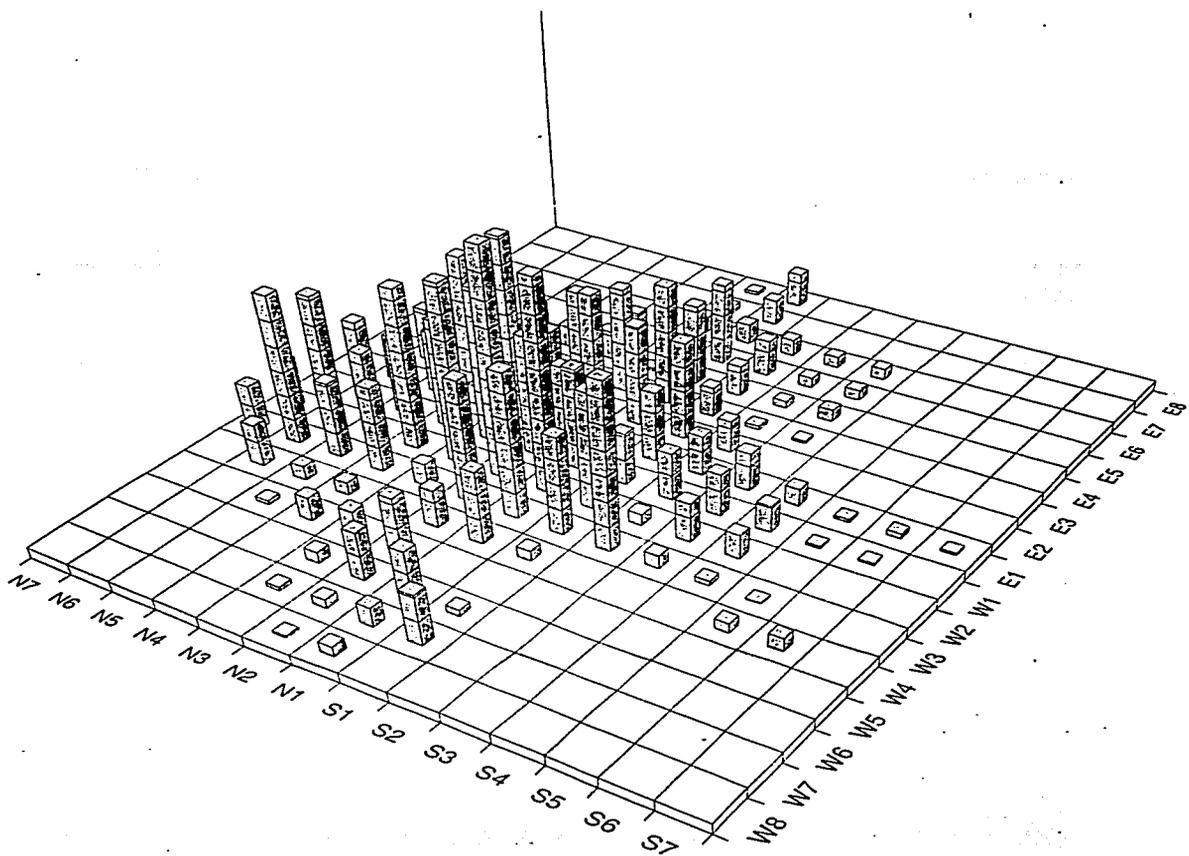
total uh 2199
uh irreg 259
% 11.78

uh sec1 135
uh sec2 105
uh sec3 11
uh sec4 8

4.6 Tabla de conjuntos irregulares. En esta tabla se muestra la presencia de los conjuntos departamentales irregulares por cada cuadro del mapa.

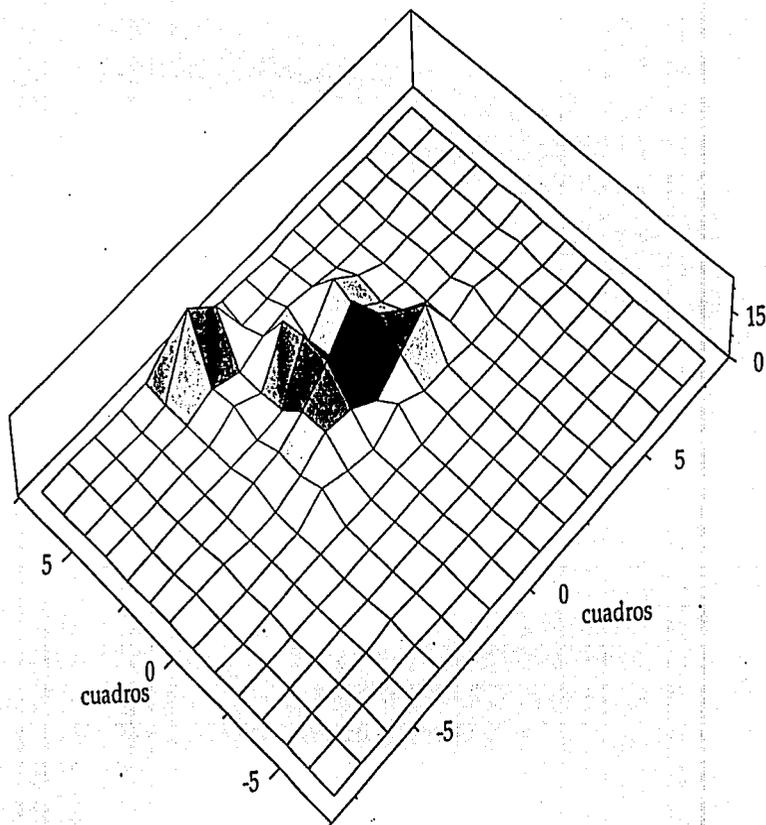


4.7 Mapa de distribución de conjuntos departamentales. En esta representación gráfica de la tabla 4.5 se muestra la distribución de conjuntos departamentales en la ciudad. Los prismas más altos se localizan entre la Ciudadela y Oztoyalcalco.

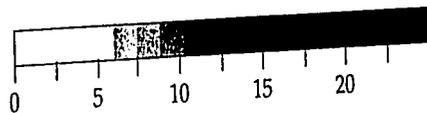


4.8 Mapa de distribución de superficie construida. Esta representación muestra como los máximos valores de superficie construida por cuadro se agrupan al oeste de la Pirámide del Sol.

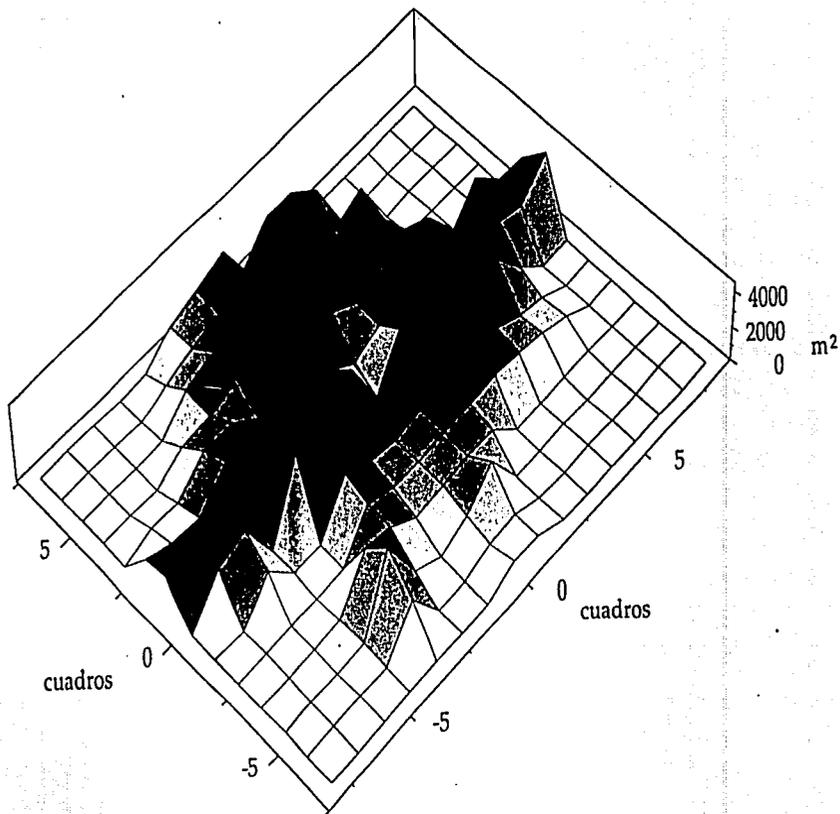
CONJUNTOS IRREGULARES



4.9 Mapa de distribución de conjuntos irregulares. Este mapa muestra como los conjuntos departamentales irregulares se concentran en las áreas más densamente construidas.



SUPERFICIE PROMEDIO POR CUADRO .



4.10 Mapa de distribución de superficie promedio por cuadro. En este mapa se nota la homogeneidad de los valores promedio por cuadro, pero se destacan algunas zonas en donde este promedio se incrementa por las grandes dimensiones de los conjuntos.



Patlachique
4 km², 5000 h

Tzacualli
Piram. del Sol
Piram. la Luna
17 km², 30 000 h

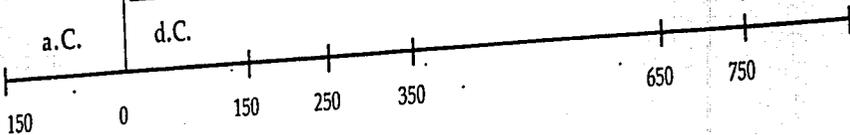
Micaotli
C. Muertos
Ciudadela
Quetzalco
22 km²
45 000 h

Tlamimilolpa
Adosada QI
Conjuntos
departamen
22 km²
65 000 h

Xolalpan
Conjuntos departamentales
Gran Conjunto
20.5 km² - 85 000 h

Metepec
Tula
Cholula
20 km²
70 000 h

Coyotlatelco
5 000 h



4.11 Cuadro consumo materiales por fase. En este cuadro se resumen los principales eventos y características de cada una de las fases que forman la cronología de Teotihuacan. Se incluyen además los materiales usados predominantemente en cada etapa constructiva.

suelo

piedra

cal; piedra; madera

CAPITULO 5. CALCULO DEL CONSUMO DE MADERA

5.1 Antecedentes

En Mesoamérica se desarrollaron culturas cuya tecnología se basó en el aprovechamiento de los recursos vegetales, entre los que destaca la madera. Este material se utilizó para la construcción, fabricación de armas, artesanías, objetos domésticos, religiosos y como combustible para cocinar, quemar cerámica y fundir metales.

Se calcula que la población del siglo XVI en nuestro país era de 7 a 9 millones. El aprovechamiento forestal debió ser intenso ya que la cultura prehispánica dependía en gran medida de este material. Es posible que la población de escasos recursos de aquel momento aprovechara grandes cantidades de productos del bosque (madera, frutos, resinas, colorantes, plantas y animales). Como ejemplos de explotación de los recursos del bosque se tienen los datos del *Códice Mendocino* en el que se establece la entrega anual de: 5400 cargas de leña, 5400 vigas, 10 800 tablas grandes (Ortega 1992).

Otro ejemplo es la entrega de los productos que diversos pueblos en el actual Estado de México hacían a los aztecas: cada 80 días los de Culhuacan entregaban 1200 tercios de leña para quemar, 1200 cargas de vigas grandes desbastadas, 1200 tablones para pisos, 1200 morrillos.

En la época colonial la mayor parte del consumo de madera lo realizaba la minería, tanto en forma de vigas y tablas para apuntalar, como para la construcción de los carros de transporte. Además se usaba la madera como combustible en las fundiciones, en la recuperación del azogue y en el refinado de los metales.

Otro dato de explotación forestal distinta a la expuesta es la explotación del Palo de Campeche que registra entre 1570 y 1577 la exportación de 30 000 quintales, que aumentó, pues en 1598 se registran 80 000 quintales enviados a España.

En 1793 los diputados de minería de Guanajuato informan que "siendo cuantioso el consumo de madera para menesteres de las minas y haciendas, y de leña y carbón para lo mismo, para hacer cal y para gasto común del pueblo, se han destrozado los montes"... "así los montes y las selvas del circuito de más de cinco leguas (unos 20 km) se hallan ya talados y en los que están a más distancia, las exacciones y fletes hacen insoportables los precios, de suerte que de no proveerse de pronto oportuno remedio, se harán incosteables las labores y beneficios y hasta llegarán a aniquilarse las especies"

Recientemente se realizó una encuesta a 170 comunidades rurales considerando los siguientes criterios: los estratos de población, la distancia a las vías de comunicación, la actividad económica no productiva y que se encontraran a más de 20 km de grandes ciudades (Palacios 1992).

Los resultados indican que el consumo rural promedio de energía es de 11458 kcal/persona-día, con extremos en 22814 y 9419 kcal/persona-día. Siendo el consumo nacional promedio de 26 112 kcal/persona-día incluyendo otros energéticos.

La leña representa el 69.15% de la energía utilizada en el medio rural actual. El consumo promedio de leña en el medio rural es de 54.02 kg/persona-mes, con extremos en 90.98 y 29.63 kg/persona-mes. Actualmente, el consumo total de leña en el país es de 15.7 millones de toneladas anuales.

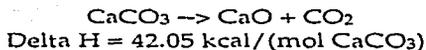
Los principales usos que actualmente se le da a la leña son: la preparación de alimentos, calentamiento de agua, calefacción y hornos. La leña normalmente se colecta en un radio de 1 a 7 km de distancia.

Por otro lado Sheehe (1993) menciona que en estudios realizados en Africa se tiene un consumo de leña promedio de 1.7 ton/pers-año y en Latinoamérica el dato es de 0.9 ton/pers-año. El consumo promedio mensual de leña en el medio rural mexicano se convierte en 0.65 ton/pers-año. Si consideramos el consumo promedio de energía de 11460 kcal/pers-día, lo multiplicamos por 365 días y lo dividimos entre 4000 kcal/kg de madera con 20% de humedad tenemos 1 ton/persona-año de consumo de leña. Por facilidad, esta cifra es la que utilizaremos para los cálculos posteriores. Dependiendo de la población en las distintas etapas se puede calcular el consumo de leña para cada una de las fases de crecimiento de la ciudad.

Siendo la madera el combustible utilizado, para obtener la energía necesaria para lograr la transformación de la roca caliza en calhidra útil, se requieren los cálculos que se muestran a continuación para evaluar cuál pudo ser el impacto del uso de este material en los alrededores de la ciudad.

5.2 Madera necesaria para producir la cal

De manera simplificada la principal reacción involucrada en la producción y uso de la cal son:



Esta reacción es la única que requiere de energía calorífica (proporcionada por la madera): 420.5 kcal por cada kilogramo de cal (CaCO₃), ya que 1 mol de CaCO₃ es igual a 100 gr. La "cal viva" producida se combina con agua en una reacción altamente exotérmica (gran desprendimiento de calor). Ello hace suponer que la cal viva pudo ser producida "in situ"; pues su transporte es difícil. En consecuencia, la madera empleada pudo provenir de las cercanías de Teotihuacan.

Puesto que la masa de cal calculada en el capítulo anterior es 2×10^9 kg la energía necesaria para producirla es:

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= 2 \times 10^9 \text{ kg} * 420.5 \text{ kcal/kg} \\ \text{Energía} &= 8.41 \times 10^{11} \text{ kcal} \end{aligned}$$

5.2.1 Cálculo de la masa de madera

La madera recién cortada tiene 40 a 50% de agua, en cambio la secada al aire contiene de 15 a 25%. Lo anterior es muy importante ya que el poder calorífico depende mucho de la humedad de la madera. A tal fin se distinguen el PCS (poder calorífico superior) y el PCI (poder calorífico inferior). El primero se refiere a la medición en el laboratorio del calor liberado por la madera cuando las condiciones de temperatura y presión de los productos de combustión (CO_2 y H_2O) son iguales a las de la madera. El PCI se refiere al calor neto utilizable en la combustión y es, obviamente, inferior al PCS por las siguientes razones:

- parte del PCS se emplea para evaporar el agua higroscópica de la misma madera,
- parte se emplea en evaporar el agua producto de la combustión.

Los dos puntos anteriores reducen sensiblemente el calor producido por la combustión de la madera. En la madera seca, el PCS varía de 4400 a 4500 kcal/kg, sin embargo el PCI es de 3300 - 3900. En general la madera deja pocas cenizas, de 0.5 a 3%.

Una fórmula deducida por J.L. Córdova para PCI en función del grado de humedad (x) de la madera es la siguiente (siendo el grado de humedad igual al %humedad/100):

$$\text{DelH vap} = 540.5 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{PCI} = 4860(1-x) - 540.5x$$

Para madera secada al aire el grado de humedad es 0.2. Por lo tanto:

$$\text{PCI} = 4860 (0.8) - 540.5 (0.2) = 3779.9 \text{ kcal/kg}$$

Como ya mencionamos la energía necesaria es 8.41×10^{11} kcal. Sin embargo, sería un error considerar que la cantidad de madera es la multiplicación directa porque será necesario involucrar la eficiencia:

$$\begin{aligned} \text{Masa madera (ideal)} &= 8.41 \times 10^{11} \text{ kcal} / (3779.9 \text{ kcal/kg}) \\ \text{Madera (ideal)} &= 22.24 \times 10^7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hasta donde se sabe, los teotihuacanos desconocían los hornos. Para producir la cal pudieron haber empleado emparillados de madera cuya eficiencia era muy baja. Sin embargo, para poder hacer una estimación vamos a considerar tentativamente un 20% de eficiencia, que puede considerarse alto para tiempos preindustriales, pero que ofrece una cantidad mínima de soporte que con mejores datos pudiera modificarse.

$$\text{masa madera} = 22.24 \times 10^7 / 0.2$$

Masa de madera = 11.12×10^8 kg

lo que significa que se requieren aproximadamente 1 millón de toneladas de madera con una densidad promedio para el pino de 0.5 ton/m^3 equivalen a $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ de madera.

Por otro lado, hay dos razones para suponer que empleaban leña más bien que madera en trozos grandes:

- era conveniente conservar la madera para las construcciones
- entre menor es el tamaño de los trozos, mayor es la velocidad de combustión y, por tanto, mayor temperatura adquiere la piedra caliza quemada.

En este capítulo se desarrolla con detalle el cálculo de la madera utilizada; la estimación se pudo hacer considerando la pureza de la roca caliza (100%), el contenido de humedad de la madera (20%), una eficiencia térmica en la reacción de transformación del 20% y conociendo que para descomponer 1 kg de carbonato de calcio se requieren 420 kcal y que 1 kg de carbonato en la roca caliza es igual a 1 kg de carbonato en el estuco. Con estos datos se realizó el cálculo de la energía necesaria para transformar toda la cal calculada anteriormente. Las primeras estimaciones indican que cuando menos hubo que producir 8.41×10^{11} kcal (841 mil millones de kilocalorías).

Los cálculos para determinar el volumen de madera utilizado en la producción de cal en Teotihuacan sólo consideran las propiedades y características de la madera de pino. El volumen total es $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ de madera, lo que equivale a un cubo de 130 m por lado. De otra forma, si consideráramos una capa de 10 m de altura de madera compacta, la superficie se extendería 44 campos de fútbol de 100 por 50 m.

5.3 Madera en techos

Un factor adicional de consumo de madera que hasta el momento no hemos considerado es el uso de morrillos en las unidades habitacionales. Los morrillos son cilindros de aproximadamente 7 cm de diámetro, que se usaron para sostener los techos. Según Margáin (1966), durante la excavación de Tetitla se encontró un techo original y pudo conocerse la forma de construcción de éstos. Sobre una viga maestra se colocaban los morrillos, uno junto a otro hasta cubrir todo el claro. Sobre él se apisonaba una capa de "tepetate" (toba volcánica). Se colocaba un firme con mortero de tezontle molido y cal, para finalmente impermeabilizar con una capa de estuco de cal de alta pureza.

Por otro lado Acosta (1964:39) en su trabajo sobre el Palacio de Quetzalpapalotl menciona: "nos fundamos en un fragmento de techo original que se había desplomado y que permaneció enterrado entre el escombro. Según él, el entortado superior tenía 36 cm de espesor, contando la delgada capa de estuco en la parte superior. Si a la medida anterior se le suman los 12 cm de diámetro de los morrillos que se apoyan sobre las

vigas vemos que el techo debió haber tenido 48 cm de peralte aproximadamente. Otro importante dato que pudimos conocer, fue que no se veían los morrillos porque estaban recubiertos con una capa de barro en la parte inferior, el cual estaba pintado de rojo”.

Esto indica que los morrillos podían tener de 7 a 12 cm de diámetro y una longitud variable dependiendo de las dimensiones del espacio que debían cubrir. Después de realizar el cálculo del volumen de madera empleado en los morrillos resulta que se requiere cuando menos de $0.19 \times 10^6 \text{ m}^3$ de madera, que sumados a los $2.2 \times 10^6 \text{ m}^3$ de madera combustible hacen un total de $2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.4 Cálculo del consumo de leña

La leña de consumo cotidiano también tiene un efecto en la explotación de los bosques. Como hemos asentado anteriormente puede utilizarse el dato de consumo de leña de 1 ton/pers-año para calcular este dato para la población de Teotihuacan. Entre los años 0 y 150 d.C., en la fase Tzacualli, se estima una población de 30,000 habitantes. En la fase Micaotli, entre 150 y 250 d.C. se acepta una población de 45,000 habitantes. Aumenta un poco la población a 65,000 habitantes para la fase Tlamimilolpa entre los años 250 y 350 d.C. El máximo se alcanza durante la fase Xolalpan, entre 350 y 650 d.C. con 85,000 habitantes. En consecuencia los consumos de leña serían:

Tzacualli = 30,000 ton/año => 4,500,000 ton
Micaotli = 45,000 ton/año => 4,500,000 ton
Tlamimilolpa = 65,000 ton/año => 6,500,000 ton
Xolalpan = 85,000 ton/año => 25,500,000 ton
Fase Metepec = 70 000 ton/año => 7,000,000 ton.

Lo que hace un gran total de 48 millones de toneladas de leña consumidas entre 0 y 650 d.C. que equivalen a 96 millones de metros cúbicos de madera de pino. Sumado a lo anterior hace un gran total de $98.4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Considerando el bosque de pino en pie con un rendimiento de $50 \text{ m}^3/\text{Ha}$, significa una superficie de $1.96 \times 10^6 \text{ Ha}$ que equivalen a 19600 Km^2 . Si consideramos que el Valle de Teotihuacan tiene una superficie de 505 km^2 , entonces durante el tiempo de explotación cuando menos se hubiera cortado casi 40 veces la madera en toda la superficie del valle. Sin embargo, hay que considerar que el piso del valle no tuvo bosque, como lo demuestra McClung *et al.* (1995), lo que evidentemente multiplica el número de veces que se tendría que talar una superficie más limitada &.

Los cálculos anteriores no incluyeron las vigas de soporte de los morrillos en los techos, la madera en el interior de pilares y columnas, la leña utilizada en la producción de cerámica y sin duda muchos otros usos que la madera tiene en un asentamiento urbano como el de Teotihuacan.

5.6 Comentarios

La madera ha sido uno de los materiales más nobles que han permitido el desarrollo de las civilizaciones. En el caso de Teotihuacan se hizo un uso muy amplio de este material. Como material de construcción es indudable su importancia. Fue el soporte interior de gran parte de las columnas, fue también el material que permitió techar los espacios construidos. Además, su uso como combustible para los procesos de transformación que requerían energía calorífica como la quema de la cerámica y de la roca caliza se ha hecho evidente en este trabajo. También fue importante su uso como combustible doméstico. Sheehe (1993) ha calculado la contribución de las pencas secas de maíz como combustible y concluye que esta fuente de energía solamente contribuyó con el 10% del requerimiento energético de la ciudad con 150 000 habitantes. En consecuencia fue la madera la que proporcionó el restante 90% de la energía calorífica.

El total de madera es 48×10^6 ton durante 750 años de vida de la ciudad, lo que hace un consumo promedio de 64 000 ton/año de leña para el consumo de los habitantes de la ciudad. Es muy posible que el aprovechamiento del recurso forestal se haya dado como un proceso en el que primero se utilizó la madera del valle, pero al poco tiempo la demanda propició que se tuvieran que rebasar sus límites, por ello aprovecharon también la madera de los lugares montañosos vecinos, pero al quedar cada vez más alejados los lugares de aprovisionamiento, la explotación se hizo cada vez más organizada. Existe la posibilidad de relación con el Valle de Toluca para el aprovechamiento de la madera de esta zona. No sería difícil sostener que parte de la madera utilizada por la ciudad pudiera provenir de este valle pues se contaba con los fondos de ambos valles en donde había espejos de agua que facilitaron el transporte. Además se tienen grandes extensiones boscosas en los alrededores de la ciudad, fuera del Valle de Teotihuacan de donde se puede obtener este recurso. Lo que sí queda claro es que el valle no pudo ser autosuficiente. Que estos cálculos indican que, como muchos otros bienes participantes en el funcionamiento de esta gran urbe, la madera participó en mecanismos de intercambio con otras regiones y su aprovisionamiento fue de importancia no sólo para la parte productiva, sino simplemente en el consumo de leña cotidiano.

Hasta el momento los datos de polen y fitolitos obtenidos por el Laboratorio de Paleoetnobotánica del IIA permiten asegurar la presencia de pino y de encino. Los datos obtenidos por McClung *et al.* (1995) muestran la presencia de *Pinus* y de *Quercus* entre los materiales microbotánicos estudiados, aclarando que el *Pinus* es mucho más abundante. Otro dato importante es que la gran presencia de polen y fitolitos de Compuestas y la amplia distribución de Gramíneas sugieren que las planicies aluviales y el pie de monte bajo fueron intensamente cultivados entre 100 a.C. y 600 d.C. Aunque no es posible distinguir entre el matorral o bosque de encino. Cabe mencionar que el matorral de encino, es una madera que conviene a la calcinación de la cal, ya que se trata de una madera dura con gran superficie de combustión. Hay evidencia de que se usaba pino para vigas y morrillos, no la hay en cuanto al encino, quizás porque se trataba de matorrales o porque quizá fuera madera dura, difícil de trabajar.

Como mencionamos anteriormente, proponemos que al inicio de la etapa

constructiva que requirió de los aplanados de cal (Micaotli) la tecnología no permitía la producción de calhidra, sólo de cal viva. Como consecuencia debió utilizarse la madera cercana al asentamiento urbano dada la dificultad de transporte de este material. Al mejorar la tecnología y poderse fabricar la calhidra apagando la cal viva en otro lugar, la deforestación pudo haberse trasladado a otras zonas fuera del Valle de Teotihuacan y dado que los afloramientos de roca caliza se encuentran en las inmediaciones de la actual ciudad de Tula, puede suponerse que esta pudo ser la zona de deforestación. Sin embargo, será necesario acumular mejores datos en este sentido para tener mayor certidumbre sobre la determinación de la zona de aprovisionamiento de este recurso.

Uno de los problemas principales enfrentado en el cálculo de la madera consumida en el proceso de producción de cal es la ausencia de datos cuantitativos. Como se ha mencionado, este parece ser uno de los materiales arqueológicos más olvidados. Esto también se refleja en el hecho de que las pocas descripciones sobre el proceso de producción que se encuentran, son muy generales y nunca incluyen datos como el tiempo, las cantidades involucradas de materiales y las dimensiones de los lugares de producción. Esto hace que no se pueda obtener información técnica del rendimiento del combustible en función de la materia prima utilizada y sólo podamos realizar una estimación con una cifra del 20% de eficiencia en la combustión. Esto requerirá ampliar esta investigación en el futuro, ya que los recientes intentos de registrar información técnica en un lugar de producción de cal en el estado de Guanajuato, tampoco pudieron aportar este dato ya que nadie ha pesado la madera utilizada en el trabajo (apéndice 4.10).

CAPITULO 6. SEDIMENTOS

6.1 Introducción

En capítulos anteriores se describió la forma en que se calcularon 1,400,000 metros cúbicos de tierra dentro de la Pirámide del Sol. Los responsables de las excavaciones practicadas en su interior han reportado un sedimento limoso, más o menos uniforme. Los estudios muestran que está construida principalmente de tierra y que sólo su parte externa está revestida de piedra. Las excavaciones practicadas indican que es mínima la presencia de piedra en su interior (Bastien 1947, Rattray 1975; Millon *et al.* 1965). La mayor parte del relleno de la pirámide está constituido por una tierra limo-arcillosa oscura y por adobes del mismo material. En la Pirámide de la Luna, Schávelzon (1982) cita las excavaciones de Sigüenza y Góngora donde se reporta la existencia de tierra y de adobes combinados con piedra y toba en el túnel explorado. Si esto es así, difiere de lo reportado para el interior de la Pirámide del Sol en cuanto a técnica constructiva, pero la tierra sigue siendo el material predominante.

Cuando recientemente recorrimos el túnel principal que atraviesa la base de la Pirámide del Sol de este a oeste, al llegar a la altura de una excavación perpendicular, cerca de las escalinatas centrales, se pudieron observar capas de los sedimentos descritos con una concentración de pequeños fragmentos blanquecinos, que pudieran ser una variedad de toba.

