

## PRIMERAS ADAPTACIONES A LAS DIFERENCIAS AMBIENTALES EN MEXICO

C. Earle Smith Jr."

México constituye un área de topografía diversa, localizada entre las latitudes 33° y 15° norte aproximadamente. La parte del país situada más hacia el oriente —**la península** de Yucatán— los estados de Campeche y Quintana Roo conforman en esencia, una extensa plataforma de piedra caliza, donde se **halla** un bosque caducifolio de especies variadas, pero sin ser exuberante. La mayor altitud dentro de dicha área se encuentra en las colinas **Puuc**. Hacia el poniente y al norte se ubica la llanura costera del golfo de los estados de Tabasco, **Veracruz** y Tamaulipas. Algunas elevaciones de la **llanura** costera se ven empequeñecidas por el gran tamaño de la Sierra Madre Oriental, situada al poniente. El interior de México, desde su frontera **con** los Estados Unidos y hacia el sur, es una alta planicie bastante escarpada, pero el patrón de disecación se ve afectado por las montañas que se encuentran a cada lado e impiden el desagüe a los océanos Pacífico o **Atlántico**. La Sierra Madre Occidental limita casi hasta la **costa**, dejando **sólo** una angosta franja costera a lo largo del golfo de **California**. Baja California es de las **áreas montañosas** bajas al igual que la **Mixteca** Alta y las Sierras de **Oaxaca**, estas últimas situadas al sur de la ciudad de México. El **Istmo** de Tehuantepec es el Único paso de escasa profundidad entre los océanos Atlántico y Pacífico. Al sur del istmo yace la sierra de **Chiapas** que se extiende hasta Guatemala.

El clima en **México** es tan diverso como lo indica su topografía. El factor determinante de **casi** todo el clima es indudablemente la faja de vientos alisios, la **cual** trae un volumen estable de aire proveniente del oriente hacia la **costa sur** de la **línea** del trópico. El efecto **adiabático** es **más** pronunciado en el extremo de la **península** de **Yucatán** y en las laderas orientales de las montañas durante los meses de mayo a septiembre; sin embargo, las elevaciones más

altas reciben humedad a lo largo de todo el año. Las tormentas tropicales del Atlántico y los huracanes azotan las costas de México, aumentando considerablemente la cantidad de agua en ciertos años. De manera similar, las tormentas tropicales formadas en las costas de América Central —dirigiéndose rumbo al norte, a lo largo de la costa del Pacífico—, traen consigo fuertes lluvias al aproximarse a la costa mexicana del Pacífico, aunque las áreas montañosas de México que colindan con el Pacífico se encuentran hasta cierto punto resguardadas de la lluvia, siendo más secas que las montañas situadas cerca del Atlántico. En la zona del trópico, la temperatura media anual a nivel del mar está arriba del punto de congelación, encontrándose a menudo entre los 70 y 85°F.

En las principales cadenas montañosas del oriente y poniente de México, el clima **está** condicionado por la altitud de las montañas, especialmente las localizadas al este de los vientos prevalecientes que soplan en dirección a los vientos alisios. La precipitación pluvial en la altiplanicie interior se ve restringida durante los meses de mayo a septiembre, la actividad desplegada por los vientos alisios trae el aumento de lluvia a las montañas que dan al Atlántico mexicano y, así, se incrementa la humedad a la altiplanicie. La mayor precipitación pluvial, sin embargo, se presenta en el sur, disminuyendo a medida que la lluvia se dirige hacia el norte, nimbo a la frontera con los Estados Unidos. Las temperaturas en la altiplanicie interior también varían con respecto a la posición y longitud dentro de las cadenas montañosas. Tanto las temperaturas más altas como las bajas se registran, por lo general, hacia el norte, pero muchas áreas locales experimentan precipitación y temperatura **extremosas**. Por ejemplo, dentro del mismo valle de México, el área **nororiental** es más seca y, a menudo, más cálida, mientras que el extremo situado más al sur, a una mayor elevación, es más fresco pero tiene alta precipitación. El centro del valle es seco, sin embargo, los cerros más bajos situados al oriente, son muchas veces más secos, mientras que los cerros bajos del oeste son ligeramente más húmedos.

Las colinas que dan al Pacífico y la planicie costera hacia el norte de Sonora y Baja California, presentan un patrón de precipitación totalmente distinto. **Aquí**, la precipitación tiene lugar, principalmente a fines del **invierno**, para terminar en el mes de mayo, con escasas oportunidades de precipitación durante el resto del año. Las temperaturas tienden a ser extremosas, como suele suceder en áreas **desérticas**. Hacia el sur, en las laderas del Pacífico, las tormentas tropicales de verano traen la lluvia de mayo a septiembre.

En la zona sur de México, los adelantos prehistóricos incluían concentraciones de grupos humanos formando centros de población con desarrollo social y cultural. Hoy en día el área ha sido reconocida como la parte **medular** de Mesoamérica, una entidad ficticia que siempre se vio presionada por diferencias locales, desde el Formativo Temprano hasta la época prehispánica tardía, diferencias no únicamente provocadas por los seres humanos, sino también de índole geográfica, **geológica**, así como de flora y fauna. No obstante, se dieron respuestas humanas **distintas**. Y, sirviendo como mediador entre esta diversidad de respuestas se encuentra el común denominador, la dieta básica mesoamericana, la cual presupone que determinados recursos alimenticios han estado, están y seguirán disponibles para la mayor parte de los habitantes del área de Mesoamérica. De hecho, existe la evidencia de que la dieta preferida por los pobladores de Mesoamérica durante el Formativo —y aún en épocas posteriores— consistía fundamentalmente en una fuente importante de carbohidratos proveniente del maíz (*Zea mays*), las proteínas del frijol común (*Phaseolus vulgaris*), vitaminas y sabor proporcionados por el chile (*Capsicum annuum*), otras vitaminas, carbohidratos y minerales adicionales se obtenían de la calabaza de cuello **curvo** y la calabaza amarilla (*Cucurbita* pepo, *C. moschata*, *C. mixta* y *C. ficifolia*), mientras que la principal fuente de aceite vegetal era el aguacate (*Persea* americana). Las variaciones del patrón alimenticio se debían, o bien a cambios estacionales o a elementos disponibles en la localidad.

El exceso de la población en una localidad específica no fue uno de los principales problemas que tuvieron que afrontar las poblaciones prehispánicas, sino alcanzar un máximo de producción de los elementos preferidos en la dieta básica, pese a las condiciones locales. Es de sobra conocida la resolución a este problema por los antiguos habitantes de Mesoamérica. Sin embargo, los instrumentos y técnicas utilizados para modificar la agricultura, adaptadas a las condiciones locales, no son advertidos tan ampliamente. Ciertas soluciones fueron consideradas como simples atractivos turísticos (los "jardines flotantes" de Xochimilco) o bien se ignoraban. Desde luego no es de sorprender que existiese tal diversidad de problemas en las distintas áreas de México, puesto que los campos muestran condiciones diferentes. Las características de las plantas seleccionadas como los componentes primarios de la dieta básica implicaban ciertas consecuencias para su cultivo. Toda planta o animal requiere de ciertos factores para poder crecer y reproducirse adecuadamente. Numerosas especies toleran sólo un

mínimo de variación en sus requerimientos y ocupan localidades restringidas, o suelen ser tan especializadas que pueden **hallarse** circunscritas a una o dos regiones sobre la faz de la tierra. Las plantas utilizadas por los indígenas para la selección de cultivo son de mayor amplitud ecológica. Pero ni siquiera los **genomas** plásticos de las plantas cultivadas en América pudieron abarcar todas las condiciones requeridas para su crecimiento en Mesoamérica y satisfacer la demanda de la población.

Los problemas fueron resueltos de dos maneras simultáneas. Las plantas de cultivo son a menudo lo suficientemente variables, adaptándose a ciertos cambios de su hábitat, siempre y cuando transcurran generaciones suficientes para que la selección pueda llevarse a cabo. Por otra parte, la participación humana ha logrado en numerosas ocasiones modificar los hábitats, haciéndolos más adecuados para las plantas de cultivo.

La antigua forma de conocimiento de las plantas americanas de cultivo consistió en un conjunto de factores biológicos, los cuales han sido ya discutidos en literatura sobre biología y agricultura. Muchos de los métodos empleados actualmente implican un conocimiento de las plantas y de sus requerimientos no accesibles para los antiguos pobladores de América. Las opciones biológicas con las que contaban, pueden haber sido reducidas pero constituyen aún alternativas efectivas. Estas consisten en el uso de rigurosas prácticas de selección: **1.** Eecoger del genoma de la planta de cultivo aquellas características favorables para una **necesidad** humana específica, y **2.** Permitir una máxima producción del cultivo bajo condiciones ambientales locales. La primera fue puesta en operación deliberadamente a partir de los plantíos experimentales, debido a que las características de las plantas, requeridas por el hombre, eran adversas a la distribución natural de la planta como especie silvestre. Las particularidades principales seleccionadas por el hombre son: el cambio de la inflorescencia para mayor facilidad en la cosecha, modificaciones a los frutos o a las semillas para su preparación y utilización, y variaciones estéticas que hicieron de los productos de las plantas objetos aún más satisfactorios para los rituales y ceremonias. Al mismo tiempo —y sin que el hombre comprendiese el proceso de selección— las plantas de cultivo **sufrieron** cambios adecuados a las condiciones ecológicas pre-valetientes. Esto tuvo éxito debido al principio de selección del mejor cultivo (la semilla elegida era almacenada para el cultivo del año siguiente, a partir de las frutas o semillas consideradas por el campesino como las mejores, las más grandes y productivas) a la

vez que incluía la progenie de **aquellas** plantas mejor adaptadas al medio ambiente. Las plantas que compiten en desventaja, ya sea en el jardín o en el campo, por lo general producen sólo pequeños frutos y semillas. Los factores determinantes del tamaño, la forma y color de las frutas y semillas pueden ser tan diversos como los tipos y cantidades de elementos químicos, que el suelo proporciona a las plantas; la textura y temperatura del suelo; la cantidad y tipo de competencia de plantas cercanas, la precipitación **pluvial** recibida durante la **germinación** y los periodos de máximo crecimiento y madurez, la insolación necesaria y las temperaturas del aire durante las diversas etapas de crecimiento y las operaciones mecánicas realizadas por el campesino como parte del cuidado rutinario de sus cultivos.

La segunda forma en que las plantas de cultivo americanas se adaptaron a las diferentes condiciones ecológicas, fue por las modificaciones del medio ambiente. El presente trabajo trata estas modificaciones.

Las alteraciones al medio ambiente pueden ser aplicadas a cualquier factor ambiental o combinación de ellos. Sin embargo, los habitantes de Mesoamérica en la época prehispánica no contaban con la cantidad de energía requerida para ciertas formas de manejo o control del ambiente. Los tipos de cambios adecuados a las fuentes de energía disponibles eran totalmente locales, es decir, no era necesario transportar artículos muy pesados a largas distancias y por ende excluye el traslado de fertilizantes a sitios lejanos, o la reconstrucción masiva de la **topografía**. No obstante lo anterior, si se transportaba agua a distancias cortas, o alteraba la topografía local, hacia falta también la aplicación de ambas en una sola operación para apoyar al máximo la producción agrícola de la localidad.

Este trabajo comprende las modificaciones ambientales que fueron desarrolladas y utilizadas por los habitantes prehistóricos en cinco diferentes **áreas** geográficas de México. A la fecha siguen utilizándose con gran efectividad. La **evidencia** arqueológica de algunos de los mecanismos **aquí** descritos es escasa y, por lo tanto, resulta difícil situar **cronológicamente** sus prácticas y usos.

### Ejemplos de modificación ambiental anteriores a la Conquista

El valle de México (**véase figura 1**) se localiza a una altitud mayor de los 7,000 pies. Era una cuenca cerrada cuyo único desagüe era la evaporación. El suelo consiste en una serie de depresiones **don-**



Figura 1. Valie de **México**. El área sombreada en tono más claro indica la extensión aproximada de los lagos a una profundidad máxima en tiempos prehistóricos **tardíos**. El área sombreada en tono más oscuro, corresponde a las chinampas de los lagos de **Xochimilco** y **Chalco**. Gran parte del área de lo que es ahora el México moderno, hacia la izquierda de la **línea** oscura a través del área sombreada, probablemente fue también una zona de chinampas.

de existieron lagos de poca profundidad, separados durante la estación de sequía y se unían durante la época de lluvias. En tiempos de los aztecas el contorno de los lagos permanecía, por lo general, a un nivel de 2,240 m. La cuenca está rodeada al sur, oriente y poniente por cordilleras que se elevan a 12,000, 17,000 y finalmente de casi 13,000 pies. La sierra de Pachuca, al norte, no cierra el valle completamente porque hay una elevación ligera del suelo entre ésta y la sierra de Alcaparrosa, por lo que el desagüe natural llega a la cuenca (J. Rzedowski, *et al.* 1964).

Geológicamente el valle de México es el producto de la actividad volcánica y el clima del Pleistoceno. A mediados del Terciario, la actividad volcánica dio como resultado las actuales cadenas de montañas. Algunas de las montañas más altas, incluyendo al Popocatepetl, son de origen volcánico. La parte del suroeste del valle de la ciudad de México, El Pedregal, está formada por capas de lava, siendo las principales rocas de la región las andesíticas o basálticas, aunque también hay riolitas y dioritas. Al oriente del valle existen grandes capas de ignibntas. Los periodos fluviales del Pleistoceno dieron como resultado la sedimentación masiva de las laderas, dejando grandes capas aluviales en el valle y formando, al norte, la vertiente conocida como el sistema cerrado de desagüe.

El extremo norte del valle no cuenta con arroyos permanentes. Durante la época de lluvias, en el verano, los lechos de los arroyos se llenan y el desagüe se efectúa de acuerdo a la precipitación pluvial. Asimismo, hay arroyos que fluyen de manera permanente debido al deshielo, e.g. del Popocatepetl en la parte suroriental de México: y éstos sí riegan constantemente el valle, pese a la época de secas. No obstante, este flujo es insignificante debido a que la mayor precipitación se da en la parte oriental de las montañas y, por ende, los ríos pasan principalmente por los lados sur y oriente de los campos de nieve. Los riscos volcánicos, situados en el extremo suroccidental del valle, fueron acuíferos de donde se originaría una serie de manantiales cercanos al pie de las laderas, a lo largo de los márgenes de los lagos (West y Armillas 1950; Armillas 1971).

Los lagos del valle, resultantes del agua acumulada en la cuenca cerrada, eran la fuente de abastecimiento durante la temporada de lluvias en verano (véase figura 2). A final de la temporada de secas se separaban, formando los lagos Zumpango, en el norte, entonces lago Xaltocan, el lago de Texcoco y, finalmente, en el extremo sur, el lago Xochimilco-Chalco. Una calzada dividía este Ultimo en la porción oriental (Chalco) y la occidental (Xochimilco).

Como resultado de este sistema cerrado, la evaporación masiva



Figura 2. El suelo del valle de México es una planicie aluvial donde ocasionalmente se encuentra una colina volcánica. A la izquierda, en primer plano, se pueden ver los vestigios de un lago.



en el valle, especialmente durante la estación seca, provocaba la concentración de sales en los lagos del norte y del oriente, **impidiendo** su uso para consumo humano o agrícola. El volumen de agua fresca que fluía hacia las áreas pantanosas en la parte occidental del lago de Texcoco y los lagos del sur, los mantenía suficientemente frescos para ser utilizados. Hacia fines del siglo XIX, por orden del gobierno de **México**, se **excavó** un **tunel** en la parte alta del terreno hacia el norte del valle, secando prácticamente los lagos.

### **Clima**

La parte central de México tiene dos estaciones definidas durante el **año**: una de lluvias de mayo a octubre, y la época de secas, que se extiende desde octubre al siguiente mes de mayo. Durante **la** temporada de lluvias, éstas son de tipo local, en forma de aguaceros. Sólo durante los periodos de intensas tormentas tropicales en el golfo de México o a lo largo de la costa del Pacífico propician las grandes lluvias sobre el interior de México.

Dentro del **valle** en sí, el extremo norte, por lo general, recibe menos lluvia que el extremo sur. Por ejemplo, el área de **Teotihuacan** recibe entre 500 y 600 mm de **precipitación anual**. **Xochimilco**, al sur de la ciudad de México, tiene una precipitación anual de entre 700 y 800 mm. **Al** ascender por las laderas de las montañas, se llega a zonas donde la precipitación es mayor. Por ejemplo, **Amecameca**, situada al extremo sur y a una altitud superior, recibe entre 1,000 y 2,000 mm.

La temperatura en el valle de México varía de acuerdo a la estación del **año** y a la altitud. Sin embargo, el factor limitante de la vegetación en la región son las heladas. Estas ocurren con frecuencia a una mayor altitud, pero suelen ser más perjudiciales en hondonadas sin paso de aire, donde su periodicidad **es menor**. Mientras que, por regla general, las heladas ocurren en los meses de noviembre, diciembre y enero, también han caído a principios de octubre o a fines de febrero. Esto es de suma importancia para la programación o calendarización de las cosechas porque todas las plantas de cultivo en Mesoamérica son muy sensibles a las heladas. Con respecto a la tierra arable, apta para ser usada, resulta importante la probabilidad de las heladas (hacia principio o fin de la temporada) a grandes alturas. En el rango de las temperaturas, las más altas no se acercan a los límites críticos para ninguna de las plantas de cultivo del **área**. Por consiguiente, la posibilidad de una helada es la única limitante.

### *Vegetación* original

En este aspecto, es difícil reconstruir la vegetación original del valle de México. Sin embargo, puede formularse una hipótesis con base en las condiciones meteorológicas que se han discutido en párrafos anteriores. Debe tomarse en consideración lo siguiente: Ningún cambio climático de importancia ha tenido lugar en el valle de México durante el periodo del desarrollo de la agricultura. Utilizando la información disponible (Rzedowski, *et al* 1964) es factible extrapolar desde la vegetación actual a la original.

Como se ha señalado, el fondo de la cuenca está constituido por un lago de escasa profundidad, forma un solo cuerpo de agua cuando la temporada de lluvias está en pleno apogeo, pero se convierte en aproximadamente cinco lagos pequeños hacia finales de la temporada de secas. Todos estos lagos son poco profundos y con alto grado de evaporación, lo que ha dado como resultado la concentración de sales, principalmente en las dos terceras partes orientales del lago de Texcoco, así como en los lagos de Xaltocan y Zumpango, al norte. En las márgenes de las aguas saladas, la vegetación predominante sólo pudo haber consistido en plantas tolerantes a las sales, como por ejemplo juncos, los cuales a menudo configuran macizos en el lago de Texcoco. Sin embargo, los lagos de Xochimilco y Chalco y la tercera parte —hacia el oeste— del de Texcoco tenían suficiente afluencia de agua fresca y casi siempre dulce. Originalmente, estas márgenes debieron estar cubiertas por playas boscosas, con especies diversas de árboles, entre ellas eran sobresalientes las especies *Salix* (sauces) y *Alnus* (alisos), incluyendo además una variedad de especies como fresnos, nogales, robles y otros. Sin embargo, no han quedado restos de este tipo de vegetación boscosa.

Este mismo tipo de vegetación boscosa probablemente bordeaba los arroyos permanentes que alimentaban los lagos del valle. En donde el nivel del agua, bajo la superficie del suelo, haya sido lo suficientemente alta, debió existir alguna combinación de especies de la vegetación del tipo floresta.

La orilla exterior, más alejada de los lagos y ríos del valle de México debe haber estado bordeada por especies de árboles adaptadas a un hábitat más seco. Debido a su fácil adaptación para alcanzar niveles de agua profundos, es probable que haya existido el mesquite (*Prosopis juliflora*) de manera predominante, siendo la especie principal a lo largo de la playa o ribera. Aparte del mesquite, el factor determinante para deducir el tipo de vegetación exis-

**tente**, es la accesibilidad del agua, ya que los seis meses de secas limitarían considerablemente el desarrollo de especies, éstas crecerían contando sólo con una precipitación pluvial de 600 a 800 mm distribuida de manera uniforme a lo largo de todo el año. Puede suponerse con un amplio margen de seguridad, que las especies **actuales** crecen en parcelas abandonadas de **la región**, son los restos de la vegetación original del área.

La vegetación es una **combinación** de las especies conocidas como matorral, de *Opuntia*, *Zaluzania* y *Mimosa*, esparcidas desde la orilla superior del lago (tal vez de unos 2,300 m a 2,700 m de altitud). Las principales plantas de este grupo no crecen muy juntas unas de otras. Pueden encontrarse entre ellas árboles pequeños que no llegan a medir más de 8 m, sin embargo, la **mayoría** de estas especies son del tipo de los arbustos y casi nunca alcanzan más de 2.5 m de altura. La más común *Mimosa biuncifera* (uña de gato) llega a formar matorrales prácticamente impenetrables, de altura mayor a la de una persona pero sin expandirse demasiado. En este tipo de paisaje sobresalen los grandes arbustos de tuna (*Opuntia streptacantha*) y el Palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) entre otros. Sin embargo, actualmente las áreas de suelo arado, pocas ocasiones, se ven cubiertas por vegetación herbácea, aún en la temporada de secas. Lo anterior se debe al pastoreo de ovejas y cabras durante cuatrocientos años, y no a una carencia natural de vegetación herbácea. Hubo una época en donde —en la temporada de lluvias— grandes masas de especies herbáceas deben haber cubierto cada tramo accesible de terreno, la llegada de la sequía era presagiada por la producción de semilla, mientras tanto se secaba la parte de las plantas que sobresalía de la tierra. La cubierta **herbácea** está formada actualmente por pasto grama (*Bouteloua curtipendula*) con diversas especies de *Compositae*, *Solanaceae*, *Euphorbiaceae* y *Malvaceae*.

Esta vegetación sufre cambios en la composición de las especies que la conforman acorde con la precipitación local anual. Al aumentar la cantidad de precipitación pluvial se incrementa la densidad y el número de especies. La incidencia del desmonte para cultivar los campos aumenta con relación a la abundancia de lluvias, por lo que los brotes nuevos con frecuencia son de *Opuntia* exuberante y en menor proporción las especies de lento crecimiento, como el palo dulce.

