

Observaciones Morfológicas acerca de las Barrancas en la Región de la Cuenca de Puebla - Tlaxcala.

Klaus Heine
Universidad de Bonn

Separata de Comunicaciones
4/1971

Observaciones Morfológicas acerca de las Barrancas en la Región de la Cuenca de Puebla - Tlaxcala.

I

Según Soto Mora (1965), barrancas son "cárcavas o zanjas abiertas en el suelo por acción del agua" y barrancos son "quebras profundas que hacen en el terreno las corrientes de agua" (p. 28). Son formas morfológicas que, en la región de la cuenca de Puebla—Tlaxcala, se encuentran principalmente en sitios en donde gruesas capas de toba cubren las laderas de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl en el oeste, de la Malinche al este y de los bloques calcáreos en el norte. Pero también en la cuenca misma se han formado barrancas —en cuanto que existen algunos desniveles del terreno y están cubiertos por tobas—, así en el cerro Jerónimo directamente al norte de Puebla, e igualmente en la zona de la línea divisoria hidrográfica entre la cuenca de Puebla y la cuenca del río Nexapa al sudoeste.

La cita siguiente, tomada de la obra "Landskundè von Mexiko" de Gierloff—Emden (1970, p. 55), pone de manifiesto que las barrancas no solamente son de interés para los morfólogos, sino que también desempeñan un papel importante en la civilización de la región, historia, sistema de comunicaciones, etc.:

"Importantes áreas de la región se encuentran cubiertas por masas volcánicas porosas, tobas, arenas y cenizas. Debido a su permeabilidad a las precipitaciones y a la estabilidad de sus paredes verticales se formaron en estas regiones numerosos valles cortados a pico, con sección en forma de cajón. Estas cárcavas y valles denominados "barranco", con dimensiones que van desde pocos metros hasta 100 metros de ancho y profundidad, son una formación característica de la región del altiplano central mexicano. La expresión "barranco" no está limitada en México a dichos valles en piedras volcánicas. Ciertamente que ahí son numerosos... Estos barrancos representaron obstáculos difíciles de salvar para el sistema de comunicaciones moderno. En la conquista de México su existencia fue de importancia para la realización de las batallas de los grupos indígenas en contra de los conquistadores españoles, ya

que Cortés, en tales terrenos, apenas si podía emplear su caballería, decisiva en parte, en los combates. Esta importancia la menciona Bernal Díaz del Castillo en las reseñas de las batallas de Cortez. Igualmente Madame Calderón de la Barca... alude a lo difícil que resulta salvar tales barrancas... Estos pasos críticos fueron por siglos, en la historia de México, sitios favoritos para realizar asaltos, en especial a comerciantes que viajaban con sus mercancías desde Veracruz hasta México Capital".

Antes de pasar a describir la formación de las barrancas, respectivamente a tratar sobre los "Elementos del mecanismo de formación" (Büdel, 1971), se expondrá la forma de las barrancas, así como su distribución en la región de las actividades.

PROYECCION HORIZONTAL Y ALZADO DE LAS BARRANCAS.

En **proyección horizontal** pueden distinguirse diferentes tipos de barrancas (ver fig. 1). En primer lugar, cárcavas de erosión que no presentan ninguna ramificación lateral o bifurcaciones. Su anchura permanece frecuentemente invariable, sobre todo cuando discurren en línea recta. Si las barrancas tienen muchos recodos o un transcurso muy sinuoso (meandros), entonces la anchura de las mismas varía a menudo, además con frecuencia se han formado terrazas. Sin embargo, el curso total de estas barrancas es frecuentemente rectilíneo (fig. 1. 2). Barrancas sin ramificaciones laterales se encuentran especialmente en las laderas llanas, en suave declive, de la Malinche. Las barrancas forman aquí un avenamiento radial. Además debe advertirse que las barrancas se van fusionando conforme descienden por la ladera, de forma que al pie de ésta disminuye la densidad de barrancas por km². (Fig. 1. 3).

Como segundo tipo de barranca deben mencionarse cárcavas relativamente semejantes a las barrancas anteriormente mencionadas, pero que presentan ensanchamientos del valle, o bien desbordamientos en muchos sitios; en la zona

de las cárcavas de barranca se encuentran formadas frecuentemente terrazas, también se encuentran bancos de arena y de grava que tampoco se inundan cuando desciende el agua. Este tipo de barranca se encuentra solamente en laderas de pendiente relativamente suave y en los campos que se extienden por delante de la zona montañosa de la región del trabajo (fig. 1. 4).

El tercer tipo de barrancas se trata de barrancas con relleno de sedimento, que se encuentran en la zona de las tierras de cultivo, guarnecidas generalmente con diques colocados por los hombres. El relleno tiene lugar, por una parte, entre los diques, pero por otra parte tiene lugar en los puntos en donde terminan los diques en forma de un abanico aluvial, dividido a su vez por numerosos canales de erosión. Al nordeste de Huamantla se encuentra un bello ejemplo de este tipo (fig. 1.5).

Especialmente en regiones que no están compuestas exclusivamente por capas de toba o por tobas estratificadas de manera alternativa con grava rica en polvo u otros sedimentos fluviales ricos en polvo, se presenta frecuentemente un tipo de barranca, que permite reconocer claramente en su proyección horizontal que la cárcava está dividida hacia los lados por numerosos cortes en forma de valle en V (arroyamiento) (fig. 1.6). En el bloque de Tlaxcala se encuentran ejemplos extraordinarios de este tipo de barrancas, así como en los cerros al norte y nordeste de Huamantla.