El hecho es que después de haber considerado materiales como la toba, el tezontle y la cal, no es posible pasar desapercibido que se tiene una enorme cantidad de este sedimento limo arcilloso contenido en el interior de esta estructura y posiblemente también en buena parte del interior de la Pirámide de la Luna, y del que nadie hasta ahora, se había preguntado su proveniencia.

Como en los casos anteriores, este material también requirió de procesos de localización, extracción, transporte y colocación que involucraron una enorme cantidad de energía humana, lo que le confiere importancia. Si consideramos los casos anteriormente expuestos, se ha podido observar que la extracción de toba y tezontle dejó una huella permanente en la superficie del terreno. Se han localizado con precisión los sitios en donde se obtuvieron 670 000 m³ de estos materiales. En contraste, cuando hablamos del volumen del sedimento limo-arcilloso dentro de las pirámides, estamos hablando de casi dos millones de metros cúbicos, el triple del volumen, y no existen en el terreno evidencias de esta extracción.

Este es un problema interesante, ya que se ha planteado que una de las razones para que la ciudad se localizara sobre el flujo de lodo fue reducir la distancia entre los lugares de extracción y los lugares de uso del material. En consecuencia, deberíamos esperar que el lugar de extracción del sedimento limoso no se encontrara muy lejos de las pirámides. El hecho es que en las fotos aéreas estudiadas no existe algún lugar de donde se hubieran podido retirar casi dos millones de metros cúbicos de tierra.

6.2. Estudio de los sedimentos en Teotihuacan

A una pequeña muestra obtenida del interior de la Pirámide del Sol se le practicaron algunas pruebas. Se trata de un material oscuro, homogéneo, su densidad en probeta fue de 1.2 gr/ml, no es arcilloso y no tiene gravilla. Suponemos que se trata de un material superficial, por el distinto contenido de materiales arqueológicos reportados. Aurora Montúfar ha expuesto recientemente los resultados obtenidos del análisis de muestras tomadas del túnel excavado en el lado norte de la pirámide. Encuentra evidencias carbonizadas de cultivos que sugieren una acumulación de tierra superficial. Sería difícil sostener que este material fuese traído de fuera del valle y que por esta razón no podemos percibir la huella de su extracción. Otra alternativa que a manera de hipótesis propongo, es que el espacio vacante producido haya sido disimulado por una acumulación posterior de sedimentos. Se ha propuesto que como consecuencia del uso de madera como combustible la deforestación produjera un aumento en las tasas de sedimentación, entonces no sería incongruente proponer que la acumulación de estos sedimentos pudo disimular los sitios de extracción.

Pudiera haber ocurrido que en la parte más baja del valle se obtuvieran los sedimentos limosos para la construcción de la pirámide, esto es cerca del actual Acolman. Este sitio estuvo habitado desde los primeros momentos de la construcción de Teotihuacan, y se pudiera haber dado una relación tributaria. En mapas coloniales muy tempranos (Mapa de Upsala), se tienen datos sobre la existencia de una laguna en esta zona. Esta depresión topográfica pudiera ser la que buscamos, ya que en ningún otro lugar se podrían acumular tantos sedimentos y aun después de mucho tiempo de su extracción se estuviera manifestando como una depresión rellenada.

6.3. Estudio de sedimentos en Acolman

Como resultado de su trabajo de tesis doctoral, Carlos Córdova (1995) ha estudiado los sedimentos de la parte oriental de la Cuenca de México. Los datos de sedimentos obtenidos más al norte los tomó de las paredes de las ladrilleras cercanas a los poblados de Cuanalan y Acolman. Esta región se caracteriza por ser un estrecho que casi cierra por el sur el valle de Teotihuacan. Precisamente en este lugar, durante la época colonial, se construyó una presa en el siglo XVII que contuvo las avenidas de los ríos San Juan y San Lorenzo. Sin embargo, los resultados fueron catastróficos para los habitantes de Acolman que vieron elevar el nivel de la presa y de los sedimentos más de un metro en sus casas y su convento.

Estos eventos se pueden ver con claridad al examinar los sedimentos más superficiales cerca de la antigua cortina de la presa. Como es lógico, la localización de la cortina se ubica en el punto más estrecho entre las dos coladas de piroclastos que forman el cuello de botella que cierra el valle por el sur.

Pero lo más relevante es que atendiendo a los materiales arqueológicos que se han recuperado de los perfiles y a las fechas de radiocarbono, se han podido ubicar temporalmente los límites de las capas y se identificaron capas del período Formativo,

del Clásico, del Azteca y de la época Colonial. Llama la atención que la capa más potente es la Colonial y que la capa del Clásico tiene un espesor semejante a las capas que representan las otras épocas. En ninguno de los perfiles visitados en las ladrilleras de esta zona se encuentra evidencia de un aumento en la tasa de sedimentación a consecuencia de la tala inmoderada durante la época teotihuacana.

Como resultado de sus trabajos, Córdova (1995) ha encontrado que uno de los momentos de mayor erosión y sedimentación es el momento del contacto azteca-español. Parece ser que durante el tiempo de la Conquista en que se abandonaron los campos de cultivo se produjo la destrucción de las terrazas y en consecuencia un aumento en la erosión que se tradujo en un aumento en la tasa de sedimentación. Esto es especialmente claro en el perfil localizado después de la cortina de la presa. Aunque el fenómeno se repite en el perfil ubicado antes de la cortina (secuencias CUAN-4 Y CUAN-5), se tiene el disturbio del material retenido por la cortina que dificulta la apreciación. En estos perfiles se muestra la presencia de dos unidades antrópicas: un bordo en la secuencia CUAN-4 fechado en 710 d.C. y un *tlatel* con material Azteca III.

Lo que sí es claro es que existe una capa de material sedimentado entre los materiales arqueológicos del Formativo y Coyotlatelco y que aunque no es muy potente, sí representa etapas de erosión que pueden ser los momentos del abandono de la ciudad. En resumen, las evidencia estudiadas hasta el momento no muestran la ausencia de capas en la secuencia natural, lo que refuta la hipótesis de extracción de materiales sedimentarios en esta zona. Por otro lado, tampoco hay evidencia de un aumento desmedido en las tasas de sedimentación que pudieran atribuirse a un aumento en los procesos erosivos durante el Clásico. En consecuencia se descartan las hipótesis de extracción de materiales para construcción de las pirámides en Acolman y de una catástrofe producida por la tala inmoderada.

Otra de las aportaciones del trabajo de Córdova es la determinación de las características del material sedimentario y su relación con la distancia del cauce del río. De esta forma ha podido localizar los lugares en donde se acumuló el material fino arcilloso que ahora forma los lugares de explotación de barro para fabricar ladrillos. Como consecuencia, todas las ladrilleras estudiadas se encuentran a distancias constantes del cauce original del río que pasa entre Acolman y Cuanalan. Este fenómeno se repite en el poblado al sur de la zona arqueológica de Teotihuacan en la zona de Tlajinga, donde tradicionalmente se han fabricado recipientes cerámicos y debe encontrarse a una distancia definida del antiguo cauce del río.

De muestras de adobe de construcción de la Plataforma que rodea la Pirámide del Sol obtenidas del derrumbe removido durante los trabajos de perforación que se describen en el capítulo 2, Carlos Córdova realizó un estudio preliminar que confirma que estos adobes contienen material que es una mezcla de sedimentos, predominantemente limosos pero combinados con un poco de sedimentos arenosos que le dan la consistencia requerida a los adobes utilizados. También reporta que en la mezcla de adobe había fragmentos hasta de 5 mm de diámetro de toba volcánica. Adicionalmente, realizó el estudio de una muestra de toba obtenida de las

perforaciones y reporta que el material es bastante arenoso y tiene comportamiento del tipo de flujo de cenizas (comunicación personal). Esto último tiene estrecha relación con la interpretación del *lahar* que se discute en el capítulo 2.

Por otro lado, los estudios de McClung *et al.* (1995) concluyen que los horizontes de suelo estudiados derivan de toba volcánica sometida a condiciones que van de condiciones frías-secas a frías-subhúmedas. Esto indica que la formación del suelo en el valle se da *in situ* por la alteración de la roca madre, que principalmente se trata de toba volcánica y esto produce suelos limosos.

Dado que la primer hipótesis fue refutada, se plantea la hipótesis alternativa de que los sedimentos del interior de las pirámides mayores fueron obtenidos del suelo que se encontraba en sus alrededores. Afortunadamente las más recientes excavaciones de Matos Moctezuma en la base este de la Pirámide del Sol muestran afloramientos de tepetate que hacen evidente el hecho de que esta estructura se desplantó sobre la toba, habiendo removido la capa de suelo superficial. Por otro lado se tienen evidencias de excavaciones arqueológicas realizadas en la parte central de la ciudad de Teotihuacan en donde el desplante de las estructuras se hace desde el tepetate (Cabrera, Rodríguez y Morelos 1991). También se tienen todos los terrenos directamente al oeste de la Pirámide de la Luna en donde actualmente aflora el tepetate y donde la mayoría de las estructuras desplantan sobre esta capa. Las evidencias de las estructuras desplantadas permiten suponer que el suelo sobre la toba fue despalmado y todo parece indicar que alrededor de 5 km², equivalentes a 20 cuadros del mapa de Millon, de suelo superficial de 40 cm de espesor fue recogido y acumulado para acumular el volumen de material que formó los montículos de las primeras pirámides. Esta superficie está comprendida entre la Pirámide de la Luna y la Ciudadela con un kilómetro a ambos lados de la Calle de los Muertos y constituye la parte central de la ciudad.

La presencia de fragmentos de toba volcánica en la muestra de adobe y los fragmentos blanquecinos observados mezclados con los sedimentos en el interior de los túneles de la Pirámide del Sol sugieren que el sedimento limo-arcilloso descrito se encontraba en contacto directo con la toba en el momento de su obtención. Esto también es congruente con la propuesta discutida en la obtención de piedra de que la distancia no puede ser muy grande.

Los datos obtenidos hasta el momento refutan la hipótesis de que los sedimentos fueran acarreados desde Acolman y apoyan la posibilidad de que el despalmado de los terrenos adyacentes a la pirámide proporcionara el material suficiente para levantarla. Esta forma de obtención del material sería congruente con el hecho de que no hay evidencia de extracción en las fotos aéreas estudiadas y que la distancia a la fuente de aprovisionamiento es mínima.

CAPITULO 7. VULCANISMO Y CULTO A LAS MONTAÑAS

Después de calcular la enorme cantidad de materiales involucrados en las etapas constructivas de la ciudad, que incluye los materiales transportados, el combustible utilizado para producir la transformación de roca caliza en cal útil para preparar los aplanados que recubren las superficies expuestas de la ciudad y en general al apreciar las dimensiones gigantescas del asentamiento, se presenta la pregunta: ¿por qué o para qué tanto esfuerzo humano? Sobre todo en el principio del asentamiento ¿cuál fue la razón que indujo a tanta gente a trabajar en una empresa común, durante tanto tiempo?, especialmente cuando uno considera que no existía un asentamiento urbano previo, es decir, llegaron de lleno a construir las pirámides y después de un tiempo, los conjuntos habitacionales para los habitantes.

Aunque este capítulo no corresponde totalmente al tema central de esta tesis, las preguntas anteriores coincidieron con la aparición de una serie de datos relevantes y muy recientes que permitieron elaborar la propuesta que a continuación se expone.

Es claro que las grandes empresas constructivas requieren de un poder que organice el esfuerzo. Un ejemplo es la construcción de las grandes pirámides en Egipto. En aquel caso existía el poder de un faraón que lo ordenaba como monumento funerario y que según datos de la construcción de la Pirámide de Keops trabajaron 100 000 personas durante 20 años, en una construcción equivalente en volumen. También existe el ejemplo de las grandes catedrales medievales, en donde la gente trabajó durante decenas de años, regida por el poder de la iglesia y en muchas ocasiones sin paga. En algunos otros casos religiosos se tienen imágenes que han aparecido milagrosamente y a las que se dedica la construcción de alguna gran capilla o iglesia. Existen ejemplos documentados, pero el hecho es que algunas creencias religiosas logran conjuntar los esfuerzos de una comunidad y si además, la comunidad es guiada por un líder, se logran emprender enormes empresas mesiánicas.

7.1 Actividad volcánica

Algunos trabajos realizados en fechas recientes y otros que se encuentran en proceso sugieren que la actividad volcánica de la Sierra de Chichináutzin y de la Sierra Nevada fue más intensa de lo que hasta ahora se había sospechado. Algunos de los elementos considerados son los siguientes:

Entre las representaciones iconográficas relacionadas con la actividad volcánica Yarza de la Torre (1992) menciona algunas representaciones en códices que muestran una columna de humo saliendo de un cráter adornado con un lazo en el cuello, simbolizando jade. Aparecen representaciones en el Códice Nuttall, en el Tellerianus Remensis, en el Huamantla y en el Quauhtinchan, lienzo de Zacatepec que muestran el conocimiento de estos eventos en la época mexicana.

Distintos autores han descrito los eventos que acompañan a una erupción. Se tienen los registros de la erupción del Parícutín recopilados en ocasión de su 50

aniversario. Yarza (1992) menciona los temblores de tierra de carácter local que ocasionan desastres, derrumbes y desaparecen manantiales. También se producen ruidos subterráneos y fenómenos luminosos en el cielo en forma de rayos. Las cenizas producidas por la erupción, se dispersan cubriendo grandes extensiones. En ocasiones se produce también gran cantidad de vapor de agua que puede producir lluvias calientes. Como uno de los ejemplos más impresionantes de la actividad volcánica se tiene la erupción del Vesubio en 79 d.C., donde Plinio describe con gran detalle la presencia de nubes de ceniza y de nubes ardientes.

Entre los eventos volcánicos más importantes, Chiesa (1990) menciona algunos datos sobre la reciente erupción del volcán Santa Elena. En esa ocasión se arrasaron 600 km de bosques que rodeaban al volcán antes de la erupción. La distancia que alcanzó la zona de máxima afectación fue de 28 km y la nube de ceniza viajó 1000 km en 10 hrs. El mismo autor menciona que estas grandes erupciones producen cambios climáticos. No sólo por el hecho de la proyección de las cenizas volcánicas sino más bien por la emanación de vapores sulfurosos que son los precursores de la formación de ácido sulfúrico. Estas gotas suspendidas en la atmósfera actúan como reflectores de la radiación solar y disminuyen la temperatura, modificando de esta forma las condiciones climáticas.

Otro efecto importante de las erupciones volcánicas es la presencia de grandes relámpagos de descargas eléctricas que varios autores mencionan (Chiesa 1990, Yarza 1992). Este efecto no había sido considerado, pero ahora cobra importancia por la existencia de dioses antiguos del trueno y el rayo mencionados por Aranda (1994) y Millon (1993) que pudieron haber surgido de la impresión que estas descargas eléctricas dejaron en los observadores.

Por otro lado, en la primer etapa de formación del volcán Popocatepetl se construyó el primer edificio volcánico llamado El Fraile y tuvo tres eventos principales: el primero antes de 10,000 años a.p., el segundo alrededor de 9,000 años a.p. y finalmente el tercero alrededor de 4,500 años a.p. (Robin y Boudal 1987). El segundo edificio llamado propiamente volcán Popocatepetl se formó principalmente entre 3,800 y 1,200 años a.p. para después entrar a un periodo explosivo. En este periodo se acumularon 300 m de espesor de flujos de lava. Esto equivale a una actividad volcánica constante durante 2600 años, desde 1850 años a.C. hasta 750 años d.C., lo que abarca gran parte del periodo Formativo y Clásico en el altiplano. Como parte de esta actividad se puede considerar el evento volcánico registrado por Plunket y Uruñuela (1994) que esta fechado 200-100 años a.C. que sepultó una aldea formativa con una capa de fragmentos de piedra pómez en la ladera este del volcán Popocatepetl.

Más tarde, ocurrieron dos episodios cataclísmicos que incluyeron grandes erupciones de piroclastos hace 1200 años y 950 años a.p. Esto corresponde a 750 d.C. la fase Coyotlatelco, al final de la época teotihuacana y al año 1,000 d.C. correspondiente a la fase Mazapan. Después de estos eventos se tiene un registro histórico muy completo de los eventos volcánicos que han ocurrido en el volcán Popocatepetl (Delgado *et al.* 1988).

Otro aspecto interesante es que a lo largo de la presencia humana en nuestro planeta, las cenizas volcánicas, al producir tierras fértiles, siempre han llamado a la población, no obstante los riesgos que implica vivir en las cercanías de volcanes.

7.2 Revisión de fechas de radiocarbono en Cuicuilco

Las fechas de radiocarbono en la arqueología son una de las principales herramientas para ubicar temporalmente los eventos. En la cuenca de México, el periodo que abarca el Preclásico Tardío y el Clásico Temprano se representa por algunos fechamientos de muestras obtenidas principalmente de los alrededores de la Pirámide de Cuicuilco. La erupción volcánica ocurrida en esta zona carbonizó buena parte de los materiales orgánicos debajo de la superficie cubierta por la lava. Este hecho ha permitido que en los lugares en donde la extracción moderna de piedra de basalto ha expuesto la capa de ceniza en contacto con el paleosuelo, se encuentren y se recuperen materiales carbonizados susceptibles de fechamiento por carbono 14. Una de las primeras fechas (2422 ± 250 años a.p.) producidas para este flujo fue precisamente en el flamante laboratorio de Libby (Arnold y Libby 1951) posteriormente otras fechas fueron producidas por el mismo laboratorio (Ferguson y Libby 1963 y 1964), pero tanto éstas, como muchas otras, han sido muestras que parecen presentar deficiencias en la toma de la muestra o en la asociación con el contexto arqueológico.

En un interesante estudio que está siendo realizado por J. Urrutia del Laboratorio de Paleomagnetismo del Instituto de Geofísica se han recopilado más de treinta fechas de carbono 14 obtenidas de material carbonizado recogido debajo de las capas de basalto en los alrededores del sitio arqueológico de Cuicuilco. Uno de los objetivos de este trabajo es entender las grandes diferencias entre las fechas proporcionadas por los laboratorios. En sus extremos este conjunto de fechas abarca desde 4800 años a.p. a 1400 años a.p. Desde luego, una de las primeras explicaciones es que se tiene algún error en el procedimiento para el fechado; sin embargo esto no puede explicar la consistencia entre varias muestras. J. Urrutia se dio a la tarea de recopilar todas las fechas publicadas y apoyado en un trabajo reciente publicado por Rattray (1991) reunió poco más de 32 fechas. Representó estos datos en histogramas de frecuencia y pudo observar cómo se formaban tres grupos. Realizó una corrección por dendrocronología y finalmente obtuvo tres grupos de fechas claramente definidas. Un grupo tiene un promedio de 4000 años a.p. (2050 años a.C.), otros datos se agrupan alrededor de 2400 años a.p. (450 años a.C.) y finalmente se tiene un tercer grupo que tiene como promedio 1950 años a.p. (año cero).

Hasta el momento todos estos datos se han tratado de relacionar con la erupción del volcán Xitle, que es monogenético. Como mencionan Córdova, Martín del Pozzo y López (1994) el Xitle es un volcán monogenético con una erupción de corta duración (aproximadamente 25 años) y por lo tanto sólo puede estar representado por uno de los grupos de fechas. Esto sugiere que las fechas que se tienen son el reflejo de varios eventos volcánicos distintos; sólo uno de ellos puede relacionarse con la erupción del Xitle, pero los otros dos deben ser asociados a la erupción de otros volcanes cercanos.

En opinión del propio Urrutia, el volcán Yololica, por su geomorfología y sus cercanía, es uno de los que pueden estar representados en estas fechas. Quizá lo más importante del trabajo aquí comentado es que sustenta la hipótesis de que la actividad volcánica de la sierra del Chichináutzin (que incluye volcanes como el propio Chichináutzin y el Teutli) es muy grande durante el periodo Formativo en la Cuenca de México. Afortunadamente un grupo de investigación del Instituto de Geofísica se ha dedicado al estudio de la evolución geológica de esta sierra y pronto se tendrán suficientes evidencias para asociar los eventos volcánicos ocurridos con los asentamientos humanos.

En su trabajo sobre Tlapacoya, Barba de Piña Chan (1980:49) menciona "la capa XI es un tendido delgado (5 cm) de ceniza volcánica, que corresponde con toda seguridad a una erupción, que puede ser la del Teutli que se ve en el mapa de Lobato (1876 pl.2) y que fue más o menos contemporánea del Xitle, según Maldonado Köerdel".

Además del momento geológico en que emerge la Sierra de Chichináutzin, cuando se cierra la cuenca en el Cuaternario, es muy probable que esta sierra jugara un papel determinante y presentara una gran actividad en el periodo que ahora nos ocupa, Formativo Tardío y Clásico Temprano. Estrechamente relacionada con esta etapa de intensa actividad volcánica en la sierra, y con un intervalo de tiempo mucho mayor, se dio la formación del cono actual del Popocatepetl (Robin y Boudal 1987). Como parte de este proceso se tienen los datos aportados por la excavación reciente de una comunidad del Formativo sepultada por una lluvia de piedra pómez en las faldas del Popocatepetl. En el trabajo de Uruñuela y Plunket (1995) se tiene evidencia de la actividad del volcán Popocatepetl en 200-100 a.C. Estos elementos son evidencia suficiente para proponer que, en la época de referencia, los habitantes de la parte sur de la Cuenca de México padecían constantemente los eventos que se relacionan con la actividad volcánica mencionada, tales como temblores, ruidos subterráneos, lluvia de ceniza, relámpagos y flujos de lava.

Esto a su vez tiene relación con las evidencias que Sanders, Parsons y Santley (1979: 106) presentan y que hablan de los estudios geológicos realizados en conexión con el proyecto del INAH en la Villa Olímpica de Cuicuilco por Florencia Müller. Indican que hubo dos flujos de lava, uno fechado hacia el final de la Fase Tres que redujo drásticamente la productividad en el área y un segundo, al final de la Fase Cinco que redujo la totalidad del área a pedregales.

Nuevamente Barba de Piña Chan (1980:174) en su excavación de Tlapacoya menciona: "Según la interpretación geológica y arqueológica del lugar, antes del Preclásico hubo una etapa pluvial que fue decreciendo en intensidad y permitió el asentamiento de un grupo correspondiente a dicha fase del Preclásico. Al parecer, un poco después ocurre una erupción volcánica, después de la cual no hay indicios de ocupación humana".

"A continuación, un grupo del Preclásico Superior se asienta de nuevo en Tlapacoya, para integrar una cultura que, perdurando más allá de los límites del

Preclásico Superior, sólo declina hasta el apogeo de Teotihuacan II y muestra condiciones climáticas de sequedad”.

Finalmente Barba de Piña Chan (1980:175) también da constancia del desplazamiento de grupos de habitantes hacia el norte: “Tlapacoya, en su fase del Preclásico Superior, comienza cuando las erupciones volcánicas que afectan a la cuenca (especialmente el Xitle en la región SW) hace que algunos grupos se desparramen hacia la región central”. Esta son evidencias de la misma actividad mencionada desde un sitio más distante y que coincide con la descripción de algunos de los eventos que los afectaron.

7.3 Sobre la construcción de las pirámides

Regresando al caso teotihuacano, se tiene la información de que sobre todo en las primeras etapas de la ciudad de Teotihuacan no contaba con un poder militar que pudiera obligar a las personas a trabajar, sino que por el contrario se le ha caracterizado por la ausencia de esta fuerza y por la importancia y la permanencia de sus tradiciones religiosas.

Algunos autores (Sanders *et al.* 1979) han propuesto que la migración de la gente que salió de Cuicuilco es la que al cabo del tiempo llega a Teotihuacan. Por un lado, puede revisarse la literatura que describe la erupción del Xitle y se apreciará que existe una clara tendencia a minimizarla. Córdova *et al.* (1994) han estudiado el impacto de erupciones volcánicas, especialmente en la Sierra del Chichináutzin y coinciden en que el efecto que ocasiona un evento de esta naturaleza es más importante de lo que hasta ahora se ha manejado.

Lo que ahora planteo es que antes del flujo de lava basáltica que ahora apreciamos en la zona de los pedregales, ocurrieron muchas cosas y durante mucho tiempo. Sabemos de la existencia de temblores continuos y de gran intensidad, ruidos terrestres y erupciones de ceniza. Durante el desarrollo de los proyectos de investigación realizados en los alrededores de Cuicuilco (Linares *et al.* 1992) se apreciaron capas de ceniza gris en el corte del arroyo con 10 a 15 cm de espesor. El grupo de trabajo de la ENAH que estudia la zona también ha registrado espesores equivalentes de ceniza en la zona (Córdova *et al.* 1994). Esta cantidad de ceniza puede derrumbar los techos de material perecedero, pero más aún, en el contacto de la ceniza se han podido apreciar cambios en la coloración, lo que indica cierta temperatura. Esto también debe considerarse, pues pudo haber afectado a los habitantes quemando e incendiando. Aún la ceniza fría debió haber cubierto sus campos de cultivo, sus manantiales y sus depósitos de agua. Todavía no se tienen datos sobre el alcance de esta nube de ceniza, pero en los estudios de sedimentos del lago Xochimilco pudiera obtenerse esta información. No sería difícil que gran parte de la ribera suroeste del lago hubiera quedado arrasada. Todo lo anterior debió haber trastornado la vida de los habitantes de la región de Cuicuilco aún antes de los derrames de lava.

Córdova *et al.* (1994) describe los efectos de la erupción del Xitle y entre las consecuencias que menciona se encuentra el cambio de curso de los ríos que desembocaban al lago de Chalco-Xochimilco, los que después de la erupción fueron hacia el lago de Texcoco. Esto debió haber tenido también consecuencias en el nivel del lago. En la actualidad hay zonas extensas en donde no se puede apreciar el depósito de ceniza producido por esta erupción, pues en nuestros trabajos anteriores (Linares *et al.* 1992) pudimos apreciar que los procesos de erosión en el área fueron muy intensos. Parece ser que la ceniza que cubrió los campos y que la vegetación fue rápidamente removida por las intensas lluvias que en ocasiones suceden a estos eventos volcánicos. Sin embargo hay que considerar que no sólo la ceniza fue removida, sino que también la capa de suelo desapareció por no tener cubierta vegetal. Se sabe que una vez que se ha perdido la capa vegetal, la ceniza es fácilmente removida por las lluvias posteriores arrastrando al mismo tiempo el suelo, lo que hace que la erosión sea muy intensa en estas zonas.

Otro dato adicional aportado por el grupo de la ENAH (Córdova *et al.* 1994) es el que ha propuesto que la pirámide de Cuicuilco ya se había derrumbado parcialmente cuando fue cubierta por el derrame de lava. Si consideramos que la estabilidad de estas grandes estructuras masivas es muy grande, se puede deducir que los temblores pudieron ser de gran intensidad. Esto complementa la idea de que los eventos previos a la erupción se dieron en un espacio de tiempo largo y que los habitantes del sitio tuvieron suficiente tiempo para abandonar sus casas antes de que ocurriera el derrame de lava. También nos permite suponer que toda esta población sobreviviente recibió un fuerte impacto psicológico que no se ha considerado suficientemente. Imaginemos el panorama de un volcán naciendo en las estribaciones de la sierra, temblores constantes, ruidos estruendosos, proyecciones de cenizas incandescentes, que sobre todo en las noches, debieron ser impactantes. Los techos derrumbados, los terrenos circundantes cubiertos con cenizas y muchas personas, animales y plantas muertos. Los habitantes salieron huyendo del lugar y caminaron mucho antes de que pudieran dejar de pisar la ceniza, llevándose la impresión del evento en sus mentes.

Aunque la erupción del Xitle pudo ser la gota que derramó el vaso, los estudios anteriormente mencionados demuestran que durante el periodo Formativo toda la Sierra del Chichináutzin se encontraba en gran actividad y que se pudieron tener erupciones en el volcán Yololica, El Teutli y el propio Chichináutzin. Si a esto le agregamos que se tienen evidencias de intensa actividad en el Popocatepetl en la última etapa de formación del cono actual, se presenta un panorama de tal actividad volcánica que puede sustentar el crecimiento de un culto importante en esta época.

A nivel mundial existen dioses responsables de los eventos volcánicos, a los que se recurre cuando se producen catástrofes de este tipo. (Pelé en Hawái, el culto al Fujiyama, etc.). La propuesta que aquí planteo sugiere que para los habitantes de Cuicuilco y en general del sur de la cuenca debió ser lógico pensar que algo estaba fallando en la relación con sus dioses. Tenía que haber algo que ocasionara que el responsable de las montañas y volcanes se molestara de tal manera con los pobladores del sitio. Un factor importante para que este argumento tuviera un impacto posterior

es que hubo muchos sobrevivientes. En el caso en que la catástrofe es de tal magnitud que arrasa con los pobladores, quedan muy pocos para contar lo sucedido. Pero en el caso que nos ocupa, un gran número de sobrevivientes pudo experimentar y contar lo sucedido y requería encontrar una solución a sus problemas con la divinidad.