La vegetación de matorrales con espinas en las laderas del **valle**, cubría el área probablemente un bosque resistente a las heladas, constituido por especies diversas. El área circundante de 2,500 m

es el nivel aproximado sobre el cual las heladas pueden truncar el crecimiento del maíz en cualquiera de los extremos. Asimismo, constituye el límite más bajo del bosque de pinos (2,500 a 3,200 m en laderas con una precipitación anual promedio de 800 mm a 1,000 mm), cuyo desarrollo está condicionado al tipo de suelo, la **estructura** y los patrones locales de desagüe. El bosque de pinos puede, a su vez, mantenerse de manera artificial ya que los incendios periódicos eliminan las maderas duras que compiten por la supervivencia (Rzedowski, et al. 1964). El estrato inferior del bosque de pinos incluye matorrales numerosos (de familia *Compositae*) mientras que el terreno se halla cubierto básicamente por pastos.

Los bosques de encino se desarrollan en laderas, a una altitud de entre 2,400 y 2,900 m, con una precipitación anual de 700 mm a 1,000 mm, donde el terreno es favorable y el fuego no destruye las semillas y los brotes pequeños. Los arbustos predominantes en el bosque de encinos incluyen en un alto porcentaje al madrón (*Arctostaphylos pungens*), así como una gran variedad de miembros de la familia de las compuestas, las mentas, la madre selva, las moras blancas ("snowberry"), y de arbustos de encino. A menudo, diversos tipos de epifitas cuelgan de los árboles de encino, principalmente la especie de Tillandsia (heno), conformando el terreno de plantas herbáceas de diferentes familias.

Las laderas con menor precipitación (600 a 800 mm), a elevaciones de 2,500 a 2,800 m, son cubiertas por un bosque bajo de *Juniperus deppeana*. La formación es por lo general abierta, y los árboles de enebro (juniperos) se hallan intercalados entre los arbustos, mientras tanto las especies del bosque de matorrales bajos tienden a extenderse hacia arriba para penetrar en el bosque de juniperos. En aquellas partes donde las laderas contiguas reciben más agua y hay bosques de encino, el encino tiende a combinarse con la formación de juniperos. Debido a la menor cantidad de precipitación en esta área, la superficie herbácea del terreno no está revestida densamente, aunque ello puede deberse a la acción —en fechas posteriores— del pastoreo de animales introducidos por los españoles.

### Agricultura temprana en el valle

Hasta la fecha, se cuenta con escasa evidencia directa respecto de la agricultura en el valle de México. Algunos granos y cúpulas

de **maíz** y ocasionalmente fragmentos de frijol carbonizados, han sido recuperados en unos cuantos sitios del Formativo. Sin embargo, la presencia de comunidades en el valle desde 1500 aC, es prueba de prima **facie** de la existencia de la agricultura para alimentar a **grupos** humanos sedentarios. Resulta relevante mencionar que las concentraciones tempranas de población se hallan asociadas con las áreas de agua dulce de los lagos de **Xochimilco**, Chalco y **Texcoco**. En las distintas fuentes, los arqueólogos han identificado entre media docena y una docena de núcleos o conjuntos **habitacionales**, situados principalmente en las áreas de las márgenes de los lagos, las cuales se encontraban cubiertas por un bosque mixto y dependían de una fuente constante de agua dulce. El desmonte de esta área para la agricultura de subsistencia fue una sabia elección por parte de los primeros habitantes. No obstante, la cantidad de terreno a lo largo de las orillas de los lagos, con un nivel de agua suficiente como para el uso intensivo, durante la temporada de secas como en la época de lluvias, sin ser tan bajo como para provocar inundaciones cuando llovía, es ciertamente limitada. Las riberas de las zonas de agua salada de los lagos no son adecuadas para la agricultura. Además, en muchas de ellas las laderas se elevan inmediatamente sobre el nivel **al** cual pueden llegar las raíces de los cultivos. En el área no se conocen manantiales de agua dulce como los que existen a lo largo de las riberas sur y occidental de **Xochimilco**, Chalco y Texcoco.

El asentamiento de poblaciones en el área forzó la emigración de las riberas lacustres a las laderas adyacentes, donde los cultivos de temporal permitían sólo la producción de una cosecha al año (véase figura 3). La cantidad de agua disponible no fue la **Única limitante**, sino que, al ser mayor la elevación, las cosechas eran más vulnerables a las heladas. La emigración de los agricultores hacia el norte del valle los situó en áreas de menor confiabilidad en cuanto a la precipitación pluvial. Son pocos los arroyos en el valle de México cuya corriente fluya de manera permanente y el terreno adyacente a éstos no es tan extenso como para favorecer la irrigación a gran escala (véase figura 4), **así, las** alternativas de una mayor capacidad agrícola estaban muy restringidas. Todas éstas fueron exploradas, con base en la evidencia arqueológica de las comunidades que se establecieron en las áreas agrícolas potencialmente accesibles en el fondo del valle y en las laderas adyacentes. Donde era propicio se sembraban cosechas simples, de temporal (de acuerdo a la precipitación pluvial) y cultivos de inundación en las riberas de los **ríos** de comente intermitente. En las riberas más bajas, cerca de las co-

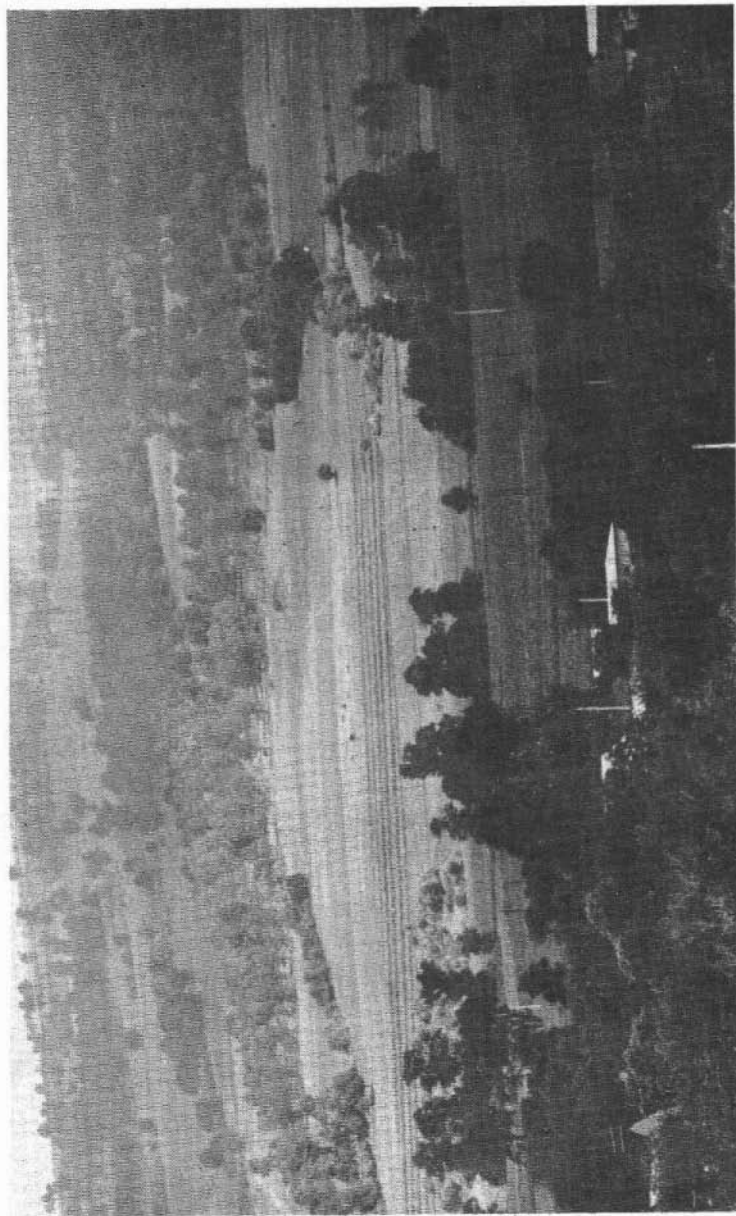


Figura 3. El valle de México, cerca de Amecameca. En esta colina, el ganado pasta entre campos de maíz; existen grupos de árboles frutales alrededor de las viviendas y los árboles de roble y pino forman pequeños bosquecillos en la ladera. Coapexco, situada en un risco detrás de Amecameca, es la única comunidad antigua localizada lejos de las orillas de un lago, que ha sido descubierta hasta ahora.

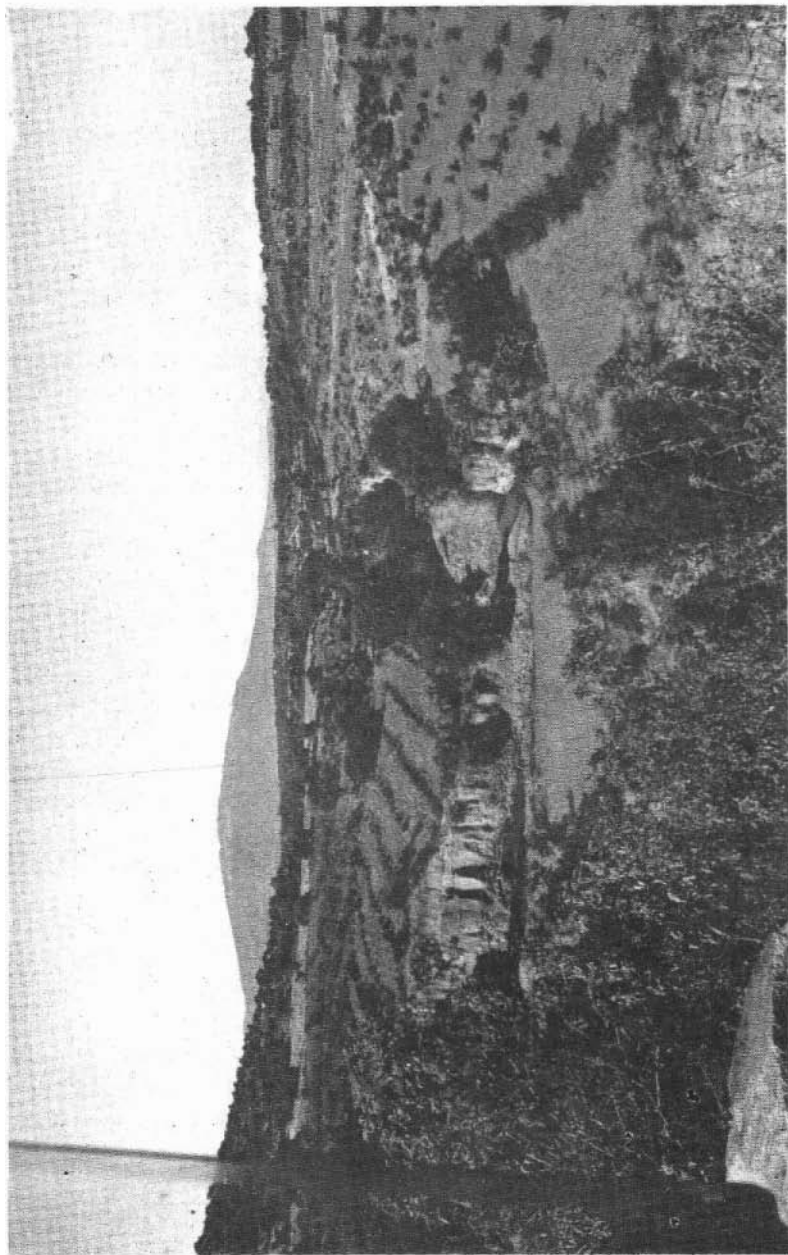


Figura 4 Mirando hacia Teotihuacan, desde Altica, se aprecia el sistema agrícola de terracedo del valle de México, inservible en la actualidad, a la izquierda, la presa que se ve en primer plano proporcionó agua de riego en otro tiempo.

rrientes permanentes, bien puede haberse utilizado algún tipo de desviación del agua para lograr una cosecha durante la temporada de secas. Sólo las áreas agrícolas situadas en las riberas de los lagos recibían agua permanente, lo que favorecía la siembra de cultivos durante todo el año.

La solución final al problema entre área agrícola limitada y población creciente, se implantó probablemente algunos siglos antes de la era cristiana (P. Armillas 1971). A lo largo de las riberas sur y occidental de los lagos de Xochimilco y Chalco se encontraba una serie de manantiales formando una especie de frontera pantanosa, que se extendía hacia el norte a través de la ribera occidental del lago de Texcoco; la presencia de diversos manantiales corrientes en islas tierra adentro en este lago, permitió a los aztecas su estancia en la época prehispánica tardía. Sin embargo, el impresionante conjunto de pantanos no era utilizado por la población que contaba únicamente con las técnicas agrícolas comunes. La demanda de terreno agrícola adecuado estuvo relacionada con el desarrollo de una técnica especializada para elevar la superficie de estos pantanos por sobre el nivel general del agua, lo cual permitía el cultivo normal de maíz, frijol, calabaza y otras cosechas. Se clavaron estacas en el terreno firme subyacente, atándolas y enlazándolas entre sí con otros vegetales para hacer una estructura de tipo "canasta", la cual se llenaba con capas alternas de lodo extraído del terreno inmediato y esterillas de vegetación, i.e. ramas y juncos. La primera constituía una base sólida, mientras la última unía y era el área de filtración. Una vez elevada la superficie del terreno a un metro sobre el nivel general del agua, el terreno ya estaba lo suficientemente seco para sembrar. Estas parcelas, conocidas como **chinampas**, son idénticas a las que el turista pueda admirar en **Xochimilco** con el nombre de "jardines flotantes" (véase figura 5).

El sistema de chinampas constituía un mecanismo innovador para contrarrestar una parcela de terreno difícil. Se conoce la existencia de la agricultura de terraceo en diversos sitios del Nuevo Mundo desde tiempo atrás, de los llanos de Sudamérica, el valle del río Magdalena y el "Everglades" de Florida. Sin embargo, el sistema de chinampas del valle de México está bien adaptado a los lagos rodeados de tierra de la zona. El lodo con el que están construidas las chinampas es una rica mezcla de suelo volcánico y desperdicios orgánicos resultantes de la desintegración que, durante siglos, han venido sufriendo las plantas y animales acuáticos. Con el surgimiento de los asentamientos humanos en las áreas pantanosas, la adición de fertilizante humano enriqueció aún más las parcelas.



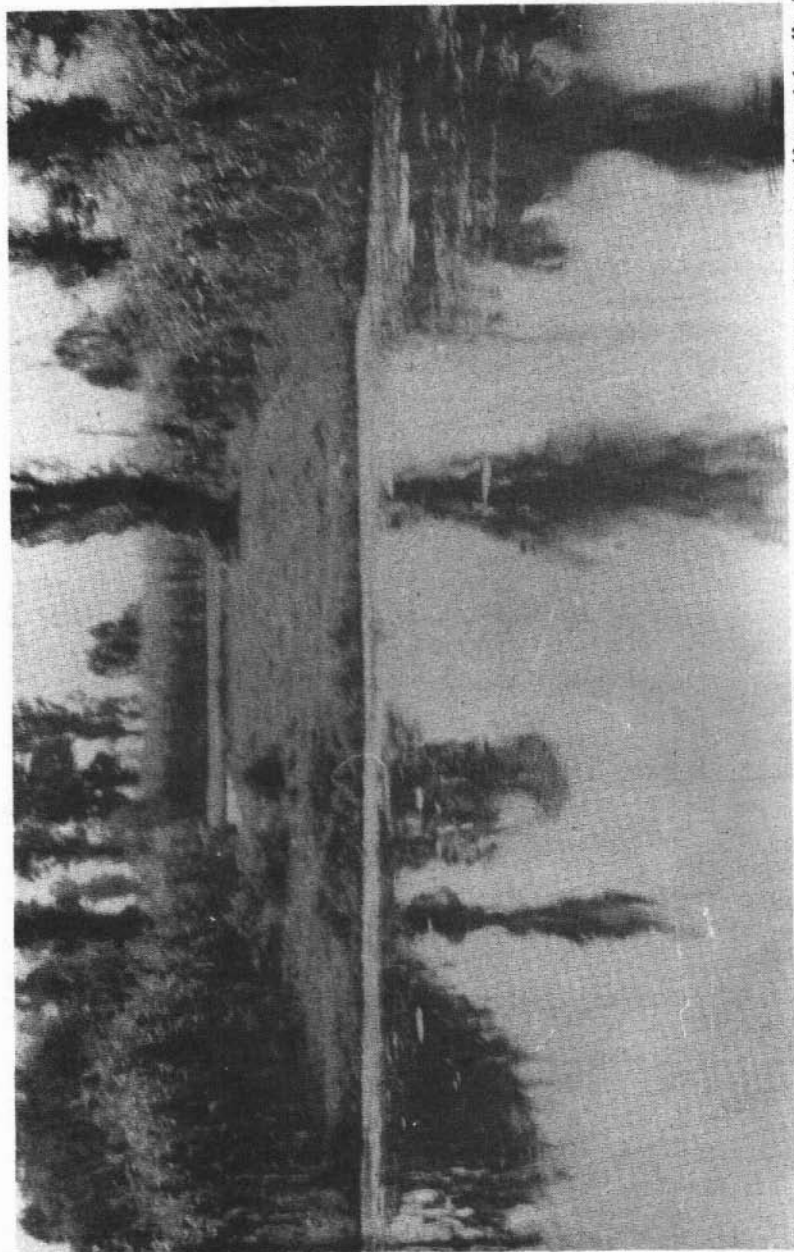


Figura 5. Las chinampas cerca de Athermal todavía están en uso, aunque la desecación de las fuentes acuíferas del valle de México amenaza a las que quedan.

A medida que el nivel del lago fluctuaba, el de la orilla sur de los lagos iba aumentando debido a la constante afluencia de las comentes, que mojaba la parte de abajo de las chinampas constantemente. El peligro mayor para éstas era la posibilidad de inundación provocada por la llegada de una temporada de lluvias abundantes. Sin embargo, si las condiciones eran favorables, se **levantaba** una cosecha de la chinampa y se sembraba un cultivo nuevo, ya que las chinampas no sólo se encontraban más abajo de la zona normal de heladas en el valle, sino también el agua circundante mejoraba la temperatura. La renovación de la fertilidad era producto de la excavación de una nueva capa de lodo fresco proveniente de los canales circundantes.

El problema de contar con un área adicional para siembra, se resolvió fácilmente gracias a la creación de las chinampas en los pantanos de las riberas lacustres y aun en los lagos mismos, donde no hubiese mucha profundidad y las aguas no fuesen demasiado saladas; pero la solución al problema no estaba totalmente resuelta, faltaba controlar el exceso de agua. Las fuerzas meteorológicas reguladoras de la cantidad de precipitación pluvial en el valle de México son, en el mejor de los casos, impredecibles. Con el surgimiento de la agricultura en México, la capacidad de absorción de la superficie terrestre se vio drásticamente alterada a causa del desmonte para siembra, la tala de bosques para hacer leña y el corte de cantidades abundantes de material combustible destinado a la preparación de argamasa o cal para construcción y hornos de alfarería. Este efecto ha sido estudiado ampliamente (Penman 1963), evidenciando la tendencia al agotamiento del suelo a partir de la remoción inicial de la cubierta vegetal, compuesta por la creciente compactación de la **superficie** del terreno, la debilidad del suelo se acentúa con el impacto mayor de las gotas de **lluvia** sobre la superficie, cuando el efecto de **filtración** que ejercen las hojas, los tallos y los desechos orgánicos ha sido removido de la superficie. Existe, asimismo, evidencia relativa al cambio en los modelos de precipitación pluvial ocasionados por el desmonte. Pese a los datos poco adecuados, se puede decir que la lluvia tiende a precipitarse más libremente sobre las áreas desmontadas con las lluvias **torrenciales**, menos frecuentes pero más bastas, lo cual incrementa el desgaste de la superficie.

De cualquier modo, el continuo desmonte de la capa vegetal de la cuenca y de las colinas circundantes aumentaron el problema sobre el control del nivel lacustre, éste no fue jamás resuelto en tiempos prehistóricos; sino hacia fines del siglo XIX,

cuya solución condujo a cada vez mayores problemas de escasez de agua (Sanders 1975).

Otro problema de gran magnitud debió ser la gradual sedimentación o filtración en los lagos. La eliminación de vegetación en las laderas trajo consigo una mayor erosión, tanto en las corrientes de agua normales como en las laderas, desgastando las capas del terreno. Este material no podía ir a ninguna otra parte excepto a la cuenca misma del lago. La sedimentación al aumentar arrasó con la fertilidad mineral de la capa vegetal superior de las laderas hasta los lagos. Debido a esta creciente sedimentación en el periodo azteca, las chinampas tuvieron tanto éxito, ya que el lodo que estaba siendo removido del fondo del lago para construir las chinampas era reemplazado durante la temporada de lluvias por la sedimentación proveniente de las laderas. No se tienen informes acerca de las dificultades provocadas por la sedimentación en las áreas chinamperas porque la desecación del lago, hacia fines del siglo XIX, puso fin al uso de numerosas chinampas, secando los canales existentes en gran parte del valle. Las excavaciones cada vez mayores en lo que queda de los lagos de Xochimilco y Chalco, han mantenido abiertos los canales que circundan algunas de las chinampas del área, aunque los canales usados anteriormente para transportar la producción a los mercados de la ciudad de México no son ya navegables. La sedimentación y el exceso en la utilización de agua en la cuenca continúan, de manera que el panorama futuro de las pocas chinampas existentes es bastante triste. Pese a la efectividad para producir múltiples cosechas por año no pueden permanecer productivas si el agua empieza a escasear.

Durante el periodo Azteca Tardío (Coe 1964), los agricultores de la parte occidental del lago de Texcoco se enfrentaron con otro problema. El aumento en el promedio de precipitación en el valle de México incrementó la afluencia hacia la cuenca cerrada del lago, provocando la penetración de agua salada en la parte oriental de la cuenca, el área chinampera. Para proteger el área de las chinampas de la salinización se construyó una presa a lo ancho del lago de Texcoco, de norte a sur. En efecto esto puso limite al libre flujo de agua, manteniendo los lagos occidentales como áreas de agua dulce proveniente de los manantiales.