Como quinto tipo respecto a la configuración en proyección horizontal deben mencionarse barrancas que presentan una ramificación intensa (drenaje dendrítico). En este caso pueden distinguirse tres configuraciones distintas (ver figs. 1. 7. a 1. 9). Por un lado, las zonas que se encuentran entre las ramificaciones relativamente densas no pueden ser abarcadas por la erosión (fig. 1. 7); la erosión se extiende aquí solamente a las barrancas propiamente dicho. Por otro lado sucede que la erosión abarca también las zonas comprendidas entre cada uno de los brazos de la barranca, de manera que forma un relieve a manera de cúpula (1.8). La tercera forma de configuración de las barrancas con ramificaciones muestra una formación de barranca que puede ser muy diferente en cuanto a la profundidad de los canalillos de erosión (arroyos), así como respecto a la anchura

de los mismos; además, junto a la típica formación lineal que lleva a la formación de las cárcavas, se presenta también una nivelación más o menos plana, que reduce las zonas existentes entre las ramificaciones de las barrancas a masas de diferente espesor (1.9). Una proyección horizontal como la que muestra la fig. 1.7 puede encontrarse frecuentemente sobre todo en la zona de las laderas de los volcanes de la Malinche, Iztaccíhuatl y Popocatépetl. Se presenta por encima de las formaciones de barrancas, como se indica en las figuras 1.1 a 1.3. La forma 1.8 se encuentra, por ejemplo, en una pequeña región de Huejotzingo, en la zona de las laderas del Iztaccíhuatl. La configuración de proyección horizontal, tal como se muestra en la fig. 1.9, puede observarse especialmente al oeste de Puebla, en Ahuatempan.

La fig. 1.10 representa una formación especial de proyección horizontal, que está condicionada antropológicamente. Los caminos antiguos se han ido ahondando aquí por derrubio, de manera que la red de las barrancas actuales refleja la dirección de los caminos antiguos. Un ejemplo de ello lo constituyen los cerros de Texoloc o Zompitcatl; dentro de las ramificaciones en ángulo recto de las barrancas llama especialmente la atención una región al noroeste de San Francisco Tepeyanco.

Atendiendo al **perfil longitudinal** pueden distinguirse dos tipos de barrancas (ver fig. 2): (1) Barrancas que tienen un perfil longitudinal escalonado y (2) Barrancas que presentan un perfil longitudinal sin escalones, es decir, un gradiente del lecho más o menos uniforme.

Un perfil longitudinal escalonado o con cascadas, se encuentra solamente en barrancas pequeñas. En este caso se trata de cárcavas de erosión con una anchura que va desde pocos decímetros hasta algunos metros y que muestran, por cierto, diversa profundidad. Esta puede ser de pocos decímetros o también alcanzar profundidades de 15 metros —como por ejemplo al este de Texoloc—, y ello teniendo la cárcava una anchura de sólo pocos metros. El perfil longitudinal escalonado puede estar formado en un material original homogéneo, por ejemplo en una capa fuerte de toba (fig. 2.1). Pero, por regla general, las cascadas muestran en el perfil longitudinal una dependencia con respecto a las condiciones geológico-petrológicas; la alternancia de tepetate, es decir capas endurecidas

y muy coherentes de toba y capas de toba no endurecidas, es decisiva para la formación escalonada del perfil longitudinal (fig. 2.2). Las capas duras forman el fondo del valle de las barrancas, mientras que las capas blandas se sobrepone en un escalón o una cascada. En el lecho de la barranca se forma una depresión por delante de la cascada (hoya debida al descenso de aguas). La distancia vertical de las cascadas depende de la disposición de las capas, o sea, de la distancia que haya entre las capas duras en el material del subsuelo.

Mientras que un perfil longitudinal escalonado se limita, por regla general, a barrancas pequeñas —se encuentra principalmente en barrancas formadas en pequeñas laderas cubiertas por toba, como por ejemplo en conos volcánicos con recubrimiento de toba—, todas las barrancas más largas y grandes, sobre todo en extensión, presentan un perfil longitudinal más o menos uniforme, sin cascadas; así las barrancas que desaguan radialmente la Malinche, y también las barrancas que se encuentran en las laderas del Popocatepetl y del Iztaccíhuatl. Esto no excluye el que también barrancas más pequeñas puedan tener un perfil longitudinal uniforme (fig. 2.3). Por supuesto que las diferencias petrográficas del subsuelo pueden influir en el perfil longitudinal, de manera que existen secciones ya intensas, ya suavemente inclinadas. Igualmente, un desprendimiento del material de las paredes puede ocasionar un derrumbe parcial de la cárcava de barranca, con lo cual se forman tramos con inclinación diversamente pronunciada en el perfil longitudinal; sin embargo, en la mayoría de los casos, se vuelven a nivelar relativamente pronto por la erosión (fig. 2.4).

Es sorprendente que el perfil longitudinal de barrancas grandes discurre casi siempre paralelamente al talud de las laderas en las cuales se han formado. Esto ocurre no sólo en las laderas de los volcanes, sino también en la zona de las llanuras suavemente inclinadas, así la llanura inclinada de Atlixco y la llanura de Tepeaca y Acatzingo.

Considerando el **perfil transversal** de las barrancas se distingue una gran variedad. En primer lugar llama la atención que las barrancas, por regla general, son encajadas en antiguos fondos de valle (fig. 3). Solamente en sedimentos dispuestos más o menos horizontalmente (to-

bas, arenas y grava fluviales, etc.) se encuentran cárcavas de erosión que no presentan señales de que haya existido ya otra forma de valle antes de la propia formación de barrancas (fig. 3.1). Por el contrario, es muy poco frecuente comprobar que las barrancas tienen una forma previa que varía entre las formas de "huevera" y "plato", es decir, que antes de que se formasen las barrancas existía ya un sistema de valles (fig. 3.2).

Mientras que la disposición de barranca en forma inicial de cuna o plato se observa frecuentemente en sitios en donde el subsuelo está formado por capas de toba y tepetate, así como por tobas trasladadas y arenas y grava rica en polvo, una configuración de barranca con forma previa de valle en V se encuentra frecuentemente en lugares en donde en el subsuelo aparecen conglomerados, calizas u otras piedras relativamente resistentes (fig. 3.3). Este es el caso, por ejemplo, en muchos sitios de la región de Valsequillo, así como también en los cerros de Atlixco y el bloque de Tlaxcala. En las Mesas de Terrenate —Atltzayanca la formación de barrancas en los valles grandes se encuentra vinculada a una particularidad geológico-morfológica; en este lugar, en épocas geológicas tempranas, los valles en V se rellenaron algunos metros (10-40 m) con sedimentos fluviales de textura arcilla, arcilla-arenosa y arenosa. En estos lugares pudieron formarse entonces grandes barrancas (fig. 3.4).