Mientras esto ocurría en la parte sur de la Cuenca, en el norte, en el Valle de Teotihuacan habitaba un grupo de personas que, al parecer, podía proponer una solución. Esta propuesta pudo haber sido el construir un lugar de culto, con el cual el dios que se había molestado pudiera ser congraciado y calmara su enojo. Ya se ha planteado que la existencia del túnel de la Pirámide del Sol implica que la pirámide se construyó intencionalmente encima y que debió ser un lugar muy importante para el culto relacionado con el inframundo (Heyden 1975, Manzanilla 1994).

7.4 Aspectos rituales

Recientemente, Aramoni (1992) ha propuesto que las montañas son una de las formas de representación sintética del Tlalocan y que de entre ellas, la más importante sería un volcán. Según esta autora, reúne elementos como el fuego, la tierra, el viento y la lluvia que junto con otros, lo hacen muy importante. Si esto es cierto, cabe la posibilidad de que lo que quisieron construir los teotihuacanos fuera una montaña o quizá un volcán, con algo en su interior que tendría que ver con el Tlalocan y que debía ser agradable al dios con el que se querían reconciliar. Ya Manzanilla (1994) ha destacado la semejanza que el paisaje circundante tiene con la pendiente de los taludes de las pirámides y comenta que es muy armonioso en cuanto a su perfil. Sin embargo, yendo un poco mas lejos, no es casual que se parezcan, pues lo que aquí se propone es que quisieron reproducir una montaña, tanto en su perfil, como en sus dimensiones y materiales.

Por otra parte en los trabajos realizados recientemente por Raúl Aranda (1993), apoyados en los de Broda (1982, 1991), presenta la idea de un culto muy antiguo, durante el Formativo, dedicado a los cerros, especialmente a los cerros nevados y a los volcanes. En las excavaciones realizadas recientemente por este autor en el Cerro Metepec, Estado de México, se tienen los elementos mencionados para el culto a los cerros, pero también se trata de un cono cinerítico que presenta cuevas en sus laderas, semejándose mucho a lo estudiado hasta el momento en Teotihuacan. Puede proponerse entonces que como parte de este culto, las cuevas juegan un papel importante y uno de los materiales utilizados para su excavación es precisamente la escoria volcánica. Esto indicaría que ya en los momentos de las erupciones mencionadas existía un culto bien establecido a las montañas y que éste se realizaba precisamente en los restos de un volcán con cuevas en su base, como se apreció en Metepec.

Otra idea estrechamente relacionada con las expresadas anteriormente, es que en la leyenda de los Soles de los nahuas, existe un relato sobre el Cuarto Sol en el que toda la humanidad es exterminada porque llueve fuego del cielo y sólo se salva una pareja que se refugia dentro de una cueva. Por alguna razón este mito no ha sido asociado a la

existencia de cuevas ni al evento volcánico de Cuicuilco. Ahora con los elementos reunidos creo que se tienen suficientes asociaciones para plantear la relación.

"Hay un mito mexicana que dice que los volcanes habían surgido después que los mares invadieron la tierra, en la edad de predominio del fuego Tletonatiuh, época en que brotaron las enormes corrientes de lava y los cráteres encendidos, y como sólo los pájaros podían escapar del incendio general, cuenta la tradición que todos los hombres se convirtieron en aves, a excepción de una pareja que se salvo en el interior de una caverna". (Yarsa de la Torre 1992).

Será necesario documentar con cuidado esta propuesta, pero considero que especialistas en el tema podrían explorar estas posibilidades y desarrollarlas en toda su extensión; baste por el momento y para los efectos de este trabajo, exponerlo como una posibilidad de explicación a una desmedida inversión de energía humana en la construcción de una montaña sagrada encima de una cueva.

De esta manera, propongo que puede explicarse cómo la gran cantidad de población afectada por la erupción del Xitle en Cuicuilco gustosamente podría trabajar en una empresa mesiánica como ésta, pues ya había experimentado los resultados de disgustar al dios encargado del control de los volcanes. Esto también ayudaría a explicar porqué la pirámide fue construida en una sola etapa y el que sus modificaciones y ampliaciones posteriores fueran relativamente pequeñas. Otro aspecto digno de considerarse es que la Pirámide del Sol y posiblemente también la Pirámide de la Luna están hechas en su mayor parte con tierra y sólo su recubrimiento exterior es de piedra. En contraste, una estructura posterior como la Pirámide de Quetzalcoatl, está construida con más piedra en su interior. (Cabrera, *et al.* 1991) Esto apoya la propuesta de que los constructores trataron de imitar un cerro. De hecho los estudios presentados en esta tesis indican que los lugares para la extracción del tezontle se encuentran casi debajo de los sitios de construcción, lo que indica la disponibilidad inmediata del recurso, pero se determinó utilizar solamente el suelo de los alrededores. Esto claramente implica la determinación de utilizar un material especial que permitiera la semejanza con la montaña.

En su trabajo Aranda (1994) también muestra evidencias sobre un culto a deidades muy antiguas como el volcán Popocatepetl. Los datos del sitio de Xico provienen del Periodo Formativo Terminal (200 a.C. a 300 d.C.). Los trabajos de excavación permitieron definir el sitio como un centro de culto con una ocupación durante el momento de transición del Formativo Terminal a los inicios del Clásico (Castillo y Aranda, 1990). La disposición y orientación de los enterramientos y de las ofrendas mostraron una dedicación del culto al agua y una referencia directa al volcán Popocatepetl. La información arqueológica obtenida para el Horizonte Formativo, ha permitido establecer el surgimiento de deidades del agua y el reconocimiento de la serpiente como el símbolo del agua. Piña Chan (1977:24) citado por Aranda menciona que "es muy probable que el culto a la serpiente Quetzalcoatl tuviera su origen en alguna vieja deidad del agua (la serpiente nube de lluvia) desde luego asociada al rayo-trueno-relámpago-fuego". Según Matos (1993), siguiendo a Pasztory quien

originalmente lo propuso, en Teotihuacan se discute la presencia de un Dios del Trueno que se ha confundido con Tláloc. Esta presencia de un dios relámpago ahora puede tener relación con los fenómenos eléctricos que se registran durante las erupciones volcánicas.

Los incensarios del Dios del Fuego de la fase Cuicuilco VB (1-150 d.C.) fueron encontrados por Cummings (1933) y sugieren que el vulcanismo pudo ser anterior a este tiempo (Córdova, Martín del Pozzo y López 1994). Manzanilla (1993) también menciona que entre las deidades presentes en Teotihuacan, que aparecen desde tiempos anteriores al Horizonte Clásico y que están relacionadas con el ámbito doméstico se tiene al dios del fuego (Huehuetéotl), que siempre aparece asociado con la porción oriental de los conjuntos habitacionales. Hay que destacar que estos adoratorios domésticos se encuentran en la misma posición que la Pirámide del Sol, que los volcanes y que el Cerro Tláloc. Valdría la pena explorar esta relación. De la misma manera se ha mencionado anteriormente que se dispone de evidencias para proponer que la posición de la cueva y de la pirámide fue escogida del tal manera que el Cerro Gordo quedara exactamente al norte.

En concordancia con lo anterior, Uruñuela y Plunket (1995) han estudiado el sitio Tetimpa, en el Valle de Puebla. Como se mencionó, este sitio fue cubierto por una erupción de fragmentos de pómez. El evento fue súbito y como resultado los restos de los habitantes y sus pertenencias se encontraron *in situ*. Este importante sitio con contextos primarios es una clara evidencia de la intensa actividad volcánica de estos momentos. Las fechas de radiocarbono recientemente obtenidas indican que el evento volcánico ocurrió entre 200-100 a.C. Pero quizá, lo más destacado de este hallazgo, fue la presencia de un adoratorio con las figuras de los dos volcanes, evidencia arqueológica de una preocupación y de un culto que Aranda (1994) también propone en sus trabajos.

López Austin (1989) y después Manzanilla (1993) han propuesto que en Teotihuacan se dio, por primera vez, una superposición de deidades en dos capas: los dioses de linaje, protectores de líneas de descendencia y, encima de ellos, el dios Tláloc como dios de lugar, que amparaba el territorio, y como patrono de la ciudad y de la cueva. Millon (1993) anota que la religión jugó un papel crítico en la integración de la sociedad teotihuacana. La religión teotihuacana temprana estuvo enfocada a la celebración ritual del mito de origen asociado a la cueva sagrada. No obstante este ritual continuó en tiempos posteriores y fue gradualmente suplantado en énfasis por el culto de la guerra sagrada y el sacrificio, asociada con la serpiente emplumada, el dios de la tormenta y los ciclos del movimiento del planeta Venus.

En las excavaciones realizadas en 1978 en el piso de la cueva, debajo de la Pirámide del Sol aparecieron evidencias de ritos del primer siglo relacionados con fuego y agua. Ofrendas de conchas, espinas y huesos de peces pequeños asociadas a formas cerámicas distintivas encontradas en esa cantidad, sólo en la cueva. La historia comenzó con una de las muchas cuevas debajo de lo que sería la ciudad, la que se convertiría en la cueva debajo de la pirámide. En ese tiempo las cuevas eran consideradas potencialmente

sagradas. Millon (1993) ya menciona que la escoria fue excavada para formar parte del concreto teotihuacano y que la cueva debió ser limpiada para convertirla en el lugar más sagrado. Los resultados de nuestros trabajos recientes prueban la excavación intencional de esta cueva, todo lo anterior nos muestra una estrecha relación entre las montañas, los volcanes, las cuevas, Cuicuilco y Teotihuacan.

Recientemente, Manzanilla (1994) encuentra una cita de *Las Relaciones Geográficas del Siglo XVI* en donde se dice que en San Juan Teotihuacan existían cúes. En el mayor de ellos se encontraba una escultura de Tonacatecuhtli y en consecuencia el cerro es el Tonacatépetl, lo que prueba que en el siglo XVI perduraba la idea de una montaña sagrada.

Broda *et al.* (1982, 1987) y Matos (1990) también comentan al respecto, que el Templo Mayor de Tenochtitlan es una representación del centro del universo, con dos cerros y en uno de los cuales se escenifica la leyenda en donde Coyolxauhqui es tirada a los pies de un gran cerro. Los herederos de la cultura teotihuacana siguen teniendo una pirámide que representa una montaña sagrada.

Broda (1982), Matos (1993) y López Luján (1994) se refieren al recinto sagrado de México-Tenochtitlan y mencionan que el templo mayor, era el centro de centros. El edificio estaba orientado con su fachada principal hacia el poniente. Tenía dos escaleras de acceso a su parte superior y arriba se encontraban dos adoratorios: uno dedicado a Tláloc, dios del agua, de la lluvia, de la fertilidad, de todo aquello que se relacionaba con la producción agrícola, en tanto que el otro lo estaba a Huitzilopochtli, dios de la guerra, deidad solar que regía el rumbo sur del universo. Su relación con la guerra permitía - y justificaba- la expansión mexicana para obtener un tributo indispensable para Tenochtitlan.

Cada uno de estos lados contenía un mito importante y representaba una montaña sagrada. El lado de Tláloc era el Tonacatépetl, el cerro de nuestro sustento a donde Quetzalcoatl había ido a robar los granos de maíz para darle alimento a los hombres. El lado del Dios de la guerra, era el Coatépetl o Cerro de la Serpiente, lugar en que había combatido contra sus hermanos, los cuatrocientos surianos (las estrellas del sur), quienes comandados por Coyolxauhqui, deidad lunar, nocturna, pretendían dar muerte a la madre de todos ellos, Coatlicue, que habitaba en aquel cerro". Broda (1991:469) menciona: "hay un conjunto de deidades que pertenecen al culto mexicano de los cerros, el agua y la tierra que se encuentran en el Templo Mayor; entre ellos se encuentran el conocido como Huehuetéotl-Xiuhtecuhtli, también interpretado como Tonacatecuhtli y como Tepeyótlotl, cuyas interpretaciones son el Dios Viejo del Fuego y del tiempo, la deidad suprema de los mantenimientos y el corazón del cerro".

Abundando en este tema Broda (1987:95) menciona en referencia a la presencia de las representaciones de un dios sentado encontrado frecuentemente en las ofrendas del Templo Mayor "estas figuras fueron prematuramente identificadas como Xiuhtecuhtli - Huehuetéotl el dios viejo del fuego y señor del tiempo. Otros autores han ofrecido otras posibilidades de interpretación. Recientemente, Debra Nagao ha argumentado

que esas figuras representan a Ometeotl - Tonacatecuhtli, el señor de la dualidad y los mantenimientos quien así habría mantenido una relación específica con las ofrendas. H.B. Nicholson ha identificado estos ídolos con Tepeyollotl, el dios jaguar relacionado con las montañas, las cuevas y la noche. Eduard Seler, sin embargo propone que esta enigmática deidad vieja pudo haber pertenecido a los dioses de la montaña y del pulque". Parece ser, considerando los datos aquí expuestos, que la línea divisoria entre los atributos de estas deidades tiende a desaparecer y más parece que se trata de la transformación y fusión paulatina de atributos a lo largo de miles de años de existencia.

Los ritos propuestos para el Formativo por Broda, Aranda, Plunket y Uruñuela, parecen tener su continuación en tiempos aztecas. La montaña sagrada es uno de los elementos centrales del pensamiento y parece tener estrecha relación con los eventos volcánicos que afectaron el sur de la Cuenca en el Formativo. Además, la presencia del Dios Viejo del Fuego desde el Formativo, su interpretación como Tonacatecuhtli y su permanencia hasta tiempos mexicas tiene gran relevancia a la luz de las evidencias presentadas.

Millon (1993) señala "que un líder poderoso y carismático conmemoró la importancia de la cueva y su principal deidad con un programa de construcción monumental que inmortalizara la importancia de la cueva y dramatizara el ejercicio de poder de los líderes. La ideología debió haber jugado un rol crítico integrativo. Una poderosa fuerza de integración habrían sido los requerimientos de un estado ritual celebrando el mito de creación de Teotihuacan". Plantea también que el éxito del sistema político y militar de Teotihuacan fue la manera en que los líderes usaron la atracción de sus lugares santos y el prestigio de su religión para hacerla tan importante para tantos y durante tanto tiempo.

Sin embargo, un monumento dedicado a aplacar la ira del dios de las montañas, pierde sentido cuando la actividad volcánica cesa. Esto pudo haber ocurrido y después de uno o dos siglos de vigencia las nuevas generaciones ya no encuentran sentido a este culto. Esto puede tener relación con los cambios que se perciben en la organización política y en las formas de culto que se comienzan a reflejar en la Pirámide de Quetzalcoatl y en el abandono de las Plazas de Tres Templos. Fahmel (1995:25) también menciona que "después de 350-400 d.C., los posibles linajes identificados con plumas y tigres en Teotihuacan parecen haber desarrollado el culto a Tláloc, en su forma conocida durante el Postclásico".

CAPITULO 8. CONCLUSIONES

8.1 Reconstrucción geológica

Como primera parte de este trabajo, se realizó una gran cantidad de estudios en el norte de la ciudad prehispánica que incluyeron la observación de imágenes aéreas, los reconocimientos geológicos, los estudios magnéticos y eléctricos y las perforaciones de verificación. La interpretación sinóptica de esta información permitió una reconstrucción geológica detallada. Se concluyó que la actual superficie está formada por un antiguo derrame de lodo candente y que debajo del mismo se tiene la presencia de escoria volcánica en forma de pequeños montículos formados a su vez por la emisión de magma a través de grietas y fisuras. El relieve irregular producido por estas pequeñas estructuras volcánicas fue suavizado por el *lahar* proveniente del Cerro Coronillas (éste fue la lengua de lava mencionada por Mooser 1968:36) que recubrió toda el área y dejó una superficie plana, de pendiente suave, que permitió la posterior construcción de la ciudad.

Los estudios magnéticos realizados en forma de retículas y líneas distribuidas en el área de estudio mostraron que debajo de la actual superficie existen concentraciones de basalto y de escoria volcánica (tezontle). Parte de ellas fueron explotadas por los teotihuacanos. La remoción del material dejó claras huellas sobre el terreno en forma de depresiones y cuevas que se encuentran en la parte norte de la antigua ciudad.

Con la información acumulada, se puede asegurar que no existe ningún proceso de formación natural que pueda explicar la presencia de una cavidad en la base de la Pirámide del Sol, y en cambio, existe una gran semejanza entre ésta y otras cuevas de la zona. Generalmente las cuevas estudiadas fueron excavadas en tezontle, pero la cámara tetralobulada intruye la capa de toba, lo que la distingue. Esto no resta sacralidad a la cueva, pero si le quita el carácter natural.

De los resultados de este trabajo se propone que, además de otros factores, el asentamiento de la ciudad estuvo determinado por la presencia de los materiales de construcción. Una evidencia de ello es la marcada relación entre las depresiones y las estructuras construidas en sus alrededores. Este lugar es único en el valle por las siguientes características. Es una gran extensión de terreno relativamente plana con una pendiente promedio de 2%. El tezontle, que fue la principal piedra de construcción, se encuentra debajo del asentamiento y es el único lugar con estas características que tiene al Cerro Gordo exactamente el norte. Esto sugiere que en la selección del sitio está implícito un gran proyecto constructivo que ha tomado en cuenta estos factores.

8.2 Uso de los materiales volcánicos

Como se mencionó anteriormente el aprovechamiento del tezontle dejó huellas permanentes en la geomorfología del terreno en forma de depresiones. Utilizando el registro topográfico del mapa de Millon y con la ayuda de nuevos programas de

computadora se pudo cuantificar el volumen de estas depresiones. Este cálculo indica que se removieron alrededor de 670 000 m³ de piedra, lo que representa sólo el 30% del volumen de las estructuras mayores. Esto indica que el tezontle se pudo utilizar para el recubrimiento de las estructuras, pero no para formar el núcleo de las pirámides. Como consecuencia del conocimiento de las propiedades de los materiales, los teotihuacanos desarrollaron sus técnicas de extracción y probaron que resultaba más eficiente en términos energéticos abrir pequeños accesos atravesando la capa de toba y extraer el material excavando túneles en las capas de escoria. Las depresiones se formaron cuando ellos mismos decidieron eliminar los pilares de seguridad y permitieron que los techos se colapsaran, lo que les permitió utilizar también la toba volcánica. Adicionalmente se ha encontrado una estrecha relación entre las zonas de explotación de estos materiales y la presencia de las Plazas de Tres Templos y se ha propuesto que representan centros para el control de la extracción en las primeras etapas (Millon 1957:16). En las dos depresiones mayores 9 y 11, se tienen estructuras piramidales en los bordes que muestran cambios en la organización posterior. Se propone que en la zona de Oztoyahualco se inicia la explotación de este material y más tarde, cuando ya se han revestido las pirámides y se comienza la construcción a gran escala de los conjuntos departamentales en el centro de la ciudad, se hace más intensa la explotación de las depresiones cercanas a la Pirámide del Sol.

8.3 Uso de la cal

Para contrastar la hipótesis de que el uso de la cal para el recubrimiento de las superficies construidas en la Ciudad de Teotihuacan pudo haber tenido repercusión en el medio ambiente, se realizó el cálculo del volumen total de cal utilizada. Nuevamente se aprovechó la información del mapa de Millon y se midieron los 2199 rectángulos que representan los conjuntos habitacionales en todos y cada uno de sus cuadrados. La superficie total construida resultó ser de 4.56 millones de metros cuadrados. Considerando la superficie de pisos, techos y muros se alcanza una cifra de 12.8 millones de metros cuadrados de superficie recubierta con aplanados de cal. Cuando se considera el espesor promedio de los aplanados y su pureza, se obtienen como resultado cuando menos 2 millones de toneladas de carbonato de calcio en la cal utilizada en la construcción de Teotihuacan. El uso de este material a gran escala parece iniciarse después de 250 d.C. y dura aproximadamente 400 años.

8.4 Uso de la madera

Se realizó el estudio termodinámico de la reacción de transformación de la roca caliza en cal viva. Esto permitió calcular la energía involucrada en esta transformación. Con los datos anteriores del volumen de aplanados se calculó la energía necesaria para la transformación que resultó ser 8.41×10^{11} kcal. Considerando que esta energía tuvo que ser proporcionada por la combustión de madera, se ha estimado que se requirieron 2.4 millones de metros cúbicos de madera para quemar la cal. Sin embargo, la leña cotidiana resultó ser la cantidad determinante ya que su total asciende a 96 millones de metros cúbicos consumidos durante 750 años, lo que da un promedio de 64 000 toneladas/año. A partir de estos datos se ha concluido que siendo

tanta la madera requerida no pudo ser autosuficiente el valle, lo que sugiere que la madera fue uno de los bienes que se obtuvieron de regiones fuera del mismo por medio de mecanismos de intercambio. Sin embargo, hay que considerar que otros materiales celulósicos de desecho pudieron contribuir en parte para satisfacer la demanda de combustible doméstico. Los olotes, las cañas de maíz, las pencas de maguey y los pastos son materiales que requieren de un estudio posterior para conocer su grado de participación.

8.5 Aprovechamiento de los sedimentos

Los trabajos consultados sobre las técnicas constructivas de las dos pirámides principales de Teotihuacan informan que sus núcleos están formados por la acumulación de lo que se describe generalmente como sedimentos limo arcillosos y por adobes del mismo material. Se considera que se acumularon alrededor de 2 millones de metros cúbicos de sedimentos para construir las dos pirámides, la banqueta perimetral de la Pirámide del Sol y algunas estructuras menores. Por otro lado se ha visto que gran parte de las estructuras construidas en el centro de la ciudad desplantan del "tepetate" lo que sugiere que el suelo original fue removido. Se ha estimado que si este suelo hubiera tenido 40 cm de espesor se hubieran requerido 5 Km² de terreno para acumular el volumen mencionado. Esto representa el despalme de una superficie equivalente a 20 cuadros del mapa de Millon que es precisamente la zona nuclear de la ciudad.

Los resultados preliminares del trabajo de McClung y su equipo en el Laboratorio de Paleobotánica y Paleoambiente han mostrado que no existen evidencias de erosión en los alrededores de la ciudad. Lo mismo ocurre con los resultados de los estudios de los perfiles en las ladrilleras de la zona de Acolman y Cuanalan realizados por Carlos Córdova. En ninguno de los casos se aprecia una tasa de sedimentación anormal que sugiera un aumento en la erosión durante la época teotihuacana. Esto implica que los procesos de erosión no están asociados a eventos de deforestación en el valle. No se tiene evidencia de que la tala inmoderada hubiera aumentado la erosión y la sedimentación. Apparentemente esto se contradice con la cantidad de madera utilizada para la quema de la roca caliza y la madera usada en la ciudad de Teotihuacan, pero ahora estas evidencias indican que se utilizó madera traída de algún lugar fuera del valle y muy probablemente la cal llegó a la ciudad en forma de cal hidratada en lugar de roca caliza, lo que de ninguna manera se vería reflejado en los sedimentos.

El impacto que una concentración urbana como la estudiada ha dejado en su lugar de asentamiento es muy importante. Sin embargo tiene varios aspectos. Si consideramos la explotación de recursos como la toba volcánica, el tezontle y el suelo o sedimento podemos notar que las huellas dejadas en el entorno permanecen hasta nuestros días. Las cuevas, las depresiones y la ausencia de suelo en el centro de la ciudad son evidencias del impacto que la actividad del hombre ha dejado. Hay que destacar que estas huellas pueden permanecer todavía muchos siglos más antes de que desaparezcan, pues la intensidad de las alteraciones producidas ha sido de tal magnitud que tomará mucho tiempo a la naturaleza borrarlas. En cambio la explotación y el

aprovechamiento de recursos como la cal y la madera no han dejado huella en el valle ya que provienen de lugares alejados. En estos casos, el impacto se ha trasladado a otras regiones de las que hasta el momento se tiene poca información, pero que seguramente si se estudiaran con detalle, se podrían observar las huellas dejadas por la explotación de estos recursos durante la vida de la ciudad de Teotihuacan. De la misma manera que las ciudades modernas acopian recursos de regiones vecinas, esta concentración urbana preindustrial afectó áreas que hasta el momento no se habían considerado.

8.6 Variaciones en el tiempo

Los cálculos desarrollados en detalle en los capítulos anteriores pueden resumirse de manera que permitan ver el consumo de los materiales en las diferentes etapas constructivas. Durante la fase Tzacualli (0-150 d.C.) se canaliza la energía humana a la construcción de las dos pirámides principales, esto demandó la acumulación de cuando menos 1,700,000 m³ de suelo obtenido de los alrededores y acumulado en un lugar predeterminado. Si se considera que este esfuerzo se realizó a lo largo de los 150 años que dura la fase resulta que se acumularon 10,600 m³ de suelo por año.

En la siguiente fase, Micaotli (150-250 d.C.) es posible que entre otras cosas la energía humana se hubiera destinado a revestir estas dos pirámides con piedra usando 30,300 m³ de piedra extraída de las depresiones ubicadas en las cercanías de Oztoyahualco después de lo cual podrían haberse utilizado 35,000 ton de aplanados de cal para revestirlas completamente. Hay que considerar que parte de los materiales y la energía empleada en esta fase también se destinó a la construcción del Templo de Quetzalcóatl. En esta primera etapa predomina el uso del suelo y la energía se destina a acumularlo para formar una montaña. Es notable que en esta etapa se trata de reproducir la naturaleza tanto en la forma de las estructuras, como en el material empleado. Aún más, se ha discutido anteriormente que la localización de la cueva y la pirámide fueron determinadas por la disponibilidad de los materiales y la presencia del Cerro Gordo mostrando con esto una estrecha relación con su medio ambiente.

Al iniciar la fase Tlamimilolpa (250-350 d.C.) se considera que comienza el proyecto constructivo de los conjuntos departamentales que duraría hasta el final de la fase Xolalpan (350-650 d.C.). Durante estos 400 años se incrementa la demanda de materiales para la construcción y se canaliza gran cantidad de energía de una población que fluctúa entre 65,000 y 85,000 habitantes, utilizando cifras conservadoras. Durante este tiempo se utilizan 1,140,000 m³ de piedra de distintos tipos, en parte extraída de las depresiones y túneles, pero también traída de otros lugares del valle, especialmente la andesita. También se emplea el suelo y los sedimentos para el relleno de las estructuras menores acumulando 350,000 m³. Sin embargo, los materiales que más demanda tuvieron en esta etapa son la madera y la cal. La madera calculada incluye la utilizada como morrillos en la construcción de los techos, la utilizada como combustible en la transformación de la cal y la leña cotidiana. La cantidad total calculada para los 400 años es de 34.4 millones de toneladas que significa 86,000 ton/año para este periodo. De la misma forma la cal utilizada para la construcción y el revestimiento de los

conjuntos departamentales construidos en esta etapa fue de 2 millones de toneladas lo que significa una tasa de 5,000 ton/año de consumo de este material. Estos dos materiales son especialmente importantes ya que se ha probado que provienen de fuera del valle, lo que implica que incluyen una mayor cantidad de energía de transporte. Aún más, la cantidad de energía implícita en la cal es desusual, pues incluye la etapa de extracción de un mineral en yacimientos alejados cuando menos 30 km, el proceso de transformación de roca caliza en cal aprovechable que implica tecnología y energía, además el transporte del material desde el centro de producción al lugar de uso y desde luego, su uso en la forma y el lugar en que se desea. Las cantidades de este material utilizadas en la construcción de la ciudad y su alto costo energético le confieren un lugar muy especial que hasta ahora había sido soslayado.

En contraste con lo expuesto para la primer etapa constructiva, en la segunda etapa ya no se trata de imitar a la naturaleza. Por el contrario parece haber una intención de marcar una diferencia y quizá evidenciar la presencia humana. El trazo reticular de la ciudad y de los conjuntos departamentales y el recubrimiento alisado y blanco de todas sus superficies arquitectónicas contrastan con el paisaje y denotan un gran dominio de la energía a través de la tecnología. Aún cuando desde el inicio del asentamiento se abordó una gran empresa constructiva, el grado de dominio de energía que se alcanzó entre los años 250 y 650 d.C., muestra la evolución de una cultura en los términos que lo ha propuesto L. White.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, Jorge R.

1964. *El palacio de Quetzalpapálotl*. Memorias n.10. Ciudad de México: INAH.

Acuña, René.

1986. Relaciones Geográficas del siglo XVI. Tomo segundo, 7. México. IIA, UNAM. Serie Antropología 65.

Aramoni, María Elena

1993. Comunicación personal.

Aranda Monroy, Raúl Carlos

en prensa. *El culto a los volcanes en el Sur de la Cuenca de México durante el Preclásico. Evidencias Arqueológicas de Xico*. Ponencia en el simposio "Cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica" en la Mesa Redonda "El culto a la lluvia y a los cerros de la Cuenca de México y zonas aledañas". Abril 1994. El Colegio Mexiquense A.C. Zinacantepec, Edo. de México.

Arizpe, Lourdes (coordinadora)

1993. *Antropología Breve de México*. Academia de la Investigación Científica, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.

Armillas, Pedro

1944. "Exploraciones recientes en Teotihuacan, México". *Cuadernos Americanos* (Ciudad de México) v.16, n.4: 121-136.