### *Modificaciones ambientales en el valle de Tehuacán*

El valle de Tehuacán se localiza al sureste de México. Es pequeño y se ubica al noroeste-sureste, inmediatamente detrás de los te-

**rrapl**enes de la Sierra Madre de Oaxaca (véase figura 6). El risco que se eleva hacia el este, es la Sierra de **Zongólica**. Por el valle corre el río Salado, formado por corrientes tributarias de las montañas situadas al noreste; en la actualidad su afluencia es reducida, inclusive durante la temporada de **lluvias**, debido a **que gran** cantidad de agua proveniente de su cauce se ocupa para riego.

La Sierra Madre de Oaxaca, en el flanco noronental del **valle** de Tehuacán, está compuesta por rocas **metamórficas sedimentarias**, en su mayor parte y el terreno, en ese lado, es ácido. Hacia el suroeste, las principales formaciones rocosas de travertino y piedra caliza son de fácil **desagüe**, dando como resultado un suelo **alcalino** al flanco suroeste del valle. Las laderas situadas en el extremo **noroccidental**, descienden hasta configurar dos cuestras principales de enormes escalones: una, justo al sur de Tehuacán, y la otra al norte de San Gabriel **Chilac** (véase figura 7). En Tehuacán, el valle alcanza una elevación de 1,676 m, descendiendo rápidamente hacia la confluencia de los ríos Salado y Grande, a una altura aproximada de 600 m. De esta manera, en el valle se encuentran climas que van desde el templado en el extremo superior, con heladas durante el invierno, hasta el tropical en el extremo **inferior**.

La característica **sui géneris** dentro de la geología del valle de Tehuacán es el brote de cinco grandes manantiales (comentes), que nacen en la formación travertina, hacia el suroeste del valle. Los manantiales principales son: El Riego, San Lorenzo, **Peñafiel** y Garci Crespo, todos ellos con un alto contenido de sales minerales, por lo que el agua, al correr, deja una capa en el fondo y a los lados del cauce de la corriente. Los manantiales son utilizados actualmente, como fuentes para la producción de refrescos embotellados y agua; en tiempos pasados, eran empleados por sus poderes curativos. Estas fuentes acuíferas permanentes han constituido un recurso de valor incalculable en el valle semidesértico.

### *Clima del área de Tehuacán*

Los riscos enormes de la Sierra Madre de Oaxaca, situados al noreste del valle, se elevan a alturas de aproximadamente 3,000 m, formando —de hecho— una barrera que protege a los valles interiores de los vientos alisios que, a su vez, se ven forzados por el levantamiento adiabático a desembocar en la parte de la cordillera orientada hacia el golfo. Hacia el suroeste, la parte baja de la Sierra Mixteca y la distancia hasta el océano Pacífico reducen la **precipi-**

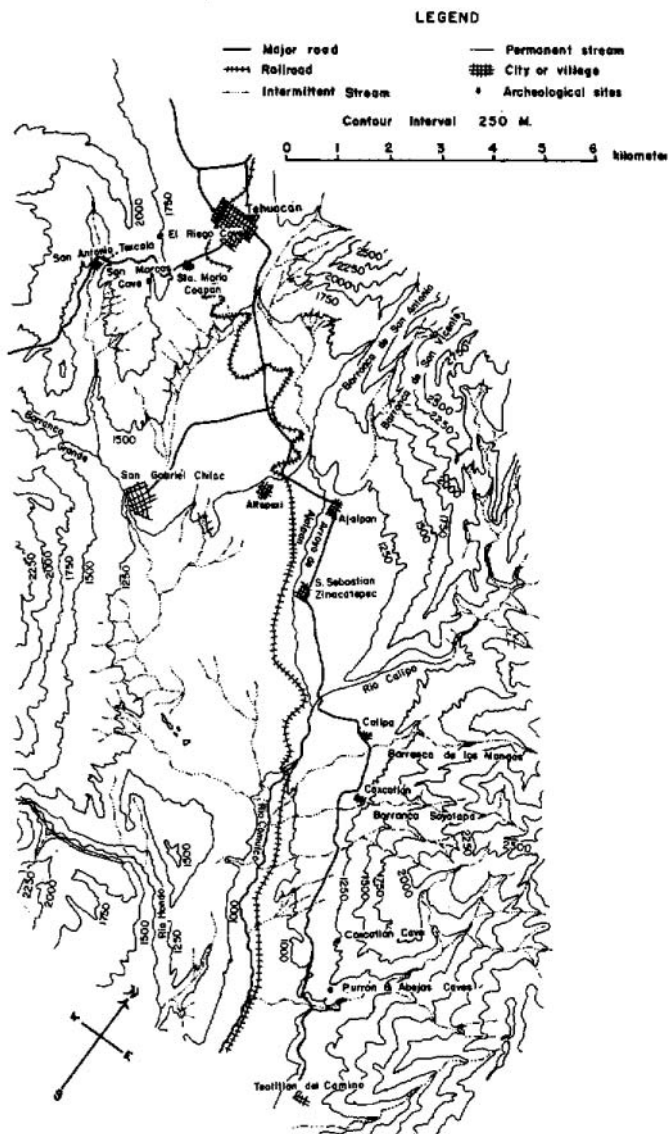


Figura 6. El valle de Tehuacán es uno de los clásicos valles mexicanos en forma de "V", el cual era atravesado —y aún es alimentado— por un sistema de ríos de flujo permanente. Desde tiempo atrás, los principales manantiales cercanos a Tehuacán han proporcionado agua de riego para el valle semidesértico. La presa de Lencho Diego se localiza en la barranca donde se encuentran las cuevas Purrón y Abejas.

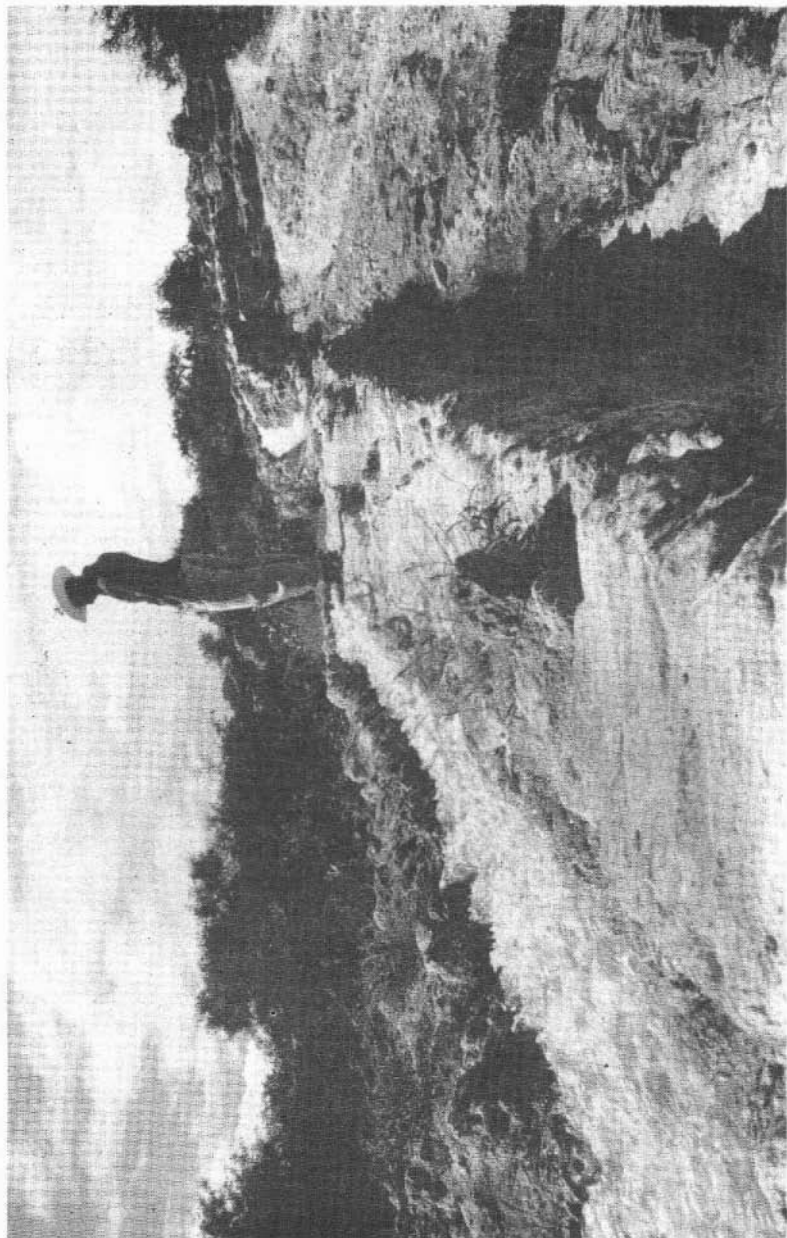


Figura 7. El agua de los manantiales del valle de Tehuacán descende por el acantilado de San Andrés hacia los campos situados en la parte baja del valle.

tación pluvial proveniente de esa dirección. **Así**, el valle de Tehuacán es, por consiguiente, un área de escasa precipitación pluvial.

La temporada de lluvias en esta área abarca el periodo de mayo a octubre. Sin embargo, la precipitación pluvial no es distribuida uniformemente durante dicho periodo. Al iniciarse la temporada de Uuvias, en mayo y junio, cae una serie de lluvias torrenciales suficientes para la germinación de las semillas de maíz y frijol en **las** áreas secas de cultivo (véase figura 8). No obstante, desde mediados de julio hasta mediados de agosto sobreviene un periodo de **sequía** con lluvias escasas. Pero, posteriormente, se presenta la temporada de lluvias más productiva alcanzando su climax en septiembre y decrece en octubre. Por lo general, las cosechas maduran con la temporada de Uuvias.

En suma, el promedio anual de precipitación pluvial en Tehuacán es de aproximadamente 500 mm. Un poco más al sur del valle, el promedio de precipitación es ligeramente mayor, *i.e.* alrededor de 600 mm. Uno de los problemas provocados por las lluvias en el **valle** se debe a su naturaleza local. Mientras, en una sección del **valle** puede caer un aguacero durante el cual se acumulen (para desaparecer de inmediato) varios milímetros de lluvia, en otra parte del área no cae ni siquiera una gota. Hacia el este de la cima de la sierra, hay zonas que llegan a registrar un promedio anual de lluvia de 4,000 mm.

La mayor cantidad de lluvias durante el periodo de septiembre tiene su origen, en parte, a las grandes perturbaciones del clima hacia la costa del golfo de México en ciertos años. Asimismo, existe la teoría de que las tormentas tropicales tierra adentro, provenientes del **océano** Pacífico, pueden ocasionar lluvias en el valle de Tehuacán. La precipitación pluvial provocada por las tormentas tropicales no es confiable, ni tampoco el sistema normal de lluvias. Sin embargo, a lo largo de la temporada de lluvias, la precipitación es adecuada para hacer que maduren las variedades de **maíz** y frijol cosechados en el valle con el sistema de cultivo seco.

### *Vegetación original*

Reconstruir la vegetación original del **valle** de Tehuacán no es tan difícil como resulta la **reconstrucción** de la vegetación de un área como **la** del valle de México. **Ello** se debe a que la vegetación del **valle** de Tehuacán **no ha** sido nunca eliminada por completo en un mismo periodo. Por lo tanto, siempre ha habido semillas **dispo-**

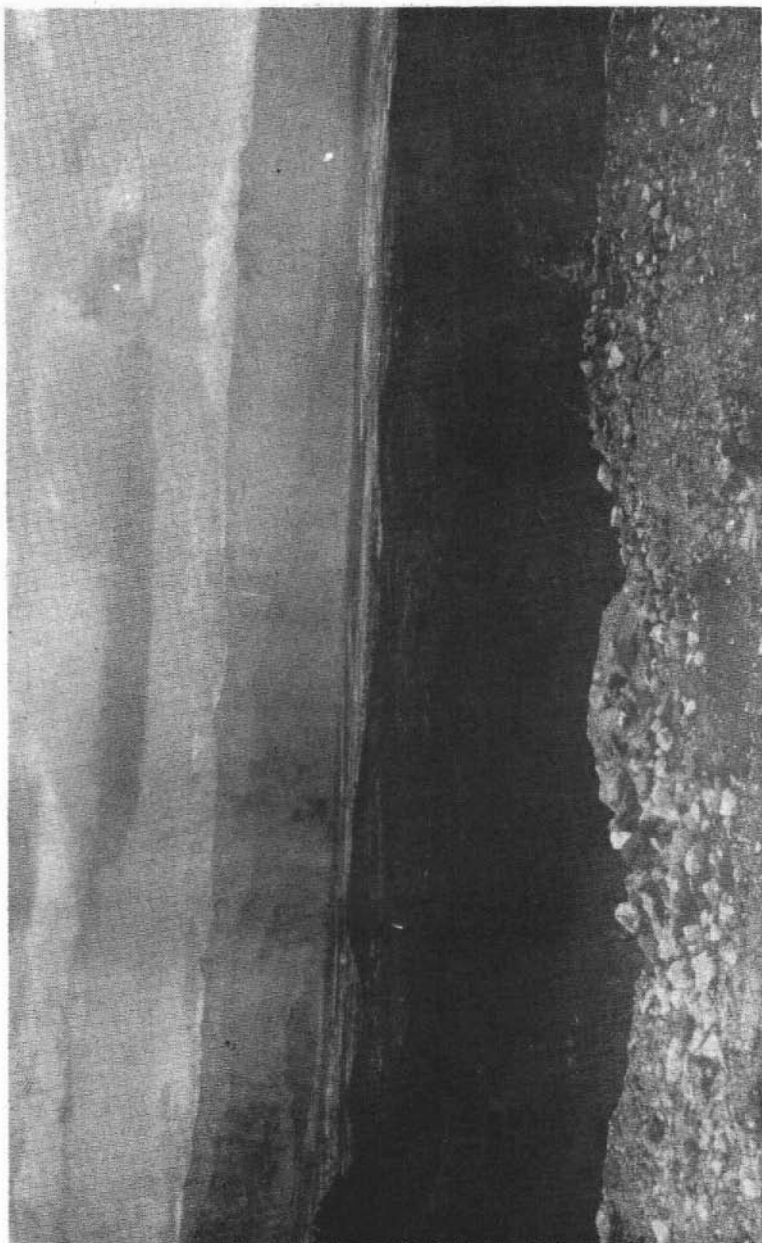


Figura 8. Un aguacero (chubasco) local cae sobre una parte del valle de Tehuacán. Durante la temporada de lluvias, en el verano, solamente la aparición de un huracán en el golfo de México desvía la lluvia por encima de las montañas, hacia el valle.



**nibles** para la revegetación de tierra abandonada. La población humana del área ha sido mayor en el pasado que en la actualidad. Sin embargo, el clima y la topografía del valle son tales que esta zona no fue despojada de vegetación en su totalidad. Esto, desde luego, no se debe directamente a la intervención de la población humana, sino a los recursos acuíferos abundantes, gracias a los cuales la agricultura de riego fue posible tanto en la época de secas como de lluvias.

En las laderas de la Sierra Madre de Oaxaca, a una altitud de aproximadamente 1,700 m, la vegetación original consistía de bosques de pino y **encino**. Todavía existe parte de este bosque pero, tiende a desaparecer rápidamente debido a la tala inmoderada, ya sea para hacer **leña**, elaborar productos de madera o al desmonte para cultivar. Algunos de los bosques de roble situados en las laderas del valle han sido poco alterados y es probable que nunca hayan sido desmontados por completo.

En el lado noreste del vañe, abajo de los 1,700 m, la vegetación es de cactáceas espinosas achaparradas, en una variante local pero perteneciente a la misma especie en todo el vañe. La mayoría de los árboles son achaparrados, con copas tipo **sombrilla**; corresponden principalmente a las *Leguminosae*, *Burseraceae*, *Bombacaceae* y otras familias de las **xerófilas** (plantas de suelos secos). La mayor parte son **micrópilos**, caducifolios. Casi escondidos entre los árboles, se encuentran grandes cactus alargados de cuando menos seis géneros diferentes. El más grande de éstos es el **cardon** (*Lemaireocereus weberi*) de tipo candelabro, su **fruto** es comestible y se da en el mes de abril, casi al final de la temporada de secas. Entre los árboles hay arbustos espinosos en el espacio abierto, pero el suelo se encuentra limpio, incluso durante la época de lluvias. Ello se debe a los **rebaños** de ovejas y cabras que pastan a través de los matorrales; estos animales han contribuido a alterar las especies que componen la cubierta de hierba desde su introducción al área, hace alrededor de **400 años**. A pesar de ser poco desarrollados los matorrales espinosos, es vegetación **renacida** (o de segundo crecimiento). En todas partes, se puede hallar cimientos y otro tipo de evidencias de ocupación humana previa, mediante la vegetación más madura, lo cual implica desmonte para **agricultura**.

En el lado occidental del valle, el **travertino** subyacente proporciona un suelo alcalino, el cual se seca más rápidamente que el ubicado al lado oriental del valle. **Aún**, en el flanco oriental, el agua de lluvia **forma** arroyos cerca de la cima, proporcionando al suelo una mayor humedad que la existente a lo largo del lado **oc-**

**cidental** del valle. En este lado, la vegetación de matorral es mucho más abierta y es posible encontrar árboles, como el *Ipomoea* (palo bobo), así como el espinoso Fouquierie *formosa* (palo santo). La presencia de cactus y maguey no es frecuente. A pesar de lo desértico y árido del terreno los campos son barbechados y cultivados gracias a la humedad disponible durante la temporada de lluvias de verano.

### *Adaptación* al medio ambiente

Debido a la presencia de depósitos en diversas cuevas secas situadas en las márgenes del valle de Tehuacán, la historia del cultivo de plantas en esta región es bastante conocida. Todavía, los restos de plantas silvestres nos dan una clave acerca del clima prevaleciente de la zona en otra época. Sin embargo, los niveles más profundos de la cueva de Coxcatlán tuvieron humedad en el pasado y no proporcionaron vestigios de plantas; mientras que los niveles superiores aportaron material abundante. Desafortunadamente, no había fechas de radiocarbono aprovechables para los niveles más antiguos (Johnson y MacNeish 1972), pero la evidencia cultural sitúa la fase Ajuereado entre los años 11000 y 7000 aC. Se supone que la parte "antigua" de esta fase, hasta la zona XXV, es anterior a 7600 aC (en el nivel XXVIII se halló material correspondiente a la fauna extinta del Pleistoceno). Los restos de plantas más antiguos recuperados de la cueva de Coxcatlán provienen del nivel XXVI, constituyendo la evidencia directa más temprana del paleoclima y la vegetación en México. Todas las especies (palma, *Brahea dulcis*, mesquite, *Prosopis juliflora*, dos distintos tipos de pasto), todavía crecen en el área actualmente. En el nivel XXIV, los arqueólogos encontraron un cotiledón de aguacate (*Persea americana*), tuna (*Opuntia* spp), chupandiila (*Cryptocarpa procera*), semilla de pasto (*Setaria macrostachya* y otros) y semilla de amaranto (*Amaranthus* sp.), lo cual acentúa la similitud con el clima del valle.

Mediante los restos de los depósitos hasta el nivel superior, las cantidades cada vez mayores de plantas silvestres y cultivadas proporcionan evidencia adicional de que ningún cambio importante de clima tuvo lugar en el valle de Tehuacán. Las plantas silvestres actuales continúan reflejando la variedad de plantas silvestres utilizables en el valle. Las plantas cultivadas comprenden una sorprendente variedad de hierbas, arbustos y árboles, incluyendo todos

los tipos que hoy en día se cultivan en las áreas con clima similar en México (con excepción de las numerosas especies procedentes del Viejo Mundo). Puede afirmarse que en el área se llevaba a cabo un proceso de selección para lograr mejoras en el maíz, ya que el **maíz** más antiguo, data de aproximadamente 5000 aC, fue sólo un insignificante inicio para su desarrollo posterior, localizado en los niveles superiores (Manglesdorf, MacNeish y Galinat 1967). Las medidas del tamaño de las semillas de fruta (aguacates, chupandilla y cosahuico (*Sideroxylon* cf. *tempisque*)), aseguran la efectividad de la selección como agente modificador del tamaño de la **fruta** en los cultivos de árbol; actividad que debe haber constituido un acto de fe para muchos agricultores. Por ejemplo, el aguacate puede tardar un mínimo de 5 a 7 años para empezar a producir, después de haber plantado la semilla y, posteriormente, necesita vanos años más para que el fruto alcance su tamaño y calidad óptimos. Al suponer que la expectativa de vida humana era, en ese momento, de poco más de 40 años, un agricultor tendría oportunidad de ver, durante su vida adulta, Únicamente 3 o 4 generaciones de semillas de aguacate con frutos. Debido a que en el valle de Tehuacán no se eliminaban las plantas silvestres o de inferior calidad, la probabilidad para la polinización de aguacates selectos, de fruto grande, a través de polen silvestre es superior al 50% durante el periodo inicial de selección, obteniendo resultados lentamente.

A pesar de la enorme curiosidad que debe haber obligado a los pobladores del valle de Tehuacán a efectuar numerosos experimentos con plantas nuevas provenientes de otras áreas de México, estaban obligados a realizar sus cultivos bajo el mismo régimen de lluvias predominante. La única fuente de abastecimiento segura y de importancia para la comunidad de agricultores en el valle de Tehuacán es la afluencia del río Salado, así como de los grandes manantiales a lo largo del lado occidental del valle. Con el inicio del cultivo experimental, puede suponerse que las plantas que requerían abundancia de agua, eran plantadas cerca de las corrientes permanentes.