También en cuanto a su perfil transversal pueden clasificarse diferentes tipos de barranca:

(1) Barrancas con paredes sobresalientes (en alero) (fig. 4.1). El fondo de la barranca puede estar formado aquí por el material in situ o tener una capa de sedimentación poco fuerte. Este tipo de barrancas está configurado solamente en un material que, dada su estabilidad, favorece una formación vertical e incluso sobresaliente de la pared. Capas muy coherentes pueden tener aquí un significado especial. Las barrancas de sección transversal de este tipo generalmente no son de grandes dimensiones. Su anchura es de algunos metros y su profundidad rara vez sobrepasa los 10 metros. Debe observarse también que tales formas de barranca se encuentran encajadas en el fondo de cárcavas de barrancas más grandes, que por tanto se encuentran aquí diferentes tipos de la barranca encajada entre sí.

(2) Barrancas cuyas paredes están más o menos verticalmente configuradas (fig. 4.2). Sobre todo en los segmentos superiores de las barrancas, o bien en cárcavas laterales de grandes barrancas, las paredes pueden convergir hacia abajo; el suelo mismo puede presentar una capa muy pequeña de sedimentación, lo cual es, sin embargo, muy raras veces el caso debido a los procesos intensos de erosión y a la velocidad de la corriente en presencia de agua (fig. 4. 2. 1). Esencialmente más frecuentes son las barrancas dispuestas en forma de cajón con paredes verticales que, sin embargo, sobresalen también algunas veces a consecuencia de socavadura o pueden también estar menos cortadas a pico debido a desprendimiento del material (fig. 4. 2.

2). Es muy frecuente observar que las barrancas dispuestas en forma de cajón han formado escalones en sus laderas, que la parte superior de la barranca en la sección transversal es esencialmente más ancha que la parte inferior (fig. 4. 2. 3). En muchos casos estos escalones en el perfil de la pendiente están condicionados por las rocas sedimentarias estratificadas. Las barrancas de este tipo tienen frecuentemente pendientes superiores algo allanadas. Esto y el crecimiento de vegetación en la zona superior de la pendiente indican que la formación de la barranca continúa activa solamente en la parte inferior de la cárcava. Casi todas las barrancas presentan pequeños restos de terrazas en las cárcavas. Se encuentran a diferentes alturas y están formados por grava, arenas y polvo fluviales dispuestos en capas. Las terrazas no son continuas ni tienen una altura relativa homogénea sobre el fondo de la barranca. En comparación al material in situ, suelen demolerse muy rápidamente (fig. 4. 2. 4). Mientras que las terrazas formadas por sedimentos de la barranca tienen solamente, en la mayoría de los casos, una altura relativa pequeña —hasta unos cuantos metros en barrancas muy grandes, a veces hasta de 10 metros de altura relativa— las formaciones de terrazas localizadas en rocas in situ presentan otras características. Pueden observarse también a mayor distancia del fondo de la barranca, además discurren generalmente de forma continua sobre largos trechos en cada barranca y su altura relativa es más o menos uniforme. Esta formación de terrazas en materiales in situ, solamente pueden observarse en barrancas muy grandes (fig. 4. 2. 5). Los escalones de terraza pueden estar cubiertos

a veces por una capa de arena y grava fluviales poco fuerte. Por regla general, todas las barrancas tienen en el fondo una capa débil de sedimentos por encima del material del subsuelo. Únicamente en pocos casos —por ejemplo cuando el perfil es especialmente escarpado, o cuando en la región torrencial no surge ningún material que pudiera dar lugar a material arenoso o de tamaño más grueso (cantos) el fondo de la barranca se encuentra libre de sedimentos. Pudo observarse repetidamente que las cárcavas estrechas se encuentran rellenas del todo por sedimentos fluviales, es decir, sedimentos de barranca, y que al lado se ha formado el valle de erosión reciente. Una consecuencia de que las cárcavas se llenen completamente por paredes desprendidas es que la cárcava de erosión se sedimenta totalmente y que al producirse un nuevo corte no se vacía la antigua cárcava, sino que se forma una nueva barranca en torno al material del subsuelo. En estos casos se trata de valles sobrepuestos (fig. 4. 2. 6).

(3) Barrancas cuyas pendientes están ligeramente allanadas. En la mayoría de los casos se trata aquí de barrancas grandes o de barrancas que han continuado formándose muy poco recientemente. Las laderas están cubiertas siempre de vegetación. La formación continúa solamente en algunos pocos sitios en los cuales se producen denudación a consecuencia de la socavadura, del hundimiento o de la caída, del material de la pendiente. Por tanto, las paredes pueden ser aquí verticales (fig. 4. 3. 1). Este tipo de barranca puede presentar en el perfil transversal aplanamientos a manera de terrazas (fig. 4. 3. 2), o también —como ya anteriormente se describió— poseer pequeñas formaciones de terrazas de sedimentos en la parte inferior de la cárcava (fig. 4. 3. 3). Este tipo de barranca tiene siempre sedimentos en el fondo del valle.

(4) La estratificación condiciona una forma especial (fig. 4. 4). La sedimentación alternativa de capas de toba y capas de tepetate origina la formación escalonada del perfil transversal, encontrándose material de tepetate en forma de bloques en cada uno de los aplanamientos. Este tipo de barranca no tiene una extensión longitudinal muy grande; está limitado a laderas cubiertas por toba, y las observaciones llevadas a cabo en el terreno han mostrado que barrancas de este tipo alcanzan, en promedio, sola-

mente una longitud de hasta algunos 100 metros y, en contados casos, uno o varios kilómetros. La anchura de las mismas puede ser de hasta algunos 100 metros.