Arnold, J.T. y Libby, W.F.

1951. Radiocarbon dates. *Science* n.113: 111-120.

Arzate, J., L. Flores, R. Chávez, L. Barba y L. Manzanilla

1990. "Magnetic Prospecting for Tunnels and Caves in Teotihuacan, México" en Ward, Stanley (ed.), *Geotechnical and Environmental Geophysics*, v.3. Geotechnical Investigations in Geophysics, Series n.5. Society for Exploration Geophysics, Tulca:155-162.

Baker III, G.T., H. Harleston Jr., A. Rangel, M. Wallrath, M. Gaitán y A. Morales

1974. "The Subterranean System of the Sun Pyramid at Teotihuacan: a Physical Description and Hypothetical Reconstruction", Ponencia presentada en el XLI Congreso Internacional de Americanistas; México D.F., septiembre 1974.

Barba de Piña Chan, Beatriz

1980. *Tlapacoya. Los principios de la teocracia en la Cuenca de México*. Biblioteca Enciclopedia del Estado de México.

Barba, Luis

1985. "El estudio de sitios arqueológicos enterrados desde la superficie", *Anales de Antropología* n.24, v.1, p. 188-193.

Barba Luis, Beatriz Ludlow, Linda Manzanilla y Raúl Valadez

1987. "La vida doméstica en Teotihuacan. Un estudio interdisciplinario". *Ciencia y Desarrollo* No. 77, p. 21-33. CONACYT. Noviembre-diciembre.

Barba Luis y Linda Manzanilla

1988. "Superficie/Excavación. Un ensayo de predicción de rasgos arqueológicos en Oztoyahualco; Valle de Teotihuacan". *Antropológicas*, n. 1. IIA, p. 19-46.

Barba Luis, Linda Manzanilla, René Chávez, J. Arzate y L. Flores

1990. "Caves and Tunnels at Teotihuacan, México; A Geological Phenomenon of Archaeological Interest", in Lasca, N.P., and Donahue, J.E., eds. *Archaeological Geology of North America*: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Centennial Special Volume 4. p. 431-438.

Barba Luis y Eliseo Linares

1990. "La fotografía aérea desde globo: una experiencia arqueológica en Teotihuacan". *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XVI, No. 93, Jul-Ago 1990, p. 33-39.

Barba, Luis

1993. "Estudios geofísicos y elección del área" Cap. II. en *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*. Vol. I. Linda Manzanilla editora. UNAM; México: p. 47-74.

Barba, Luis y Agustín Ortiz

1993. "Superficie-excavación. Evaluación del sector estudiado a través de los restos excavados" Cap. XI. *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*. Vol. I. Linda Manzanilla editora. UNAM; México: p. 595-616.

Barba, Luis y Agustín Ortiz

1993. "La química en el estudio de áreas de actividad" Cap. XII. *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*. Vol. I. Linda Manzanilla editora. UNAM; México: p. 617.

Basante Gutiérrez, Oscar

1986. Ocupación de cuevas en Teotihuacan. Tesis de Licenciatura, ENAH.

Bastien, Remy

1947. La Pirámide del Sol en Teotihuacan. Tesis 21 ENAH.

Brainer, West

1965. Transition from Preclasic to Clasic in Teotihuacan. *American Antiquity* 31, n.2-1: 193.

Broda, Johanna

1982. "El culto mexica de los cerros y el agua" en Homenaje al Dr. Miguel León Portilla. *Multidisciplina*, v.7, ENEP- Acatlán, UNAM, México.

Broda, Johanna

1987. "Templo Mayor as a Ritual Space" en Broda J., D. Carrasco y Matos E., *The Great Temple of Tenochtitlan: Center and Periphery in the Aztec World*. The University of California Press. Berkeley.

Broda, Johanna

1991. Cosmovisión y observación de la naturaleza: el ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica en *Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamérica*, editores: J. Broda, S. Iwaniszewski y L. Maupomé. IIH, UNAM. Serie de Historia de la Ciencia y la Tecnología:4. p.461-500.

Butzer, Karl W.

1982. *Archaeology as Human Ecology*. Cambridge University Press.

Cabrera, Rubén, Ignacio Rodríguez y Noel Morelos

1991. *Teotihuacan 1980-1982. Nuevas interpretaciones*. Serie Arqueología. Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Castilla, H.M. y Tejero, D.D

1987. "Flora y vegetación del Cerro Gordo (San Juan Teotihuacan) y regiones aledañas, Valle de México". *Biotica*, v.12, n.4, INIREB. Xalapa, Ver. México.

CETENAL

1970. Fotografía aérea del Valle de Teotihuacan Z19-B. Escala 1:25 000. Octubre.

Chandler, Tertius y Gerald Fox

1974. *3000 Years of Urban Growth*. New York: Academic Press.

Chávez René, Linda Manzanilla, Luis Barba, Jorge Arzate y Leticia Flores

1988. "Estudio geofísico de los túneles y cuevas en Teotihuacan". *Comunicaciones Técnicas* del Instituto de Geofísica. Serie Investigación, 22 p.

Chiesa, Pierre and Jean Louis Henriot

1991. *Volcanes y terremotos*

Larouse - Explorer

Cook, S.F.

1947. "The Interrelation of Population, Food Supply, and Building in Pre-Conquest in the Central Mexico". *American Antiquity* 1&: 45-52.

Cook de Leonard, Carmen
1957. "Excavaciones en la Plaza N.1 'Tres Palos', Ostoyohualco, Teotihuacan. Informe Preliminar". *Boletín del Centro de Investigaciones Antropológicas de México* v. I, n. 4, CIAM, México: 3-5.

Córdova, Carlos, Ana Lillian Martín del Pozzo y Javier López
1994. "Paleolandforms and Volcanic Impact on the Environment of Prehistoric Cuicuilco, Southern Mexico City". *Journal of Archaeological Science* v.XXI.

Córdova, Carlos E.
1995. *Landscape transformation in Aztec and Spanish Colonial Texcoco, Central Mexico*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Texas. Austin. En revisión.

Crespo, Ana María y A. Guadalupe Mastache
1976. "La presencia en el área de Tula, Hidalgo, de grupos relacionados con el Barrio de Oaxaca en Teotihuacan". Ponencia presentada en la reunión 41 de la Society for American Archaeology. San Luis Missouri.

Crespo, Ana María y A. Guadalupe Mastache
1981. "La presencia en el área de Tula, Hidalgo, de grupos relacionados con el Barrio de Oaxaca en Teotihuacan" en *Interacción cultural en México central*. compilado por E. C. Rattray, J. Litvak y C. Díaz. Serie Antropológica 41. IIA, UNAM.

Delgado, G.H., N.G. Carrasco, F.J. Urrutia and B.M. Casanova
1988. "Analysis of the eruptive records of the Popocatepetl volcano, Mexico". *Proceedings of the Kogoshima International Conference on Volcanoes*. International Association of Vulcanology and Chemistry of the Earth Interior.

Díaz L. Enrique
1922. "La población contemporánea", en *La población del Valle de Teotihuacan*, t. II. M. Gamio (ed.), Secretaría de Agricultura y Fomento, Dirección de Antropología. p.60.

Díaz Oyarzábal, Clara Luz
1980. *Chingú. Un sitio Clásico del área de Tula, Hgo.* Colección Científica 90. Arqueología. INAH.

Ezcurra, Exequiel
1990. *De las chinampas a la magalópolis. El medio ambiente en la Cuenca de Mexico*. Colección la Ciencia desde México, n.91. SEP-FCE-CONACYT

Fahmel Beyer, Bernd
1995. *En el cruce de caminos. Bases de la relación entre Monte Alban y Teotihuacan*. Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. México.

- Fergusson, Gordon y W.F. Libby
1963. UCLA, radiocarbon dates II. *Radiocarbon* v.5, p.1-22
- Fergusson, Gordon y W.F. Libby
1964. UCLA, radiocarbon dates III. *Radiocarbon* v.6, p.318-339.
- Fisher, Richard V.
1960. "Classification of Volcanic Breccias" *Bulletin of the Geological Society of America* v.71: 973-982.
- Fisher, Richard V.
1961. "Proposed Classification of Volcaniclastic Sediments and Rocks" *Bulletin of the Geological Society of America* v.72, n.9: 1409-1414.
- Flannery, Kent V.
1976. *The Early Mesoamerican Village*. Academic Press. New York.
- Flannery, Kent V. and Joyce Marcus
1983. *The cloud people. Divergent evolution of the Zapotec and Mixtec civilizations*. Academic Press, New York.
- Foster, W. J.
1935. Further applications of Chemistry to Archaeology. *Journal of Chemical Education*, v. 38, Pt. 5. New York.
- Gamio, Manuel (ed.)
1922. *La población del Valle de Teotihuacan*, México, edición facsimilar del Instituto Nacional Indigenista (1979).
- Geophysics Study Committee, Geophysics Research Forum, Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Resources, National Research Council
1984. "Explosive Volcanism: Inception, Evolution, and Hazards" *Studies in Geophysics*. National Academy Press. Washington, D.C.
- Gibson, Charles
1991. *Los aztecas bajo el dominio español 1519-1810*. Siglo Veintiuno. 11a. edición. México.
- Gibson, Charles
1964. *The Aztecs under Spanish Rule: A History of the Indians of the Valley of Mexico 1519-1810*. Stanford University, Stanford, California
- Harleston, Hugh
1974. "A Mathematical Analysis of Teotihuacan" Ponencia presentada en el XLI Congreso Internacional de Americanistas, México D.F., septiembre 1974.

Heyden, Doris

1981. "Caves, Gods, and Myths: World-Views and Planning in Teotihuacan", en Benson, Elizabeth P. (ed.): *Mesoamerican Sites and World-Views*, Dumbarton Oaks Research Library and Collections, Washington: 1-39.

Heyden, Doris

1975. "An Interpretation of the Cave Underneath the Pyramid of the Sun in Teotihuacan, Mexico", *American Antiquity* v. 40, n. 2, abril, Society for American Archaeology, Washington: 131-147.

Hernández Dávila, E. (coordinador)

1989. Simposium sobre Arqueología en el Estado de Hidalgo. Trabajos recientes 1989. Colección Científica 282, INAH. 125p.

Linares, Eliseo, Luis Barba, Guillermo Pérez y Elizabeth Mejía

1992. Prospección geofísica y química en La Ladrillera, Cuicuilco, México. *Antropología y Técnica*, n.5:45-92

Linné, Sigvald

1934. *Archaeological researches at Teotihuacan, Mexico*. The Ethnographical Museum of Sweden. Estocolmo.

Linné, Sigvald

1942. *Mexican highland cultures. Archaeological researches at Teotihuacan, Calpulalpan and Chalchicomula in 1934/1935*. The Ethnographical Museum of Sweden. Estocolmo.

Littman, Edwin R.

1957. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: Comalcalco, Part I", *American Antiquity* v. 23, n. 2: 135-140.

Littman, Edwin R.

1958. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: Comalcalco, Part II", *American Antiquity* v.23, n.3: 292-296.

Littman, Edwin R.

1958. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: The Composition and Origin of Sascab", *American Antiquity* v. 24, n. 2: 172-176.

Littman, Edwin R.

1959. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: Las Flores, Tampico", *American Antiquity* v.25, n.1: 117-119.

Littman, Edwin R.

1959. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: Palenque, Chiapas", *American Antiquity* v.25, n.2: 264-266.

Littman, Edwin R.

1960. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: the Puuc Area", *American Antiquity* v.25, n.3: 407-412.

Littman, Edwin R.

1960. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: the Use of Bark Extracts in Lime Plasters", *American Antiquity* v.25, n.4: 593-597.

Littman, Edwin R.

1962. "Ancient Mesoamerican Mortars, Plasters and Stuccos: Floor Constructions at Uaxactun", *American Antiquity* v.28, n.1: 100-103.

Lobato (1876 pl.2)

citado en Barba de Piña Chan, Beatriz

1980. *Tlapacoya. Los principios de la teocracia en la Cuenca de México.*

Biblioteca Enciclopedia del Estado de México.

López Austin, Alfredo

1989. "Historia de Teotihuacan". *Teotihuacan, El Equilibrista*, Citicorp/Citibank, México: 13-35.

López Luján, Leonardo

1993. "Las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan". Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.

Lorenzo, José Luis

1968. *Materiales para la arqueología de Teotihuacan*, (Serie Investigaciones XVII), INAH, México.

McClung de Tapia, E., E. Ibarra, J. Zurita-Noguera and M. Meza-Sánchez

1995. "Prehistoric Human Impact in the Teotihuacan Region of Central Mexico". Ponencia presentada en International Union for Anthropological and Ethnological Sciences. Inter-Congress on Biodemography and Human Evolution, Florencia, Italia.

MacKinnon, J. y E. May

1990. "Small-Scale Maya Lime Making in Belize. Ancient and Modern", *Ancient Mesoamerica* n. 1, Cambridge University Press: 197-203.

Manzanilla, Linda, Luis Barba, René Chávez, Jorge Arzate y Leticia Flores

1989. "El Inframundo de Teotihuacan. Geofísica y Arqueología". *Ciencia y Desarrollo*. V. XV, no. 85, marzo-abril, p. 21-35.

Manzanilla Linda, Luis Barba, Sergio Aburto, Jaime Urrutia y Manuel Jiménez

1993. "Estudio interdisciplinario de arcillas y carámicas de Teotihuacan y del centro de Veracruz". Cap. XIX. en *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztotyahualco*. Vol. II. Linda Manzanilla editora, México, UNAM. p.898-933.

Manzanilla Linda

1993. "Los conjuntos residenciales teotihuacanos". Cap. I. en *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztotyahualco*. Vol. I. Linda Manzanilla editora, México, UNAM. p.31-46.

Manzanilla, Linda

1993. "Surgimiento de los centros urbanos en Mesoamérica" en *Antropología Breve de México*. Lourdes Arizpe (coordinadora). Academia de la Investigación Científica, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. UNAM, p. &

Manzanilla, Linda, Luis Barba, René Chávez, Andrés Tejero, Gerardo Cifuentes y Nayeli Peralta

1994. "Caves and Geophysics: an Approximation to the Underworld of Teotihuacan, Mexico". *Archaeometry* 36, n.1:14-57.

Manzanilla, Linda

1994. "Geografía sagrada e inframundo en Teotihuacan". *Antropológicas* 11: 53-65.

Manzanilla, Linda

1995. "La zona del Altiplano central en el Clásico" en *Historia Antigua de México*, v.II: El horizonte Clásico. Coordinadores: Linda Manzanilla y Leonardo López Luján. INAH, UNAM, Porrúa.

Margain, Carlos R.

1966. "Sobre sistemas y materiales de construcción en Teotihuacan", *XI Mesa Redonda*, Sociedad Mexicana de Antropología, México, p. 157-211.

Marquina, Ignacio

1951. *Arquitectura Prehispánica*. Ciudad de México: INAH.

Mastache F. Alba G. y Robert H. Cobean

1985. "Tula" en *Mesoamérica y el Centro de México. Una Antología*. Colección Biblioteca del INAH, Recopiladores: Jesús Monjarás-Ruiz, Rosa Branbila, y Emma Pérez-Rocha. pp 273-308.

Matos Moctezuma, Eduardo

1990. *Teotihuacan. La metrópoli de los dioses*. Barcelona: Lunwerg. Corpus precolombino, sección las civilizaciones mesoamericanas.

Matos Moctezuma, Eduardo

1993. "Las sociedades tardías de Mesoamérica" en *Antropología Breve de México*. Lourdes Arizpe (coordinadora). Academia de la Investigación Científica, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. UNAM.

Milán, Marcos.

1990. "Estudio geológico-geofísico para la detección de cavernas en la zona arqueológica de Teotihuacan, Estado de México", *Investigaciones Geofísicas de México*, informe mecanografiado.

Millon, Rene

1957. "New data on Teotihuacan I in Teotihuacan", *Boletín del Centro de Investigaciones Antropológicas de México* v. I, n. 4: 12-18.

Millon, Rene

1957. Irrigation System in the Valley of Teotihuacan. *American Antiquity* v.23. Salt Lake City.

Millon, René

1961. "The Northwestern Boundary of Teotihuacan: A Mayor Urban Zone" *Homenaje a Pablo Martínez del Río*, INAH, México: 311-318.

Millon, René.

1966. "Extensión y Población de la ciudad de Teotihuacan en sus diferentes periodos: un cálculo provisional. XI Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología "El Valle de Teotihuacan y su contorno". MNAH, México, D.F. Agosto 1966.

Millon, René

1973. *Urbanization at Teotihuacan, Mexico*. v.1: The Teotihuacan Map. Text, Austin, University of Texas, Press.

Millon, René

1981. "Teotihuacan: City, State and Civilization", en Jeremy Sabloff (ed.): *Archaeology. Supplement to the Handbook of the Middle American Indians* v. 1, University of Texas Press, Austin.

Millon, Rene y Bruce Drewitt

1961. "Earlier Structures Within the Pyramid of the Sun at Teotihuacan", *American Antiquity* v. 26, n. 3: 371-380.

Millon, Rene, Bruce Drewitt y James Bennyhoff

1965. *The Pyramid of the Sun at Teotihuacan: 1959 Investigations*, (Transactions of the American Philosophical Society v. 55, part 6), American Philosophical Society.

Millon, René

1993. "The Place Where Time Began. An Archaeologist's Interpretation of what Happened in Teotihuacan History". in *Teotihuacan. Art from the City of the Gods*. Edited by Kathleen Berrin and Esther Pasztory. Thames and Hudson. The Fine Arts Museums of San Francisco.

Molina Berbeyer, Rafael

1954. "Contribución geoquímica en el estudio de las aguas subterráneas de la cuenca del Valle de México", *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* t. XVII, n. 2: 53-70.

Mooser, Federico

1968. "Geología, naturaleza y desarrollo del Vale de Teotihuacan", en Lorenzo, José L. (ed.): *Materiales para la Arqueología de Teotihuacan*, (Serie Investigaciones XVII), INAH, México. p. 31-39.

Morelos, García Noel

1985. Proceso de producción de espacios y estructuras en Teotihuacan. Conjunto Plaza Oeste y Complejo Calle de los Muertos. Tesis de licenciatura. ENAH. INAH. SEP.

Morris, E.H., J. Charlot, y A.A. Morris.

1931. *The Temple of the Warriors at Chichén Itzá, Yucatan..* Carnegie Institution of Washington, Publicación 406., Washington.

Nichols, Robert L.

1936. "Flow-units in Basalt". *The Journal of Geology* v.XLIV, n.1. The University of Chicago Press.p. 617-630.

Ortega Escalona, Fernando

1992. "La madera: un recurso castigado". *Ciencias* n.28 . Fac. Ciencias. UNAM. p.27-30.

Ortiz, Agustín y Luis Barba

1993. "La química en el estudio de áreas de actividad" Cap. XII. en *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztotlahualco*. Vol. II. Linda Manzanilla, editora. IIA. UNAM. México: p. 617-660.

Palacios González, Eduardo

1992. "Demanda de energía rural" en *Memorias de la primera reunión internacional sobre energía y medio ambiente: sector residencial mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de California. Diciembre 1991. p.113-118.

Peñañiel, Antonio

1900. *Teotihuacan: Estudio histórico y arqueológico*. México. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento.

Pérez, José

1931. "Exploración del túnel de la Pirámide del Sol". *El México Antiguo* v.3, 5/8, 1930-1931

Piña Chan, R.

1977. *Quetzalcóatl serpiente emplumada*. Fondo de Cultura Económica. México.

- Rappaport, R.A.
1971. "The flow of energy in an agricultural society". *Scientific American* 224(3):116-132.
- Rattray, Evelyn C.
1975. "Some Clarifications on the Early Teotihuacan Ceramic Sequence", *Actas del XLI Congreso Internacional de Americanistas*, Mexico.
Rattray, Evelyn C.
1991. "Fecha mientos por radiocarbono en Teotihuacan". *Arqueología* n.6: 3-18.
- Rattray, Evelyn C.
1995. "The Oaxaca Barrio at Teotihuacan" n.1. *Monografías Mesoamericanas*. Instituto de Estudios Avanzados. Universidad de las Américas.
- Robin, Claude y Christian Boudal
1987. "A gigantic Bezymianny-type event at the beginning of modern volcan Popocatepetl", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v.31, p.115-130.
- Rodríguez Elizarraras, J.C. Komorowski, V. Jiménez y C. Siebe
1993. *Libro-guía de la excursión geológica al volcán Parícutín, Estado de Michoacán, México*. Instituto de Geografía. UNAM. 50 Aniversario del volcán.
- Ross, Clarence S.
1955. "Provenience of Pyroclastic Materials" *Bulletin of the Geological Society of America* v.66:427-434.
- Ruppert, Karl, J.E.S. Thompson, y Tatiana Proskouriakoff
1955. *Bonampak, Chiapas, Mexico*. Carnegie Institution of Washington, Publicación 602. Washington.
- Rzedowski, J., Guzmán, G., Hernández, C. y Muñiz, R.
1964. Cartografía de la vegetación de la parte norte del Valle de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México. 13:31-57.
- Sahagún, Fray Bernardino de
1956. Codex Florentinus or Mediceo Palatino 218-220. (manuscrito original de 1565-77 Biblioteca Medicca Laurenziana)
Historia general de las Cosas de la Nueva España, editado por Angel María Garibay, 4 vols, Ciudad de México: Ed. Porrúa.
- Sanders, William
1965. *The Cultural Ecology of the Teotihuacan Valley*, A preliminary report of the Results of the Teotihuacan Valley Project, The Pennsylvania State University.
- Sanders, William T., Jeffrey R. Parsons and Robert S. Santley
1979. *The Basin of Mexico: Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*. Academic Press. New York.

Sanders, William T. and Robert S. Santley
1983. "A Tale of Three Cities: Energetics and Urbanization" in *Prehispanic Central Mexico in prehistoric Settlement Patterns: Essays in Honor of Gordon Willey*, eds. E.Z. Vogt and R.M. Leventhal 243-91. Cambridge Mass: University of New Mexico Press and Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.

Schávelzon, Daniel
1982. "La primera excavación arqueológica de América Latina. Carlos de Sigüenza y Góngora en Teotihuacan (1680)", Ponencia presentada en la Primera Reunión de Historiadores de las Ciencias, Puebla, agosto 1982.

Séjourné, Laurette
1959. *Un palacio en la Ciudad de los Dioses: Exploraciones en Teotihuacan 1955-58*. Ciudad de México. INAH.

Séjourné, Laurette
1966. *Arquitectura y pintura en Teotihuacan*. Siglo XXI. México.

Seler, Eduard
1980. *Comentarios al Códice Borgia*, Fondo de Cultura Económica, México.

Sheehe, James J.
1993. *Agave as a fuel resource for ancient Teotihuacan*. Department of Anthropology. Pennsylvania State University. manuscrito.

Soruco Saenz, Enrique
1992. "Una cueva ceremonial en Teotihuacan y sus implicaciones astronómicas religiosas", *Memorias del Simposio sobre Arqueoastronomía y Etnoastronomía*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México.

Thompson, E.H.
1932. *People of the Serpent*. Houghton Mifflin, New York.

Thopson, J.E.S.
1954. *The Rise and Fall of Maya Civilization*. University of Oklahoma Press, Norman.

Uruñuela, Gabriela y Patricia Plunket
1995. *Proyecto Tetimpa. Primera temporada 1993-1994*. Informe técnico al Consejo de Arqueología INAH. Universidad de las Américas - Puebla. Cholula, Puebla.

Urrutia Fucugauchi, Jaime
en prensa. "Comentarios sobre la edad del campo volcánico Pedregal de San Angel, Cuenca de México - fechamientos por radiocarbono". *Boletín GEOS* v.15 (1995).

Villa Rojas, Alfonso

1934. *The Yaxuná-Cobá Causeway*. Contributions to American Archaeology, No. 9, Carnegie Institution of Washington, Publicación 436. p. 187-208. Washington.

Weitlaner, Roberto y Juan Leonard

1959. "De la cueva al palacio", *Esplendor del México Antiguo*, Centro de Investigaciones Antropológicas de México, México: 933-956.

West, Michael

1965. Transition from Preclassic to Classic in Teotihuacan en *American Antiquity*, v. 31, n. 2, p. 193-202. Salt Lake City.

White, Leslie A.

1949. *Energy and the Evolution of Culture* (Reprint Series in the Social Science A-235; reprinted from "The Science of Culture"), The Bobbs-Merrill Co. Indianapolis: 363-393.

Wiercinski, Andrzej

1977. "Time and Space in the Sun Pyramid from Teotihuacan", *Polish Contributions in New World Archaeology*, Kracovia.

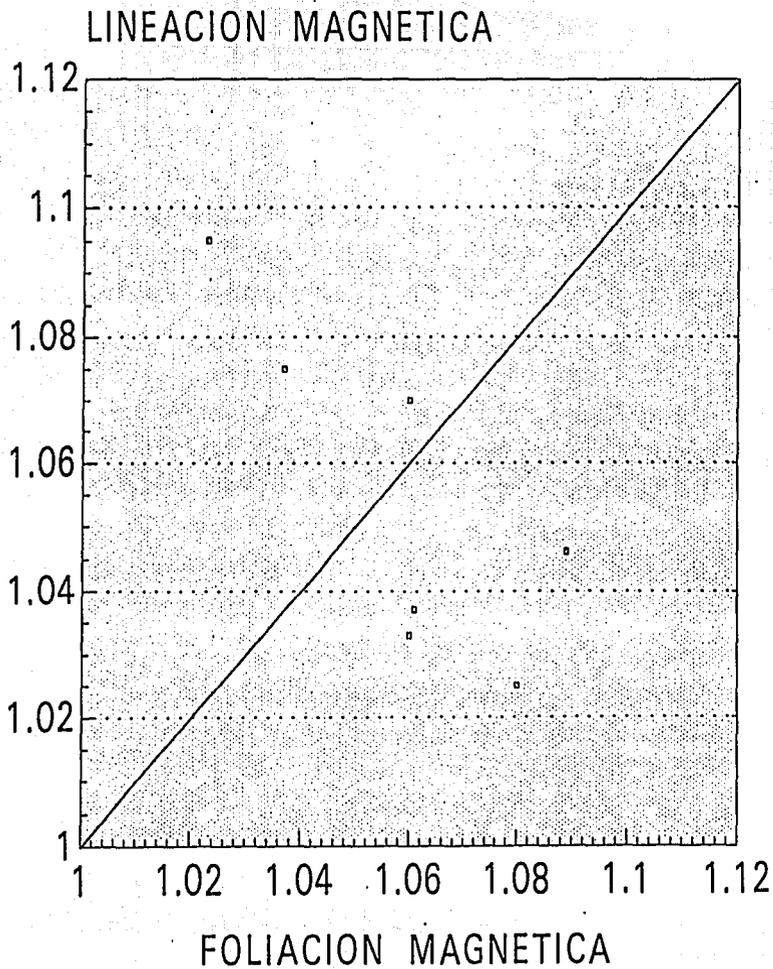
Yarza de De la Torre, Esperanza

1992. *Volcanes de México*. Instituto de Geografía. UNAM. México.