Entre las plantas que abundan en el valle de Tehuacán, la tuna (*Opuntia* spp.) y el maguey (*Agave* spp.) formaban parte de la **vegetación silvestre** más importante utilizada por los grupos de cazadores-recolectores, ya que los magueyes a menudo presentan pequeños retoños alrededor de su base y la tuna echa raíces rápidamente, éstas pudieron ser de las primeras plantas experimentales cultivadas. Además, es factible que se dieran con éxito lejos de las corrientes de agua y fueran las primeras en cultivarse en México. Su

propagación no implica una selección de **semillas** porque no se lleva a cabo ninguna modificación morfológica a través de las sucesivas generaciones, imposibilitando diferenciar entre fragmentos de plantas recolectadas y fragmentos de plantas cultivadas de tuna y maguey.

Los tehuacanos que no tenían acceso a las corrientes de agua, desarrollaron una forma de modificación ambiental cuyo uso es todavía prominente en el área. Los arroyos y barrancas a lo largo del costado oriental del valle son las zonas mejor **irrigadas** en el valle, con excepción de los arroyos permanentes. El flujo de agua de superficie en éstos es intermitente, por tanto las especies de flora del bosque serían pequeños árboles y arbustos, presentando menor problema de desmonte que los grandes Árboles pertenecientes al bosque virgen, a lo largo de los arroyos permanentes. Es más, algunas de las plantas cultivadas ocupaban, de manera natural, el **hábitat** del arroyo y la barranca, en forma de brotes anuales durante el verano y resultaría, por consiguiente, normal el cultivarlas en el mismo hábitat. Por otra parte, los aguaceros de verano, aunque locales, podían cambiar el arroyo o la barranca en un tormentoso **río** rápidamente, agravando los problemas de erosión. Los agricultores locales aprendieron que el flujo de agua de la temporada de lluvias podía ser controlado por medio de la **construcción** de presas a través del arroyo o barranca, utilizando la inclinación del valle, podían formar una serie de amplias terrazas para el patrón de cultivo en los contornos del valle y ejercer mayor control sobre el flujo de agua. Es difícil fechar este tipo de modificación cuando se le encuentra como ruina. Sin embargo, una de las presas del valle de Zapotitlán, de la cual quedan los extremos a lo largo de una profunda barranca, ha podido ser fechada en el periodo Palo Blanco basándose en el material **cerámico** asociado. La manera, tan sencilla como puede controlarse el agua por medio de una presa, hace pensar en la posibilidad de que ésta haya sido de las primeras modificaciones ambientales **lleçadas** a cabo por los habitantes. Estas presas **sirven** no sólo para asegurar las cosechas anuales de temporada, sino que la costumbre local de plantar magueyes a lo largo de las terrazas, en las márgenes, **servía** para **definir las** mismas, retener el agua y contar con una fuente de abastecimiento de fibra, bebida y alimento; esto contribuyó a un temprano desarrollo.

De acuerdo con el registro arqueológico de las plantas de **Tehuacan**, los habitantes del lugar introdujeron en el área un número de arboles frutales que no sobreviven a la estación de secas sin algún

tipo de riego. Al inicio los árboles pudieron haber sido plantados a lo largo de las **corrientes** de agua permanentes, muy próximos a éstas para que absorbieran la humedad necesaria. Tomando en consideración el número de **cotiledones** de aguacate encontrados durante la fase El Riego, un total de 30, y siendo un árbol nativo de los bosques húmedos de las alturas de la Sierra Madre de Oaxaca; puede afirmarse que, el aguacate fue uno de los primeros árboles **frutales** cultivados con esta modalidad. Sin embargo, los tipos y números de semillas de árboles frutales hallados en niveles posteriores sugieren que los habitantes de Tehuacán estaban desarrollando otras formas de riego. En el nivel **XVI**, durante la fase El Riego, había suficiente ciruela cultivada en las cercanías de la cueva de Coxcatlán como para encontrar 200 semillas en el piso de la cueva. Dos semillas del cosahuico (*Sideroxylon* cf. *tempisque*) se encontraron en el depósito del nivel **XVIII**, y está representado por 11 semillas en el nivel **XII**. Finalmente, el **coyol** (*Acrocomia* mexicana) aparece por vez primera en el depósito de la cueva de Coxcatlán en el nivel **XII**, identificado por cuatro semillas. Este hallazgo está fechado alrededor del 4800 aC a juzgar por las fechas del radiocarbono arriba y abajo de este nivel. La cantidad de semillas de estos tres tipos de frutas indica la existencia de algún tipo de control de agua y riego en el área de la cueva de Coxcatlán, porque no hay fuente de agua o manantial cercano.

Es fácil imaginar la naturaleza de los sistemas de **nego** aprovechando el **copioso** flujo proveniente de los manantiales naturales (véase figura 9). En la actualidad, entre Tehuacán y San Lorenzo, muchos canales de riego cementados persisten como prueba de **rutas** antiguas para agua de riego. El cementado consiste en depósitos naturales de minerales procedentes del agua de manantial, los cuales cubren los costados y el fondo de los canales nuevos. Los canales arriba citados no son recientes, pero, no se tiene ninguna prueba de que sean anteriores a la Conquista; aunque, muchos de ellos se elevan hasta 6 pies por encima de la actual superficie de los campos adyacentes, denotando la cantidad de suelo erosionado desde que estos canales contenían agua de **nego**. Además, la cabecera hidrostática del valle de Tehuacán ha bajado mucho desde la Conquista, por lo que los canales fósiles se encuentran ahora varios metros **amba** del nivel del agua. De hecho, Brunet (1967) ha formulado la hipótesis del descenso del nivel de los manantiales de El Riego, con base en la evidencia de **flujos** en la superficie marcados por depósitos de **travertino** y, sucesivamente, la aparición de **galerías** más nuevas y profundas para conducir el agua hacia los **sis-**



Figura 9. Desembocadura del manantial de San Lorenzo, donde el agua es dirigida hacia un sistema de riego. Este sistema puede haberse originado en una época tan antigua como el Formativo Temprano, aunque resulta difícil fechar los canales de riego.

temas de riego. Este autor sugiere la fecha de 1000 aC para los canales antiguos que partían de El Riego. Esto, por supuesto, supone un ritmo constante de descenso de la cabecera hidrostática del valle de Tehuacán.

Al mismo tiempo, el curso de los sucesos en el valle a partir de la Conquista española proporciona otra interpretación igualmente plausible aunque no puede probarse. Antes de la llegada de los europeos con animales de tiro que jalaban herramientas, la superficie del valle de Tehuacán podía ser cultivada sólo en forma manual. Sin la presencia de animales de pastoreo, la vegetación propia de la temporada de lluvias debe haber cubierto la superficie del suelo casi en su totalidad, excepto donde ya se practicaba el cultivo. Todos los jardines planeados y hechos por los indios, que pueden observarse en la actualidad, tienen una característica en común totalmente distinta a lo europeo. En ellos se encuentran cultivos de especies mixtas (árboles, matorrales y hierbas), los cuales crecen juntos ordenados en forma tal que cada planta (no cada tipo de planta) se desarrolla en condiciones óptimas para la producción de flores y frutos. Por lo general, el área cultivada cuenta con zonas húmedas, otras más secas, sombreadas o soleadas en las que se acomodan las plantas de manera individual, produciendo así un mosaico de vegetación en crecimiento, que cubre toda el área. Así, se asegura la producción máxima, sin tener que desyerbar por medio de otro método más laborioso. Puede suponerse que el patrón de cultivo antes de la Conquista era el mismo. Las áreas cultivadas como las no cultivadas, se hallaban bajo una cubierta vegetal todo el tiempo, con excepción de las semillas recién plantadas (véase figura 10). Aun al desmontar y limpiar el bosque de matorrales para plantar de nuevo, las plantas útiles se dejarían en su lugar y el desmonte se haría sólo hasta el punto en el que un grupo de familias pudiera encargarse de los problemas de trabajo, obteniendo el margen de subsistencia necesario.

Durante este periodo, parte de la comente permanente del valle era desviada a los sistemas de riego. Cada desviación afecta el volumen de agua contenida en el nivel hidrostático natural del valle. El nivel tiende a disminuirse por medio de la evaporación de grandes cantidades de agua en canales de riego de poca profundidad, o en la superficie de los campos de cultivo. Sin embargo, las masas de vegetación localizadas en la superficie del terreno durante la época de lluvias ejerce su influencia sobre la capacidad del suelo para absorber y retener agua (Penman 1963). A su llegada los españoles trajeron consigo rebaños de ovejas y cabras, introdu-



Figura 10. La cañada de Sari Antonio desemboca en el valle de Tehuacán. Aquí, por lo general, se sigue el sistema de terracedo para plantar árboles frutales y flores. En ocasiones, la zona es regada con agua de los guijarros del lecho del río. Nótese que las plantas forman una capa muy espesa y mezclada. Ninguna especie es cultivada en grupos o en hileras.



**ciendo** el pastoreo en este frágil y semidesértico **ecosistema estropeado** la cubierta anual de la superficie antes de que muchas de las hierbas pudieran producir flores y frutos para la estación subsiguiente. Al poco tiempo, el terreno permanecía expuesto a lo largo del **año** y, la hierba era **destruida** por miles de **pezuñas** pequeñas. **Byers** (1967) calcula que, hoy en día, la matanza anual de ovejas y vacas en esta área asciende a 125,000. No puede probarse esta cifra tan alta en los siglos anteriores.

Los **españoles** importaron algo más que el pastoreo. Aportaron al Nuevo Mundo los conceptos de monocultivo en campo desmontado o en terreno limpio "**cleared field agriculture**". Con los métodos indígenas de cultivo, **sólo** se utilizaban herramientas manuales y trabajo humano; sin ser un problema el cultivar alrededor de árboles y matorrales útiles que permanecían en el lugar del área cultivada. **Las** únicas áreas completamente limpias pudieron ser las terrazas **irrigadas**, donde la **construcción** de paredes y el traslado de relleno requerían de la total remoción de la vegetación. El arado europeo no funcionaba donde las raíces formaban obstáculos en el terreno, sin embargo, la idea europea de un campo limpio era donde una sola cosecha se plantaba en hileras. Por consiguiente, con la Conquista se fue limpiando cada vez mayor número de áreas, quedando extensas superficies sin hierba alguna imitando al patrón europeo de cultivo, aumentando **así** la pérdida de agua de lluvia en el valle. El aumento del **escurrimiento** de agua de lluvia siempre ha ocasionado problemas de erosión, los cuales han sido resueltos por los **tehuacanos** por medio de los sembradíos en curva, pero el efecto **final** es el de conservar una menor precipitación por absorción al nivel **hidrostático** del **valle**. Asimismo, con la importación de animales de tiro, se facilitó la apertura de canales de riego y la nivelación de los campos irrigados, reduciendo **más** el nivel natural del agua. Por lo tanto, considero que el descenso del nivel **hidrostático** del valle de Tehuacán no ha sido constante. Con toda **certeza**, los cambios impulsados por los españoles han sido la causa de la disminución del nivel de humedad del terreno. De **ahí**, si **Brunet** hubiera utilizado una escala de **logaritmos** para obtener la edad de los trabajos de **riego** más antiguos en El Riego se hubiera aproximado a la deducción correcta. En mi opinión los canales sencillos de **irrigación** que parten de manantiales permanentes son mucho **más** antiguos de lo que se supone.

Existe la evidencia de tal **afirmación**. A lo **largo** de las **montañas** de la **Sierra** Madre de Oaxaca varias de las barrancas y arroyos se dirigen de las laderas al **valle**. Uno de los más grandes, el arroyo

Lencho Diego, es mantenido por dos corrientes intermitentes. En un punto del arroyo, las paredes de cada lado están formadas por rocas relativamente altas y casi perpendiculares acercándose una a la otra. En este lugar, los habitantes prehistóricos colocaron una serie de presas para retener el agua y poder, de estamanagera, contar con ella en la cantidad necesaria para el riego en la temporada de secas (Woodbury y Neely 1972). En suma, pueden distinguirse cinco diferentes etapas de construcción: las primeras cuatro son estructuras para retención de agua. La estructura final tiene 100 m de ancho, 18 m de altura y abarca los 400 m de anchura del arroyo. Las presas 2, 3 y 4 están **construidas** con relleno de cascajo, celdillas de mampostería internas cubiertas con bloques de piedra (Woodbury y Neely, *loc. cit.*). Dentro de la zona del depósito hay otra estructura tipo presa, que hace arco a través del arroyo desde el extremo oeste de la presa. Esto puede haber sido edificado con el fin de disminuir la presión en la presa principal, ocasionada por inundaciones destructivas y repentinas a lo largo de los arroyos temporales intermitentes; dichas inundaciones pudieron **dañar** la primera y segunda presas del sitio. **Al llenarse** de aluvi6n, la represa se volvió inoperante como fuente de **riego**; sin embargo, el último de los lagos de la presa tenía unos 8 m de profundidad, 400 m de ancho, 700 m de largo y contaba con una superficie de aproximadamente 28 hectáreas, con un volumen aproximado de 2,240,000 metros cúbicos. Los vertederos hacia los canales de riego parecen haber estado cerca del extremo oeste de **la** presa.

El fechamiento de esta prodigiosa estructura se logró **gracias** a los tepalcates hallados en la primera presa —presa original— y con base en restos de plantas extraídas durante la excavación de la cueva Purr6n, en la pared oeste de arroyo Lencho Diego. Una capa de cenizas con tepalcates se encontró aproximadamente a 20 cm del borde de la presa no. 1, contenía tepalcates correspondientes, según la cronología de fechamiento por radiocarbono, en aproximadamente 750 a 600 **aC**. De la cueva **Purr6n** se recuperaron restos de plantas de los niveles "J" hasta "A" (de más temprano a más tardío), lo cual confirma el fechamiento **cerámico** de la presa. En el nivel "H" hay fragmentos de algodón, **zapote** blanco, aguacate y **zapote** negro, plantas perennes que crecen en el área siempre y **cuando** cuenten con agua suficiente durante la estación seca. Los restos de algunas de estas plantas se localizan en los niveles **G**, **F**, **E** y **D**, pero no más arriba. Aunque, en estos mismos niveles, las cantidades de residuos de calabaza, ciruela, **chupandilla**, cosahuico y **coyol** son mucho mayores, disminuyen en **niveles** posteriores.

El "toque final" es el aumento en el tamaño de las semillas de chupandilla (*Cyrtocarpa procera*) alcanzando un índice de 4.08 en la zona B (Smitli 1968). y a partir de la zona G muestra un crecimiento constante en el tamaño. Las únicas semillas de chupandilla de mayores dimensiones recuperadas por el Proyecto Tehuacán provenían de la cueva El Riego, cercana a los manantiales del mismo nombre (donde habrían tenido suficiente agua de riego). En consecuencia, puede afirmarse que la presa ya se encontraba en funcionamiento entre los niveles D y C de la cueva Purrón, fechados por medio del carbono 14 de aproximadamente 200 al 300 dC. En términos de tiempo sideral, la iniciación del riego en Lencho Diego puede estimarse un poco más temprana, i.e. aproximadamente 800-750 aC (Johnson y MacNeish 1972). El área disponible de la presa para irrigación a partir de dicho sistema es de aproximadamente 1.5 km por 4.5 km. Hasta el momento, no se han encontrado los canales de riego en esta área, para saber con exactitud el tamaño del terreno irrigado al mismo tiempo. Sin embargo, el gasto y el trabajo que implicaba la creación de la enorme presa y las estructuras en arroyo Lencho Diego, seguramente no se habrían llevado a cabo si no se obtuviese algún beneficio y, por la misma razón, tampoco se hubieran hecho las adiciones posteriores a la presa si la primera estructura no hubiera resultado favorable.

Durante cerca de 1000 años, existió el control del agua en el valle de Tehuacán mediante una importante presa. Lo anterior es suficiente evidencia de que las fuerzas desatadas por el agua eran perfectamente dominadas por los habitantes del área desde el momento de la construcción de la primera estructura en arroyo Lencho Diego. Este conocimiento básico debe provenir de la experiencia de cientos de años de riego con fundamento en las corrientes permanentes del valle. La información puede haber sido capitalizada en tiempos prehistóricos con el fin de desviar los arroyos temporales para la agricultura durante la época de lluvias, así como la captación de aguas subterráneas en las barrancas; al excavar en los depósitos aluviales, se llenaba la zanja con cascajo y se conducía el agua hacia el canal, a un lado del arroyo. Teniendo así agua para riego, los pobladores del valle de Tehuacán pueden levantar una cosecha durante la temporada de secas exactamente igual a la de lluvias. Las modificaciones ambientales fueron el factor decisivo para el incremento acelerado de la población durante los periodos Clásico y Postclásico en el valle semidesértico.

*Modificaciones ambientales en el área de Nochixtlán*

El valle de Nochixtlán se localiza al sudoeste del valle de Tehuacán y al norte del valle de Oaxaca. El área ocupada es menor a la de otras cuencas o lugares citados en este trabajo; sin embargo, se justifica su inclusión debido a la modificación hecha al medio ambiente. El valle de Nochixtlán es el extremo superior de un sistema de desagüe que yace casi en la división continental (Kirkby 1972) (véase figura 11). Se localiza a una altura de más de 2,100 m sobre el nivel del mar y los riscos circundantes son de aproximadamente 2,500 m. En general, el desagüe principal se dirige hacia el sur.

Se hará una descripción somera —siguiendo los comentarios de M. Kirkby (1972)— sobre la geología del valle de Nochixtlán, puesto que desempeña un papel preponderante en la modificación al medio ambiente de la zona. La formación más importante es de esquistos calcáreos "del rojo al púrpura", denominada yacimientos Rojos de Yanhuatlán. Los yacimientos de Jaltepec posiblemente constituyeron parte de este conglomerado. Estos últimos se extienden hacia el sur y el oriente de la parte principal del valle, mientras que el valle en sí se localiza en los yacimientos de Yanhuatlán. En las cordilleras situadas al noroeste y noreste se encuentran piedras calizas crísticas. Los yacimientos de Yanhuatlán están asociados a formaciones volcánicas andesíticas del terciario y tienen algunas intercalaciones de ignimbritas y toba basáltica.

Los yacimientos de Yanhuatlán son de gran importancia para los habitantes del valle, por la fertilidad de los suelos formados a partir de aquillos. Al estar incrustado el valle en la formación, las laderas y cimas cercanas dependen de la historia de los esquistos calcáreos. Esta roca es suave, desmoronable, y de fácil conformación por las fuerzas naturales. El ángulo natural de reposo de las laderas de los yacimientos de Yanhuatlán es de 50 a 60 grados, pero el índice de erosión de los yacimientos rojos resulta en hondonadas largas. Kirkby lo ha señalado, inclusive las hondonadas tienen partes de erosión. Por el alto contenido calcáreo de la formación, el suelo se constituyó bajo condiciones de bosque primario, produciendo un horizonte "A" rico en materia orgánica, un espeso horizonte "B", probablemente gris, unido al horizonte "C" por una ancha capa calcárea acumulada. A este material con frecuencia se le denomina caliche en otras partes de México y en el suroeste de los Estados Unidos. Mientras que la cubierta boscosa permaneció intacta, la capa de calcreto se mantuvo suave y permeable. La subse-

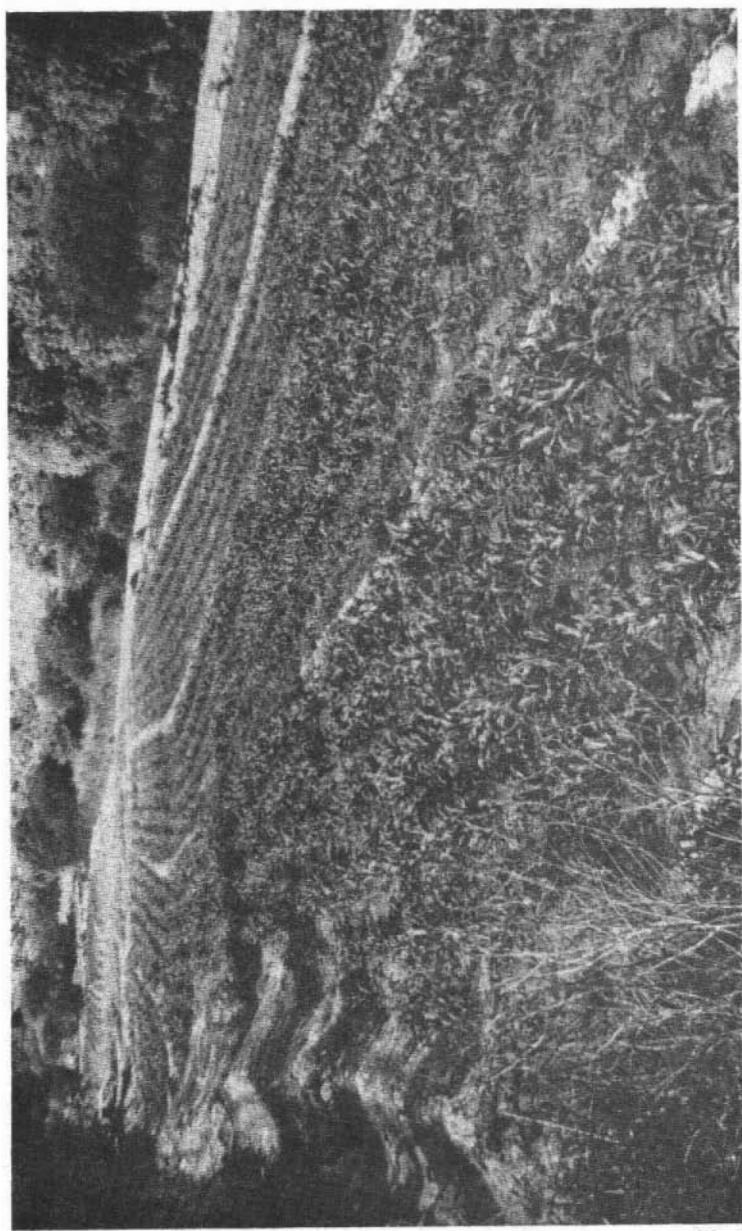


Figura 11. El maíz se siembra en las terrazas irrigadas, en donde no es posible nivelar las laderas de las colinas para formar un campo o terreno bien regado. Por lo general, la tierra de la terraza es preparada inicialmente para sembrar, pero se le inunda y sólo se le proporciona agua adicional unas tres o cuatro veces, en caso de que las lluvias no hayan sido suficientes.