(5) Barrancas no profundas, o bien, sedimentadas. No es cuestión de discutir aquí hasta qué punto merezca aún la denominación de "barranca" esta forma de barrancas. Aquí se mencionan como complemento. Barrancas en las cuales la profundidad es justamente tal que cuando desciende el agua el río no rebasa las orillas, o sea no se desborda, se encuentran en muchos sitios, pero sobre todo en la parte superior de las barrancas, antes de que éstas se hayan ahondado mucho —por tanto, la mayoría de las veces se trata de canales muy pequeños—, o también en la falta de las laderas en lugares en donde no se dispone de energía para continuar profundizando debido a sedimentación intensa. También pueden encontrarse formas hondonadas planas, las cuales sin embargo se encuentran siempre solamente como formas muy pequeñas, como formas iniciales de futuras formaciones de valles o barrancas (fig. 4. 5. 1). Barrancas rellenas de sedimento, es decir, que forman un abanico aluvial, cuyo lecho se divide en muchos brazos, se encuentran principalmente en las regiones de sedimentación, por ejemplo al nordeste de Huamantla y en la región comprendida entre el Zahuapan, los cerros de Texoloc y la ladera de la Malinche (fig. 4. 5. 2). Generalmente estas barrancas se encuentran guarnecidas con diques con el fin de evitar un desbordamiento mayor, ya que las zonas sedimentadas se localizan en terrenos intensamente cultivados; los diques son conservados por los campesinos para impedir una sedimentación sobre los campos. Sin embargo, en todas partes se observa que se ha sedimentado material arenoso de la barranca a lo largo de los diques, a ambos lados (fig. 4. 5. 3).

(6) Ya se mencionó que en el relleno con sedimentos de los valles en V, al norte y noreste de Huamantla en la serranía, se encuentran formadas barrancas que, por el tipo de material en el que se encuentran enclavadas, se diferencian un poco en su configuración con respecto a las barrancas descritas hasta ahora. Los sedimentos fluviales que rellenan los valles en V son muy arenosos; estas capas arenosas no están solidificadas, por consiguiente se desmoronan fácilmente, condicionando con ello un des-

prendimiento de las capas superiores. Esto tiene como consecuencia el que las paredes de la barranca presenten un aspecto más irregular que el que se conoce en las barrancas configuradas en sedimentos de toba, tepetate y/o sedimentos de grava rica en polvo; además, la roca sólida de la pendiente original y del subsuelo del valle está cortada en muchos sitios; por consiguiente, en este caso se observan paredes de barranca especialmente cortadas a pico o extraordinariamente socavadas y con muchos hoyas, (fig. 3. 4).

(7) Sedimentos terciarios y cuaternarios se encuentran preponderantemente en la zona de Valsequillo, los cuales, en base a sus propiedades físicas diferentes (estabilidad mínima, etc.), manifiestan formas de erosión que se diferencian marcadamente de los tipos de barranca descritos hasta ahora (figs. 4. 6. 1 y 2). En la formación de un arroyo en un material inicial homogéneo se observan, por un lado, formas semejante a una "cuna", y por otro lado formas en V con pendiente más o menos rectilínea o también convexa. Casi en todas las regiones el arroyamiento es muy grande y la densidad de aquella que se conoce en regiones de barrancas los canales de desagüe excede en mucho a propiamente dichas (por ejemplo, laderas de la Malinche). Si el material en el cual se han formado los canales de erosión no es homogéneo, o sea, que se encuentran capas resistentes y menos resistentes en sucesión alternativa, se forma entonces un perfil ligeramente escalonado, mientras que las capas menos resistentes forman siempre en este caso una pendiente ligeramente inclinada —la formación de barrancas en tobas con bancos de tepetate origina un perfil transversal diferente (ver fig. 4. 4).

Distribución de las barrancas en la región de las actividades.

La carta (fig. 5) es un primer bosquejo de representación cartográfica de las formas de valle en la región del Proyecto. En muchos aspectos es incompleta; sin embargo, permite reconocer ya los trazos esenciales de la formación de valles en su distribución espacial. Como base empleó la carta de Regiones Naturales de Tichy (1968); se mantienen, por regla general, la delimitación de las regiones naturales de Tichy; se intentó abarcar para cada una de dichas regiones la forma de valle morfológicamente

decisiva. En este intento resultó que no siempre era posible asignar a las regiones naturales una forma determinada de valle. Por el contrario, resultó que en la mayoría de los casos estas regiones se caracterizan por una combinación de varias formas de valle.

Sin embargo, bajo este aspecto, interesan solamente las barrancas. Enseguida sorprende que en la región de las laderas volcánicas del Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Malinche, cubiertas de toba, se manifiesta una formación de barrancas especialmente homogénea. Principalmente se encuentran aquí barrancas profundamente cortadas, que aparecen como forma única de configuración de valle. La formación de barranca con erosión simultánea areolar o lineal más o menos intensa en las zonas comprendidas entre las barrancas, se encuentra limitada en la región de las laderas volcánicas a algunas zonas, muy pocas, pero que se caracterizan generalmente por las condiciones geológicas del subsuelo (por ejemplo, cráter parasitario con recubrimiento de toba, etc.). Las mismas condiciones en cuanto a la formación de valles presentan, además la cuenca de Atlixco, la región del cerro Totolqueme en San Martín Texmelucan, así como gran parte de la cuenca del Alto Atoyac y de los cerros Pinal Piñón al norte de Acatzingo. Pero también pueden encontrarse barrancas profundas en regiones de erosión del suelo más o menos intensa. Este es el caso en algunas regiones del bloque de Tlaxcala, así como de la meseta de Apizaco, de los cerros a ambos lados del Zahuapan al sur de Tlaxcala, de los cerros de Panzacola al norte de Puebla, en la región de los cerros Pinal — Piñón, de los cerros de Atlixco y de la llanura de Cholula y de la cuenca de Huehuetlán.