Apéndice 2.1 Gráficas del estudio paleomagnético

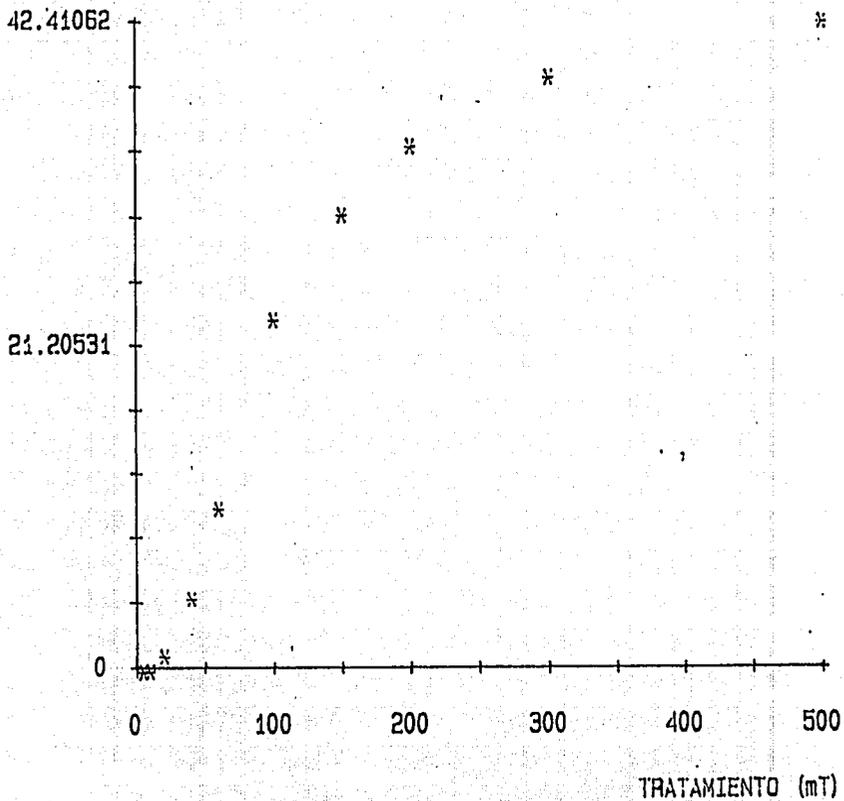
ANISOTROPIA DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA

UNIDAD VOLCANICA - TEOTIHUACAN



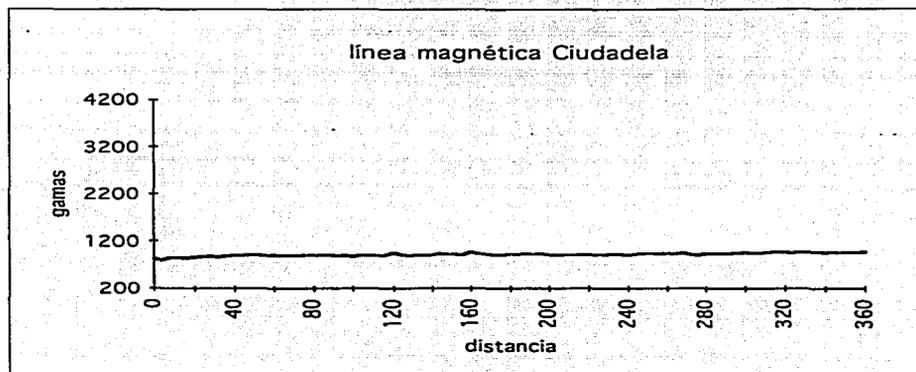
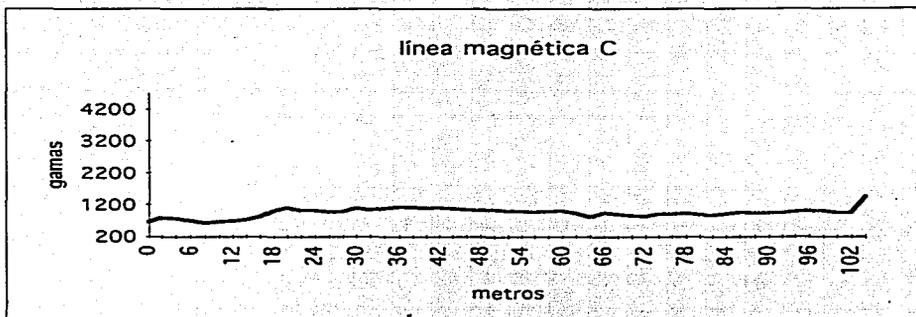
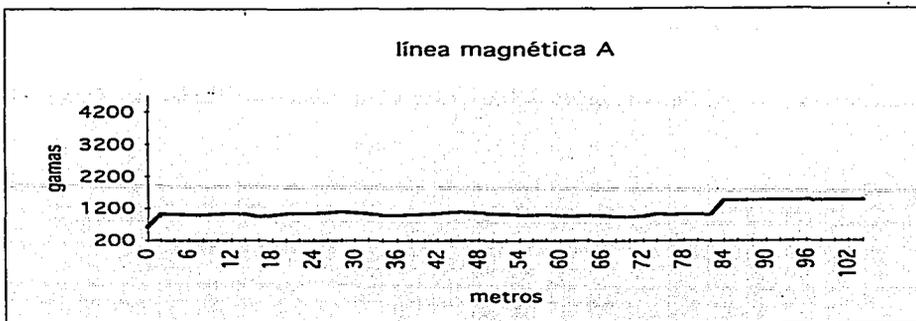
INTENSIDAD (mA/m)

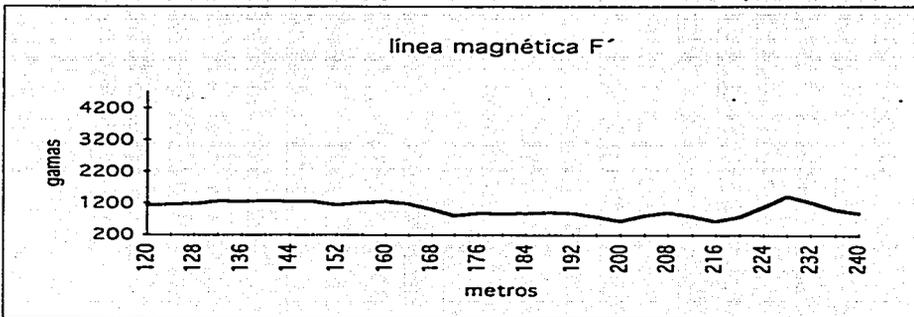
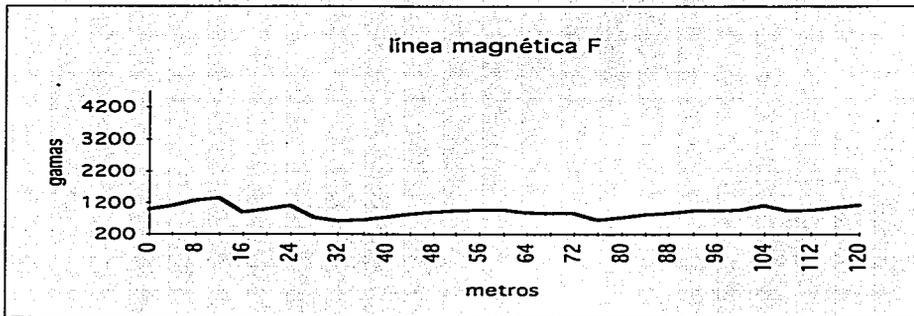
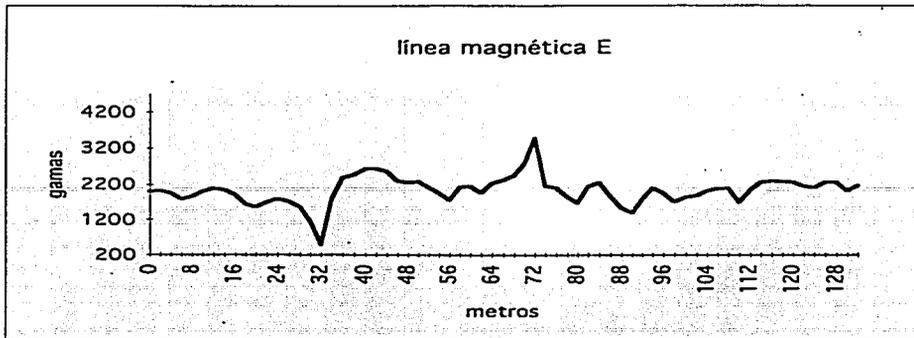
MUESTRA 7A-7

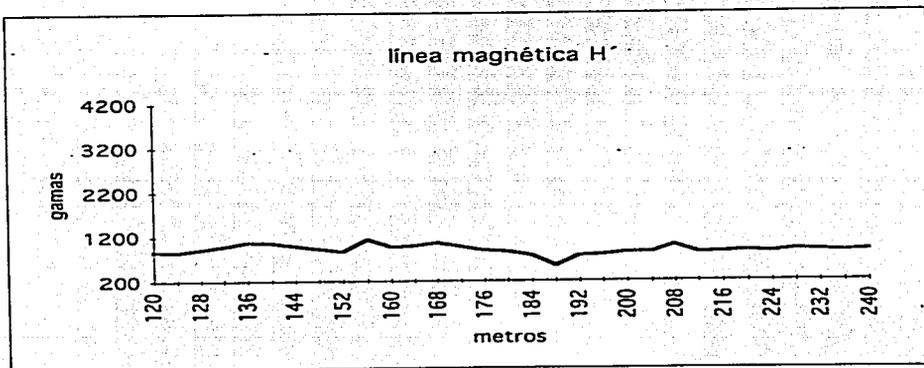
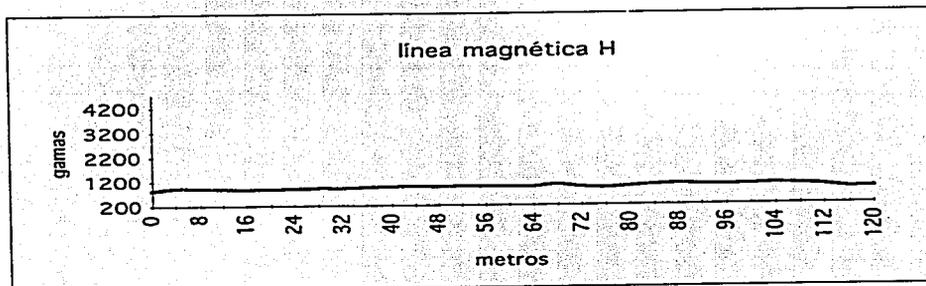
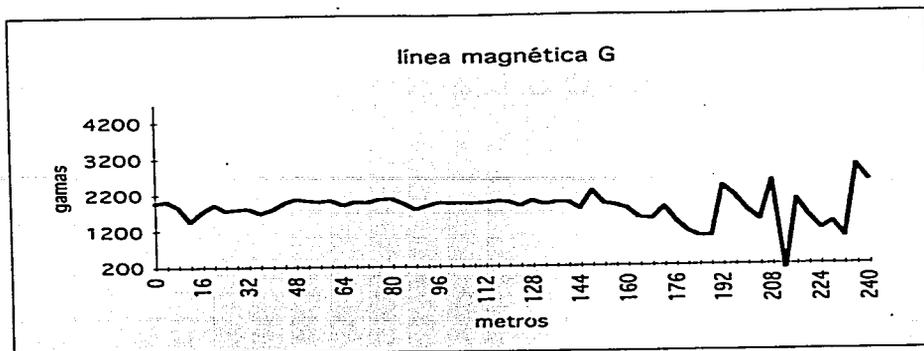


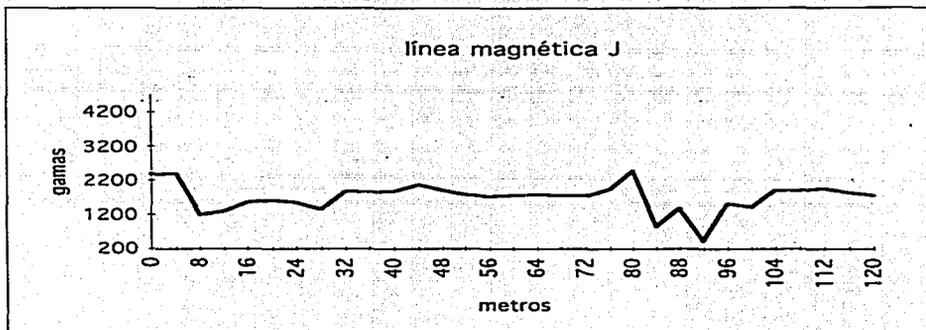
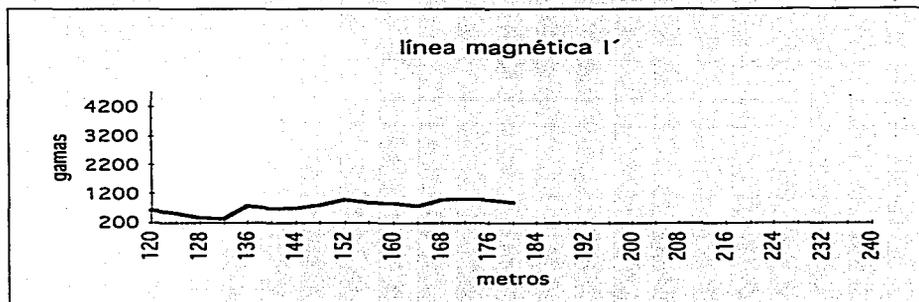
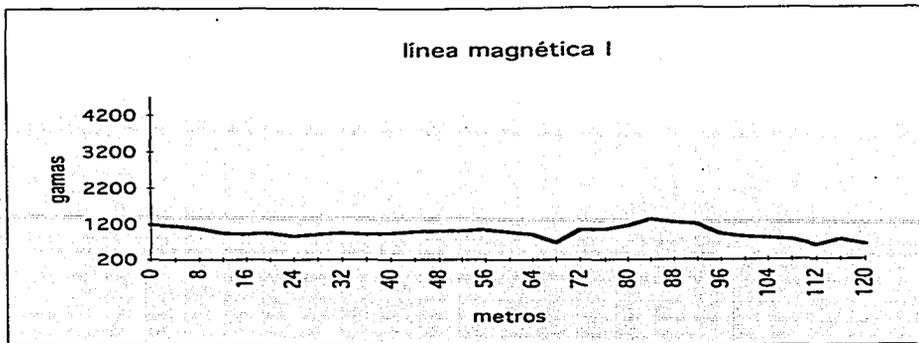
A.2.1 Curva característica de un mineral de la serie titanomagnetitas - magnetita

Apéndice 2.2 Gráficas magnéticas

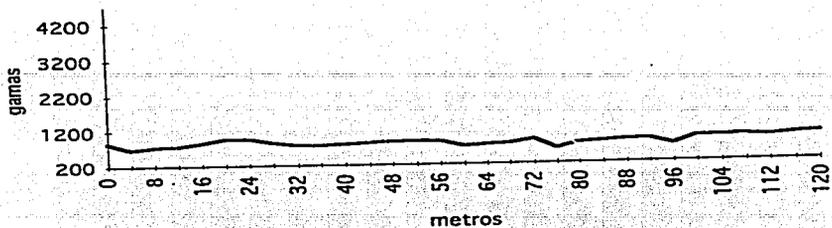




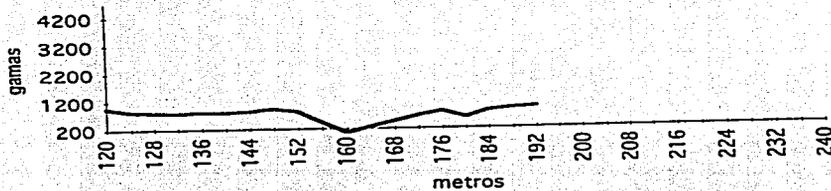




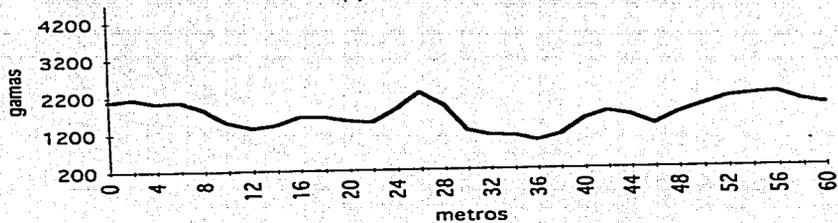
línea magnética K

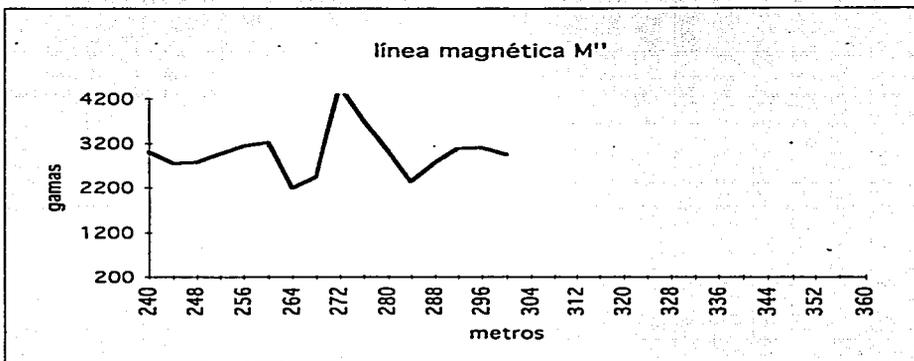
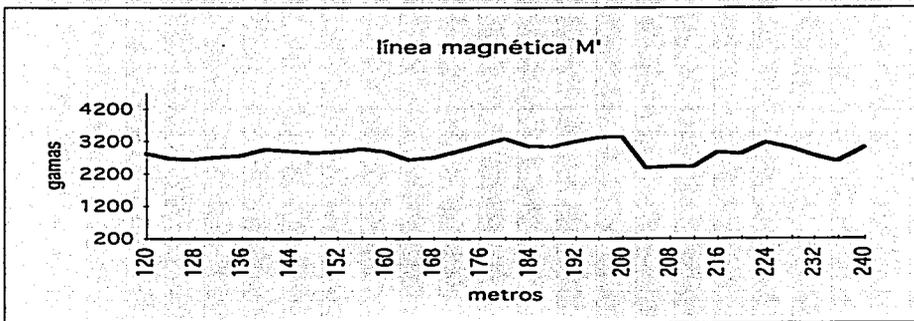
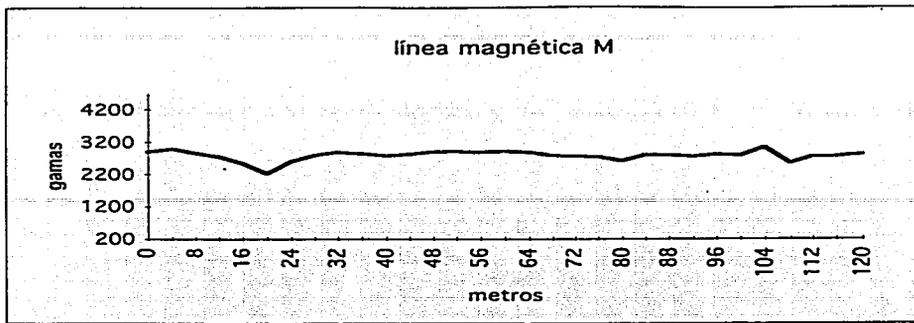


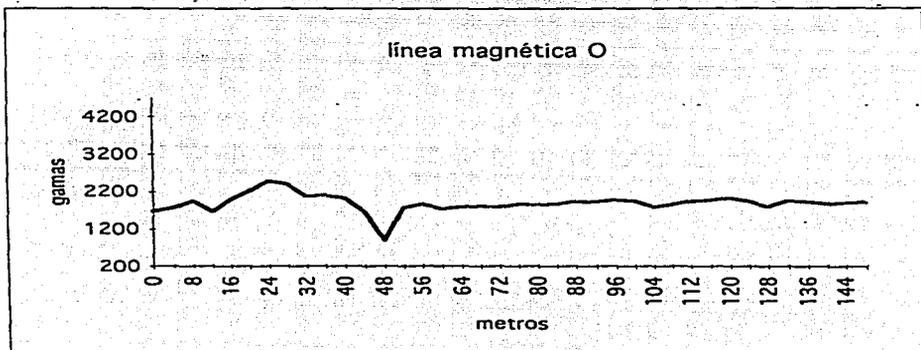
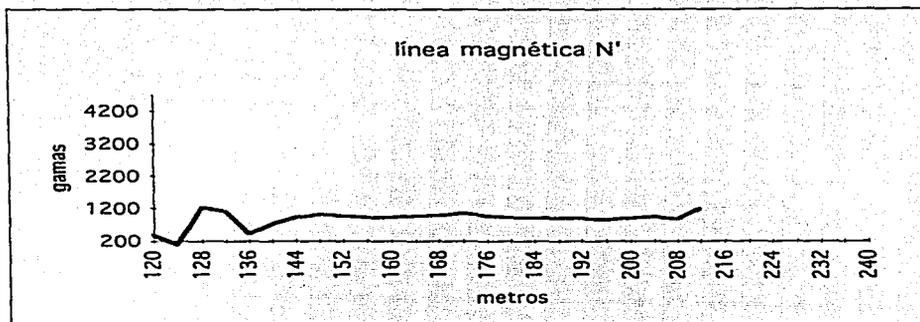
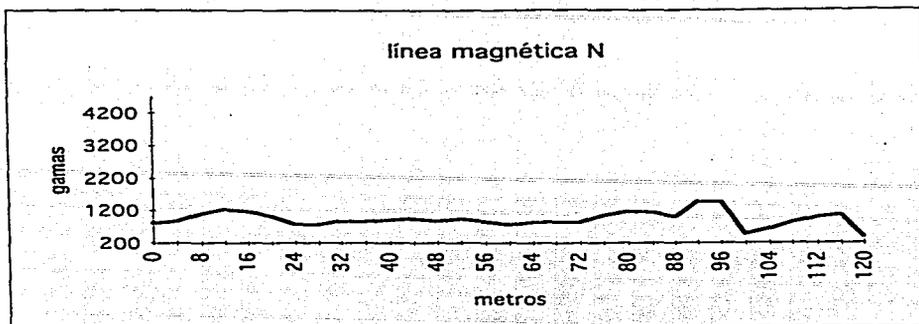
línea magnética K'

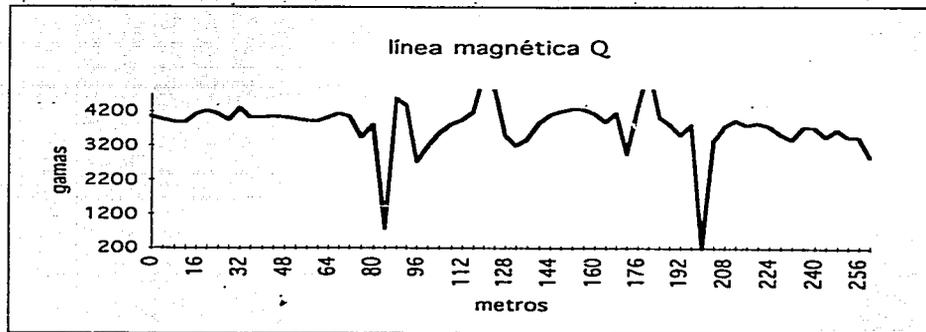
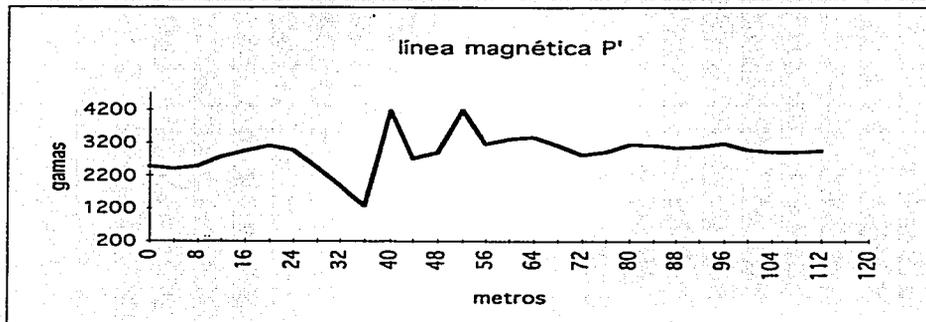
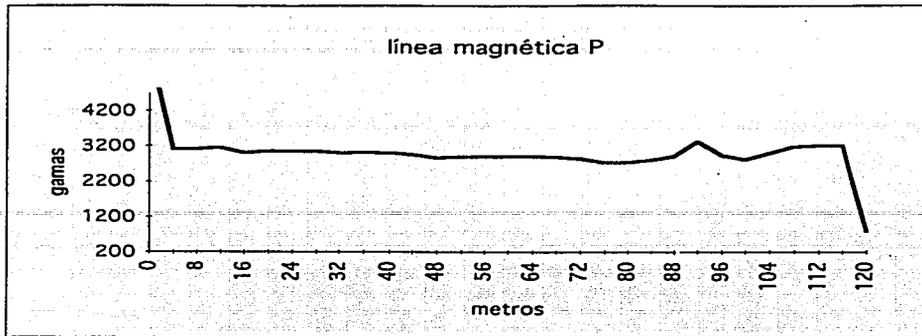


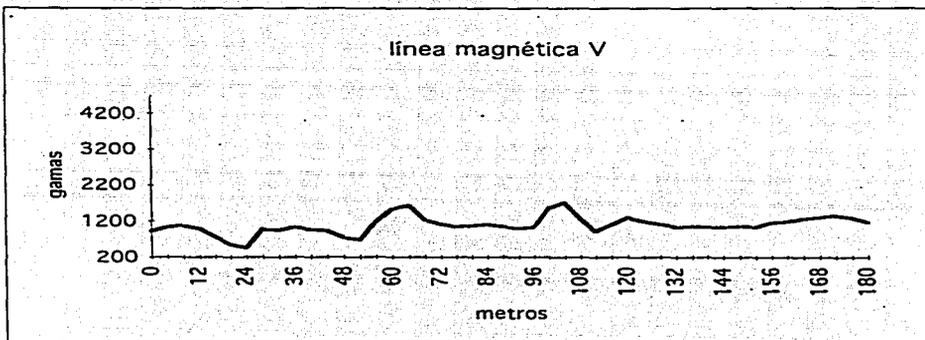
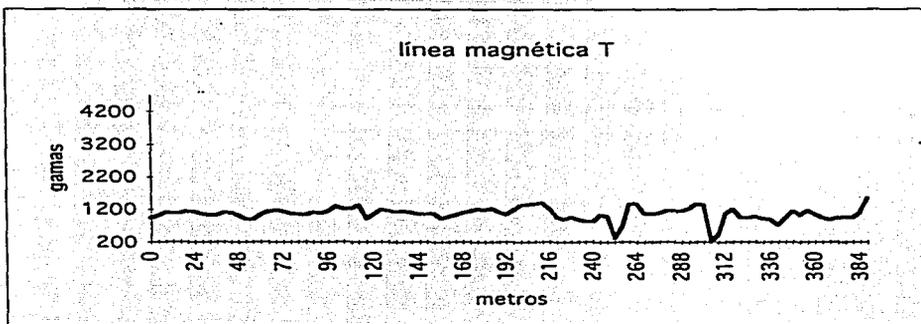
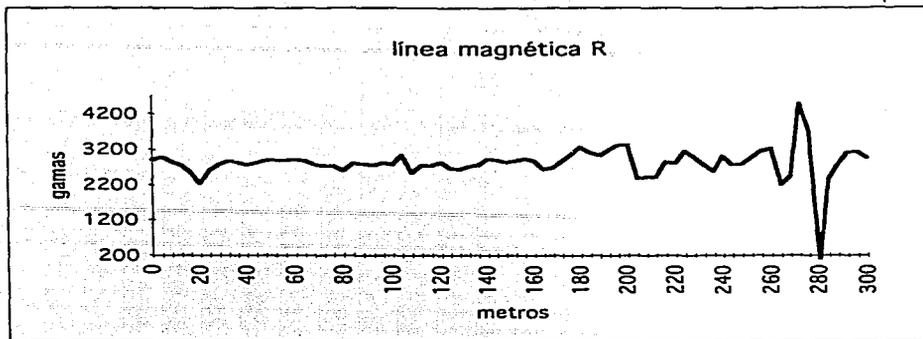
línea magnética L

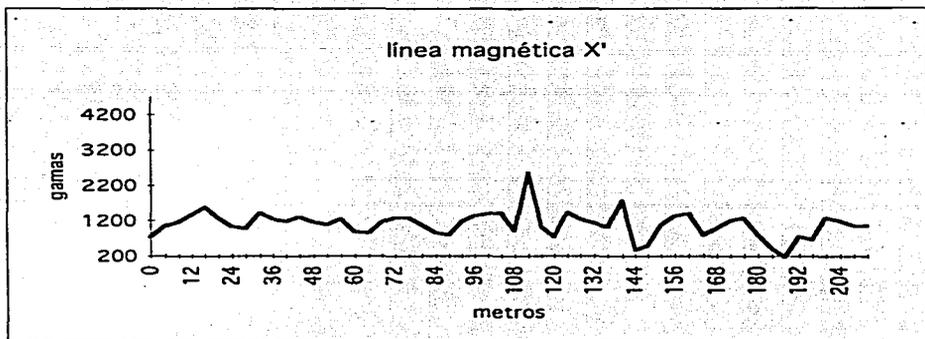
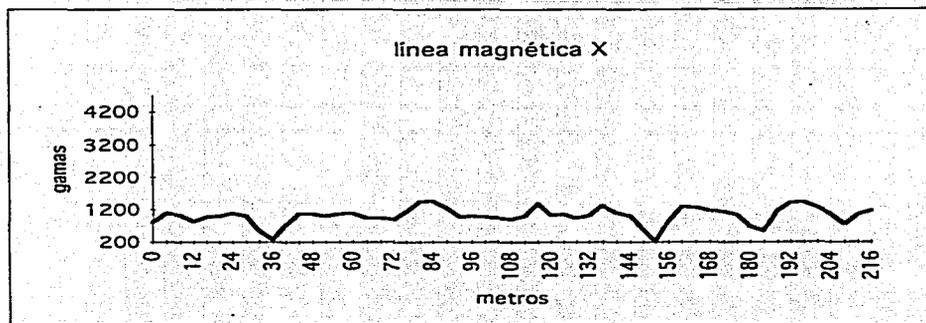
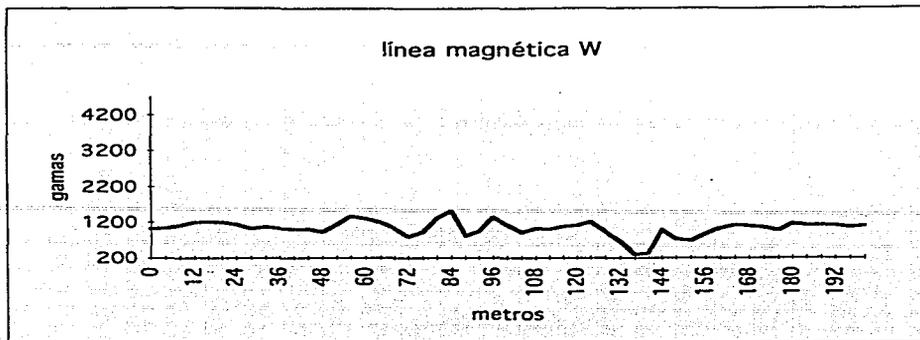