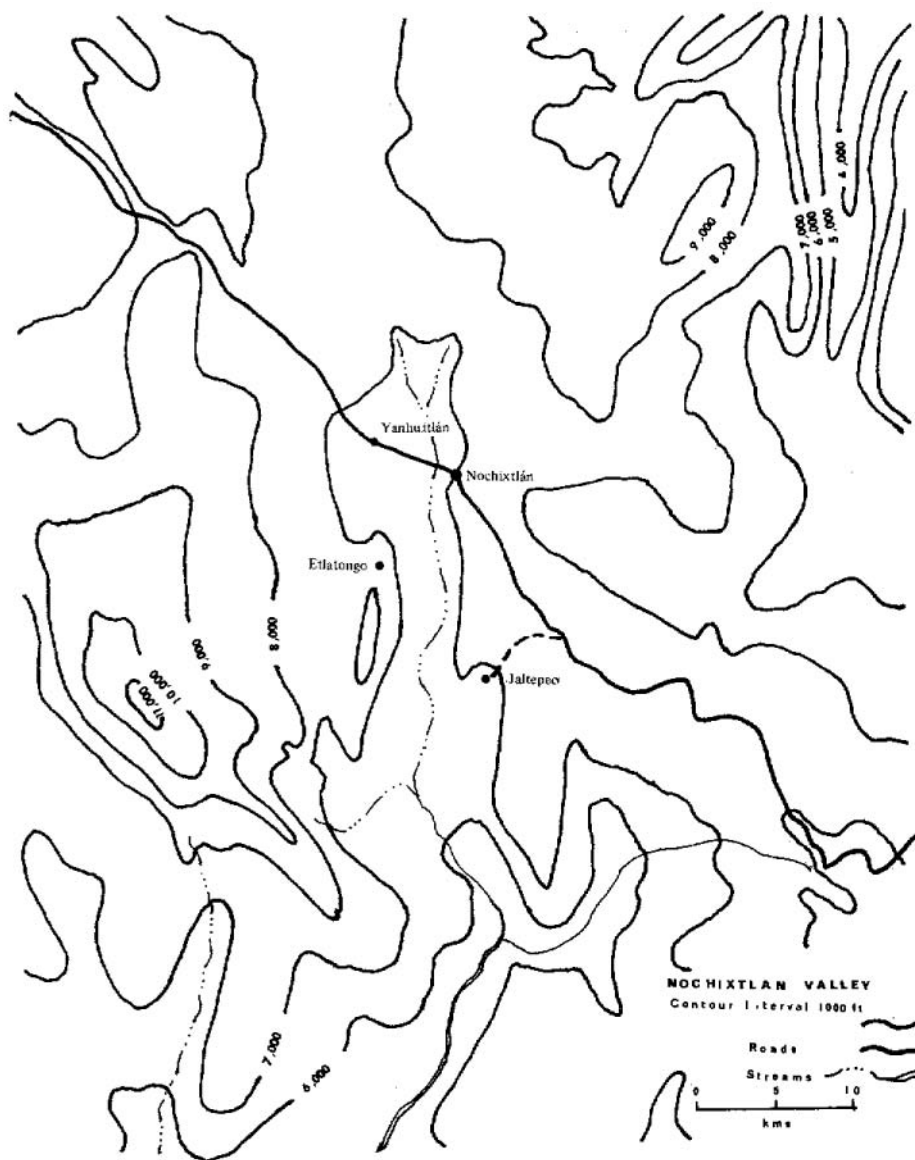


Figura 11A. El valle de Nochixtlán, Oaxaca. Toda el área delineada en el mapa corresponde a la suave formación de piedra calcárea conocida como los yacimientos Rojos de Yanhuitlán, para después dividirse, formando uno de los mejores terrenos para la agricultura en México.

cuenta remoción de esta cubierta para cultivo o para combustible inició un ciclo de erosión, provocando la rápida desaparición de las capas superiores del suelo y expuso el calcreto. Así, se originó el proceso de endurecimiento del calcreto, provocando la formación de una roca calcárea suave, impermeable a la rápida filtración e inadecuada para vanas especies de plantas. Dicha área queda, entonces, no apta para la agricultura y con escasa vegetación.

### *El clima en el valle de Nochixtlán*

Los registros de clima para esta área son bastante escasos y recientes (Bol. Hidrolog. y Bol. Hidromet). La temperatura media anual varía de 15.5°C a 17°C con base en el corto periodo registrado. Como el valle se encuentra a una gran elevación, presenta con regularidad heladas en las alturas circundantes; aunado a las masas de aire frío que azotan las laderas, puede formar bolsas de escarcha en el suelo del valle. La Estación Meteorológica de Nochixtlán ha registrado temperaturas de -8°C. Las heladas son frecuentes durante los meses de diciembre, enero o febrero debido a la gran elevación, pese a su ubicación en la zona tropical. Sin embargo, casi todos los años, la estación de lluvias es un periodo durante el cual no se presentan heladas, permitiendo así el crecimiento de las cosechas de maíz y frijol no sólo en el valle, sino también en las laderas, a alturas de hasta 2,600 m. Esto es posible debido a la cantidad creciente y cada vez más temprana de lluvia a mayor altitud.

El patrón de precipitación en el valle de Nochixtlán está condicionado por las grandes cordilleras que se extienden hacia el norte y oriente del área. Es decir, el valle de Nochixtlán se encuentra bajo la amenaza de lluvia proveniente de las altas montañas hacia el noroeste. Durante años, la Comisión del Papaloapan ha elaborado mapas de isoyetas por medio de sus múltiples observaciones en Nochixtlán. Estos mapas muestran líneas paralelas de isoyetas a lo largo del frente de la montaña del lado este del área y un lazo cierra al valle dentro de una isoyeta de 600 a 900 mm. La precipitación media anual registrada para Nochixtlán tiene un promedio de entre 400 a 500 mm; los puntos culminantes se dan en junio y en el mes de septiembre. Como sucede en otras áreas del sur de México, estos puntos cumbres de precipitación pueden verse influenciados por tormentas tropicales que pasen cerca de los océanos Pacífico o Atlántico. Al aumentar la elevación, el patrón de precipitación muestra un inicio más temprano de la época de lluvias

y mayor promedio de precipitación pluvial anual. Por ejemplo, a 2,600 metros, la estación de lluvias principia en marzo y el promedio anual de precipitación es superior a 1,000 mm. Así, la siembra del maíz puede efectuarse en fechas más tempranas a mayor elevación, con variedades que requieren temporadas de crecimiento más cortas para asegurar la cosecha, aunque, por lo general el maíz no puede sembrarse sino hasta el mes de junio.

### *La vegetación en el valle de Nochixtlán*

Como ya se ha explicado en una publicación anterior (Smith 1976), no es posible realizar observaciones directas sobre la vegetación del valle de Nochixtlán, porque fue removida antes de haber registrado las observaciones. Sin embargo, la comparación entre otras zonas de México localizadas a una altitud similar y con patrones de clima semejantes, indican que el valle de Nochixtlán estuvo originalmente cubierto por un bosque de pinos. Aún en el fondo del valle, la lluvia es suficiente para mantener una cubierta boscosa, tomando en consideración la riqueza del suelo, proveniente de los yacimientos Rojos de Yanhuatlán y las características de retención de agua. A lo largo de los arroyos que corren permanentemente en el fondo del valle, pudo favorecerse la formación de una barrera de sauces y alisos, junto con bosques méricos más alejados de la comente en sí. En las elevaciones con mejor **desagüe**, probablemente, predominaba el pino y en las salientes rocosas con suelo escaso debe haberse desarrollado vegetación más xerofítica, con palo bobo (*Ipomoea* sp.), tuna (*Opuntia* spp.), huisache (*Acacia* sp.), junípero y otras especies, las cuales han invadido las áreas yermas. Es poco factible que las especies xerofíticas hayan ocupado **gran** parte del área de Nochixtlán antes de remover la cubierta boscosa original.

Es menester recordar que bajo la cubierta original, las cualidades de absorción de los suelos boscosos habrían atenuado los **efectos** de las lluvias estacionales, por tanto los suelos debieron tener niveles hidrostáticos más altos y permanecer húmedos durante mayor tiempo, al iniciarse la temporada de secas. Asimismo, el flujo de las corrientes debió ser atenuado por la amplia **absorción** de lluvia.

Actualmente, la mayor parte del fondo del valle y las laderas inferiores están abiertas a la agricultura, o bien el suelo está cubierto por una delgada capa de vegetación de segundo crecimiento, entre



los que se incluyen el árbol denominado "gloria matutina", árboles leguminosos espinosos, tunas y diversas especies de hierbas. En las laderas donde la agricultura no es practicable, los árboles de segundo crecimiento son más grandes y hay guaje **cimarrón** (*Calliandra* sp.), xunu ina (*Cercocarpus pringlei*) y, en ocasiones, el guaje (*Leucaena esculenta*). Este último puede haber sobrevivido de una siembra anterior. Muchas de las cimas tienen ahora una cubierta de caliche, debido a la erosión del suelo hasta dejar al descubierto el calcreto. La vegetación de segundo crecimiento en las áreas mencionadas con frecuencia incluía juníperos (*Juniperus flaccida*), manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y varias Labiateae (*Satureja mexicana*, *Salvia thymoides*, etcétera): existe bastante espacio entre una y otra, de manera que sobresale la superficie rocosa entre las plantas. Los setos entre los campos y alrededor de los conjuntos de casas-habitación suelen incluir *Lantana involucrata*, *Salvia semistrata*, *Agave ferox* (del cual se obtiene el pulque), *Croton gracilis* (canelilla) y *Condalia mexicana* (espino yunoyoco).

### *Modificación ambiental*

Los primeros agricultores del valle de Nochixtlán eran afortunados porque podían explotar un suelo apto para el cultivo. Probablemente el primer desmonte para cultivo se efectuó en el fondo del valle (con base en la ubicación de conjuntos habitacionales del Formativo Temprano) donde el suelo había recibido los beneficios del clima durante miles de años, como consecuencia de los yacimientos de Yanhuítlán. La apertura del bosque virgen pudo llevarse a cabo en gran parte, rodeando los grandes árboles y dejando extender sus raíces, mientras tanto las plantas para ser cultivadas eran sembradas alrededor de los troncos, siguiendo el patrón que, a juicio del agricultor, era el más benéfico. A partir de la primera tala, con excepción de las ramas muertas y caídas, el conseguir madera lo suficientemente **pequeña** para ser utilizada como combustible se convirtió en un problema; éste se superó mediante el uso de las ramas caídas de los árboles que eran "cinchados" para que se pudrieran. La agricultura temprana en la zona boscosa alta se llevaba a cabo de acuerdo con la técnica de roza, tumba y quema; el agricultor preparaba otros terrenos de siembra cuando los nuevos brotes eran ya demasiado vigorosos y competitivos en el área cultivada. Esta técnica propició la creación de extensas áreas de segundo crecimiento, las cuales —en ocasiones— eran utilizadas

nuevamente; sin embargo, este sistema resultó favorable como se evidencia en los sitios arqueológicos, indicando el crecimiento demográfico.

Al crecer la población se incrementaba también la demanda de alimento y combustible, por lo que la tala de bosques se amplió hacia las laderas, abriendo una verdadera caja de **Pandora**. Las laderas de los yacimientos de Yanhuítlán son sumamente vulnerables a la erosión y la última vez que fueron cultivadas, se desencadenaron una serie de sucesos perjudiciales. Al mismo tiempo, la presión debe haber sido fuerte como para reiniciar el uso del fondo del valle, plantando un segundo brote mediante técnicas más completas de roza y quema, de manera que los retoños (brotes de viejas raíces) fueron eliminados; aunque, se exponían las tierras del fondo del valle a la erosión. La explosión demográfica se incrementó aún más en las generaciones subsiguientes, impulsando el cultivo en las laderas; sin embargo, los habitantes del valle descubrieron un medio de hacer frente a los problemas de desmoronamiento y susceptibilidad a la erosión presentes en los yacimientos de **Yanhuítlán**.

Al erosionarse las laderas, los habitantes del valle iniciaron el sistema de terraceo. La construcción de terrazas disminuyó los declives de erosión de 50 a 60 grados convirtiéndolos en no más de 30 grados. situados en las laderas (Kirkby 1972) (véase figura 12). La sucesiva apertura y desmonte de las laderas sobre las terrazas precipitaba más tierra roja hacia éstas, no obstante, se empleaba el terraceo para controlar la erosión. Durante la estación de lluvias se depositaba una capa de tierra en las terrazas, proveniente de las laderas, como señala Kirkby: "una sensata combinación de agricultura en la cima de las montañas, sin que fuese necesario hacer **zurcos** cerca de la base de las colinas, conducirfa —de manera ideal— a un sistema de terraceo construido con un **sustrato** de tierra roja y, en la superficie, una gran capa de materia orgánica negra". Pero no siempre fue posible controlar el sistema y resolver la dificultad fundamental: la presencia de grandes extensiones de **caliche** expuestos en las cimas, las cuales no son susceptibles a la erosión y, por lo tanto, no son adecuados para el cultivo (véase figura 13). Asimismo, las corrientes que bajaban por las laderas presentaban serios problemas debido a la concentración mayor de agua, aumentando la destrucción de los yacimientos de Yanhuítlán en dicha área (véase figura 14). Este problema se solucionó estableciendo terrazas en forma de escalera cuyo cauce iba de la corriente colina abajo hacia el valle.

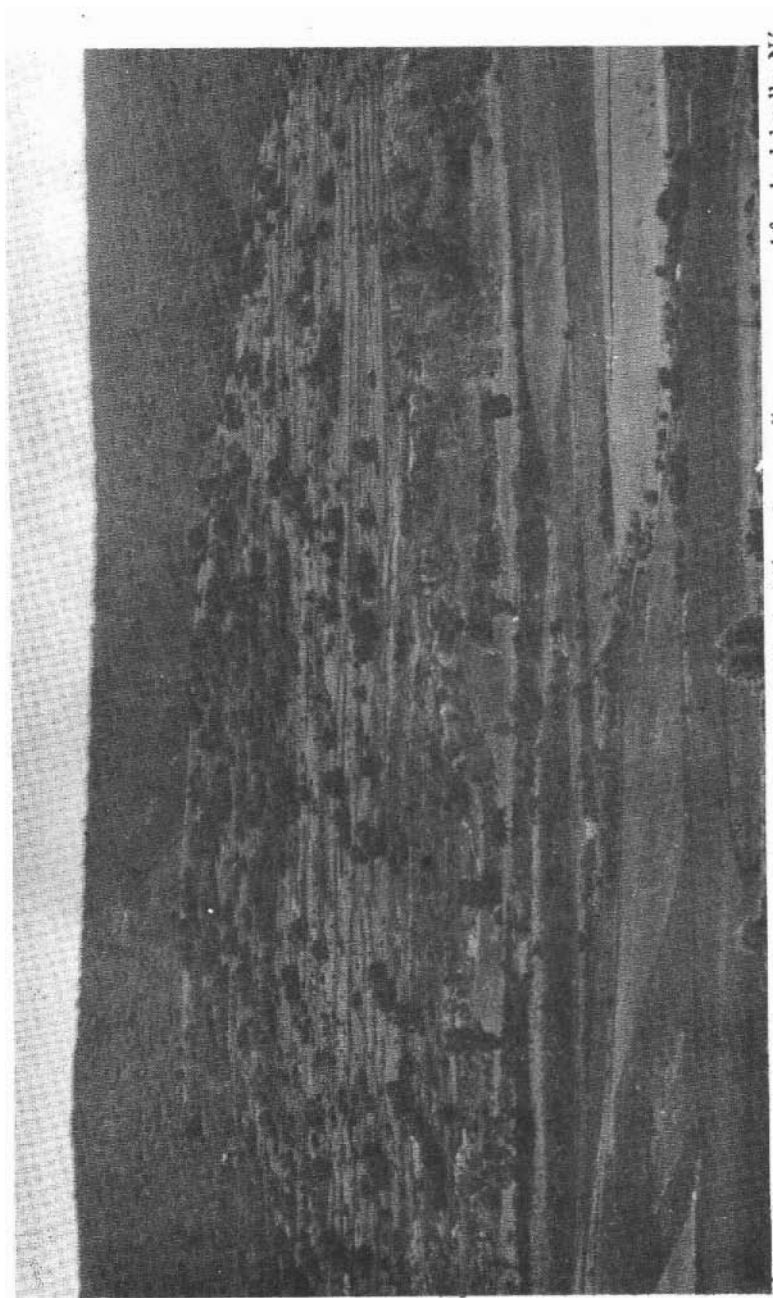


Figura 12. Terrazas abandonadas en los yacimientos Rojos de Yanhuitlán sobre amplios campos, en el fondo del valle. Nótese la vegetación oscura en la lejana colina donde la erosión ocasionada por el desagüe ha formado hondonadas. Está abandonada por la migración de la población a las zonas urbanas.

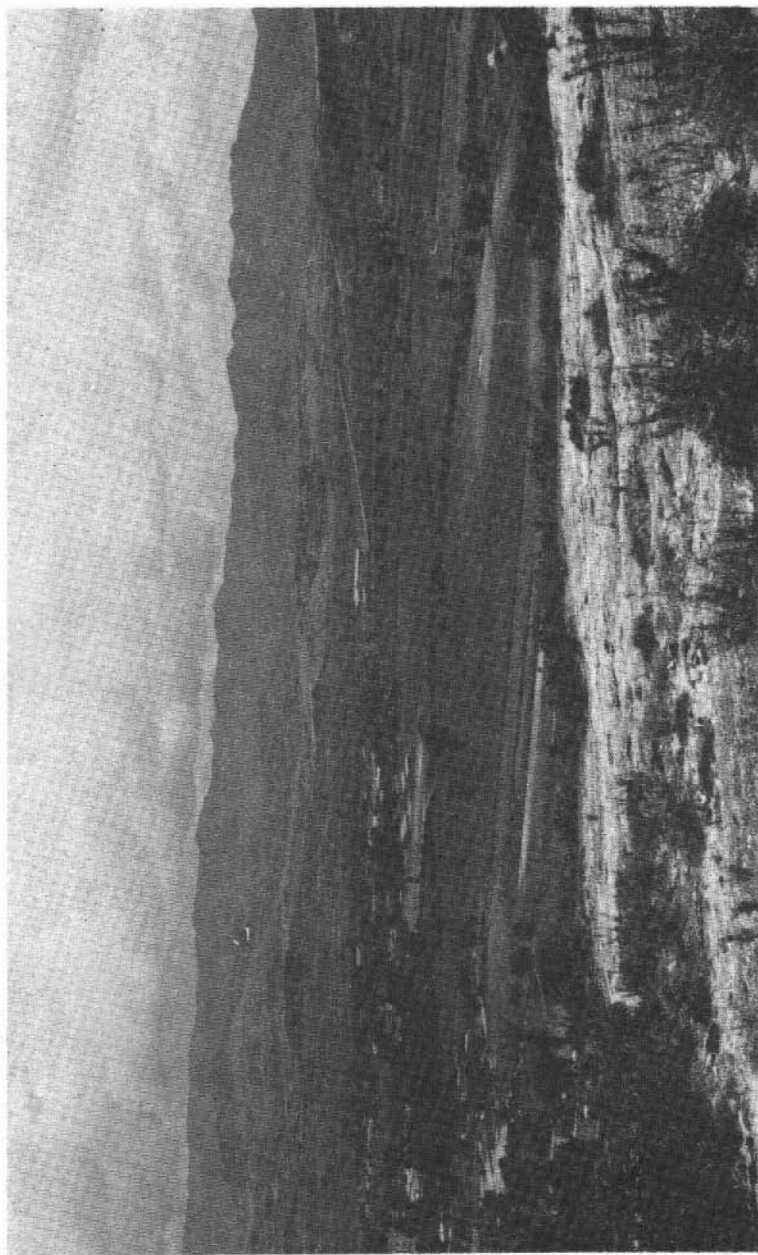


figura 13. Vista hacia el norte a través del valle, desde las colinas sobre Nochixtlán. En primer plano, los yacimientos Rोजos de Yanhuitlán han sufrido una gran erosión dejando al descubierto la superficie de tepetate; sin embargo, ladera abajo se encuentran los campos y terrazas cultivadas.

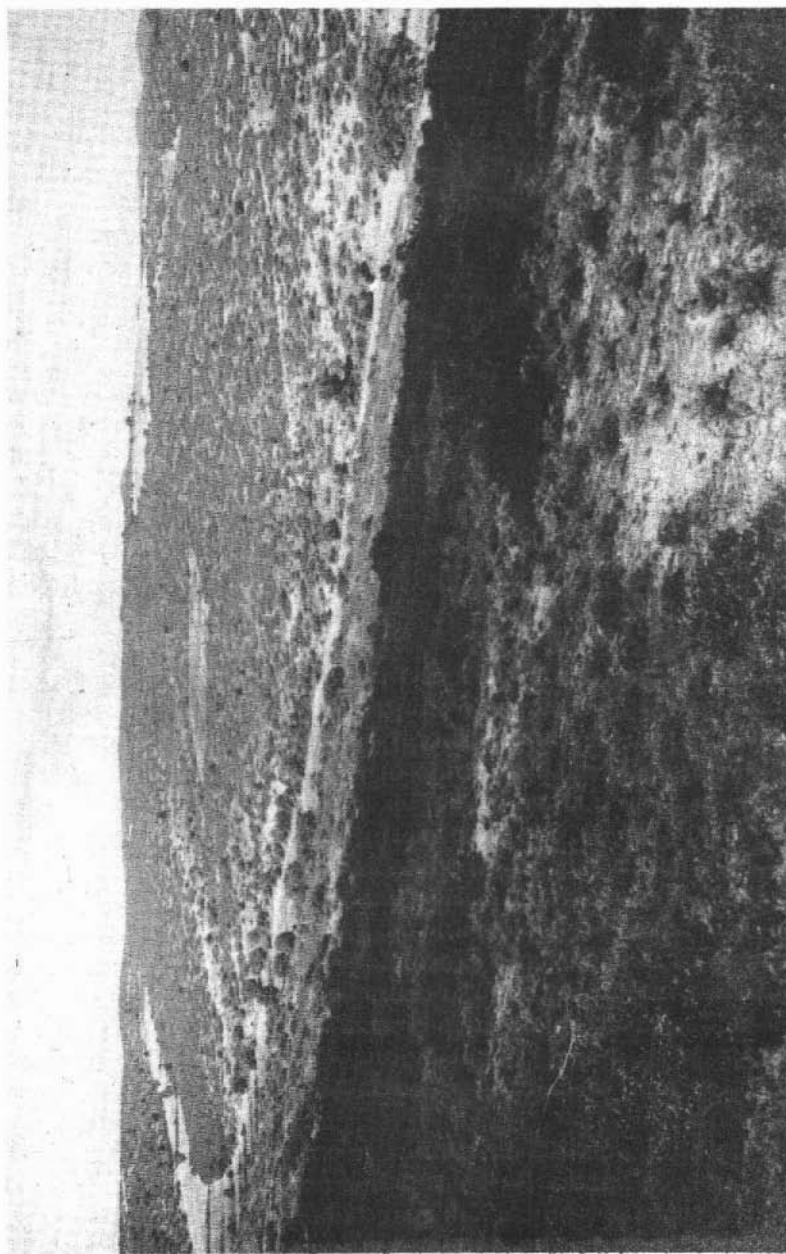


Figura 14. Un arroyo que llega al valle ha sido terraceado para la agricultura, el suelo que va erosionándose gradualmente es dirigido al valle.