Pero por otro lado se encuentran también barrancas profundas en regiones que presentan una formación de valle que ya se encontraba configurada antes de la sedimentación de los materiales porosos en los que más tarde se formaron las barrancas. Se trata de valles en V, valles en forma de cuna y valles dispuestos en cajón. En estas regiones los valles más grandes se encuentran generalmente configurados como valles en V o en hondonada, parcialmente también como valles en cajón, mientras que morfológicamente las barrancas representan tan sólo pequeñas formas de valle. Regiones con una formación de valle en V asociada a barran-

cas más o menos profundas se encuentran en la zona de las mesetas y colinas de Atzitzihuacán y Tepemaxalco al sur del Popocatepetl; barrancas configuradas en cajón se encuentran en la cuenca del Alto Atoyac.

Barrancas muy poco profundas, pero que pueden ensancharse parcialmente por desbordamiento, se encuentran predominantemente en la región de la meseta de Toluca, en la zona más profunda de la ladera de la Malinche al noroeste de Huamantla, en la región del Valle de Vicencio, de la llanura de Ixtiyucan, en la región de Puebla, Amozoc, Tepeaca y Acatzingo, así como Tecamachalco y en la región de la llanura inclinada de Atlixco y de la llanura de Huaquechula, y también al sur de la cordillera Tentzo en la región de la meseta de Huatlauhca.

Barrancas con diques laterales o barrancas que depositan la carga se encuentran en los terrenos bajos y regiones de cuencas, así al sur del bloque de Tlaxcala, en el Valle de Guadalupe al norte de Huamantla, y en la zona de la llanura de Huamantla — Cuapiaxtla. Igualmente en la región de las llanuras de los ríos Atoyac y Zahuapan, de las llanuras y colinas de Huejotzingo y Coronanco y de la llanura de Zacatelco.

Otro tipo de barranca, que se documenta como sistema de cárcava de erosión y que se encuentra formado principalmente en laderas cubiertas de toba, está asociado generalmente a otras formas de barranca o de valle (ver carta). Puede observarse en diferentes lugares como forma morfológicamente decisiva en la formación de valles, así en el Cerrión de Amozoc, en los cerros de Panzacola al norte de Puebla, en la meseta de Acuitlapilco al sur de Tlaxcala, en la zona del cerro Tzitzimitl y en la región de Valsequillo Alto al sur de Puebla.

Observaciones sobre el origen y desarrollo de las barrancas.

La formación de barrancas únicamente es posible si se cumplen dos condiciones previas: (1) El material en el cual se encuentran entalladas las barrancas debe ser de un tipo especial en cuanto a sus condiciones geológicas y petrográficas, y (2) las condiciones climatológicas de la región en la cual se forman las barrancas deben presentar determinadas notas características.

Primera condición: las observaciones en el lugar de las investigaciones muestran que barrancas con paredes verticales o escarpadas se localizan en lugares en donde el subsuelo está compuesto por sedimentos blandos aún no consolidados. Estos sedimentos pueden distinguirse esencialmente unos de otros en cuanto a la clasificación del tamaño. Para la formación de barrancas es favorable que el material tenga un elevado porcentaje de limo. Las capas de toba y de tepetate satisfacen esta condición. Por ello, en los sedimentos de toba y de tepetate que son muy extensos en la región de las investigaciones, se encuentran las barrancas como único tipo de formación de valle. Esto es exacto también para las regiones en las cuales las tobas transportadas forman sedimentos más fuertes, como por ejemplo en la Llanura de Acatzingo o en el Valle de Guadalupe. Por otro lado, en la excavación, transporte de materiales arrancados y sedimentación subsiguiente pueden entremezclarse diversos materiales, (arena, polvo, arcilla) o sedimentarse en capas en alternancia. Debido a las capas de toba muy extensas y frecuentemente fuertes de la zona aquí considerada, todos los sedimentos transportados —en cuanto que se trata de sedimentos fluviales— tienen una cantidad más o menos considerable de cieno. Incluso, por regla general las capas de guijarros y cantos gruesos contienen cieno. Por este motivo en todos los sedimentos mencionados se observa formación de barrancas. Solamente en casos excepcionales las capas fluviales no tienen mezcla de cieno; los sedimentos en la sierra al nordeste de Huamantla, que se encuentran en los valles en V más recientes y en los cuales están entalladas las barrancas, tienen capas de arena pura sin polvo, bien clasificada. Por ello, las paredes de las barrancas en este material son frecuentemente menos escarpadas y se desprenden a menudo.

Segunda condición: Sin embargo, el solo contenido de limo no es decisivo para la formación de barrancas. A ello se añade que los sedimentos ricos en limo se aglutinan muy intensamente en estado seco, de manera que las paredes verticales poseen una estabilidad extraordinariamente grande. Aquí se trata ya de la segunda condición para la formación de barrancas, es decir, de la climatológica. Para la formación de paredes verticales es necesario que el material esté seco, es decir, que las lluvias no sean tan abundantes que ocasionen un

humedecimiento total del subsuelo hasta el nivel del agua. Pero esto solamente es posible cuando —como en la región de las investigaciones— impera un clima semihúmedo, que se caracteriza por los períodos semestrales de lluvias veraniegas y períodos invernales de sequía que se suceden casi de forma continua, prescindiendo del pequeño período de lluvias en la primavera antes de la época de lluvias propiamente dicha. La concentración de las precipitaciones en los pocos meses de la época de lluvias, así como el tipo de precipitaciones, a saber, como chaparrones breves especialmente por la tarde, no son favorables para un humedecimiento intenso y persistente del subsuelo profundo. Pero también la abundante vegetación que surge con la llegada de la época de lluvias consume una gran parte de las precipitaciones; otra más se consume a través de la elevada evaporación que tiene lugar incluso durante la época de lluvias, ya que entre precipitación y evaporación se dan períodos del día con cielo despejado y, naturalmente, con evaporación intensa, o sea evapotranspiración. A esto se añade que en la época de lluvias frecuentemente no se registra ninguna precipitación en varios días, lo cual es igualmente desfavorable para el humedecimiento del suelo.