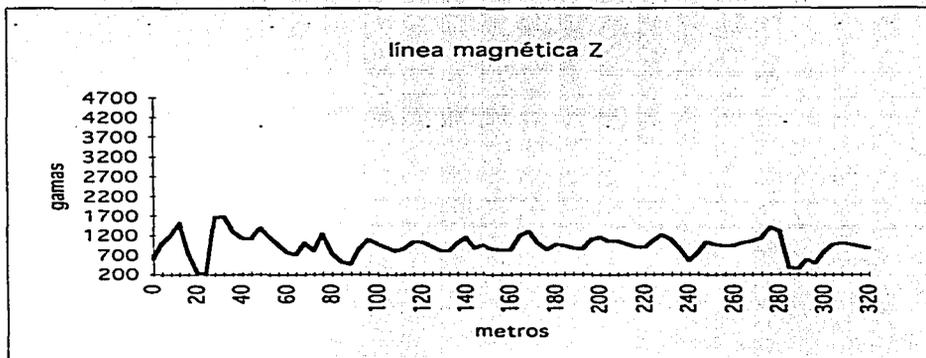
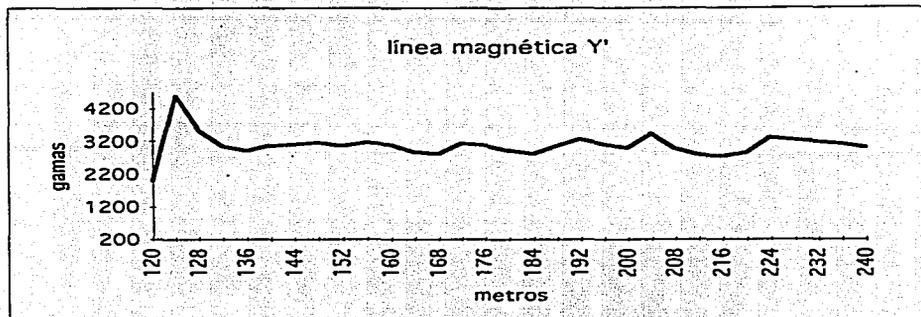
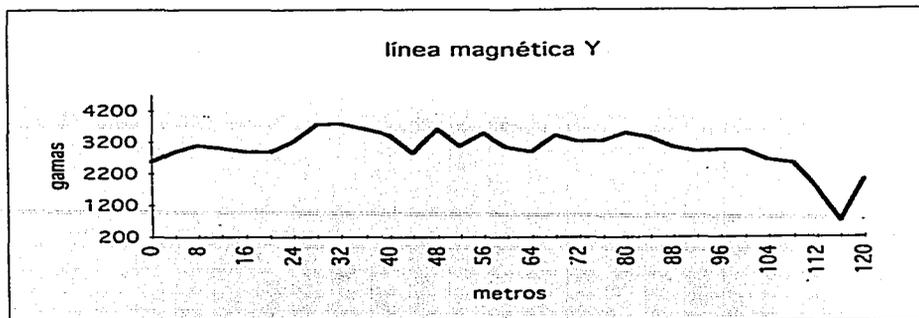


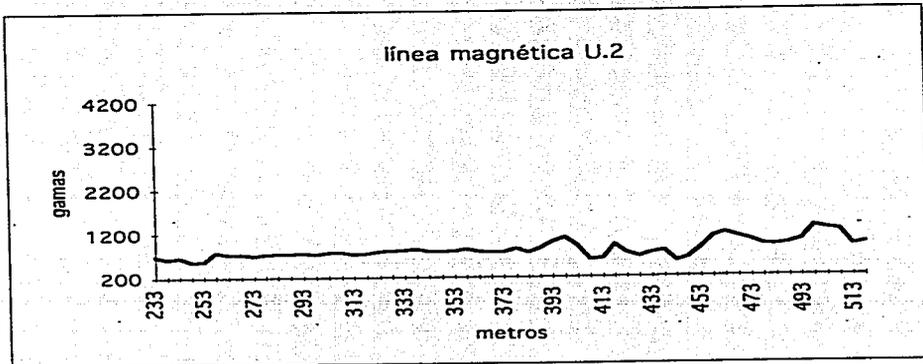
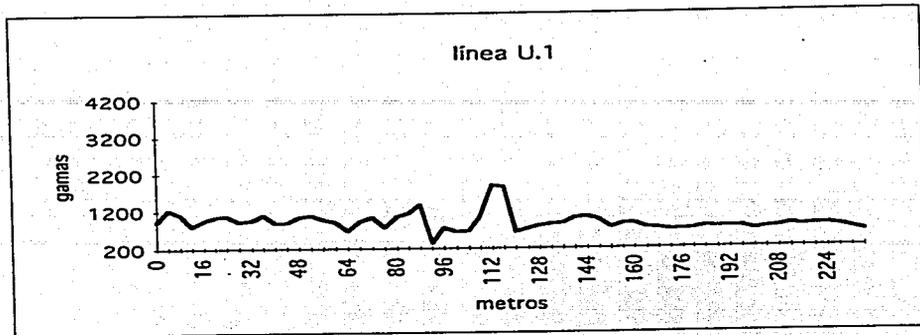












Apéndice 2.3 Descripción de perforaciones

APENDICE 2.3. PERFORACIONES

Para todas las perforaciones practicadas en Teotihuacan se utilizó una nucleadora Black and Decker Trico, con broca de diámetro interior de 7 cm y exterior de 8.7 cm. El equipo completo consta de un generador de corriente eléctrica, una bomba para agua de 1/4 de caballo y mangueras. Puede perforar hasta 10 metros con tramos roscados de 45 cm de longitud. Las barrenas tiene filos con polvo de diamante. Siendo hueca recupera en su interior el material perforado sobre todo en materiales bien consolidados, pero los materiales poco consolidados los muele y salen como lodo.

PERFORACIONES REALIZADAS AL ESTE DE LA PIRAMIDE DE LA LUNA

En el cuadro N5E1 (p.19).

PERFORACION A (2307 msnm).

Se encuentra ubicada a 26 m de la esquina suroeste de la casa abandonada, y a 18.8 m de la esquina noroeste. Se decidió perforar en el límite norte de la anomalía magnética.

En el primer metro de la secuencia se encontraron fragmentos de basalto y tezontle no consolidados. Entre uno y dos metros se encontró toba amarillenta, además de raíces de algunos árboles cercanos. A los tres metros se perforaron arenas gruesas de río, con interstratificación de materiales claros y oscuros. A 3.22 m apareció un material fino más consolidado. A 4.5 m se obtuvieron arenas consolidadas de distintos colores y sedimentadas en forma oblicua. Se tiene un metro de suelo con piedra de derrumbe, debajo del cual se presentan tobas bandeadas en forma diagonal y con capas arenosas.

PERFORACION B (2305 msnm).

Esta perforación se ubicó al norte de la plaza 6, después de su cabezal norte. En esta zona se realizó previamente una retícula magnética que guió el trabajo. La perforación se encuentra a 23 m al oeste del inicio del derrumbe del cabezal este y a 39.5 m al sur de la malla y a 36 m del cabezal oeste.

Los primeros 2.3 m de profundidad, perforó rápidamente sedimentos limo-arenosos cafés, que pudieran corresponder a sedimentos acumulados en el fondo de un depósito excavado. El agua de la perforación se perdía rápidamente. A partir de 2.3 m el taladro empezó a encontrar resistencia. Se encontró un material amarillento con fragmentos de tezontle. A 2.8 m se encontraron piedras. A 4.1 m aparecieron cantos rodados y cerámica. A 4.1 m surgieron tobas arenosas, a 5.25 m se trabó con sedimentos tobaceos y arenosos y volvieron a aparecer cerámica, obsidiana y guijarros. A 5.7 m aparecieron toba y basalto vesicular, se terminó a 6 m.

En esta perforación se puede apreciar un fuerte desnivel de más de 2 m relleno con sedimentos, esto podría interpretarse como un depósito excavado, pues en la superficie actual se percibe como una depresión. Pero más interesante es la presencia a 4 m de cantos rodados y fragmentos pequeños de cerámica y obsidiana. Esto puede ser consecuencia de un paleocauce de arroyo sepultado por el flujo piroclástico. A 6 m se tienen indicios de un flujo de basalto que suponemos tocamos en su parte superior por la existencia de vesículas en el basalto recuperado. Este flujo podría ser parte de los

que afloran 500 m al norte en el arroyo Piedras Negras y que provienen de los derrames del Cerro Gordo. También se relaciona con la interpretación eléctrica que propone un dique inclinado entre los sondeos eléctricos verticales SEV3-4 y SEV 5-6.

PERFORACION C (2305 msnm).

Esta perforación se realizó en el sector oeste del adoratorio central de la plaza 6, a 2.7 m al oeste del mezquite.

En los primeros 50 cm se encontró el suelo. Posteriormente apareció toba con concreciones de caliche. En 1.2 m se encontró toba arenosa con fragmentos pequeños de tezontle. A 1.6 m aparece toba consolidada con fragmentos de tezontle. A 2.1 m hay tobas interestratificadas claras y oscuras. En 3.5 m las tobas parecen perder consistencia y salen como arenas mezcladas con cantos rodados y guijarros. Se tienen algunos fragmentos de basalto y se terminó perforando tobas a 5.4 m.

PERFORACIONES REALIZADAS EN LA DEPRESION AL OESTE DEL CAMPO DE FUTBOL DE LOS TRABAJADORES DEL INAH. (mapa N5W1, p.18)

PERFORACION D (2311 msnm)

Se encuentra ubicada al oeste de la Pirámide de la Luna, sobre el camino que pasa por la depresión que Millon denominó "depósito de agua", sobre la Línea Magnética 927. Está a 18 m. al norte del centro del registro al noreste de la depresión, y a 6 m. al sur del talud norte del camino; está a 23.30 m. al noroeste de la esquina sureste de la retícula (esquina que está a 5 m. al oeste del registro grande); a 12.5 m. al suroeste de un pirul y a c. 21.5 m. al suroeste de la esquina noreste de la retícula; está a 9 m. de un doble pirul. Se usó la broca de 3 cm. de diámetro.

0 - 1 m. prof.: problemas para perforar el relleno de tezontle y basalto poroso, además de algunos sedimentos arenosos.

c. 1 m.-1.30 m. prof.: basalto poroso y al final, lodo arcilloso.

1.30-c. 2 m. prof.: fragmentos de tezontle y arcilla.

c. 2.25 m. prof.: basalto denso con toba.

2.35 m. prof.: toba densa con tezontles un poco redondeados.

2.50 m. prof.: arena no-lavada. La broca se atoraba mucho. Apareció el contacto del basalto con la toba (salió también un fragmento denso de basalto).

2.55 m. prof.: la broca hacía mucho esfuerzo para perforar ya que era basalto denso. La broca se atascó en sedimentos y se safó.

PERFORACION E

Estuvo ubicada a un metro al sur de la Perforación D, también sobre el camino (al margen). Se usó la broca de 9 cm. de diámetro, cuyo largo es de 54 cm., con tramos de 44 cm.

0-1 m. prof.: relleno del camino, (en la pared se ven algunos cm. de gravilla de tezontle y tepetate) con basalto y tezontle.

1.00-1.30 m. prof.: basalto

1.30 m. prof.: Inicio del lodo, madera y guijarros (¿sedimentos de la depresión?), hacia 1.30 m.

2.00-2.34 m. prof.: basalto denso gris claro de grano muy fino, con sales, y tezontle (quizá sólo un fragmento).

2.34-2.44 m. prof.: guijarros, cerámica erosionada naranja, raices, obsidiana gris.

2.44-3.22 m. prof.: basalto denso gris de grano fino con capas de sales cristalizadas.

PERFORACION F (2310.42 msnm).

Esta perforación se encuentra en el fondo de la porción norte de la depresión, al norte del camino, a 297 azimut y a 14 m. de distancia de las anteriores. Está ubicada aproximadamente entre las líneas magnéticas 923 y 924, a 27 m. del origen de la retícula, en la base del montículo que yace al norte de la depresión. Ahí se encuentra la mitad de la distancia entre el mínimo y el máximo de una anomalía. Está a 13.60 m. al sureste del pirul del montículo y a 7 m. al noreste de un doble pirul en la margen del camino. Hacia la parte oeste de la depresión se ven afloramientos de basalto.

0-75 cm. prof.: basalto con sales y guijarros; fragmentos de tezontle rojo (derrumbe).

0.75-2.20 m. prof.: tezontle bandeado rojo (aglomerado, fundiendo basalto, toba y tezontle). Este es el único núcleo que tiene este material y está impregnado de sales.

2.20-3.85 m. prof.: guijarros un poco redondeados; son de rocas volcánicas; tezontle en pequeños fragmentos no consolidados. El cementante no unió y sólo quedaron los fragmentos.

3.85 m. prof.: tezontle con basalto.

4.00-4.30 m. prof.: otro contacto de tezontle con basalto.

Parece que el basalto que fue detectado en la Perforación E está rodeado al norte por un aglomerado de transición, en contacto vertical.

PERFORACION G (2307 msnm).

Se había observado que en la única línea magnética que se había hecho en el fondo de la depresión, de sur a norte, aparecían dos anomalías muy cercanas una de otra, al norte de la oquedad que yace en el centro. Así pues, se decidió bajar la nucleadora y hacer una perforación ahí con el fin de probar la hipótesis de que el piso de las depresiones es realmente el techo colapsado.

La Perforación G yace a 46 m. al sur del borde superior norte de la depresión (entre los dos pirules) y a 11 m. al norte del borde septentrional de la pequeña oquedad. Está a 18 m. al este del pirul joven que bordea al oeste la parte baja de la depresión y a 21 m. al oeste de un doble pirul que yace en la parte media del talud este. Se usó la broca de 10 cm. de diámetro.

0-46 cm: suelos arenosos oscuros (relleno de la depresión). El agua se queda.

46- 115 cm: tobas arenosas poco consolidadas. Además, pequeños fragmentos de tezontle y cerámica que quizá se deslizaron desde los sedimentos.

166 cm: textura más gruesa y mismo color.

c. 160 cm: comenzaron a salir burbujas de aire, pero el agua permanecía.

c. 230-274 cm: un guijarro que quizá cayó.

274-342 cm: toba más consolidada. Salsa en fragmentos grandes. 10YR 7/3.

PERFORACION H (2308 msnm).

Se encuentra en la margen noroeste de la depresión del campo de futbol, en el punto de la retícula que corresponde a N14E2. Está en la región de mínimos magnéticos, junto a la lectura 671.

0-0.78 m. prof.: suelos café oscuros, relleno de la depresión.

0.78-1.00 m. prof.: toba amarillenta con grietas saturadas de suelo lixiviado, que en la parte superior está poco consolidada y deleznable, y conforme avanzamos en profundidad, se torna más consolidada.

2.70-2.90 m. prof.: la toba tiene textura más gruesa y más arenosa.

3.00-3.40 m. tiene pequeñas piedras rodadas, por lo que puede ser redeposición.

De esta perforación se desprende que en esta depresión no se hay restos del techo, sino que aprovecharon la toba para usarla como material constructivo, dejando una oquedad en lo que antes era una zona relativamente plana, quizá para servir como depósito de agua, como Millon señala. Queda la posibilidad de que los mínimos magnéticos estén reflejando materiales debajo de la toba.

PERFORACION I (2307.82 msnm).

También se encuentra al interior de la depresión al oeste del campo de futbol, en su porción noreste, al norte de la línea N24 E18, como a 40 cm. al norte. Está cercana a valores magnéticos altos (989).

0-0.78 m. prof.: suelos café oscuros (relleno de la depresión). Al final de este tramo salió un fragmento de basalto y un guijarro redondeado.

0.78-3.40 m. prof.: toba amarillenta arenosa consolidada. A 2.80 m. la toba está muy deleznable y porosa. Aquí tampoco coinciden los valores altos con algo más que toba.

Comentarios:

Las perforaciones D y E se realizaron sobre el relleno del camino al norte de la depresión 9&, pues en este lugar se tenían fuertes anomalías magnéticas. Como consecuencia se presenta un poco más de un metro de piedras de relleno en el núcleo recuperado. Debajo de él se encontraron los sedimentos arcillosos propios del fondo de una depresión. Llama la atención que se encuentra un espesor somero de toba y que aparecen basaltos en la parte más profunda de las perforaciones. La perforación F se realizó al pie de un montículo, por esto en la parte superior del núcleo también se encontró piedra de derrumbe. Esto indica que se ha removido una delgada capa de toba. Por la mezcla de fragmentos de tezontle y basalto cementados con toba, puede tratarse de una zona de contacto entre fragmentos móviles de escorias y el flujo de toba. En esta zona estamos cerca del límite norte del flujo que parece ser el arroyo Piedras Negras. En las perforaciones realizadas en el fondo de la depresión fue

constante la presencia de cuando menos un metro de espesor de sedimentos arcillosos, debajo de los cuales se presentan mas de dos metros de tobas bien consolidadas. Como en el lado este de la Pirámide de la Luna, en la perforación H se presentaron cantos rodados.

PERFORACIONES AL ESTE DE LA PIRAMIDE DEL SOL (mapas N3E1 y N3E2, p. 45 y 46) Abril 1992

PERFORACION J

Estuvo ubicada en un sector plano y desprovisto de estructuras al este de la Pirámide del Sol (N112 E91 de la retícula magnética), en un lugar en que habíamos detectado una fuerte anomalía magnética positiva que suponíamos basalto.

0-20 cm. suelo superficial
20-50 cm. toba
50-70 cm. basalto
70-80 cm. toba (fragms)
80-120 cm. basalto.

PERFORACION K

Esta estuvo muy cerca de la anterior, en el cuadro N108 E94 de la retícula magnética.

0-25 cm. suelo superficial.
25-155 toba
155-172 basalto (fragms)
172-220 toba
220-280 escoria no consolidada
280-300 toba
300-310 ceniza volcánica

PERFORACION L

Estuvo ubicada en N100 E80, en un área de mínimos magnéticos y un comportamiento eléctrico que sugería la presencia de una cueva parcialmente rellena de tierra.

0-25 cm. suelo superficial.
25-153 cm. toba
153-180 cm. toba poco consolidada.
180-410 cm. escoria no consolidada

Estas tres perforaciones se realizaron para verificar la presencia de una anomalía magnética y una eléctrica detectadas durante los estudios previos. Las interpretaciones geofísicas sugirieron la presencia de un bloque de basalto rodeado por material de menor susceptibilidad magnética. Las perforaciones permitieron comprobar que el máximo magnético correspondía a un gran bloque de basalto mientras que a ambos lados de él se tienen mínimos magnéticos que correspondieron a una acumulación de

escoria no consolidada. (véase mapa magnético &)

PERFORACIONES AL PIE DE LA PLATAFORMA PIRAMIDE DEL SOL

Sobre la línea eléctrica TEO 4, en la base este de la plataforma de la Pirámide del Sol, se hicieron tres perforaciones: M, N y P, sobre los metros 40, 44 y 48 de la línea, es decir, en los puntos en que las anomalías magnética y eléctrica coincidían para evidenciar un hueco. Está en la margen oeste del camino. Se realizaron durante agosto y septiembre de 1992.

PERFORACION M (2293.05 msnm)

0-20 cm. piedras pequeñas de tezontle y basalto.
20-50 cm. se fue la broca, son sedimentos suaves.
50-140 cm. toba y tezontle.
140-190 cm. ceniza mezclada con tezontle.
190-320 cm. se fue el agua, la broca penetró muy rápido y salió poco tezontle y poca toba.
320-370 cm. basalto poroso.

PERFORACION N (2292.16 msnm)

Está ubicada en el punto de 44 m. de TEO 4, en la margen oeste del camino
0-40 cm. suelos con piedras
40-90 cm. suelos
90-180 cm. toba y tezontle
180-200 cm. basalto (fragms)
200-460 cm. la broca se fue rápido, al fondo hay gravilla
460-470 cm. basalto.

PERFORACION P

Está ubicada en el punto de 48 m. de TEO 4.
0-40 cm. suelos y toba.
40-65 cm. toba y tezontle.
65-160 cm. toba deleznable.
160-270 cm. tezontle.
270-370 cm. toba y tezontle con cerámica.
370-470 cm. sedimentos o escoria poco consolidada. Se va el agua.
470 cm. tezontle.

PERFORACION Q (2293 msnm)

Es una perforación ubicada inmediatamente al oeste del banco de nivel de nuestra excavación. Está a 4.30 m. al suroeste (210 azimut) de la perforación M y a 5 m. del marco externo de la excavación (tubo central). Se usó la broca grande.

0-54 cm. suelos

54-142 cm. toba con tezontle y guijarros, además de cerámica en la parte superior
142-230 cm. toba con basalto y tezontle
230 cm. basalto

PERFORACION R (2293.17 msnm)

Está ubicada a 7.30 m. del poste suroeste de la excavación, a 8.60 m. del poste sureste de la excavación, a 2.30 m. de la perforación Q, alineado a 210 azimut con las perforaciones M y Q. Se usó la broca chica.

0-40 cm. suelos

40-90 cm. suelos con escombros

90-240 cm. toba con tezontle y basalto

240-250 cm. tezontle

260 cm. basalto con algo de toba

290-300 cm. basalto

300-salió algo de toba y posteriormente se atoró la broca y se safó.

PERFORACION S (2293.14 msnm)

Dispusimos esta perforación en la base del centro del montículo de la plataforma del Sol. Está a 7.20 m. al sur de la perforación R, a 184 azimut. Se usó la broca grande, pero no se pudo profundizar mucho porque a esta profundidad se encontró que la escoria se encontraba como fragmentos pequeños de tezontle no consolidado que no podía penetrarse.

0-1.20 m. suelos.

1.20 m. se atoró la broca con escoria.

PERFORACION T (2293.17 msnm)

Está sobre un mínimo magnético de la retícula, a 2.46 m. al norte de la perforación anterior. Se usó la broca grande, pero no pudimos llegar a los 5 m. de profundidad que es donde suponemos está el túnel.

0-75 cm. suelos.

75-130 cm. toba con guijarros

130-300 cm. toba con basalto y tezontle. Suspendimos aquí porque se atoraba la broca, pero este material continuaba.

PERFORACION U (2292.68 msnm)

Se ubicó esta perforación en el sector de mínimos cercano a nuestra caseta (N108-112 E48-52 de la retícula magnética n. 2).

Se perforó dos metros con la broca grande, hallando solamente toba con tezontle, bajo los suelos superficiales.

Apéndice 3.1 tabla para el cálculo de coordenadas de estructuras piramidales

Página	Cuadro	N	E-W	Estructura.	XR	YR	XA	YA	
3	n7w2	350	250	39	-2	6	-750	3350	1
6	n6w4	450	350	1A	-4	5	-1650	2950	2
7	n6w3	300	50	7	-3	5	-1450	2800	3
7	n6w3	125	25	40	-3	5	-1475	2625	4
7	n6w3	425	190	12B	-3	5	-1310	2925	5
7	n6w3	400	150	12A	-3	5	-1350	2900	6
7	n6w3	400	220	12C	-3	5	-1280	2900	7
7	n6w3	300	200	11B	-3	5	-1300	2800	8
7	n6w3	275	150	11A	-3	5	-1350	2775	9
7	n6w3	275	220	11C	-3	5	-1280	2775	10
7	n6w3	280	280	15B	-3	5	-1220	2780	11
8	n6w2	175	400	8	-2	5	-600	2675	12
8	n6w2	20	150	B	-2	5	-850	2520	13
9	n6w1	200	60	1B	-1	5	-440	2700	14
9	n6w1	225	20	1A	-1	5	-480	2725	15
15	n5w4	90	325	10	-4	4	-1675	2090	16
16	n5w3	170	100	38	-3	4	-1400	2170	17
17	n5w2	475	110	1A	-2	4	-890	2475	18
17	n5w2	475	190	1C	-2	4	-810	2475	19
18	n5w1	175	220	5C	-1	4	-280	2175	20
18	n5w1	100	220	5A	-1	4	-280	2100	21
18	n5w1	125	125	5B	-1	4	-375	2125	22
18	n5w1	150	350	6B	-1	4	-150	2150	23
18	n5w1	170	375	6A	-1	4	-125	2170	24
18	n5w1	60	420	2	-1	4	-80	2060	25
18	n5w1	50	450	1	-1	4	-50	2050	26
18	n5w1	10	420	3	-1	4	-80	2010	27
19	n5e1	50	50	2	0	4	50	2050	28
19	n5e1	75	90	3	0	4	90	2075	29
19	n5e1	10	90	4	0	4	90	2010	30
19	n5e1	10	130	5	0	4	130	2010	31
19	n5e1	180	280	6A	0	4	280	2180	32
19	n5e1	120	280	6C	0	4	280	2120	33
19	n5e1	150	360	6B	0	4	360	2150	34
19	n5e1	30	350	24A	0	4	350	2030	35
20	n5e2	280	380	28	1	4	880	2280	36
28	n4w3	130	250	7	-3	3	-1250	1630	37
29	n4w2	70	0	1A	-2	3	-1000	1570	38
29	n4w2	410	440	70A	-2	3	-560	1910	39
30	n4w1	130	300	25B	-1	3	-200	1630	40
30	n4w1	80	375	25A	-1	3	-125	1580	41
30	n4w1	60	430	25F	-1	3	-70	1560	42
30	n4w1	190	375	25C	-1	3	-125	1690	43
30	n4w1	200	430	25E	-1	3	-70	1700	44
30	n4w1	460	330	75B	-1	3	-170	1960	45
30	n4w1	460	410	3	-1	3	-90	1960	46
30	n4w1	425	410	2	-1	3	-90	1925	47
30	n4w1	325	400	5C	-1	3	-100	1825	48

30 n4w1	290	430	5B	-1	3	-70	1790	49
30 n4w1	325	475	5A	-1	3	-25	1825	50
31 n4e1	475	90	1	0	3	90	1975	51
31 n4e1	425	90	2	0	3	90	1925	52
31 n4e1	475	175	10	0	3	175	1975	53
31 n4e1	430	130	15	0	3	130	1930	54
31 n4e1	380	75	3	0	3	75	1880	55
31 n4e1	380	40	4	0	3	40	1880	56
31 n4e1	130	30	9A	0	3	30	1630	57
31 n4e1	130	180	73A	0	3	180	1630	58
31 n4e1	160	140	73B	0	3	140	1660	59
31 n4e1	320	400	18A	0	3	400	1820	60
31 n4e1	300	370	18B	0	3	370	1800	61
31 n4e1	320	330	18C	0	3	330	1820	62
31 n4e1	360	370	18D	0	3	370	1860	63
32 n4e2	325	310	47A	1	3	810	1825	64
38 n3w7	200	480	1	-7	2	-3020	1200	65
39 n3w6	320	410	1	-6	2	-2590	1320	66
43 n3w2	440	200	31B	-2	2	-800	1440	67
43 n3w2	400	180	31A	-2	2	-820	1400	68
43 n3w2	400	230	31C	-2	2	-770	1400	69
44 n3w1	290	320	46A	-1	2	-180	1290	70
44 n3w1	375	325	47	-1	2	-175	1375	71
44 n3w1	460	410	1A	-1	2	-90	1460	72
44 n3w1	50	190	80B	-1	2	-310	1050	73
45 n3e1	450	75	16	0	2	75	1450	74
45 n3e1	350	75	9	0	2	75	1350	75
45 n3e1	310	40	19	0	2	40	1310	76
45 n3e1	275	70	4	0	2	70	1275	77
45 n3e1	230	30	5A	0	2	30	1230	78
45 n3e1	200	200	2B	0	2	200	1200	79
45 n3e1	140	180	38	0	2	180	1140	80
45 n3e1	80	25	15A	0	2	25	1080	81
45 n3e1	10	420	53A	0	2	420	1010	82
45 n3e1	350	420	20W	0	2	420	1350	83
47 n3e3	180	30	23A	2	2	1030	1180	84
48 n3e4	240	280	1N	3	2	1780	1240	85
58 n2w1	350	410	40A	-1	1	-90	850	86
59 n2e1	350	125	18B	0	1	125	850	87
59 n2e1	380	80	18A	0	1	80	880	88
59 n2e1	325	80	18D	0	1	80	825	89
59 n2e1	250	125	35B	0	1	125	750	90
59 n2e1	290	90	35A	0	1	90	790	91
59 n2e1	225	90	35D	0	1	90	725	92
76 n1e1	200	300	1A	0	0	300	200	93
82 n1e7	350	320	1	6	0	3320	350	94