La **finalidad** del sistema de erosión y terraceo es la de poder contar con tierra fresca y fértil en el fondo del valle. Puede observarse la acumulación de muchos metros de tierra en el fondo del valle, desde tiempos prehistóricos hasta la época actual. Es difícil aseverar si los agricultores del Clásico erosionaron a propósito los ricos yacimientos de Yanhuitlán para beneficio de la numerosa población que habitaba el valle. Seguramente el bosque primario que aún quedaba, desapareció debido a la necesidad de combustible para la elaboración del yeso o estuco destinado a los numerosos centros ceremoniales; se empleaba para encender fuego, para la cocción de la cerámica, en el hogar, o bien con el simple fin de desmontar el terreno a cultivar. Esta presión continuó a través del Postclásico hasta la Conquista española.

La introducción de enfermedades del Viejo Mundo en tiempos de la Conquista diezmo la población de México y probablemente parte del área templada de América del Norte, aunque no se tiene un registro exacto de esto **último**. Con la pérdida masiva de población, ya no fue posible mantener el terraceo y cultivar toda la tierra donde se habían abierto **zurcos**. Además, con el uso del arado en la agricultura, el hombre se vio obligado a limpiar terrenos más grandes para que los animales de tiro pudieran trabajar de forma eficaz. **Así**, el abandono del sistema de terraceo y la erosión deben haber empobrecido los yacimientos de Yanhuitlán durante este periodo. En el valle de Nochixtlán la erosión a gran escala ha dado como resultado el depósito de una gruesa capa de aluvión en el fondo del valle, donde el cultivo puede efectuarse de manera intensiva. De hecho, esta gruesa capa de aluvión ha hundido el terreno original del valle, lo mismo ha sucedido en **aquellos** sitios arqueológicos cuya elevación no les ha permitido sobresalir de la capa de **aluvión**.

Con el crecimiento demográfico en México durante el siglo XIX, el valle de Nochixtlán volvió a ser poblado, fomentando así la apertura de más terrenos al cultivo. El terraceo prehistórico fue reiniciado y se construyeron nuevas terrazas, entre ellas, del tipo *lama bordo* y *concha* empiezan a desgajarse y a derramar su contenido en el valle. La evidencia acerca de la efectividad del terraceo para controlar la erosión destructiva de los yacimientos de **Yanhuitlán** y sus cualidades excelentes como tierra de cultivo, resulta difícil creer que este no sea un sistema de erosión intencional; iniciado en el Preclásico con el fin de ampliar el potencial agrícola del valle de **Nochixtlán** y alimentar a la población creciente. No existe en México y Mesoamérica otra área con esta formación geológica.

Es única en su género; asimismo, en Norteamérica tampoco se ha construido un sistema de terraceo tan extenso.

### *Modificaciones ambientales en el valle de Oaxaca*

Hacia el sur de Nochixtlán yace el único valle ribereño del sur de México. El valle de Oaxaca tiene la forma de un "huesito de la suerte": es irrigado por el río Atoyac, que corre de norte a sur (véase figura 15). La base de este "huesito de la suerte", hacia el norte, es el ramal formado por el valle de ETLA, mientras en el sureste, la zona de Tlacolula es irrigada por el río Salado, tributario del Atoyac. Finalmente, el otro ramal largo del "huesito", el área de Zaachila, está conformada por el cauce bajo del río Atoyac, así como del brazo más ancho y bajo del valle. Este valle se encuentra a una altura aproximada de 1,550 m. Un pequeño y resistente borde localizado a la entrada de la cañada de Ayoquesw ha evitado la reducción del cauce normal del río Atoyac, permitiendo, de esta manera, la ampliación del valle en el área de poca profundidad. Esta conformación es totalmente opuesta a la del valle de Tehuacán, el cual es el típico valle montañoso en forma de "V"; tampoco hay similitud con el de Nochixtlán, que tiene tan sólo una pequeña pendiente cerca del límite superior del desagüe.

El valle de Oaxaca está limitado, al este, por las confusas masas montañosas de la Sierra Madre del Sur, que en esta parte de México tiene todavía la dirección noroeste-sureste. Hacia el norte, la Mixteca Alta y el valle de Nochixtlán, forman una escarpada cordillera menos elevada que la existente en las montañas al este; hacia el oeste, otro grupo de elevaciones se disipan gradualmente hacia la Mixteca Baja y la costa del Pacífico.

Las formaciones rocosas de las montañas circundantes son una combinación de roca metamórfica (puede predominar el gneiss como componente de la base), piedra caliza cretácea e ignimbrita del Mioceno (toba), constituyendo parte del aluvión. Para el arqueólogo, las formaciones de ignimbrita localizadas en las paredes del ramal de Tlacolula, cerca de Mitla, son particularmente importantes, ya que en esta roca suave se encuentran numerosos albergues, algunos de los cuales fueron habitados por el hombre en fechas tempranas. Las rocas más duras de las laderas del valle han contribuido a la formación de la grava ubicada en el piamonte.

Además de los ríos principales, algunos arroyos de afluencia permanente penetran en el valle, procedentes de las montañas si-

ANALES DE ANTROPOLOGIA

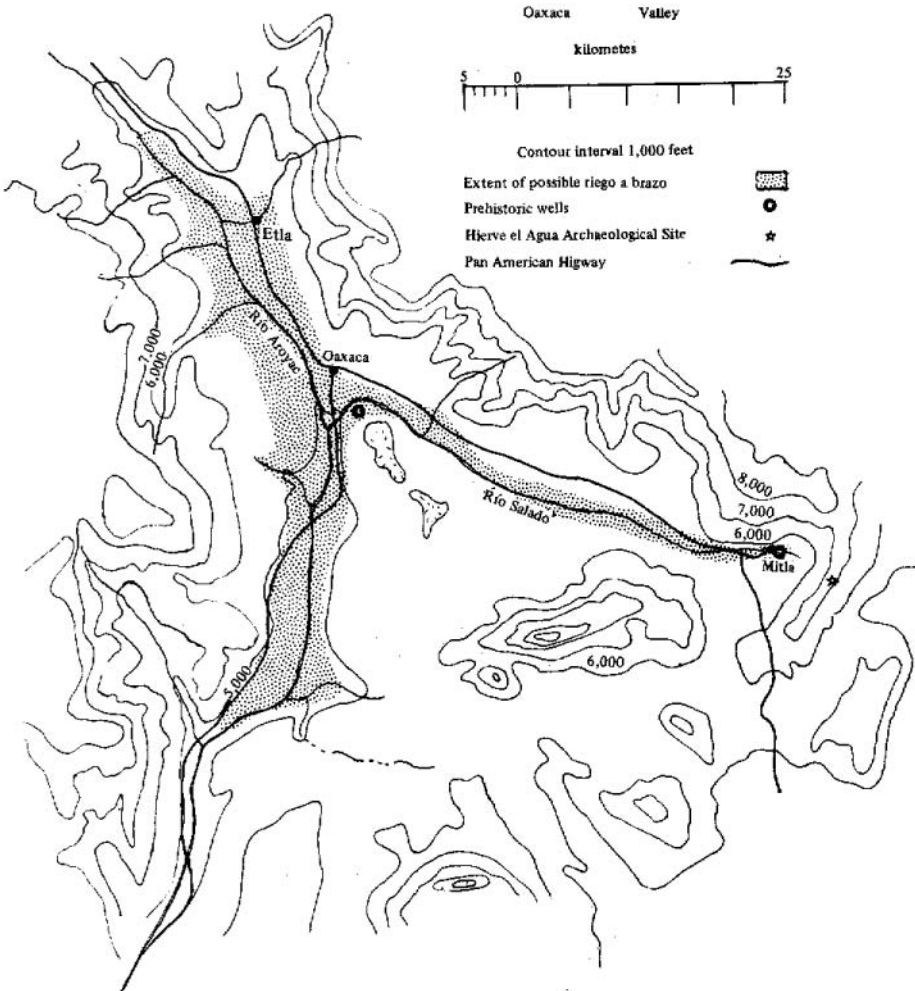


Figura 15. Valle de Oaxaca. El fondo del extenso valle aluvial (área punteada) donde en la actualidad hay muchos sembradíos, pudo ser el área donde se practicó el *riego a brazo*. Hay grandes bombas que funcionan w n motores eléctricos o de gasolina actualmente; sin embargo, los pozos del *riego a brazo* casi nunca se ven.



tuadas al noreste, y algunos otros vienen de los montes del oeste. Como se mencionará más tarde, la humedad efectiva en el valle de Oaxaca es limitada y los arroyos han sido una fuente de agua de riego para cultivar al pie de las colinas y en la orilla superior del alto aluvión.

### *Clima del valle de Oaxaca*

El valle de Oaxaca es otro de los valles semisecos de México, ubicado en el sur de la República y con un complejo patrón meteorológico condicionado por las cordilleras circundantes y los vientos alisios que soplan predominantemente en **una** sola dirección. Mientras los vientos alisios provenientes del Caribe o del golfo de México, soplan tierra adentro, chocan con las altas cordilleras que conforman la Sierra Madre del Sur, y van perdiendo su humedad adiabáticamente antes de llegar al valle de Oaxaca. En el valle la estación de lluvias se presenta, a *grosso modo*, de mayo a septiembre, cuando los vientos alisios son más activos en esta latitud. La precipitación pluvial en Oaxaca de Juarez varía de 420 mm a 896 mm; esta ciudad se localiza cerca de la parte central del **valle**, donde los dos ramales del "huesito de la suerte" se juntan con la base. Otra estación meteorológica, ubicada en Tlacolula, registra una precipitación anual media de entre **382** mm y 840 mm a través de un periodo largo. Así, aunque Tlacolula se localiza a mayor altitud que Oaxaca (por 100 m), la precipitación pluvial es considerablemente menor; la diferencia es de unos cuantos **milímetros** pero importante en un área donde la lluvia es escasa.

Por otra parte, la temperatura en el **valle rara** vez desciende al punto de congelación en los lados norte y oeste, pero la creciente elevación hacia el ramal oriental aumenta el peligro de que ocurran heladas (**Tlacolula** ha registrado temperaturas tan bajas como -8.5 grados centígrados). Esta situación constituye una limitante para la temporada de cultivos en dicha zona del valle, independientemente de las lluvias. **Aun** cuando se dispone de agua para **riego** en los meses de diciembre y enero, las cosechas de frijol y maíz pueden ser afectadas por las heladas en el área de Tlacolula-Mitla-Matatlán. **El** mismo peligro existe para los agricultores cuyas parcelas se hallan en la parte alta de las colinas que rodean el valle.

*Vegetación del valle de Oaxaca*

El valle de Oaxaca es típico, al grado de que la cubierta actual de vegetación proporciona escasa información acerca de cómo pudo ser la vegetación original del área. El fondo del valle ha sido desmontado durante miles de años, aunque el bosque secundario está presente en algunas partes (en los años sesenta únicamente se pudo observar una área muy pequeña en donde persistía el bosque secundario). Sin embargo, con toda seguridad se afirma que la vegetación consistente en especies madereras (árboles principalmente) ha sido talada en innumerables ocasiones para la obtención de material estructural, elaboración de herramientas y empleada como combustible por la población, alcanzando su máximo uso en tiempos prehistóricos a juzgar por los centros ceremoniales del Clásico y Postclásico. Sin embargo, la vegetación puede reconstruirse al comparar los restos de vegetación hallados en otras partes de México, donde la presión demográfica no ha sido tan grande; así como en otras partes de la América tropical, donde prevalecen condiciones similares.

Reconstruir la vegetación original del amplio fondo del valle es fácil; aunque se encontrase a menor altitud antes de que la vegetación original fuese removida, las mismas condiciones habrían prevalecido: la constante afluencia del río Atoyac, en donde se contaba con grandes diques tras los cuales se hallaban vastas planicies aluviales elevadas gradualmente hacia el piamonte, a los lados. En este terreno, el nivel hidrostático está justo bajo el nivel del suelo cercano al río, quedando al alcance de las raíces de los árboles. En condiciones predominantes de perfiles de suelos donde se podían hallar, durante cientos de siglos los horizontes "A" profusos en materia orgánica y con espesos bosques para absorber y retener la precipitación pluvial anual, el fondo del valle debió ser un hábitat húmedo. En las riberas donde la fuerza de la creciente del río Atoyac podía afectar a la vegetación, deben haber sobresalido los sauces y los alisos. Sin embargo, alejado de la ribera y protegido por las hojas, un bosque tropical de perpetuo verdor pudo haber cubierto el valle. Las numerosas variedades incluían abundantes *Ficuq* Lauráceas, como, *Persea americana*, *Ocotea* spp., *Nectandra* spp. y *Litsea* spp, algunas anonas, incluyendo *Anona purpurea* que crece actualmente a lo largo de la parte alta de los cauces de los ríos, a los costados del valle, y gran variedad de árboles tropicales que prefieren los habitats frescos, del tipo méxico. El bosque primario debió consistir en árboles de metro y medio de

DBH y más de 30 metros de altura, separados con intervalos de 10 a 20 metros entre si, en todas direcciones. Las copas de los árboles deben haber formado una especie de bóveda muy cerrada, permitiendo la penetración de poca luz al interior, cubierto por hierbas y helechos. La zona del bosque correspondiente a esta bóveda de ramajes, permitía la proliferación de orquídeas epifíticas, *peperomias* y parras en los troncos de los árboles. Sin duda, numerosas *lianas* colgaban de las copas de los árboles. Sin embargo, todo ello ya no existe porque la tala de los bosques ha alterado el *habitat*.

Más allá de la llanura cercana al río, el nivel hidrostático debe haber sido —y continúa siendo— *inaccesible* para muchas plantas, *hábitat* propicio para el crecimiento del mezquite (*Prosopis juliflora*). Antes de ser modificado el valle por el hombre, debió estar rodeado por una franja de vegetación tipo mezquital, representada por una sección pequeña, ya muy alterada, en la parte de *Tlacolula*, cercana a Mitla. El área *aluvial* superior, próxima al nivel hidrostático, que puede ser alcanzado por el mezquite, tiene una vegetación con bosque de matorrales espinosos, gran número de árboles leguminosos predominando los cactus columnarios (*Le Maireocereus* y *Myrtillocactus*) y los nopales (*Opuntia* spp.). Esta vegetación de múltiples especies, continúa a lo largo de los *costados* del valle, aproximadamente unos 1,700 m hacia el *piamonte*. **Aun** cuando esta vegetación *sernidesértica* persiste en muchas partes del valle de Oaxaca y su extensión es probablemente mayor que durante los periodos Clásico y Postclásico, sigue existiendo una vegetación distinta a la que encontraron los primeros agricultores. Con frecuencia, los frutos comestibles del bosque de matorrales espinosos son cosechados para obtener *semillas* y brotes nuevos, se ocupa también en el pastoreo de ovejas y cabras; la madera es *usada* como combustible y con ella se elaboran estructuras, *asas* o *agarraderas*, etcétera. Lo anterior explica el porque estas actividades humanas modificaron el aspecto del bosque y la composición de las especies propias del área.

En el extremo superior del bosque de matorrales espinosos empiezan a aparecer *encinos*, *madroño* y *membrillo* (*Amelanchier denticulata*), delimitando la orilla *inferior* del bosque *montañoso* de encino y pino. En esta zona de mayor altitud, la precipitación *pluvial* aumenta y la duración de la temporada de lluvias es más larga. Por el momento, no existen registros meteorológicos para esta área. Sin embargo, la vegetación adquiere el aspecto de bosque de encino y pino que puede observarse en los sitios de mayor altitud en el sur de México. Los antiguos habitantes del valle de Oaxaca

explotaron la zona para obtener **bellotas** y **semillas** de piñón (**macrorestos** arqueobotánicos hallados en la cueva de **Guila Naquitz**), y carbón, dando como resultado numerosos cambios de vegetación. A pesar de una acuciosa búsqueda, no fue posible establecer la presencia, en la actualidad, del pino que produce el **piñón** en las laderas del valle, ni se recuerda su uso.

### *Adaptaciones al medio ambiente en el valle de Oaxaca*

Con la tala de los bosques y el cultivo del aluvión a lo largo del río **Atoyac**, fue posible la siembra de plantas comestibles, durante la estación de lluvias en el verano y en la época de secas, siempre y cuando la superficie del terreno estuviese cerca del nivel **hidrostático** (véase figura 16). De hecho, en las primeras etapas de cultivo a lo largo del río **Atoyac**, antes de que el suelo del valle se viera invadido por la erosión de las laderas, muchas de las riberas debieron ser demasiado pantanosas para cultivarse durante la temporada de lluvias; sin embargo eran susceptibles al cultivo cuando descendía el nivel hidrostático, **en la** época de secas. La razón para cultivar los terrenos situados a mayor distancia del río, fue en un principio, la migración normal en busca de terrenos que no estuviesen agotados y, posteriormente, la competencia entablada por terrenos cultivables —esto **Wtimo** debido a la explosión demográfica—; el sistema de cosechas se redujo a una al año durante la estación de lluvias. Asimismo, los habitantes de la parte del valle correspondiente a **Mitla** debieron adoptar un sistema de cosechas anuales en la época de lluvias.

Con la total ocupación de los terrenos de aluvión situados a lo largo del río **Atoyac**, la población en constante crecimiento obligada a desplazarse colina arriba, hacia el aluvión superior y el **piamonte**, y considerando que la cantidad de alimento requerido por los habitantes del valle no excediera la producción durante la estación de lluvias, probablemente no haya surgido la necesidad de adoptar medidas extraordinarias. Sin embargo, la apertura de tierras cultivables en las laderas precipitó la erosión, aumentando la profundidad del relleno a lo largo del río, con el consecuente surgimiento de un espacio por encima del nivel hidrostático. En la actualidad resulta difícil saber cuán rápido ocurrió este cambio, **así** como la extensión alcanzada por las modificaciones de terrenos durante las etapas iniciales. Sin embargo, todo ello demostró claramente la **re-**lación entre la profundidad de la tierra sobre el nivel hidrostático

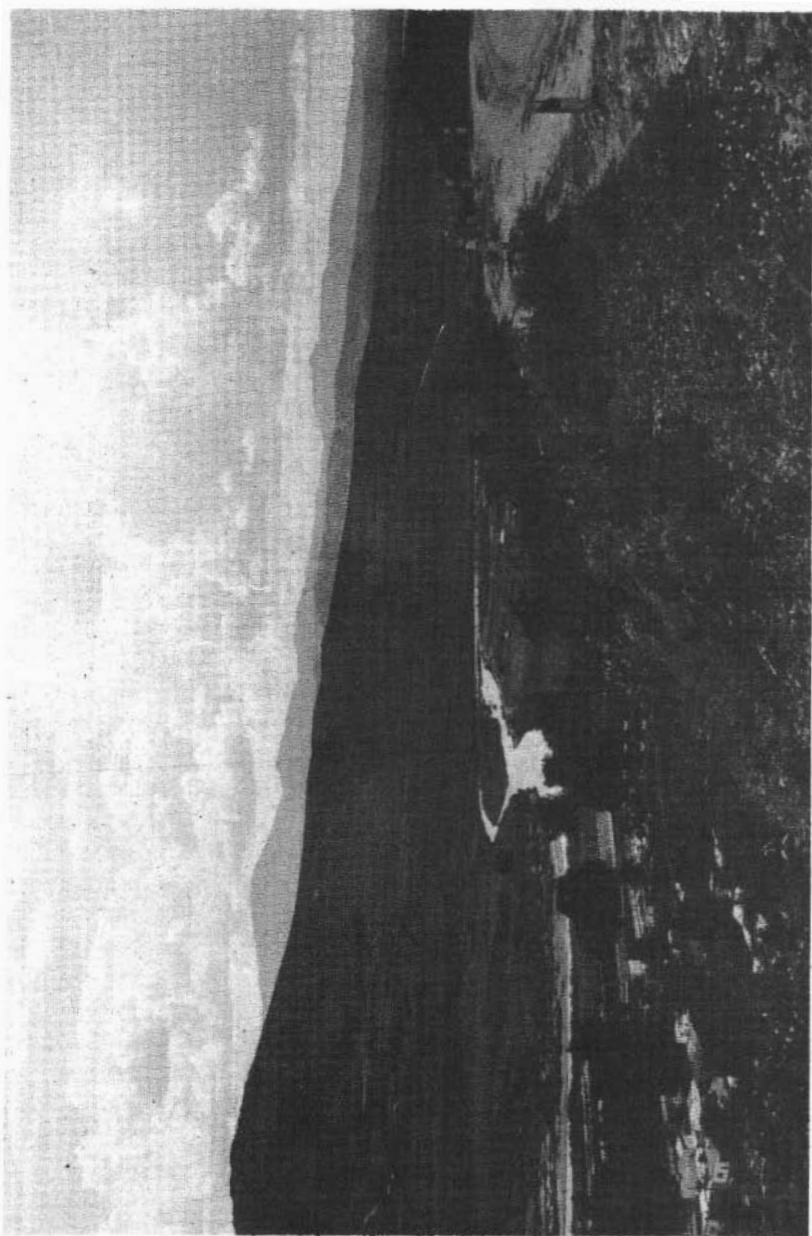


Figura 16. La extensa planicie del río Atoyac se extiende hacia el norte, a partir de Oaxaca de Juárez.

y la producción de dos o más cosechas por año. El problema pudo ser resuelto con la excavación de un pozo de poca profundidad hasta llegar al nivel hidrostático, con lo cual se **podía** obtener agua suficiente para el riego de plantas individuales (véase figuras 17 y 18). Al ser el área cultivada tan extensa, requería del acarreo del agua a una distancia considerable, esto obligaba a excavar un pozo nuevo. Mientras la superficie del área cultivable permaneciera a dos o tres metros del nivel hidrostático, podía obtenerse el agua de riego necesaria para la producción de cosechas durante todo el año. El registro arqueológico indica que el "riego a brazo" (o manual) ya se utilizaba cuando menos hacia el año 1000 aC (Flannery, et *al.* 1967), incluso el recipiente de cerámica empleado para obtener el agua ya había sido diseñado.