En el año de 1971 pudo observarse que las precipitaciones pluviales de la "época de lluvias chica", de finales de marzo a principios de abril, tuvieron como consecuencia solamente un humedecimiento por pocas horas de la parte superior del suelo. Morfológicamente fueron ineficaces. Las barrancas mismas no llevaron agua después de chubascos abundantes. Las precipitaciones se rezumaron en el fondo en los sedimentos. Igualmente fueron morfológicamente ineficaces las precipitaciones durante las primeras semanas de la época de lluvias propiamente dicha. Pro supuesto ocasionaron el humedecimiento de algunos centímetros de la parte superior del suelo. Después de aproximadamente 4 semanas, el suelo se había humedecido unos 20 centímetros. La infiltración profunda del agua de lluvia se dificultó entonces generalmente por la formación de horizontes de suelo; casi en todas partes se determina que sobre las capas de toba y de tepetate se encuentra una capa delgada (de aproximadamente 20 — 40 cm.) de material arenoso no aglutinado incluso en estado seco. Esta capa superior del suelo se humedeció rápidamente, pero las tobas que se

encontraban por debajo únicamente permitieron que el agua de las precipitaciones continuáse penetrando sólo muy lentamente. Una porosidad de las tobas para el agua de lluvia —como admite Gierloff-Emden entre otras cosas para la formación de paredes verticales en las barrancas (ver cita)— no pudo observarse en la región de las investigaciones ni en tobas de sedimentación primaria ni en las transportadas. Más bien, las precipitaciones que tienen lugar son evacuadas por la superficie, una vez que el horizonte de suelo arenoso de la parte superior se ha humedecido. Los efectos morfológicos de esto se describen más adelante.

Sin embargo, la humedad relativa del aire aumenta considerablemente durante la época de lluvias. Incluso el aire del suelo tiene una humedad relativa notoriamente más elevada, que no raras veces puede llegar a ser de hasta 100 % en la zona del suelo humedecido; pero también en el suelo que se encuentra inmediatamente por debajo de ésta se determinan valores elevados de la humedad del aire del suelo. En virtud de estos hechos, la humedad del aire del suelo se condensa en el material de éste durante las variaciones diarias de la temperatura, de forma que paulatinamente se verifica una pequeña absorción de humedad también en las capas del suelo que no han sido humedecidas directamente por el agua infiltrada.

El material rico en polvo, en el que se encuentran formadas barrancas, pierde enseguida su estabilidad en cuanto el material está completamente humedecido. Pero también una pequeña absorción de humedad del aire da lugar ya a que la resistencia morfológica (dureza) disminuya rápidamente. Así, por ejemplo, durante la época de sequía fue imposible o muy difícil el introducir con el martillo clavos de señalación en las tobas y tepetates completamente secos. En cambio, durante la época de lluvias los clavos pudieron introducirse en parte con la mano en el material húmedo. Pero también en paredes sobresalientes (en alero) —en este caso se trata de material que no pudo ser humedecido por el agua de lluvia— pudieron introducirse los clavos de manera relativamente fácil, ya que el material había perdido su enorme resistencia morfológica debido a la absorción de humedad del aire durante la época de lluvias.

Sin embargo, durante la época de lluvias se observa también al mismo tiempo que, tras pocas horas de exposición intensa al sol, el material de la superficie se seca completamente y con ello vuelve a adquirir una gran resistencia morfológica. Por tanto, las precipitaciones siguientes no encuentran ningún material reblandecido, sino que encuentran una superficie seca, endurecida; claro está que esto sucede solamente en lugares en donde se encuentra toba o material semejante de toba en la superficie.

Durante la época de sequía no se determinan procesos morfológicos que llevan a la formación de barrancas; sin embargo, tiene lugar una pequeña formación ulterior de las cárcavas de erosión ya existentes.

Con máxima frecuencia se observa que el material fino de las paredes desciende hacia la cárcava de barranca. En este caso se observan entonces pequeños conos de derrubio en el fondo de la barranca (ver fotografía 1). El desprendimiento sucesivo del material en las vertientes tiene lugar generalmente por la acción de los animales, pero también la insolación ejerce una pequeña influencia en esta forma de desprendimiento. El material queda en el fondo de la barranca hasta que es arrastrado por el agua. Durante la época de sequía sólo muy raras veces se desprenden trozos más grandes de las paredes, que ya anteriormente se habían aflojado por grietas y hendiduras pequeñas, y van a dar a la cárcava. Que estos procesos son intrascendentes para la formación de barrancas lo han mostrado muchos pasos de barranca al final de la época de sequía: solamente en raras ocasiones se encontraron masas de material de aproximadamente un m³ y más, que se habían derrumbado durante la época de sequía, y ello generalmente en barrancas especialmente profundas y estrechas.

Con la llegada de la "época de lluvias chica" que puede ocasionar precipitaciones parcialmente abundantes por regiones, se reanudan los procesos morfológicos. Las primeras gotas de lluvia determinan ya que el material que se encontraba muy reblandecido se desprenda de las vertientes y vaya a dar a la cárcava. La fotografía 2 muestra las consecuencias en los derrumbios blandos de una barranca de la primer precipitación pluvial después de la época de sequía. Ahora es también más frecuente el desprendimiento de masas mayores de mate-

rial de las paredes. Sin embargo, estos procesos se encuentran limitados a cárcavas de barrancas pequeñas y estrechas.

Sólo con la llegada de la época de lluvias propiamente dicha o principal puede hablarse de una formación y de un desarrollo ulterior activo y efectivo de barrancas. Los procesos morfológicos ya no están ahora limitados únicamente a las paredes de cárcavas de erosión profundas, sino que también se observan procesos de erosión en regiones con pequeñas irregularidades del relieve, los cuales posteriormente ocasionan con frecuencia una formación de barranca. Pasaremos a describir en primer lugar estos procesos de erosión en terrenos relativamente planos.