Apéndice 3.2 tabla para el cálculo de coordenadas de las depresiones

COORDENADAS DE LAS DEPRESIONES

<i>Página</i>	<i>Cuadro</i>	<i>Depresión</i>	<i>Norte</i>	<i>Este-Oeste</i>	<i>XR</i>	<i>YR</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>No.</i>
6	N6W4	1	480	470	-4	5	-1530	2980	1
6	N6W4	2	220	300	-4	5	-1700	2720	2
7	N6W3	3	170	280	-3	5	-1220	2670	3
17	N5W2	4	450	30	-2	4	-970	2450	4
17	N5W2	5	240	320	-2	4	-680	2240	5
17	N5W2	6	220	450	-2	4	-550	2220	6
29	N4W2	7	500	90	-2	3	-910	2000	7
29	N4W2	8	220	280	-2	3	-720	1720	8
28	N4W3	9	60	500	-3	3	-1000	1560	9
18	N5W1	9.1	130	80	-1	4	-420	2130	10.
28	N4W3	10	420	210	-3	3	-1290	1920	11
46	N3E2	11	180	270	1	2	770	1180	12
46	N3E2	11.1	320	150	1	2	650	1320	13
33	N4E3	11.2	30	100	2	3	1100	1530	14

**Apéndice 3.3 tabla para el cálculo de la distancia entre estructuras
piramidales y depresiones**

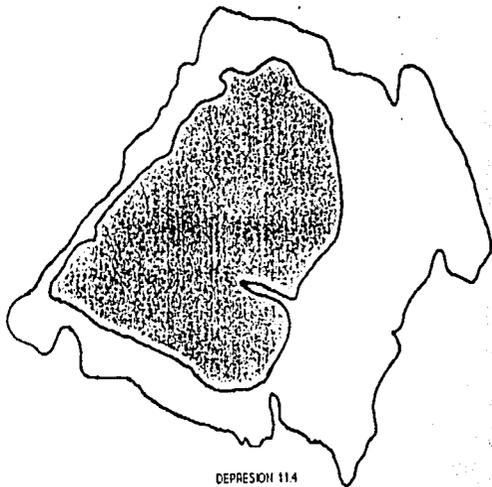
cuadro	estructura	distan min	depresión
n7w2	39	826.62	3
n6w4	1A	123.69	1
n6w3	7	196.98	1
n6w3	40	244.23	2
n6w3	12B	226.77	1
n6w3	12A	196.98	1
n6w3	12C	237.70	3
n6w3	11B	152.64	3
n6w3	11A	167.11	3
n6w3	11C	120.93	3
n6w3	15B	110.00	3
n6w2	8	433.04	4
n6w2	B	138.92	4
n6w1	1B	492.44	6
n6w1	1A	509.83	6
n5w4	10	420.86	9.1
n5w3	38	273.13	9.1
n5w2	1A	83.82	4
n5w2	1C	161.94	4
n5w1	5C	147.05	9.1
n5w1	5A	143.18	9.1
n5w1	5B	45.28	9.1
n5w1	6B	270.74	9.1
n5w1	6A	297.70	9.1
n5w1	2	347.13	9.1
n5w1	1	378.55	9.1
n5w1	3	360.56	9.1
n5e1	2	476.76	9.1
n5e1	3	512.96	9.1
n5e1	4	523.93	9.1
n5e1	5	562.94	9.1
n5e1	6A	701.78	9.1
n5e1	6C	700.07	9.1
n5e1	6B	780.26	9.1
n5e1	24A	770.78	11.1
n5e2	28	987.17	11.1
n4w3	7	180.28	11.2
n4w2	1A	10.00	9
n4w2	70A	248.39	10

n4w1	25B	527.73	10
n4w1	25A	611.25	10
n4w1	25F	668.88	9.1
n4w1	25C	529.74	9.1
n4w1	25E	554.44	9.1
n4w1	75B	302.32	9.1
n4w1	3	371.21	9.1
n4w1	2	388.49	9.1
n4w1	5C	442.07	9.1
n4w1	5B	487.95	9.1
n4w1	5A	499.05	9.1
n4e1	1	533.03	9.1
n4e1	2	549.66	9.1
n4e1	10	614.86	9.1
n4e1	15	585.24	9.1
n4e1	3	554.55	9.1
n4e1	4	523.55	9.1
n4e1	9A	672.68	9.1
n4e1	73A	563.03	11.1
n4e1	73B	612.94	11.1
n4e1	18A	559.02	11.1
n4e1	18B	555.70	11.1
n4e1	18C	593.63	11.1
n4e1	18D	608.28	11.1
n4e2	47A	529.74	11.1
n3w7	1	1653.27	11.2
n3w6	1	1208.39	11.2
n3w2	31B	233.24	9
n3w2	31A	240.83	9
n3w2	31C	280.18	9
n3w1	46A	690.29	10
n3w1	47	645.02	10
n3w1	1A	681.54	10
n3w1	80B	785.49	10
n3e1	16	589.51	11.1
n3e1	9	575.78	11.1
n3e1	19	610.08	11.1
n3e1	4	581.74	11.1
n3e1	5A	626.50	11.1
n3e1	2B	465.73	11.1

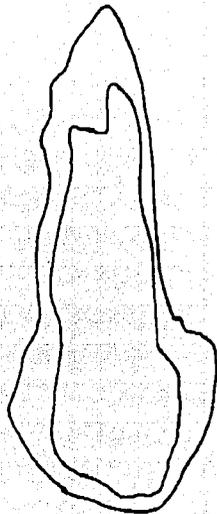
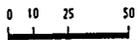
n3e1	38	503.29	11.1
n3e1	15A	669.50	11.1
n3e1	53A	386.01	11.1
n3e1	20W	231.95	11.1
n3e3	23A	260.00	11
n3e4	1N	1011.78	11
n2w1	40A	876.64	11.1
n2e1	18B	704.65	11.1
n2e1	18A	720.07	11.1
n2e1	18D	754.93	11.1
n2e1	35B	774.94	11.1
n2e1	35A	771.04	11.1
n2e1	35D	817.08	11.1
n1e1	1A	1086.88	11
n1e7	1	2681.7	11

523 promedio
354 desviación
2682 máximo
10 mínimo

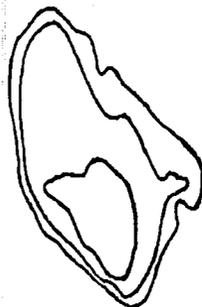
Apéndice 3.4 forma de algunas depresiones



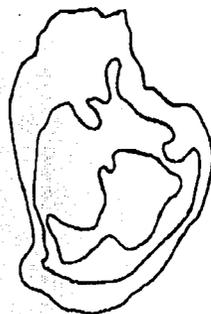
DEPRESSION 114



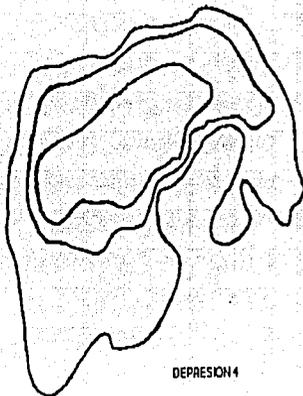
DEPRESSION 91



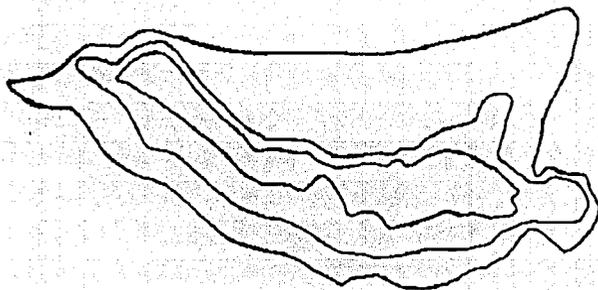
DEPRESSION 1



DEPRESSION 21



DEPRESSION 4



DEPRESSION 2

Apéndice 3.5 descripción del cálculo de volumen de pirámides

3.1.2. CALCULO DE VOLUMEN DE PIRAMIDES

Con los datos tomados de la publicación de Wiercinsky (1977), se realizaron 3 diferentes cálculos para determinar el volumen de la Pirámide del Sol:

1. la suma de 6 cuerpos en forma de pirámides truncadas.
2. pirámide completa con altura igual a la del cuerpo 6.
3. pirámide trunca de un sólo cuerpo.

La fórmula para determinar el volumen de una pirámide truncada es:

$$V = (1/3) * h * (A1 + A2 + \text{sqrt}(A1 * A2))$$

donde:

h = altura entre la base y la tapa

A1 = área de la base

A2 = área de la tapa

para el caso de bases cuadradas se reduce a:

$$V = (1/3) * h * (b1 + b2 + (b1*b2))$$

donde:

b1 = lado de la base

b2 = lado de la tapa

Nótese que en el cálculo del volumen de la Pirámide del Sol se ha duplicado D4.2 y H4.2 en la hoja de cálculo. El cuerpo 4 es compuesto y no tiene banqueta

El área lateral se determinó con la fórmula:

$$A = b2^2 + 2(b1 + b2) * \text{sqrt}(h^2 + ((b1/2) - (b2/2))^2)$$

El volumen de estuco en las pirámides mayores se calculó considerando un espesor de 0.10m para las pirámides menores y 0.15m para las dos mayores, se aplicó la fórmula:

$$V.\text{estuco} = A \text{ lat.} * \text{espesor}$$

El resultado anterior corresponde sólo a los lados de las pirámides truncas, debería sumarse el de la plataforma superior y de los pasillos entre cuerpos, sin embargo dada la dificultad, esta diferencia se omitirá del cálculo.

Para el caso de las pirámides menores se aplicaron las mismas fórmulas (ver tabla &). En esta tabla se registraron 94 estructuras piramidales. Su volumen se calculó usando la fórmula para pirámides truncadas escrita arriba. El total es de 354 651 m³. También a las pirámides truncadas se les cálculo su área lateral que hace un total de 118 511 m². Con esta área lateral se considero que el espesor de los recubrimientos exteriores de aplanados de estuco de las estructuras piramidales podía ser de 10 cm, a juzgar por los restos en la base de algunas pirámides. Con esto se tienen 11851 m³ de aplanado de cal sobre las

estructuras. Se sabe que la densidad de la calcita es de 2.75, pero en este caso estamos lejos de tener calcita pura, más bien se trata de un aplanado con el 80 ó 90% de material soluble en ácido, entonces estimaremos una densidad de 2.5 para calcular la masa de estucos aplicados. El total es de 23 702 199 kg de estucos o sea 23 702 toneladas.

Aunque hasta el momento no se ha determinado el porcentaje exacto de carbonato de calcio en el estuco de Teotihuacan, este cálculo se realiza considerando un porcentaje bajo de 80% (determinado en dos muestras) con la reserva de que puede llegar a 95% como en los casos reportados por Littmann en el área maya.

Para calcular el volumen de piedra utilizada para el recubrimiento de las estructuras piramidales se utiliza el dato de la superficie lateral y se considera que la capa de piedra tiene alrededor de 20 cm de espesor. El resultado para las 94 estructuras pequeñas es de 23 702 m³ de piedra de tezontle.

Además de los cálculos descritos para las 94 estructuras piramidales pequeñas, se repitió el procedimiento para las dos mayores, la del Sol y la de la Luna. Los resultados aparecen en la parte baja de la misma tabla y cuando se suman los resultados anteriores a los de las dos pirámides mayores se tienen los siguientes resultados.

Si se considera que la mayor parte de los rellenos que forman el cuerpo de las estructuras es tierra se hace un volumen total de 1,953,600 m³, con un área lateral total de 204,530 m². Considerando que el espesor de los aplanados es de 15 cm en las estructuras mayores y 10 cm en las menores, se hizo el cálculo del volumen del revestimiento con aplanados de estuco que da un total de 24,750 m³. Con la misma área lateral se calculó el volumen de la piedra utilizado para revestir la superficie de las mismas estructuras y se obtuvo un total de 49,510 m³. Finalmente, se calculó la masa de carbonato de calcio presente en los aplanados de cal que hizo un total de 49,508 toneladas.

Apéndice 3.6 tabla del cálculo de volumen de pirámides

Página	Cuadro	Estruc.	b1	b2	h	0	volumen	área lat	vol aplan	masa estuco	masa carb
3	N7W2	39	26	20	2	1	1064	732	73	182928	146342
6	N6W4	1A	70	30	2	2	5267	4920	492	1229988	983990
7	N6W3	7	36	26	4	3	3877	1470	147	367497	293997
7	N6W3	40	38	26	4	4	4144	1599	160	399755	319804
7	N6W3	12B	32	16	6	5	3584	1216	122	304000	243200
7	N6W3	12A	24	10	3	6	916	618	62	154468	123575
7	N6W3	12C	24	10	4	7	1221	648	65	162058	129647
7	N6W3	11B	32	16	4	8	2389	1115	111	278663	222930
7	N6W3	11A	26	20	3	9	1596	790	79	197581	158065
7	N6W3	11C	24	8	5	10	1387	668	67	166944	133555
7	N6W3	15B	28	18	3	11	1612	860	86	215112	172090
8	N6W2	8	30	10	5	12	2167	994	99	248607	198885
8	N6W2	B	26	12	4	13	1509	757	76	189183	151346
9	N6W1	1B	20	12	3	14	784	464	46	116000	92800
9	N6W1	1A	18	6	2	15	312	340	34	84895	67916
15	N5W4	10	24	12	2	16	672	599	60	149842	119874
16	N5W3	38	36	14	2	17	1331	1314	131	328508	262807
17	N5W2	1A	24	10	4	18	1221	648	65	162058	129647
17	N5W2	1C	24	10	4	19	1221	648	65	162058	129647
18	N5W1	5C	36	24	7	20	6384	1682	168	420586	336469
18	N5W1	5A	36	24	6	21	5472	1594	159	398558	318847
18	N5W1	5B	44	26	4	22	5008	2055	205	513710	410968
18	N5W1	6B	32	24	2	23	1579	1077	108	269220	215376
18	N5W1	6A	20	14	1	24	292	411	41	102759	82207
18	N5W1	2	30	18	6	25	3528	1139	114	284647	227717
18	N5W1	1	36	24	7	26	6384	1682	168	420586	336469
18	N5W1	3	26	18	5	27	2447	887	89	221869	177495
19	N5E1	2	40	24	9	28	9408	2117	212	529331	423465
19	N5E1	3	34	20	7	29	5217	1469	147	367286	293829
19	N5E1	4	34	22	6	30	4776	1434	143	358588	286870
19	N5E1	5	28	16	5	31	2480	943	94	235825	188660
19	N5E1	6A	36	16	6	32	4256	1469	147	367209	293768
19	N5E1	6C	38	18	6	33	4904	1630	163	407533	326027
19	N5E1	6B	44	22	9	34	10164	2360	236	590018	472014
19	N5E1	24A	30	20	4	35	2533	1040	104	260078	208062
20	N5E2	28	38	26	4	36	4144	1599	160	399755	319804
28	N4W3	7	26	18	3	37	1468	764	76	191000	152800
29	N4W2	1A	30	20	4	38	2533	1040	104	260078	208062
29	N4W2	70A	44	18	3	39	3052	1978	198	494592	395673
30	N4W1	25B	38	16	7	40	5385	1664	166	416037	332830

30	N4W1	25A	50	16	11	41	13039	2929	293	732199	585759
30	N4W1	25F	26	16	6	42	2696	912	91	228015	182412
30	N4W1	25C	50	18	13	43	16137	3128	313	781928	625542
30	N4W1	25E	26	14	8	44	3296	996	100	249000	199200
30	N4W1	75B	24	20	3	45	1456	717	72	179322	143458
30	N4W1	3	40	24	8	46	8363	2024	202	506039	404831
30	N4W1	2	32	16	8	47	4779	1342	134	335529	268423
30	N4W1	5C	26	16	6	48	2696	912	91	228015	182412
30	N4W1	5B	26	16	6	49	2696	912	91	228015	182412
30	N4W1	5A	18	12	5	50	1140	494	49	123464	98771
31	N4E1	1	38	22	7	51	6449	1760	176	439904	351923
31	N4E1	2	32	18	6	52	3848	1246	125	311489	249191
31	N4E1	10	32	12	7	53	3621	1218	122	304544	243635
31	N4E1	15	26	16	5	54	2247	850	85	212492	169994
31	N4E1	3	26	16	8	55	3595	1048	105	262114	209691
31	N4E1	4	30	16	5	56	2727	1047	105	261853	209483
31	N4E1	9A	30	20	8	57	5067	1343	134	335850	268680
31	N4E1	73A	32	16	5	58	2987	1162	116	290416	232332
31	N4E1	73B	24	18	3	59	1332	680	68	170095	136076
31	N4E1	18A	24	10	4	60	1221	648	65	162058	129647
31	N4E1	18B	32	26	3	61	2532	1168	117	292037	233629
31	N4E1	18C	32	18	3	62	1924	1086	109	271394	217115
31	N4E1	18D	26	20	4	63	2128	860	86	215000	172000
32	N4E2	47A	22	12	2	64	595	510	51	127548	102038
38	N3W7	1	28	12	3	65	1264	828	83	206880	165504
39	N3W6	1	22	12	4	66	1189	579	58	144853	115882
43	N3W2	31B	50	14	7	67	7924	2668	267	667023	533618
43	N3W2	31A	24	14	2	68	739	605	61	151318	121055
43	N3W2	31C	24	16	2	69	811	614	61	153443	122754
44	N3W1	46A	50	30	8	70	13067	2949	295	737250	589800
44	N3W1	47	44	40	3	71	5296	2206	221	551433	441147
44	N3W1	1A	28	16	4	72	1984	891	89	222644	178115
44	N3W1	80B	40	30	5	73	6167	1890	189	472487	377990
45	N3E1	16	22	18	5	74	2007	755	75	188703	150963
45	N3E1	9	22	14	5	75	1647	657	66	164256	131405
45	N3E1	19	24	20	3	76	1456	717	72	179322	143458
45	N3E1	4	28	22	5	77	3140	1067	107	266774	213419
45	N3E1	5A	24	12	5	78	1680	706	71	176584	141268
45	N3E1	2B	30	14	3	79	1516	948	95	236968	189574
45	N3E1	38	34	28	2	80	1928	1231	123	307772	246218
45	N3E1	15A	16	12	3	81	592	346	35	86478	69182

45	N3E1	53A	22	14	2	82	659	518	52	129498	103599
45	N3E1	20W	20	22	6	83	2648	995	99	248738	198990
47	N3E3	23A	36	10	8	84	4683	1504	150	376080	300864
48	N3E4	1N	26	12	4	85	1509	757	76	189183	151346
58	N2W1	40A	32	20	5	86	3440	1212	121	303066	242453
59	N2E1	18B	40	20	8	87	7467	1937	194	484187	387350
59	N2E1	18A	26	16	6	88	2696	912	91	228015	182412
59	N2E1	18D	26	16	6	89	2696	912	91	228015	182412
59	N2E1	35B	30	20	4	90	2533	1040	104	260078	208062
59	N2E1	35A	26	14	4	91	1648	773	77	193222	154578
59	N2E1	35D	34	14	9	92	5484	1488	149	371887	297510
76	N1E1 1A	Qtz	66	30	15	93	36180	5399	540	1349676	1079741
82	N1E7	1	42	22	6	94	6344	1977	198	494181	395345

Subtotal 354,651 118,511 11,851 29,627,749 23,702,199

Sol	229	19.1	66.7	95	1269611	61995	9299	23248231	18598585
Luna	140	30	40	96	329333	24022	3603	9008437	7206750

TOTALES 1,953,595 204,529 24,754 61,884,417 49,507,534

Página	Cuadro	Estruc.	b1 (m)	b2 (m)	h (m)	#	volumen (m3)	área lat (m2)	vol. aplan (m3)	masa estuco (Kg)	masa carb (Kg)
							vol piedra (m3)	23702 Restantes 25805 Sol,Luna			
							Total	49,508			

Apéndice 4.1 Tabla de concentración de resultados analíticos

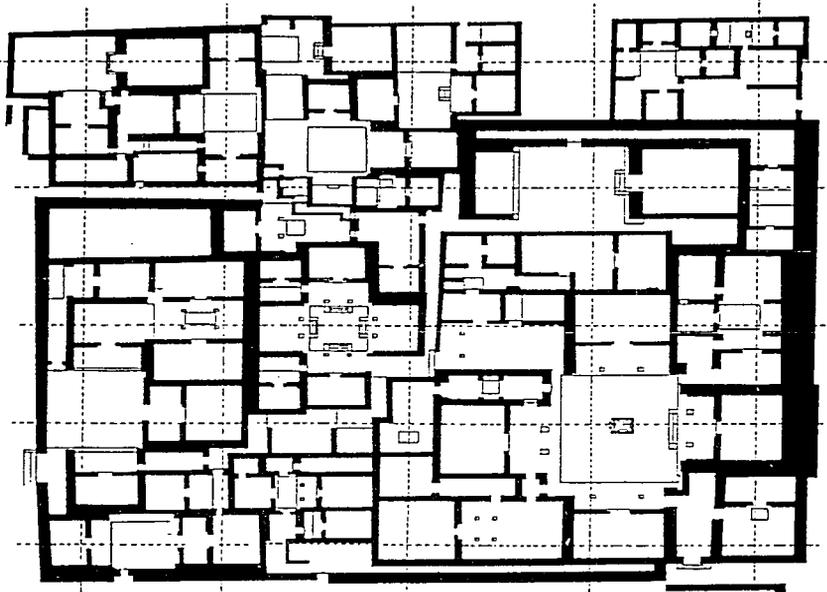
Muestra	Clasificación	% insol	% Ca	% Mg	Ca/Mg	Insol Ca	Insol Mg	Procedencia
6	agregado cal	70.7	9.8	1.0	5.8	33.1	3.5	Las Flores
10	agregado cal	69.5	10.5	0.6	9.8	34.4	2.1	Las Flores
8	agregado cal	67.3	11.4	0.5	14.2	34.9	1.5	Las Flores
4	agregado cal	66.4	11.3	0.5	13.2			Comalcalco
4	agregado cal	64.1	13.2	0.5	14.9	36.8	1.5	Las Flores
6	agregado cal	58.2	14.0	1.0	8.4			Comalcalco
2	agregado cal	57.9	15.3	0.5	18.4	36.3	1.2	Las Flores
1	agregado cal	42.0	19.0	0.6	15.1			Comalcalco
14c	agregado cal	26.3	18.7	4.9	2.3	25.4	6.7	Palenque
12	agregado cal(mortero)	40.8	19.1	3.1	3.7	32.3	5.2	Palenque
16	agregado cal(mortero)	24.2	24.6	3.5	4.2	32.4	4.6	Palenque
A-6	mortero	9.9	24.5	10.3	1.4	27.2	11.4	Palenque
10	mortero	3.6	33.5	3.0	6.6	34.7	3.1	Palenque
A-10	mortero	2.9	32.9	4.4	4.5	33.9	4.5	Palenque
A-9	mortero	2.8	35.7	2.5	8.5	36.7	2.6	Palenque
3	mortero	1.1	22.9	11.5	1.2	23.1	11.7	Palenque
10	aplanado	28.2	26.2	0.8	20.6			Comalcalco
2	aplanado	17.3	30.7	0.5	36.2			Comalcalco
7	aplanado	14.1	32.2	0.5	37.0			Comalcalco
5	aplanado	10.0	33.8	0.4	53.5			Comalcalco
15	aplanado	9.0	27.5	6.5	2.5	30.2	7.1	Palenque
11	aplanado	7.9	35.5	0.4	46.4	37.5	0.5	Las Flores
A-8	aplanado	3.8	31.0	5.6	3.3	32.2	5.8	Palenque
A-7	aplanado	3.5	36.3	1.3	16.7	37.6	1.3	Palenque
A-5	aplanado	3.2		8.8	1.8	26.9	9.1	Palenque
9	aplanado	2.1	22.9	11.1	1.2	23.4	11.3	Palenque
2b	aplanado	1.7	22.8	11.3	1.2	23.3	11.5	Palenque
7	aplanado	1.3	24.8	10.5	1.4	25.1	10.6	Palenque
4	aplanado	0.7	19.7	13.5	0.9	19.8	13.5	Palenque
6b	aplanado	1.2	18.8	14.5	0.8	19.0	14.7	Palenque
14b	aplanado(lechada)	16.0	34.6	14.9	1.5	41.2	17.7	Palenque
14	aplanado(lechada)	5.7	20.2	12.5	1.0	21.4	13.2	Palenque
1	aplanado(lechada)	0.8	19.4	14.3	0.8	19.5	14.4	Palenque
1	aplanado,piso	11.8	34.3	0.9	24.9	38.4	1.0	Las Flores
9	aplanado,piso	9.9	34.8	0.5	44.3	38.7	0.5	Las Flores
12	aplanado,piso	9.5	34.5	0.6	34.5	38.6	0.7	Las Flores
3	aplanado,piso	9.1	34.1	1.0	21.9	37.9	1.0	Las Flores
7	aplanado,piso	6.3	36.1	0.4	50.0	38.6	0.5	Las Flores
5	aplanado,piso	5.2	36.1	0.5	48.2	38.1	0.5	Las Flores
5	estuco	2.1	35.0	3.9	5.4	35.7	4.0	Palenque
8	estuco	2.0	34.9	3.3	6.7	35.6	3.4	Palenque
11	estuco	0.9	28.7	7.8	2.2	28.9	7.9	Palenque
13	estuco	0.4	16.2	16.0	0.6	16.3	16.1	Palenque
9	lechada	19.6	29.8	0.9	19.8			Comalcalco
8	lechada	19.1	30.0	0.4	47.5			Comalcalco

-3	lechada	13.5	32.1	0.8	25.0			Comalcalco
14a	lechada	11.1	20.2	11.4	1.1	22.7	12.8	Palenque
2a	lechada	0.7	19.2	14.7	0.8	19.3	14.8	Palenque
6a	lechada	0.4	17.5	16.3	0.6	17.6	16.4	Palenque

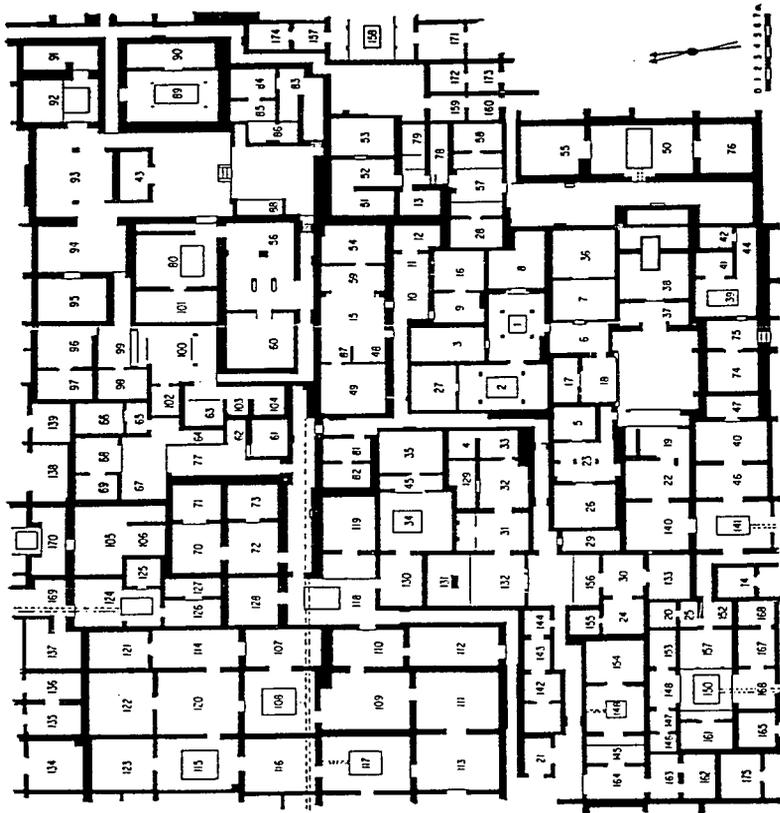
Muestra	Clasificación	% ins	% Ca	% Mg	Ca/Mg
	promedio	17.5	25.5	5.2	14.1
	máximo	70.7	36.3	16.3	53.5
	mínimo	0.4	9.8	0.4	0.6
	desviación stand	21.9	8.4	5.5	16.2
	número datos	49.0	48.0	49.0	49.0
	prom agreg cal	53.4			
	prom morteros	4.1			
	prom aplanados	7.8			
	prom estucos	1.4			
	prom lechadas Comal	17.4			
	prom lechadas Palenque	4.1			

**Apéndice 4.2 Plano de Oztoyahualco. Conjunto excavado por Manzanilla.
Dibujo tomado de Manzanilla (1993: 40)**

**Apéndice 4.3 Plano de Tetitla. Conjunto excavado por Séjourné (1966).
Dibujo tomado de Manzanilla (1993: 37).**

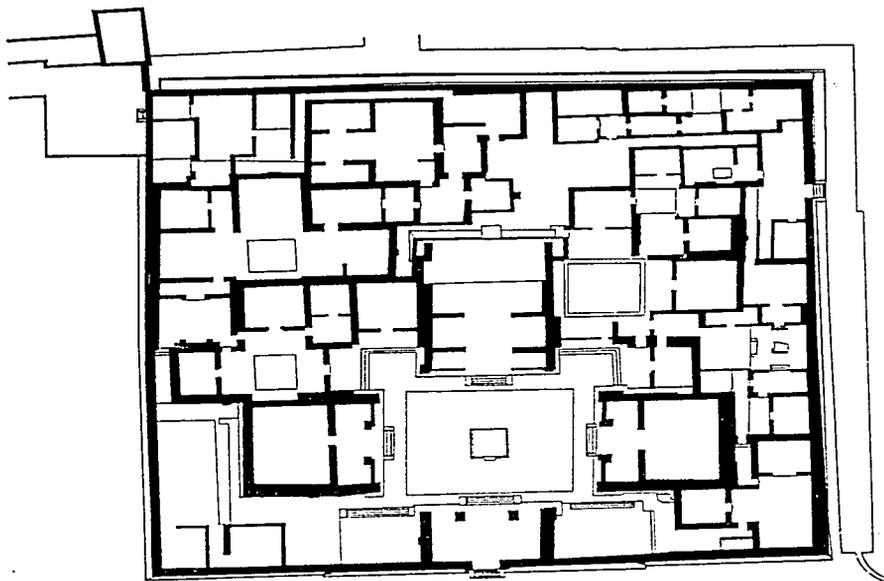


**Apéndice 4.4 Plano de Tlamimilolpa. Conjunto excavado por Linné (1942).
Dibujo tomado de Manzanilla (1993: 34).**

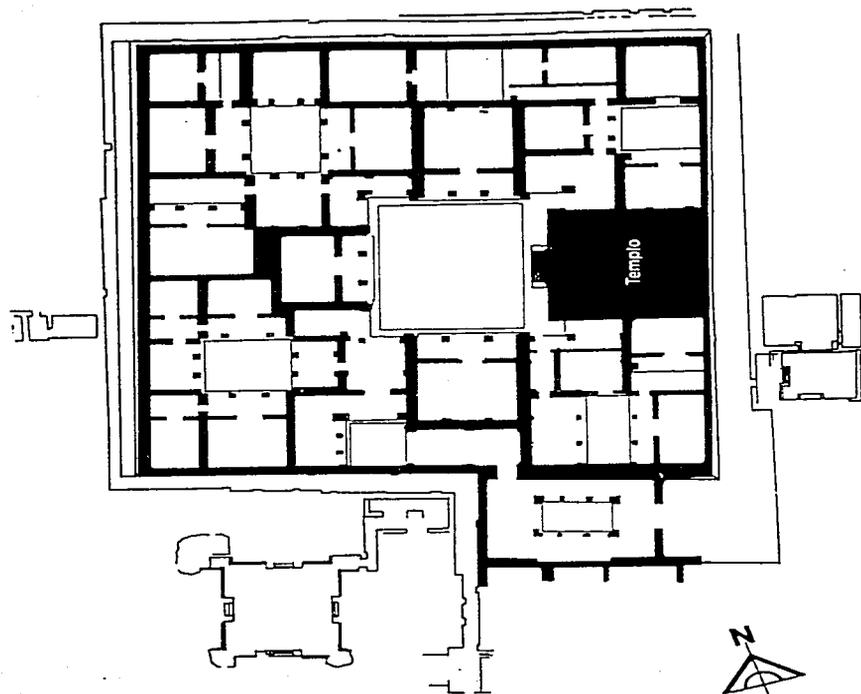


Apéndice 4.5 Plano y reconstrucción isométrica de Xolalpan. Conjunto excavado por Linné (1934). Dibujo tomado de Manzanilla (1993: 32 y 38).