Como aportación colateral a la investigación acerca de la adaptación especial al nivel hidrostático en la tierra de aluvión que ha podido observarse en los pozos, los arqueólogos han efectuado el cálculo sobre la extensión erosionada en este valle. Las excavaciones realizadas en el sitio de Santo Domingo Abasolo demostraron una sobrecarga de 1.5 a 2.0 metros en los niveles del Formativo T temprano. Esta parte del valle es plana y no se encuentra situada a una elevación considerable sobre el nivel del río Atoyac, la mayor parte de la sobrecarga debe representar los productos de la erosión proveniente de las laderas. Esta afirmación ha sido reforzada por el descubrimiento de un pozo de irrigación similar en el pueblo de Mitla; aquí, el fondo del pozo **está** a sólo dos metros por encima del nivel actual del río Mitla. Mitla se localiza a mayor altitud que Abasolo y por lo menos cuatro metros de tierra de las áreas cercanas a Mitla (dos metros bajo el nivel del pozo y los dos metros de terreno que antiguamente circundaban el pozo) se han deslizado hasta el área de Abasolo. Otro aspecto importante es como el nivel hidrostático ha cambiado a **través del tiempo**, manifiesto en el nivel freático actual de Abasolo, ubicado sobre los restos más bajos del Formativo (información procedente de los hallazgos arqueológicos). En la parte más baja del valle, el nivel freático se ha elevado al igual que la sobrecarga, pero en proporción distinta. El nivel hidrostático en el área de Mitla ha bajado considerablemente.

Los arroyos tributarios del río Atoyac, en el valle de Oaxaca, fueron utilizados como fuente de irrigación en tiempos prehispánicos. La dificultad para fechar redes de canales y otros artefactos de riego, se debe a que pueden hallarse tepalcates en el relleno, pero éstos no son significativos en relación con el fechamiento de una



Figura 17. Un pozo utilizado para el sistema de *riego a brazo* penetra aproximadamente metro y medio en el aluvión del río, alcanzando el nivel del agua para el riego manual.



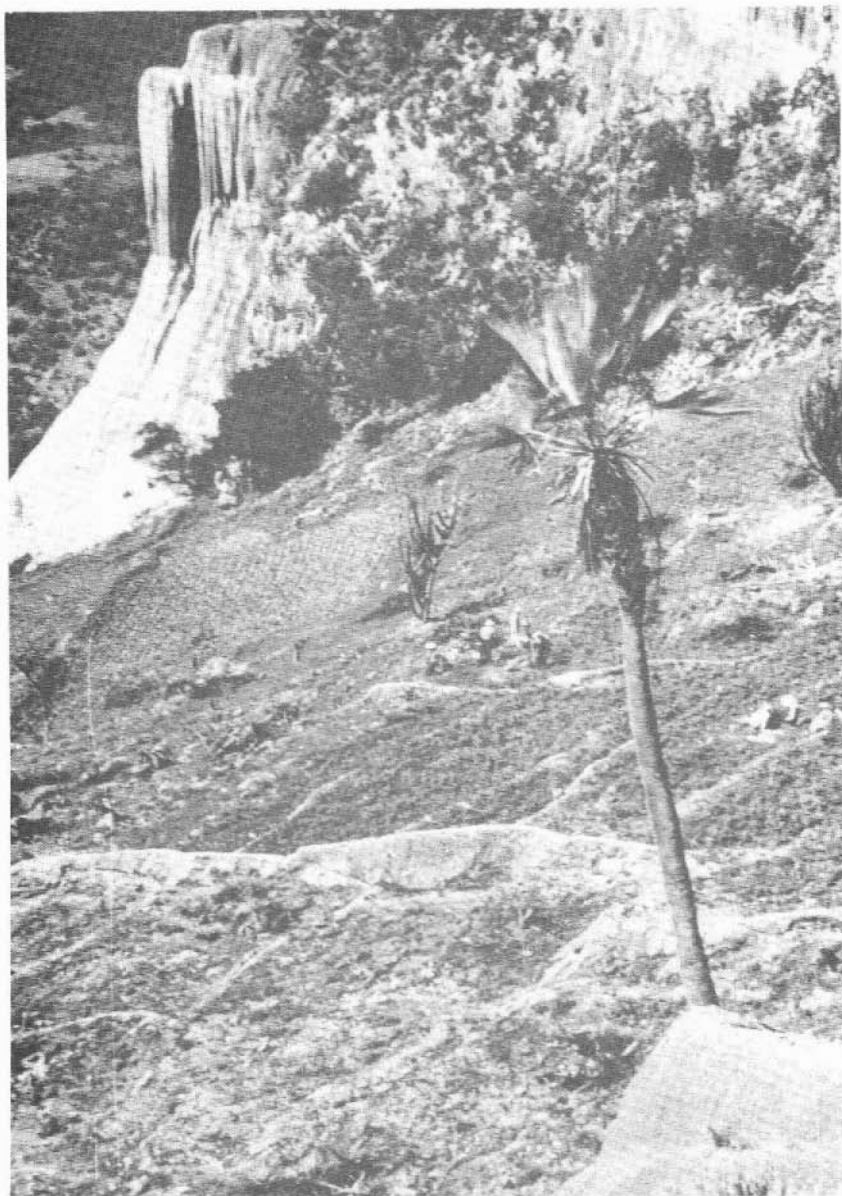
Figura 18. Cuenca donde se almacena el agua para regar un campo de jicama (*Pachyrhizus erosus*), de acuerdo al antiguo sistema de riego a brazo del valle de Oaxaca.



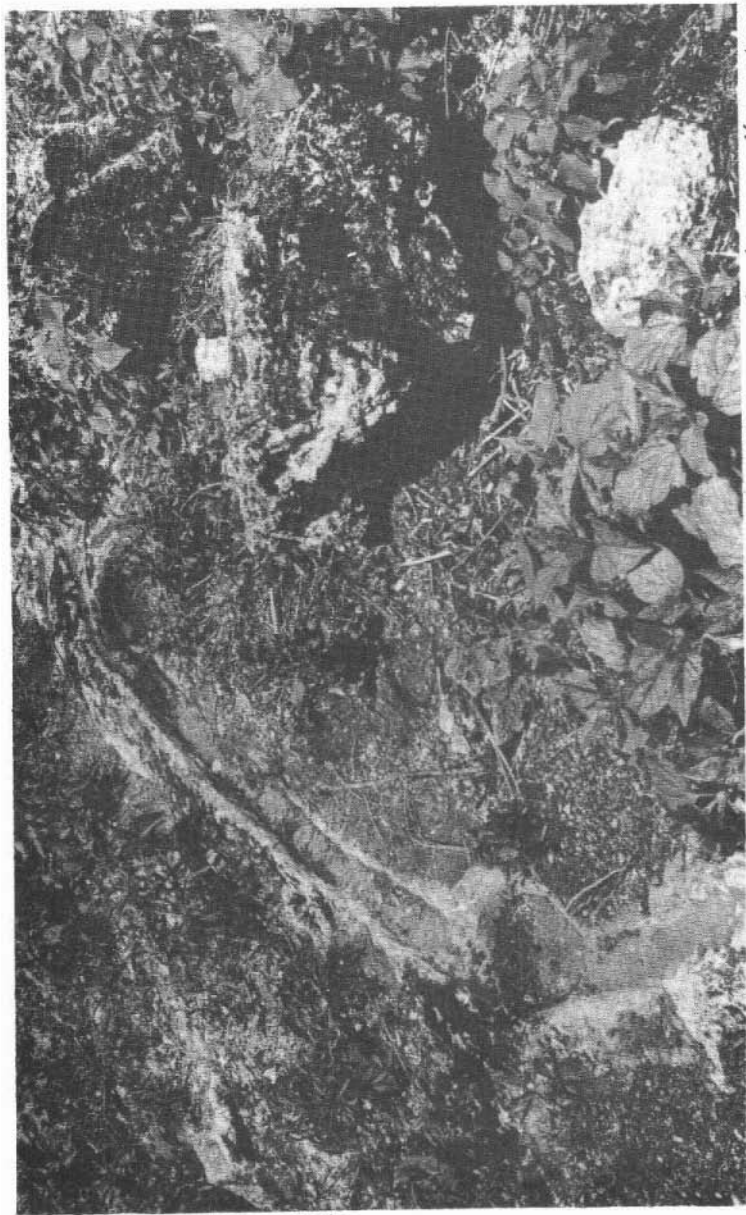
estructura. Sin embargo, la presencia de trabajos de irrigación en el valle de Tehuacán, fechados con certeza hasta cuando menos el año 800 aC (véase la discusión sobre la presa en Lencho Diego), significa que los conocimientos necesarios para llevar a cabo la construcción de trabajos de irrigación efectivos no tardarían en manifestarse. No existe razón alguna para suponer que la limpieza para cultivo de las laderas del piamonte no haya sido acompañada por la preparación de los medios de riego similares a los empleados actualmente.

Se ha descubierto una antigua instalación, única en su género hasta el momento. A unos treinta kilómetros al oriente de **Mitla** se halla una cordillera, cerca de San Lorenzo Albarradas, con una serie de manantiales en los extremos exteriores de ramales que forman un anfiteatro terraplenado (véase figura 19). Asociada con los manantiales, en un ramal, se encuentra una pequeña plaza ceremonial con algunos **montículos**. Desde estos manantiales surgen canales que conducen al anfiteatro, a lo largo de los límites de la terraza, se ramifican y se dirigen hacia las orillas de la terraza frontal. El agua no utilizada en este sistema de terrazas llega al valle situado abajo. El agua de estos manantiales tiene un alto contenido de minerales, por consiguiente algunas de las estructuras cercanas a los manantiales son una especie de fuentes de evaporación donde antes tenía lugar un proceso rudimentario de elaboración de sal. El agua que fluye a lo largo de los canales sobre los muros de la terraza deposita una capa de travertino, semejante a las paredes laterales y el fondo de los canales de riego del valle de Tehuacán. Si bien el agua con alto contenido de minerales provocaría la rápida **salinización** del suelo de la terraza y precipitaría una cantidad suficiente de mineral como para formar una capa en la superficie, los canales en cuestión se encontraban equipados con una serie de depresiones en forma cilíndrica —a manera de pozos— de los cuales el agua se filtraba del recipiente lleno, y se aplicaba en **ínfimas** cantidades, a las cosechas (véase figura 20). El agua corriente no inundaba las terrazas.

El **Proyecto de Ecología Humana** del valle de Oaxaca, bajo la dirección de Kent **Flannery**, **limpió** este sitio, conocido como "Hierva el Agua", colocando varios pozos de prueba en las terrazas y se pudo determinar la fecha de **construcción** de éstas entre los **años 500 aC y 1300 dC** (Neely 1967). Este sorprendente conjunto de terrazas ha podido conservarse en piedra, a causa del colapso de los canales, propiciando la inundación de agua proveniente de los manantiales y que "encajonó" las terrazas agrícolas en travertino.



**Figura 19.** Terrazas agrícolas enmarcadas por canales de agua en Hierve el Agua, Oaxaca. El travertino que puede apreciarse en la esfriación de la colina es el desbordamiento de varios manantiales que dotaban de agua a los canales. El agua contiene demasiados minerales para ser utilizada en inundar un área de cultivo.



ra 20. Cavidad inclinada en el canal de Hierve el Agua desde la cual cantidades pequeñas de agua podían ser transferidas a las plantas sembradas en la terraza adyacente. Esto evita que las plantas fueran estropeadas por las cantidades excesivas de sales contenidas en el agua, evitando asimismo que la superficie de las terrazas quedara completamente cubierta por las piedras, como sucedió después del abandono de las terrazas.

El área del valle de Oaxaca es, como puede observarse, única entre los valles del sur de México, por su planicie aluvial amplia y el nivel hidrostático alto. Los oaxaqueños dieron un enfoque novedoso al sistema de cosechas múltiples —durante todo el año— del fértil aluvi6n. Hacia las márgenes del valle, donde el nivel **hidrostático** era demasiado profundo como para ser alcanzado por las raíces de las cosechas, excavaron pozos hasta llegar al nivel del agua para regar manualmente las cosechas.

En forma paralela, la extensión del área cultivada hacia el **pia-**monte los forzó a adoptar sencillos sistemas de riego donde un **arroyo** de flujo permanente proporcionara el agua suficiente. Es importante destacar la combinación de ambos sistemas en "**Hierve el Agua**". El agua de los manantiales —con un alto grado de **salini-**dad— fue canalizada hacia arroyos permanentes, a lo largo de las orillas de las terrazas, donde los "pozos" excavados **exprofeso** permitían al agricultor goteo del agua, para aplicarse en ínfimas cantidades a las cosechas, evitando así la **mineralización** que sin duda acompañaría al riego por inundación de dichos manantiales.

### *La península de Yucatán*

La razón principal de incluir un comentario breve acerca de la península de Yucatán no es por señalar una ingeniosa modificación ambiental, sino evidenciar el contraste de una excelente adaptación al medio ambiente.

La península de Yucatán está compuesta por una plataforma de piedra caliza que se proyecta hacia el norte, entre el golfo de México y el mar Caribe (véanse figuras 21 y 22). Hacia el sur de la ciudad de Mérida, se encuentra el primer relieve montañoso, constituido por una cadena de colinas bajas: la Sierra Puuc. Al oriente, yace la costa baja de Quintana Roo, tierra pantanosa y poco habitada. Las playas **costeras** son a menudo de finas arenas blancas que desembocan al mar de aguas cristalinas.

### *Clima*

Semejante al interior de México, Yucatán tiene **lluvias estacio-**nales: la temporada de lluvias se inicia en el mes de mayo y termina hasta octubre o noviembre. Durante el resto del año, éstas son sumamente escasas. Mérida tiene una **precipitación** pluvial anual de

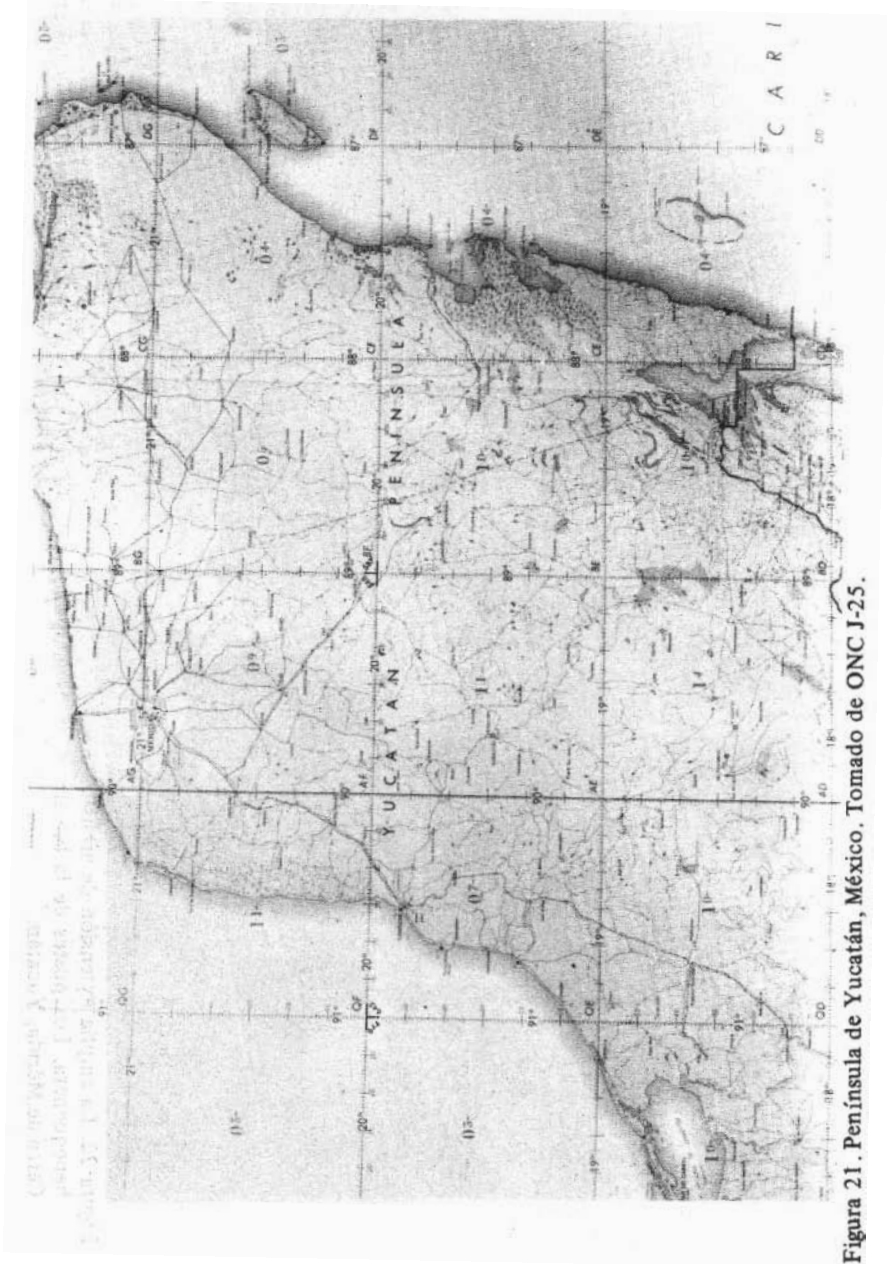


Figura 21. Península de Yucatán, México. Tomado de ONC J-25.



ra 22. La amplia extensión de arbustos espinosos de segunda crecida, se ve limitada en ocasiones por una plantación henequenera. Los postes de luz sirven de escala para comparar la altura que alcanzan los arbustos y los árboles. Cerca de Mérida, Yucatán.

alrededor de 913.1 mm; en **Valladolid**, la precipitación pluvial media es de 1,180.8 mm al **año**. La temperatura, por lo general, asciende en los meses lluviosos, incrementándose la humedad. Si embargo, la temperatura en la época de secas no es mucho menor, con excepción de las temporadas de "nortes" cuando la temperatura descende en forma drástica. La temperatura media anual es de 25 grados centígrados.

### *Vegetación*

En la actualidad es imposible reconstruir la vegetación original de la península de Yucatán debido a que ha sufrido alteraciones constantes a lo largo de los años. La península de Yucatán constituye un área única, por tanto, es demasiado tarde para poder conocer la vegetación primaria, ya que no existe zona como punto de comparación. Las regiones donde no ha sufrido alteraciones, la vegetación arbórea alcanza alturas de seis a ocho metros. Esto puede observarse con mayor claridad en las colinas **Puuc**, donde la erosión ha removido el suelo en su totalidad, de manera que ya no resulta conveniente limpiar un terreno para una chacra. Si bien los árboles están creciendo en piedra caliza y han alcanzado mayor altura que los árboles de las áreas con una pequeña capa de tierra propicia para cierto tipo de agricultura. Muchas de las especies cultivadas pertenecen al género de las *Leguminosae* y las *Compositae*. En todas partes, los árboles han crecido entremezclados con arbustos y hierbas, entre los cuales resalta la llamada "malamujer", con sus grandes hojas. Asimismo, abundan los arbustos euforbiáceos, que crecen al lado de los cactus y las plantas de vid. En los claros, a menudo se encuentran numerosas plantas herbáceas, como la *Portulaca oleracea*

Es posible suponer un bosque primario caducifolio en esta área, incluyendo especies como la *Bursera simaruba*, la *Enterolobium cyclocarpum*, la *Pithecolobium* spp. y otras, cuyas copas constituirían una bóveda hasta de 10 a 20 metros, dejando el bosque prácticamente en penumbra durante la época de lluvias, con una cubierta más ligera de arbustos, helechos y begonias. Nunca se sabrá si esta descripción del bosque original es correcta, pero podría serlo si se consideran los **seborucos** cubanos (restos de bosque en áreas de piedra caliza descubierta) como indicadores del tamaño y formación a la que pueden adaptarse los árboles en un sustrato de piedra caliza con lluvias estacionales.

## Adaptación ambiental en *Yucatán*

El medio ambiente de Yucatán presenta un problema de fragilidad ante el uso humano. Sería fácil desmontar el bosque y mantener un campo abierto permanente por medio del fuego. Si fuese de esta manera se tendría como resultado una de las dos situaciones siguientes: 1. El terreno iría erosionándose hasta que la **superficie** de la península fuera sólo piedra caliza llena de pequeños hoyos; 2. Una tupida capa de pasto cubriría la superficie, haciendo el cultivo prácticamente imposible (Smole 1976). **Ambas** situaciones han ocurrido en otras partes del mundo, y sólo se ha podido desarrollar un proceso de **adaptación** en cuanto a la segunda de ellas en los altos **Andes**, donde la "tacla" penetra el suelo, con una fuerza equivalente a la de dos personas. No puede afirmarse lo mismo en Yucatán, donde el terreno es menor de una o dos pulgadas de profundidad.