Cuando la parte superior blanda del suelo por encima de las capas de toba y de tepetate está completamente húmeda y continúan produciéndose precipitaciones abundantes, tiene lugar también un desagüe en la superficie de las regiones con declive relativamente suave. La corriente de agua puede tener también en estas regiones efectos de erosión importantes a consecuencia de precipitaciones abundantes. Las fotografías 3 a 7 dan una idea de cómo tiene lugar la formación de barrancas. En primer lugar, en los terrenos planos se observa que el agua se recoge en canales superficiales, algo más profundos, y que aquí ya producen erosión —favorecida por la explotación de la agricultura— en forma tal que el material fino es arrastrado por la acción del agua. En la fotografía 3 puede verse como la erosión incipiente (clara en el centro de la fotografía, a la derecha) ha transportado ya el suelo blando, oscuro. Una vez que se ha formado un canal colector para la corriente de agua, se forma entonces rápidamente un canal más profundo. Al mismo tiempo se produce una erosión areolar hacia ambos lados del canal, como lo muestra la fotografía 4. En la fotografía 5 se ve que el suelo oscuro sobre las capas de tepetate, o sea los horizontes compactos de caliche, está totalmente erosionado y que se ha formado un canal de erosión claramente reconocible ahora. En la fotografía 6 puede verse que el canal de erosión ha aumentado notablemente en su anchura; sólo que el material oscuro, transportado, está reunido aquí en un manto más fuerte a la derecha de la fotografía. En el canal de erosión ancho se observa ahora también la formación inicial propia

de barranca, o bien de cárcava; se hace notar en forma de un valle de erosión estrecho, con paredes verticales. Esta cárcava se agranda rápidamente valle abajo (fotografía 7). La anchura y la profundidad aumentan mucho. La antigüedad de la formación de barranca en el ejemplo aquí indicado es reciente; diversos caminos que atravezaban el valle están cortados ahora por la cárcava de erosión; fue necesario obstruir los caminos y ciertamente siempre valle arriba alrededor de la barranca, que se va ensanchando rápidamente debido a erosión regresiva.

En vertientes más escarpadas con mantos fuertes de toba y de tepetate, la formación de barranca tiene lugar generalmente de una manera mucho más súbita (fotografía 8). De esta fotografía puede inferirse que también en este caso precedió valle arriba, en la barranca propiamente dicha, un pequeño valle plano; pero este último es siempre muy corto (máximo unos 100 metros). El ensanchamiento de la barranca no se lleva a cabo aquí directamente por erosión regresiva. La cuenca de recepción del pequeño valle por arriba de la barranca no es lo bastante grande como para llevar suficiente cantidad de agua y elementos de erosión para que tenga lugar una erosión regresiva. El proceso de la formación de barrancas es el siguiente: Las capas de toba y de tepetate están atravezadas por grietas —al menos muy cerca de las paredes verticales—. El agua de lluvia puede penetrar fácilmente a lo largo de estas grietas y desprender los polígonos, que sin embargo en estado seco se conservan aún sólidos (fotografía 9). Esto trae como consecuencia el que se rompan bloques grandes de material y se precipiten en la cárcava, permaneciendo en el fondo (ver fotografía 8). Estos no son transportados valle abajo, sino que con el tiempo el agua que corre por el fondo de la barranca los reblandece completamente y son arrastrados como material fino. Este proceso de regresión de las vertientes puede observarse también en las paredes laterales de las barrancas. Frecuentemente se ha formado un perfil escalonado (fotografía 10) en lugares en los cuales en el perfil se encuentra una sucesión aliernada de capas de toba y de tepetate. Mientras que las tobas después de humedecerse se disgregan muy rápidamente en sedimentos finos, los bancos de tepetate forman escalones a causa de su estabilidad morfológica, los cuales se van

demoliendo poco a poco en su parte frontal. Los bloques de tepetate quedan entonces sobre el escalón inmediato inferior, en donde ya no son transportados más, sino que asimismo se disgregan progresivamente —como se describió para el fondo de la barranca— y son arrastrados como material fino por el agua de las lluvias. A través de este mecanismo de erosión es posible que las barrancas puedan extenderse también hacia los lados muy rápidamente (ver figura 4.4).

La fotografía 11 muestra cómo tienen lugar en detalle los procesos en los escalones. El escalón mismo se forma de la capa dura de tepetate; por debajo se encuentran tobas relativamente poco coherentes, que cuando están húmedas ya no poseen ninguna estabilidad morfológica más. Cuando tienen lugar precipitaciones abundantes, el agua corre sobre la capa dura de tepetate y luego desciende por la pared. En ello arrastra siempre consigo pequeñas cantidades del material de la toba, de manera que finalmente se forma una socavadura de la capa de tepetate, lo cual trae como consecuencia el desprendimiento del tepetate. La fotografía 11 demuestra que la corriente de agua discurre a todo lo ancho del escalón, de manera que éste se va reduciendo al mismo tiempo en todo el lugar. En la fotografía se ve, arriba a la izquierda, que el agua corriente transporta exclusivamente material fino. Únicamente trozos sueltos de toba o de tepetate pequeños permanecen sobre la superficie del escalón hasta que se disgregan por completo. Este proceso de ampliación de las barrancas solamente es posible cuando las precipitaciones tienen lugar a manera de tormentas, ya que sólo entonces el material meteorizado en cuestión puede ser también arrastrado a través del agua corriente laminar (mantos de creciente).