Apéndice 4.6 Plano de Yayahuala. Conjunto excavado por Séjourné (1966).
Dibujo tomado de Manzanilla (1993: 35).



**Apéndice 4.7 Plano de Zacuala. Conjunto excavado por Séjourné (1966).
Dibujo tomado de Manzanilla (1993: 36).**



F S C A L A
0 2 4 6 8 10 20m

Apéndice 4.8 Tabla de mediciones en muros

OZTOYAHUALCO

tramo	550 m2 longitud
1	11.8
2	0.8
3	4.4
4	0.8
5	2
6	1.8
7	3.4
8	1.4
9	1.4
10	5
11	1.2
12	1.2
13	4
14	4
15	3.6
16	3
17	4
18	1.4
19	8.4
20	4.8
21	5
22	3.4
23	4
24	6
25	1
26	11.8
27	1.6
28	1.8
29	2.4
30	2
31	3.8
32	4.2
33	0.8
34	4.4
35	3.4
36	1.8
37	1.2
38	4.4
39	3.8
40	1.2
41	1.2
42	2
43	2
44	7
45	5

TETITLA

tramo	60 x 60 = 3600 m2 longitud
1	20.1
2	5.4
3	10
4	4.2
5	15.5
6	6.7
7	4.6
8	1.7
9	1.7
10	5
11	1.2
12	1.2
13	0.8
14	4.6
15	2.1
16	5
17	4.2
18	3.8
19	1.2
20	7.3
21	0.8
22	1.7
23	9.6
24	10.9
25	1.2
26	2.9
27	2.9
28	0.8
29	1.2
30	0.8
31	0.8
32	8.4
33	5
34	0.8
35	4.2
36	0.8
37	4.2
38	3.8
39	3.8
40	1.2
41	27.3
42	48.8
43	3.3
44	0.8
45	0.8

YAYAHUALA

tramo	60 x 60 = 3600 m2 longitud
1	29
2	5
3	2.5
4	4
5	5
6	5
7	6.5
8	6.5
9	29
10	3.5
11	1.5
12	5
13	5
14	13
15	2
16	1.5
17	1.5
18	6
19	5
20	2
21	2
22	4
23	47
24	1.5
25	6
26	1
27	1.5
28	10.5
29	3.5
30	4
31	4
32	3
33	2.5
34	7
35	3
36	4
37	1.5
38	3
39	1
40	8.5
41	2
42	2
43	3.5
44	2
45	2

TLAMIMILOLPA

tramo	52 x 70 = 3640 m2 longitud
1	9.4
2	0.7
3	16.4
4	0.4
5	0.7
6	0.4
7	1.4
8	6.6
9	1.4
10	1.4
11	1.4
12	7.7
13	7
14	5.6
15	17.5
16	5.2
17	1.4
18	1.4
19	4.6
20	5.2
21	7
22	1.4
23	1.4
24	4.6
25	1.1
26	6
27	5.2
28	7.7
29	0.7
30	0.7
31	0.7
32	0.7
33	12.6
34	1.4
35	1.4
36	0.7
37	0.7
38	4.6
39	1.8
40	5.6
41	1.1
42	0.7
43	0.7
44	14.3
45	2.1

46	3	46	3.3	46	2	46	0.7
47	2.6	47	5	47	2.5	47	0.7
48	4.4	48	1.2	48	17.5	48	0.7
49	6	49	6.7	49	2.5	49	0.7
50	2.8	50	1.7	50	2.5	50	6
51	2.8	51	1.7	51	9	51	6.6
52	5.4	52	5.4	52	2	52	7.3
suma	180.6	53	2.9	53	2	53	2.4
ZACUALA		54	4.2	54	6.5	54	4.2
58 x 62 = 3596 m2		55	1.2	55	1	55	2.1
tramo	longitud	56	1.2	56	6	56	7
1	54	57	5	57	5	57	7.7
2	57	58	17.6	58	5	58	1.4
3	2.5	59	1.2	59	1	59	1.1
4	2	60	1.2	60	1	60	1.1
5	6	61	1.2	61	2	61	3.2
6	6	62	1.2	62	8	62	5.2
7	3	63	5.9	63	5	63	0.7
8	2.5	64	3.3	64	12.5	64	1.8
9	1.5	65	6.3	65	2	65	32.2
10	1.5	66	8	66	5	66	1.1
11	10	67	4.2	67	12	67	4.6
12	6.5	68	6.3	68	2	68	1.8
13	21	69	1.7	69	1	69	1.8
14	10	70	10.5	70	15	70	3.2
15	5	71	4.6	71	1	71	3.2
16	3.5	72	4.6	72	1	72	4.9
17	3	73	5	73	1	73	2.8
18	3	74	2.1	74	1	74	1.8
19	3	75	16.8	75	7	75	0.7
20	8	76	1.7	76	1	76	0.7
21	8	77	1.7	77	1	77	8.8
22	8	78	2.1	78	4	78	1.8
23	5.5	79	1.7	79	1	79	3.8
24	2	80	3.3	80	63.5	80	3.2
25	1.5	81	3.8	81	4.5	81	0.7
26	5	82	1.2	82	5	82	8.4
27	4.5	83	11.7	83	5.5	83	17.8
28	1.5	84	2.9	84	5	84	3.8
29	1.5	85	6.7	85	2	85	3.8
30	3	86	0.8	86	5	86	1.8
31	7	87	1.2	87	5.5	87	1.8
32	3	88	1.2	88	2	88	9.8
33	3.5	89	0.8	89	2.5	89	4.9
34	3	90	2.9	90	7	90	3.5
35	3	91	9.6	91	3	91	2.1
		92	2.9	92	1	92	4.9
		93	11.3	93	17	93	12.2

36	8
37	4
38	4
39	3
40	3
41	6
42	9
43	3
44	3
45	6
46	4.5
47	2.5
48	1.5
49	1
50	2
51	3.5
52	5
53	5
54	13
55	4
56	3
57	17
58	9
59	6
60	6
61	3.5
62	3
63	1.5
64	5
65	5
66	3
67	3.5
68	3
69	18
70	5
71	1.5
72	1
73	7
74	2.5
75	2
76	10
77	7
78	2
79	32
80	12
81	2.5
82	1.5
83	21

94	13.4
95	2.9
96	2.5
97	8.4
98	13
99	0.8
100	1.2
101	1.2
102	1.2
103	10
104	18.5
105	1.7
106	15.9
107	2.5
108	2.9
109	4.2
110	2.5
111	0.8
112	0.8
113	1.7
114	13
115	1.7
116	1.7
117	2.1
118	15.1
119	2.9
120	1.7
121	3.3
122	11.3
123	2.5
124	2.9
125	3.3
126	2.1
127	1.2
128	2.5
129	1.2
130	1.2
131	1.2
132	1.7
133	2.1
134	8
135	2.9
136	2.9
137	10.5
138	2.5
139	2.1
140	2.5
141	2.5

94	3
95	3
96	3
97	3.5
98	3
99	3
100	16
101	2
102	14.5
103	3.5
104	4
105	2
106	2.5
107	5
108	5
109	4
110	1
111	1.5
112	5
113	4.5
114	1.5
115	5.5
116	13
117	3.5
118	2
119	1.5
120	120
121	1.5
122	2
123	2.5
124	11.5
125	1.5
126	2
127	1.5
128	2
129	13
130	6
131	1.5
132	18
133	5
134	2.5
135	2.5
136	5.5
137	2
138	5.5
139	2
140	3
141	1

94	1.8
95	5.2
96	5.2
97	1.8
98	1.4
99	6
100	5.2
101	4.2
102	2.4
103	7.3
104	1.4
105	0.7
106	2.1
107	7
108	1.4
109	2.1
110	7.3
111	2.1
112	3.5
113	1.8
114	1.8
115	4.2
116	5.6
117	2.8
118	7.7
119	6
120	1.1
121	2.8
122	4.9
123	9.1
124	1.4
125	1.4
126	7
127	8.8
128	1.4
129	1.4
130	7.7
131	18.2
132	8.4
133	1.4
134	1.4
135	1.8
136	1.8
137	1.8
138	1.8
139	1.4
140	4.6
141	2.1

84	4	142	2.1	142	7.5	142	1.8
85	1.5	143	2.1	143	2	143	1.8
86	2	144	5.4	144	2.5	144	1.8
		145	4.2	145	12	145	2.8
suma	561	146	9.2	146	2.5	146	2.8
		147	2.5	147	3.5	147	1.4
XOLALPAN		148	4.6	148	2	148	2.8
38 x 32 = 1216 m2		149	6.3	149	2	149	4.6
tramo	longitud	150	26.9	150	2	150	3.2
1	2.1	151	25.2	151	2	151	1.4
2	17.5	152	2.5	152	2	152	1.4
3	0.8	153	2.5	153	5	153	5.2
4	1.9	154	2.1	154	7	154	10.8
5	0.9	155	2.1	155	7	155	1.4
6	12.2	156	8.8	156	13	156	1.4
7	32	157	2.5	157	2	157	2.1
8	0.5	158	16.8	158	3.5	158	12.2
9	1	159	15.5	159	3.5	159	2.4
10	1.3	160	6.7	160	14	160	1.4
11	4.7	161	2.5	161	12.5	161	6
12	2.1	162	9.6	162	5	162	9.4
13	2.1	163	5	163	3.5	163	9.1
14	4.7	164	2.9	164	64	164	3.2
15	2.3	165	1.2	165	5	165	1.1
16	2.7	166	1.7	166	2	166	2.4
17	1	167	1.7	167	1.5	167	0.7
18	1	168	2.1	168	10	168	3.5
19	2.3	169	9.2	169	7.5	169	9.8
20	2.6	170	0.8	170	6	170	15.8
21	2.1	171	4.2	171	17	171	1.4
22	1.8	172	4.2	172	8	172	2.4
23	1.3	173	15.9	173	4	173	1.4
24	1.6	174	2.9	174	2.5	174	1.8
25	9.1	175	2.5	175	1.5	175	1.4
26	3.4	176	6.3	176	6	176	1.8
27	3.9	177	6.3	177	3.5	177	1.4
28	2.1	178	1.2	178	1	178	1.8
29	1.3	179	1.2	179	11	179	2.1
30	1.8	180	1.2	180	3.5	180	4.2
31	1.8	181	1.2	181	3.5	181	3.5
32	4.2	182	6.3	182	8	182	1.1
33	3.6	183	1.7	183	5	183	4.6
34	4.4	184	2.1	184	3.5	184	7.7
35	6.8	185	15.1	185	6	185	0.7
36	1.3	186	2.1	186	3	186	1.4
37	3.4	187	2.1	187	7.5	187	1.4
38	1.6	188	1.7	188	18	188	7
39	5.5	189	1.7			189	1.1

40	1.3	190	1.7	suma	1197.5	190	2.8
41	1.8	191	1.7			191	2.4
42	1.3	192	4.6	192	3.8		
43	1.3	193	2.6	193	1.8		
44	7.8	194	13	194	1.4		
45	1.3	195	7.1	195	1.1		
46	1.8	196	1.7	196	8.4		
47	1.8	198	1.2	198	1.4		
48	4.9	199	1.7	199	4.2		
49	4.9	200	6.7	200	1.1		
50	1.3	201	5	201	0.7		
51	1.8	202	4.6	202	15.4		
52	1.6	203	2.5	203	2.1		
53	3.4	204	1.7	204	5.2		
54	1.3	205	1.2	205	3.5		
55	1.3	206	1.2	206	3.5		
56	1.6	207	8	207	2.1		
57	7	208	1.7	208	5.6		
58	1.8	209	8.4	209	1.4		
59	1.6	210	1.2	210	17.8		
60	2.1	211	2.1	211	1.4		
61	4.7	212	2.1	212	1.4		
62	5.2	213	21.4	213	1.4		
63	1.3	214	4.2	214	5.2		
64	1.3	215	4.6	215	12.2		
65	3.1	216	2.9	216	1.4		
66	1.3	217	1.7	217	1.4		
67	2.3	218	1.7	218	1.4		
68	2.7	219	2.9	219	3.5		
69	7.8	220	0.8	220	2.4		
70	1.3	221	0.8	221	2.4		
71	3.4	222	2.1	222	0.7		
72	3.9	223	7.1	223	1.1		
73	1.6	224	6.7	224	6		
74	5.7	225	2.1	225	4.2		
75	1.8	226	2.1	226	15.8		
76	1.3	227	8.4	227	2.1		
77	1.3	228	28.1	228	2.1		
78	1.3	229	5.4	229	13		
79	45.5	230	1.2	230	2.1		
80	1.3	231	1.2	231	2.1		
81	4.9	332	2.9	232	9.1		
82	5.7	233	2.5	233	4.9		
83	2.3	234	2.5	234	2.4		
84	2.7	235	1.2	235	2.4		
85	2.2	236	2.9	236	2.4		
86	7	237	0.8	237	15.1		
87	2.3	238	3.3	238	2.4		

88	1.3	239	0.8	239	1.4
89	2.3	240	4.2	240	2.1
90	1	241	14.7	241	4.2
91	1.8	242	2.9	242	3.2
92	1.8	243	0.8	243	7.7
93	4.2	244	1.2	244	3.8
94	1	245	7.1	245	1.4
95	2.1	246	1.7	246	0.7
96	2.3	247	1.7	247	1.8
97	5.2	248	1.2	248	8.8
98	2.6	249	5	249	1.4
99	1.6	250	6.3	250	12.2
100	1.3	251	1.2	251	1.4
101	4.7	252	18.9	252	4.6
102	5.2	253	16.8	253	1.1
103	4.4	254	5	254	11.2
104	3.4	255	2.1	255	3.5
105	4.4	256	1.7	256	3.5
106	2.3			257	5.2
107	3.1	suma	1237.6	258	1.4
108	1.6			259	1.1
109	7			260	6
suma	399.5			261	2.4
				262	1.4
				263	5.6
				263	5.6
				265	11.2
				266	2.1
				267	1.4
				268	2.1
				269	1.4
				270	13.3
				271	7
				272	2.8
				273	4.2
				274	1.4
				275	1.4
				276	2.4
				277	3.8
				278	2.8
				279	3.8
				280	1.4
				281	2.1
				282	4.9
				283	1.8
				284	5.6
				285	2.8
				286	1.1

287	1.4
288	7.7
289	7.7
290	18.5
291	3.2
292	2.1
293	4.9
294	1.1
295	4.2
296	3.5
297	10.8
298	0.7
299	8.4
300	8
301	6.3
302	1.1
303	1.1
304	1.1
305	7
306	1.1
307	1.1
308	8.8
309	4.6
310	1.8
311	18.9
312	6
313	1.1
314	0.7
315	12.1
316	2.1
317	2.8
318	2.1
319	1.8
320	6.3
321	2.1
322	2.8
323	2.8
324	0.7
325	0.7
326	0.7
327	0.4
328	1.4
329	1.4
330	5.6
331	11.9
332	2.8
333	1.1
334	2.1

						335	15.8
						336	12.2
						337	2.4
						338	1.4
						339	1.8
						340	2.8
						341	2.8
						342	22.4
						343	2.1
						344	3.2
						345	2.1
						346	2.2
						suma	1423.8

Apéndice 4.9 Desarrollo cronológico de Teotihuacan

APENDICE 4.3

DESARROLLO CRONOLOGICO DE TEOTIHUACAN

Los datos fueron obtenidos de los siguientes autores:

Matos, Eduardo (1990), Manzanilla, Linda (1994), Rattray, Evelyn (1991). En el caso de Millon (1993) se citan sus observaciones pero no se incluyen en el resumen cronológico.

Fase Patlachique (150 a.C.-1 d.C.)

Se da un movimiento de población que se asienta en las llanuras aluviales del río San Juan. En la zona noroeste, en la parte centro norte de la ciudad posterior y cerca del lago. Se acepta la existencia de 2 pueblos mayores de aproximadamente 4 km² cada uno y otros más pequeños. Entre los cuatro asentamientos sumaban aproximadamente 5000 habitantes. En este periodo se acepta la coexistencia de Cuicuilco y Teotihuacan.

Fase Tzacualli (1-150 d.C.)

Se inicia el desarrollo urbano en la zona de Oztoyahualco. Están en uso las Plazas de Tres Templos en esta parte de la ciudad. Se construyen las Pirámides del Sol y la Pirámide de la Luna. Los materiales del túnel debajo de la Pirámide del Sol pertenecen a esta fase. La extensión es de 17 km² (4 km² según Manzanilla) y su población se estima en 30 000 habitantes. Paralelamente se inicia la construcción de Cholula. Es en esta etapa que pudo haberse concentrado la tierra para levantar la Pirámide del Sol y por las diferencias en su técnica constructiva la construcción de la Pirámide de la Luna pudo ser posterior.

Rattray comenta que los materiales que estudió, provenientes del interior de la Pirámide del Sol (1975) son de la fase Tzacualli y que en las excavaciones practicadas en las plazas de Tres Templos (Cook de Leonard, 1957), también se han encontrado materiales de la misma época, lo que sugiere que son contemporáneas.

Fase Micaotli (150-250 d.C.)

Se inicia el trazo de la Calle de los Muertos con el consecuente desplazamiento de población desde Oztoyahualco a sus márgenes. En esta fase se divide la ciudad en cuatro partes. Se inicia la construcción del Templo de Quetzalcoatl en la Ciudadela que se encuentra en pleno desarrollo. También se construyen sus plataformas perimetrales. La máxima extensión de la ciudad se calcula en 22.5 km² y su población se encontraba alrededor de 45 000 habitantes. Otras construcciones de la misma época son el Templo de la Agricultura y el grupo Viking. Hay evidencia de una fuerte relación con Cholula.

Según Cabrera, Rodríguez y Morelos (1984:p?), la construcción del templo viejo de Quetzalcoatl se inicia hacia la etapa II de Teotihuacan, es decir la fase Micaotli, entre 150 y 200 años d.C. La plataforma adosada que cubrió gran parte de la fachada del Templo de Quetzalcoatl se comenzó a construir hacia la fase Tlamimilolpa Temprano (Teotihuacan IIa) entre los 200 y 350 años d.C.

Fase Tlamimilolpa (250-350 d.C.)

Como se menciona anteriormente, en el inicio de esta fase se cubre la Pirámide de Quetzalcoatl con otra estructura. Se tienen varios murales en la Calle de los Muertos que pertenecen a esta fase. Se inicia la construcción de los conjuntos departamentales, por ejemplo el de Tlamimilolpa. Se mantienen relaciones con el Golfo y con el área maya. La extensión calculada es de 22 km² y su población de 65 000 habitantes. Es en estos momentos en que la explotación de la cal debe iniciar su auge con la construcción de los conjuntos departamentales. Se desarrollan las calles y ejes en forma reticular, la red de abastecimiento de agua y drenaje. A lo largo de la Calle de los Muertos se incrementa la construcción de edificios administrativos y públicos.

Fase Xolalpan (350-650 d.C.)

En este momento se continúa con la construcción y se usan gran parte de los conjuntos departamentales excavados como Tetitla, Yahualala, Atetelco, Tepantitla, Xolalpan. Se termina la construcción del Gran Conjunto enfrente de la Ciudadela, iniciada en la fase anterior. También se extiende el uso de murales en los interiores de los conjuntos. La extensión de la ciudad es de 20.5 km² y su población 85 000 habitantes. Esta debió ser otra de las etapas en donde el consumo de cal fue muy alto. Hacia el año 500 d.C. la población debió llegar a su máximo, aunque parece ser que la superficie de la ciudad disminuyó. Lo que indica que aumentó la densidad de ocupación en los conjuntos habitacionales y la superficie construida en la parte central de la ciudad. Esto puede explicar la presencia de los conjuntos departamentales irregulares. Durante la última mitad de esta fase ocurre el gran incendio en el centro de la ciudad y se tienen evidencias de cambios drásticos en la sociedad teotihuacana como las evidencias de represión.

Fase Metepec (650-750 d.C.)

Para esta fase se cuenta con menor información pero se afirma que se tenían 20 km² de extensión y 70 000 habitantes. En los últimos años de Teotihuacan hubo un declive gradual, un decremento en la población por falta de inmigrantes. Durante estos años la ciudad perdió su poder central y crecieron centros importantes como Tula, Xochicalco, Cacaxtla y Cholula.

Coyotlatelco (750-950 d.C.)

Se calcula que sólo quedaban 5 000 habitantes en la zona.

Existen discrepancias entre los autores pues según Millon (1993) primero fue construida la Pirámide de la Luna con sus plazas de Tres Templos para rematar la calle de los Muertos. Unos 75 años después fue construida la Pirámide del Sol centrada en la cueva y fue dedicada al Gran Dios y al Dios de las Tormentas. Entre 150 y 225 d.C. se construye la fachada que ahora vemos de la Pirámide del Sol, se extiende la calle de los Muertos y se inicia la construcción de la Ciudadela. La plataforma adosada de la Pirámide del Sol se terminó en 175 d.C., mientras que el templo de la

serpiente emplumada en la Ciudadela fue terminado en 225 d.C. La inversión de energía manifestada en la construcción de las pirámides y la Ciudadela es una demostración dramática del ejercicio del poder. El arte mural comenzó a desarrollarse en el tercer siglo y se convirtió en una de las principales formas de arte de la ciudad durante 500 años.

Apéndice 4.10 Producción moderna de cal en Guanajuato

APENDICE 4. PRODUCCION DE CAL EN GUANAJUATO

Descripción del horno:

El horno es una estructura circular de aproximadamente 2 m de diámetro por poco menos de 2m de altura en sus muros perimetrales. Nos indica el informante que la bóveda que se formaba era más alta que él. La mitad del horno se encontraba sepultada en un hoyo excavado en el terreno. Sin parrilla. Las paredes son hechas de adobe que después de haber sido sometidas al calentamiento parecen ladrillos. La alimentación del horno se hacía a través de una puerta que se encontraba al nivel del piso del mismo y dado que quedaba cuando menos 1 m debajo del nivel del piso circundante tenía una rampa descendente de acceso de aproximadamente 5 m de largo.

Carga del horno:

La roca caliza se tomaba de lugares cercanos. Parece ser que todo el subsuelo de la zona tiene roca caliza de alta pureza que permite producir cal de buena calidad. Se dice que existían personas especializadas que se encargaban de cargar el horno. Para hacerlo se hacía una selección del tamaño de la roca y se ajustaban con un marro. Las rocas más grandes se colocaban en la base del horno adheridas a las paredes. Se iban acomodando como prismas alargados (30 x 15 x 20) que iban subiendo por las paredes y poco a poco se iba disminuyendo el tamaño de la piedra hasta llegar a la parte alta en donde se acomodaban encima las piedras más pequeñas de alrededor de 5 cm (*el ripio*). Con este material se formaba una bóveda que tenía espacios entre las piedras que permitían la salida de las flamas y el desalojo de los gases de combustión. Para cerrar la bóveda se utilizaba una piedra tallada de manera especial y que era la clave que la aseguraba. Nunca se pesó la cantidad de piedra caliza que se utilizaba para la carga.

Quemado:

El quemado se hacía con dos turnos de alizadores. Se tenía que hacer durante la época de secas porque en lluvias no se trabajaba. Se acercaban las cargas de leña que se recolectaban de los cerros cercanos. Solo se utilizaba rama seca porque tenían prohibido cortar los troncos de los huisaches y los mezquites. Se utilizaba más de un camión grande completo de ramas para una quemada. El horno se encendía en las primeras horas de la madrugada, después de haberlo cargado. Se mantenía el fuego alimentando ramas constantemente, pero era necesario retirar las brasas y la ceniza (*desbrasar*) para poder continuar teniendo flamas altas que bañaran toda la estructura abovedada de piedra caliza. El fuego se alizaba durante todo el día y la mitad de la noche siguiente, hasta que después de casi 24 horas el fuego se apagaba. El punto final se lograba cuando un color blanco brillante que iba subiendo paulatinamente desde las piedras colocadas en el fondo del horno alcanzaba las que se encontraban en la parte alta.

Cuando se alcanzaba la temperatura indicada por el color de la cal, se tapaba con carbón la zona iluminada y se limitaba su calentamiento. Con esto se dirigía el calor

a las partes que todavía no se habían quemado lo suficiente. Se formaba una torta con el carbón y la ceniza, removidos al desbrasar, con la que se rellenaban los espacios entre las piedras ya quemadas haciendo que el calor y las flamas se desplazaran a áreas que lo requerían. Después de algún tiempo, también este carbón se inflamaba y contribuía a terminar el cocimiento.

Producción:

La producción de este horno era de 3.5 ton de cal viva que era lo único que se pesaba en este proceso de producción. Se transportaba en costales cargados por recuas de burros. Los costales de cosían por un costado para disminuir el volumen y el peso de manera que los burros pudieran transportarla. Se calcula que en promedio cada burro cargaba de 60 a 80 kilos.

Combustible:

Se necesitaban 12 o 14 pilas de rama o *rastras* que resultaban equivalentes a más de un camión. Se trataba de un camión grande de plataforma, que se llenaba de rama de mezquite o de huisache. Cuando la descargaban ocupaba un volumen aproximado de 5m x 3m x 3m (45m³) de ramas secas listas para quemar. El peso no se puede determinar porque nadie se ocupaba de pesarlo.

Aspectos económicos:

El pago era de 8 a 12 pesos por quemada en 1948-1950, con 2 o 3 quemadas por semana cuando lo llegaban a emplear mucho. El registro se realizó en el poblado del Corrión, Municipio de San Francisco del Rincón, Gto. Los datos fueron proporcionados por el Sr. Alejo Amaro Flores que trabajó como atizador.

La entrevista se realizó el 15 de abril de 1995 por Luis Alberto Barba Pingarrón con la ayuda de Francisco y Eduardo Hernández y Felipe Flores.