La antigua práctica agrícola llamada de roza, tumba y quema ha persistido en Yucatán a través de toda la historia del cultivo en el área (véase figura 23). Esta técnica fue abandonada cuando se establecieron las grandes plantaciones henequeneras, respaldadas por la creciente demanda de fibra de henequén en Estados Unidos y en Europa. Los agricultores de roza, tumba y quema en Yucatán han desarrollado, con el correr del tiempo, una especie de "sexto sentido" sobre la tierra y la **vegetación** secundaria, facilitando el cálculo en el tiempo para la rotación de roza, tumba y quema, en su beneficio y del medio ambiente. Los conocimientos del agricultor no le permiten saber el análisis químico del suelo, pero en términos prácticos están a la altura y cumplen el **mismo fin**, ya que la **relación** entre la vegetación secundaria (árboles, arbustos y hierbas) y el tamaño de la misma, le da la indicación exacta de la fertilidad del suelo. El campesino no desmontará un terreno hasta no estar absolutamente seguro de los resultados. El sistema de roza, tumba y quema en Yucatán ha sido bien documentado por **Steggerda** (1941) y por **Hernández** (1959), no hay necesidad de detallarlo aquí. En suma las observaciones en el área de **Ticul** y **Oxhutzkab** en 1970, indican que los agricultores de roza, tumba y quema estimaban el lapso mínimo para el barbecho de 7 a 10 **años**, pero en ese momento la presión demográfica no les permitía barbechar durante un periodo más largo.

La crisis ocurrida en las tierras mayas alrededor del **año 600 dC** pudo deberse, en parte, a la presión demográfica y a la reducción del tiempo de barbecho a un **mínimo** peligroso. **Ello** trae





Figura 23. Típica milpa maya. La capa de terreno es demasiado delgada para utilizar un arado; por lo tanto no hay razón para eliminar los troncos resistentes a la quema durante la preparación del terreno. Cerca de Ticul, el tiempo promedio de barbecho es de diez años, antes de ser utilizado nuevamente, aunque la presión demográfica está forzando a los habitantes a realizar algunos cortes después de sólo siete años.

consigo diversas consecuencias simultáneamente: 1. No permite que el terreno alcance sus niveles óptimos de fertilidad; 2. Extiende el área de **cultivo** con menor número de parcelas de “**retoño**” o segundo brote, y 3. En ocasiones, conduce a la desaparición de algunas especies de la vegetación original en beneficio de otras, por lo general, menos deseables. El resultado final son cosechas cortas frente a la población creciente; la pérdida por erosión de la tierra de varias parcelas, cultivadas durante un periodo demasiado largo y la invasión de malezas —muy difícil de erradicar— afectan la productividad del suelo. El agricultor no **podía** declararse en quiebra, sino hasta que la presión se hacía más intensa con un desastre adicional, por ejemplo, año de sequía, plaga de insectos, infestación por hongos; o bien el agricultor se veía obligado a trasladarse junto con su familia a un área más prometedora.

La presión demográfica y el reducido periodo de barbecho fueron un problema al momento de la Conquista española, pero esta situación pronto cambió por la reducción de la población a causa de la falta de resistencia a las enfermedades provenientes del Viejo Mundo. En los siglos subsecuentes, el sistema de roza, tumba y quema ha mantenido a la población maya de Yucatán; ahora, la explosión demográfica ha empezado a afectar el momento ideal para el barbecho del suelo y la vegetación original de la península de Yucatán. Cabe destacar que los mayas han sobrevivido al desastre ambiental porque el arado europeo no puede utilizarse en la **delgada capa** del suelo yucateco. Por otra parte, puede observarse un sistema de cultivo desarrollado hace mucho tiempo, y diseñado para obtener un rendimiento óptimo, con el menor daño posible al entorno ecológico.

### **Resumen**

Dentro de los límites de una área cultural, existen varios problemas, los cuales fueron resueltos con **éxito** por los habitantes prehispánicos. La diversidad de hábitats presentes en la porción de Mesoamérica correspondiente a México, constituye para los pobladores una serie de dificultades en la utilización de estos hábitats. Los antiguos **cazadores-recolectores** manejaron bien sus áreas, al aumentar el número de habitantes, llegaron a poblar toda la gama de diferenciaciones ambientales.

Con el desarrollo de la agricultura, la actividad humana se enfrentaba con otros conflictos. Si las exigencias del medio ambiente

no implicaban ningún cambio importante en el terreno ni **con** respecto a los animales o las plantas (incluyendo la sobreutilización), los procesos normales de la naturaleza se encargaban de proporcionar el alimento y las materias primas cosechadas por los seres humanos. Todo el enfoque del cultivo se centra en el desequilibrio del sistema natural para ponerlo al servicio del hombre. La planta seleccionada para cultivo resulta ser la más afectada de dicho proceso. La selección humana aparta a las especies en cuestión —y algunas veces incluso especies emparentadas a éstas— del control biológico normal, preservando características que habrían sido eliminadas y otras suprimidas por la naturaleza. Los esfuerzos humanos se concentraron en acumular grandes poblaciones de una especie en un solo lugar. Si las especies tenían parásitos (hongos, de tipo **viral** o de tipo animal), ello dio pie al desarrollo epidémico de los parásitos. La selección humana siempre se ha esforzado por lograr plantas de mayor tamaño, colores más atractivos y, en general, por eliminar todas aquellas características naturales que controlan la dispersión de la semilla.

El desarrollo de formas cultivadas a partir de poblaciones de plantas silvestres, permitió al ser humano iniciar las diversas prácticas agrícolas ahora conocidas como técnicas de jardinería. Las más **sencillas** incluyen el desmonte parcial del terreno, con objeto de eliminar la competencia, la preparación elemental del suelo y, en ocasiones, un manejo especial de las semillas o de los trasplantes o "acodos". Suponiendo que estas medidas se hubiesen tomado en el **área** de origen de las especies seleccionadas, desde el principio hubiera faltado muy poco para llegar al punto en que las plantas estuvieran listas para la cosecha. **Sin** embargo, el éxito de este proceso tuvo consecuencias que iban más allá de las etapas iniciales de cultivo. Entre éstas se encontraba una mayor presión demográfica para aumentar la producción de alimentos, lo cual, a su vez, repercutía en el medio ambiente, impulsando la movilización hacia áreas ajenas y a terrenos menos convenientes para el cultivo. La presión en Mesoamérica fue creciendo hasta la **implementación** de medidas más drásticas para una producción de alimentos efectiva.

Las diversas áreas examinadas en este trabajo descubrieron y utilizaron una serie de modificaciones ambientales que fueron efectivas únicamente dentro de los parámetros de los ambientes específico dentro de los cuales se desarrollaron.

Los agricultores del valle de México respondieron a la creciente presión, en **primer** lugar, trasladándose a tierras menos deseables, situadas a mayor distancia de las márgenes de los lagos, alcanzando

una cosecha por afío con cultivo seco durante la temporada de **lluvias**. No es posible saber con certeza si la utilización de los **arroyos** de flujo permanente como fuentes para la obtención de agua de riego tuvo sus inicios en el Formativo, debido a la dificultad para fechar obras de irrigación. Sin embargo, el Formativo Tardío o el Clásico Temprano pudieron ser testigos del desarrollo de las **primeras chinampas**.

Los grandes y elevados macizos hechos de follaje, **tallos** y lodo del fondo del lago solamente podían haber dado resultado en los lagos poco profundos de este valle, así como en las orillas de los lagos, donde fluía agua dulce suficiente, por lo que las aguas **salinas** se mantenían en el lado oriente del valle. Más tarde, la construcción de una larga calzada separaría la porción de agua dulce de la salada, permitiendo el amplio desarrollo del sistema de **chinampas**.

Los antiguos habitantes del valle de Tehuacán vivían en un área donde la época de lluvias era menos predecible que en el valle de México, porque se encontraban ubicados en la zona de la Sierra Madre de Oaxaca en donde la precipitación **pluvial** es más escasa. Sin embargo, el área de Tehuacán poseía un recurso especial, contaba con varios manantiales permanentes de aguas, ricas en minerales, cuyas márgenes dieron origen a grandes jardines húmedos. La pequeña área disponible en las zonas adyacentes a las comentes perennes se expandió, con bastante rapidez, a través de la **creación** de sistemas de irrigación, facilitando el riego de extensas áreas del valle. La evidencia de este desarrollo durante el Formativo consiste en el descubrimiento de la gran presa de arroyo Lencho Diego, la cual fue iniciada aproximadamente en el año 800 **aC**, siendo abandonada casi mil años más tarde. Una estructura de tal magnitud no podría tener éxito si no estuviera respaldada por una amplia experiencia previa con las fuerzas del agua de ríos y manantiales. Los habitantes del valle utilizaron también un sistema de represas por medio de las barrancas cuyos desagües convergían en el valle, con el **fin** de crear amplias terrazas para aprovechar el agua de los chubascos proveniente de la época de lluvias. Se pueden apreciar claramente estos antiguos sistemas de riego en el valle de Tehuacán, gracias al travertino contenido en los minerales del agua y que se precipitó al fondo y a los lados de los canales.

Por otra parte, los antiguos habitantes del valle de Nochtixtlán se enfrentaron a un problema totalmente distinto a los mencionados hasta el momento. La gran elevación donde está ubicado el **valle** no admitía cosechas sino sólo en las épocas del afío donde no

helara. Sin embargo, los fértiles yacimientos de Yanhuítlán, en los que el valle se encuentra, proporcionaban un suelo fecundo en el fondo del valle y al pie de las colinas circundantes. La mayor dificultad consistía en la extrema vulnerabilidad de los yacimientos de Yanhuítlán a la erosión masiva, una vez que la agricultura se empezó a practicar en las laderas. Sin embargo, el riesgo de erosión de la formación geológica se convirtió en una ventaja, al desarrollar el sistema de terracedo en las laderas y en los ríos; porque la tierra de Yanhuítlán fue descendiendo poco a poco hasta el valle. Una vez conocidos los controles de ingeniería, es probable que se haya iniciado la erosión intencional abriendo las cimas de las montañas, con el fin de erosionar la rica tierra de las cimas hacia las terrazas superiores. El sistema llega a su límite, debido a la enorme capa de calcreto expuesta por la erosión y hoy en día, cubre las cimas de las colinas no aptas para la agricultura.

El extenso valle de Oaxaca, hacia el sur, es único entre los valles del sur de México. Un borde de material más duro, en la desembocadura del valle, ha impedido la reducción del cauce del río Atoyac y la extensa planicie aluvial a lo largo de éste, da origen a un área irrigada y fértil para la agricultura. Con la explosión demográfica y la expansión de las áreas cultivadas hacia las laderas durante el Formativo, los procesos de erosión empezaron a aumentar en forma gradual la profundidad del suelo del fondo del valle. Cuando la profundidad del suelo sobre el nivel hidrostático fue demasiado grande para la siembra de cosechas durante la estación de secas, el problema se resolvió con la técnica de "riego a brazo". En cada campo, se excavan pozos hasta alcanzar el nivel freático, para acarrear el agua en un recipiente especial de cerámica a la base de la planta individual. Este sistema se inició durante el Formativo, tal como lo demuestra la evidencia arqueológica.

Los habitantes del valle de Oaxaca utilizaron, los pocos ríos permanentes que descendían de las montañas circundantes, para el riego del piedemonte y las laderas aluviales situadas más arriba. Al este de Mitla, en San Lorenzo Albarrado, los manantiales de agua mineral localizados en la cima de una montaña, fueron adaptados y dirigidos a las terrazas ubicadas en una ladera en forma de anfiteatro, a través de la combinación de canales de riego y la técnica de "riego a brazo". El agua salina se utilizó en la producción de sal, si es correcta la interpretación de los estanques de evaporación, de poca profundidad, ubicados en las inmediaciones. Esta agua no podía emplearse para inundar las terrazas, pero los agricultores construyeron canales de irrigación de afluencia constante, con

grandes pozos de donde podían llenarse recipientes con agua y aplicarla "por goteo" a cada planta de manera individual. Así, la evaporación de agua y la precipitación de sales al terreno podía reducirse al mínimo.

Finalmente, en la extensa y plana península de Yucatán la antigua técnica agrícola de roza, tumba y quema sigue presente hoy en día. En un área donde hay una o dos pulgadas de tierra sobre piedra caliza, la maquinaria no resulta adecuada y los campos se limitan a una o dos hectáreas necesarias para la subsistencia familiar. Si éste no hubiera sido el caso, la introducción de técnicas agrícolas europeas ya habrían reducido al mínimo la producción agrícola del área de Yucatán, a juzgar por los efectos ocasionados con las técnicas agrícolas del Viejo Mundo en otras regiones de México. Las técnicas de roza, tumba y quema, cuando son espaciadas en forma adecuada para lograr un barbecho óptimo, agotan poco la reserva mineral; por lo que la población maya del área continúa creciendo.

La **destrucción** de las laderas de las colinas y el descenso del nivel hidrostático en diversas partes de México, ha alcanzado una tasa de crecimiento estable, prosigue aun bajo la intensa presión de una explosión demográfica constante. En algunas áreas, las técnicas locales de modificación del ambiente, han conservado costumbres antiguas de gran utilidad para la preservación del medio ambiente. Es con la desecación del valle de México y la instalación de bombas de pozo profundo que las chinanipas pierden su utilidad; **también** el embotellamiento y exportación de toneladas de agua del valle de Tehuacán conducen a un rápido descenso del nivel hidrostático; el **desarrollo** del cultivo con maquinaria agrícola en el valle de Nochixtlán ha provocado en las terrazas de *lama* bordo mayor erosión y con la instalación de bombas de trabajo pesado, ha descendido considerablemente el nivel hidrostático del valle de Oaxaca. El México Antiguo era mucho más eficaz en la **conservación** de su medio ambiente, a pesar de albergar y mantener —probablemente— una población tan extensa como la actual. **Las presiones** de la época actual servirán para acelerar la modernización de las técnicas agrícolas a través de todo el país, pero afectaría muchas zonas que aún conservan el equilibrio de la zona. El resultado final promete ser un deterioro todavía más rápido del medio ambiente agrícola, para detrimento de la producción alimentaria.

## REFERENCIAS

- ARMILLAS, Pedro  
1971 "Gardens on Swamps", *Science* 174:653-661.
- ARMILLAS, Pedro *et al.*  
1956 "A Small Irrigation System in the Valley of Teotihuacan", *American Antiquity* 21:396-399.
- BRUNET, Jean  
1967 "Chapter 5. Geologic Studies. The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, D.S. Byers (ed.), University of Texas Press, Austin & London.
- BUTZER, Karl W.  
1971 *Environment and Archaeology*, Aldine-Atherton, Chicago & New York.
- BYERS, Douglas S. (ed.)  
1967 "The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, University of Texas Press, Austin & London.
- BYERS, Douglas S.  
1967 "Chapter 4. Climate and Hydrology. The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, D.S. Byers (ed.), University of Texas Press, Austin & London.
- CALLEN, Eric O.  
1967 "Analysis of the Tehuacan Coprolites. The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, D.S. Byers (ed.), University of Texas Press, Austin & London.
- COE, Michael D.  
1964 "The Chinampas of Mexico", *Scientific American* 211:90-98.
- DOWNING, Theodore E. y M. GIVSON (eds.)  
1974 "Irrigation's Impact on Society", *Anthropological Papers of the University of Arizona* no. 25.
- DRENNAN, Robert D.  
1976 "Fabrica San Jose and Middle Formative Society in the Valley of Oaxaca". *Memoirs of the Museum of Anthropology of the University of Michigan*, no. 8.
- FLANNERY, Kent V.  
1967 "Chapter 8. Vertebrate Fauna and Hunting Patterns, The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, D.S. Byers (ed.), University of Texas Press, Austin & London.

- FLANNERY, Kent V., et *al.*  
1967 "Farming Systems and Political Growth in Ancient Oaxaca", *Science* 158:445-454.
- FLANNERY, Kent V. y James SCHOENWETTER  
1970 "Climate and Man in Formative Oaxaca", *Archaeology* 23:144-152.
- GENTRY, Howard S.  
1963 "The Warihio Indians of Sonora-Chihuahua: An Ethnographic Survey. Bureau of American Ethnology", *Anthropology Papers* no. 65.
- HERNANDEZ X., Efraim  
1959 "La Agricultura", Los Recursos Naturales del Sureste y su *Aprovechamiento*, Enrique Beltrán (ed.), Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. México, D.F.
- IVERSEN, J.  
1960 "Problems of the Early Post-Glacial Forest Development in Denmark", *Danm. Geolog.*, Undersog, IV Raekke, Bd 4 (3):33.
- JOHNSON, Frederick (ed.)  
1972 "The Prehiitory of the Tehuacan Valley", *Chronology and Irrigation*, v.4, University Texas Press, Austin & London.
- JOHNSON, Frederick y R. S. MACNEISH  
1972 "Chapter 1. Chronometric Data. The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Chronology and Irrigation*, v.4, University Texas Press, Austin & London.
- KIRKBY, Anne V.T.  
1973 "The Use of Land and Water Resources in the Past and Present Valley of Oaxaca, Mexico", *Mem. Mus. Anthropol.*, no. 5, University Michigan.
- KIRKBY, Michael  
1972 "The Physical Environment of the Nochixtlan Valley, Oaxaca". U. *Publ. Anthropol.*, no. 2, Vander.
- LEES, Susan H.  
1973 "Sociopolitical Aspects of Canal Irrigation in the Valley of Oaxaca", *Mem. Mus. Anthropol.*, no.6, University Michigan.
- MANGELSDORF, Paul C., R.S. MACNEISH y W.C. GALINAT  
1967 "Chapter 9. Prehistoric Wild and Cultivated Maize. The Prehistory



of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, D.S. Byers (ed.), University Texas Press, Austin & London.

MORLEY, Sylvanus G. (rev. G. W. Brainerd)

1956 *The Ancient Maya*, Stanford University Press, Stanford.

NEELY, James A.

1967 "Organización Hidráulica y Sistemas de Imgación Prehistóricos en el Valle de Oaxaca", *Boletín Instituto Nacional de Antropología e Historia*, no 27:15-17.

PADDOCK, John (ed.)

1970 *Ancient Oaxaca*, Stanford University Press, Stanford.

PALERM, Angel

1973 *Obras Hidráulicos Prehispánicas en el Sistema Lacustre del Valle de México*, INAH, México, D.F.

PENMAN, H. L.

1963 "Vegetation & Hydrology", *Tech. Commun.*, no. 53, Farnham Royal, England.

RZEDOWSKI, J., *et al.*

1964 "Cartografía de los principales tipos de vegetación de la mitad septentrional del valle de México", *Anal. Escuel. Nac. Cienc. Biol.* 13:51-57 más map.

SAHLINS, Marshall

1968 "Notes on the Original Affluent Society"; *Man the Hunter*, Richard B. Lee & I. DeVore (ed.), Aldine-Atherton, Chicago.

SANDERS, William T.

1975 "The Natural Environment of the Basin of Mexico", *The Valley of Mexico*, Eric R. Wolf (ed.), University New Mexico Press, Albuquerque.

SMITH, C Earle, Jr.

1965 "Agriculture, Tehuacan Valley", *Fieldiana: Bot.* 31:49-100.

1965 "Flora, Tehuacan Valley", *Fieldiana: Bot.* 31:101-143.

1967 "Chapter 12. Plant Remains. The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Environment and Subsistence*, v.1, D.S. Byers (ed.), University Texas Press, Austin & London.

1968 "Archeological Evidence for Selection of Chupandilla and Cosahuico under Cultivation in Mexico", *Econ Bot.* 22:140-148.

1976 "Modern Vegetation and Ancient Plant Remains of the Nochitlan Valley, Oaxaca", *U. Publ. Anthropol.* no. 16, Vander.

- n.d. "Vegetational History of the Oaxaca Valley", *Mem. Mus. Anthrop.*, University Michigan.
- SMOLE, William J.  
1976 The *Yanoama Indians*, University Texas Press, Austin.
- SPORES, Ronald  
1972 "An Archaeological Settlement Survey of the Nochixtlan Valley, Oaxaca". U. *Publ. Anthrop.* no. 1, Vander.  
1974 "Stratigraphic Excavations in the Nochixtlan Valley Oaxaca", U. *Publ. Anthrop.* no. 11, Vander.
- STECERDA, M.  
1941 Maya *Indians of Yucatan*, Camegie Instit. Wash. Publ. 531
- STEWART, Juiián H.  
1941 *Culture Element Distributions: XIII*, University California Anthrop. Rec. 4(2). Nevada Shoshoni.
- STRUEVER, Stuart  
1971 "Prehistoric Agriculture", The *Natural History Press*, Garden City, New York.
- TOLSTOY, Paul  
n.d. Personal Communication.
- TOLSTOY, Paul y L. I. PARADIS  
1970 "Early and Middle Preclassic in the Valley of Mexico", *Science* 167:344-351.
- TRIMBLE, S. W.  
1975 "Denudation Studies: Can We Assume Stream Steady State?", *Science* 188:1207 y 1208.
- UNESCO  
1963 *Changes of Climate*, Proc. Rome Sympos, UNESCO.
- WEST, Robert C. y P. ARMILLAS  
1950 "Las Chinampas de Mexico", *Cuadernos Americanos* 1950 (2): 165-182.
- WILKE, Phillip J., et al.  
1972 "Harvest Selection and Domestication in Seed Plants", *Antiquity* 66:203-209.

WOLF, Eric (ed.)

1976 *The Valley of Mexico*, University New Mexico Press, Albuquerque.

WOODBURY, Richar B. y J. A. NEELY

1972 "Chapter 3. Water Control Systems of the Tehuacan Valley. The Prehistory of the Tehuacan Valley", *Chronology and Irrigation*, v.4, F. Johnson (ed.), University Texas Press, Austin & London.