De manera semejante se formaron los escalones en el perfil longitudinal de muchas barrancas pequeñas. También aquí la formación de escalones se lleva a cabo frecuentemente en conexión con horizontes de tepetate (fotografía 12). Por supuesto que durante la época de lluvias el caudal de agua es notablemente más intenso en la barranca después de precipitaciones pluviales, de manera que los procesos de erosión se llevan a cabo aquí más rápidamente que en los escalones no configurados en un valle. A ello se añade que en la época de lluvias el subsuelo de la barranca se encuentra

constantemente húmedo, con lo cual disminuye notoriamente la estabilidad del material. Sin embargo, la cantidad de erosión es menor de lo que generalmente se supone. Se colocaron marcas en muchos sitios a lo largo de algunas barrancas, con el fin de que proporcionaran información sobre la erosión del fondo en el lecho de la barranca y sobre la velocidad de regresión de los escalones. Resultó que prácticamente no tiene lugar ninguna erosión en el fondo si el nivel del lecho de la barranca está formado por una capa endurecida de tepetate. Igualmente la cuantía de erosión es extremadamente pequeña en los escalones en los cuales se concentra el agua con frecuencia y corre con elevada velocidad sobre el material del subsuelo. Los valores de erosión en caso extremo son de 3 a 5 cm para el período comprendido desde principios de mayo hasta finales de agosto de 1971. En la figura 7 se indican los valores de erosión en el área de un escalón para el período antes mencionado; la fotografía 13 muestra el mismo punto en la barranca. Se trata de una barranca en la cual solamente se transportan sedimentos finos y arenosos; por tanto aquí no se dispone de cantos grandes como elementos de erosión. El agua corriente produce una erosión continua, pero que debido a sus valores mínimos para las barrancas no proporciona ninguna aclaración a la rápida formación ulterior de las barrancas. Otro tipo de procesos son morfológicamente significativos para la formación de barrancas, a saber, la caída brusca de trozos mayores en los escalones y en las paredes. Aún cuando en el área de todos los lugares marcados únicamente en una sola pared —pero no en los diez escalones marcados— pudo observarse y ponerse de manifiesto el desprendimiento de grandes masas de material, sin embargo los resultados de la investigación permiten reconocer que tales procesos son los principales en la formación de barrancas. Además, las numerosas observaciones llevadas a cabo en las barrancas manifiestan igualmente que durante la época de lluvias se precipitan en las cárcavas por todas partes grandes masas de material. En ello puede suceder que el material desprendido llene por completo la estrecha cárcava de barranca y que el agua tenga que tallar luego un nuevo valle de erosión. Valle arriba se depositan sedimentos en la barranca por delante del lugar cegado, que en caso extremo pueden llegar a cegar por completo la barranca, como lo

demuestran algunas observaciones (figura 4. 2. 6). Sin embargo, frecuentemente el material desprendido da lugar tan sólo a una acumulación de guijarros y cantos gruesos en la barranca, que posteriormente son arrasados por completo o quedan reducidos a unos cuantos restos, que se documentan como terrazas pequeñas (fotografía 14).

El desprendimiento del material en las paredes escarpadas o verticales deja de nuevo igualmente paredes escarpadas o verticales. Solamente a través de esto es posible que la barranca conserve su forma característica (perfil transversal). Las causas de esto son las siguientes: incluso en la época de lluvias solamente el fondo de la barranca está húmedo, las paredes en cambio están siempre secas, si se prescinde de un humedecimiento ocasional de la superficie de las mismas en algunos sitios durante las lluvias. Sin embargo, este humedecimiento está siempre limitado solamente a la superficie y no penetra profundamente en el material (figura 8). Las paredes de la barranca tampoco pierden por esto su dureza y estabilidad durante la época de lluvias. En el fondo de la barranca, por el contrario, la erosión lateral puede producir una socavación de las paredes debido al humedecimiento continuo (figuras 8 y 9 y fotografía 15). Como consecuencia de la socavación se produce el desprendimiento de las paredes. Especialmente impresionante es el desprendimiento en placas del material en las fuertes tobas de la ladera oriental del Iztaccíhuatl (fotografía 16).

La erosión (excavación) de las tobas de barranca en el fondo se lleva a cabo de muy diferente manera, pero sin embargo en este proceso pueden indicarse también ciertas regularidades. La excavación está limitada al fondo del valle de las barrancas y a las secciones inferiores de las paredes (socavadura); la erosión del fondo se presenta solamente en lugares en donde el lecho de la barranca no se encuentra cubierto por sedimentos. Este es generalmente el caso en el curso superior de las barrancas. En el curso medio de las mismas el suelo de éstas se encuentra cubierto generalmente por sedimentos que son sólo en parte transportados cuando corre el agua, sin embargo raras veces hasta el material in situ. Por ello, solamente en casos contados se produce aquí una erosión del fondo del lecho de la barranca a través de

la excavación, y cuando tiene lugar se trata de una erosión mínima. La erosión lateral, que ocasiona la socavación de las paredes, se presenta tanto en el curso medio como en el curso inferior. La erosión del fondo, por el contrario, se substituye en el curso inferior frecuentemente por una acumulación intensa de los sedimentos transportados por el agua. La erosión del fondo de las barrancas está limitada, por tanto, en lo esencial al curso superior de las mismas; aquí se produce como erosión regresiva. Por este motivo, la profundidad de las cárcavas de barranca es máxima también en el curso superior y medio, o mejor dicho: allí en donde la erosión en el fondo es substituída por una sedimentación pequeña.

Pero la erosión del fondo en el curso medio y curso inferior puede aumentarse también nuevamente, si la base de erosión local disminuye. Entonces tiene lugar nuevamente la erosión regresiva. Consecuencia de esto es que frecuentemente se talla una nueva cárcava más estrecha en la antigua cárcava de barranca. Si este proceso se repite varias veces, se reflejan los procesos de erosión en un perfil transversal que presenta terrazas claramente configuradas en el material in situ. No se conocen exactamente las causas de los cambios de los niveles de base locales. Seguramente desempeñan un papel los movimientos tectónicos recientes, pero también debe pensarse en un cambio de dinamismo del agua que corre por las barrancas, y respectivamente del poder de erosión y de transporte; esto último puede ser fácilmente motivado por breves variaciones de los elementos climatológicos (especialmente de las precipitaciones). Finalmente, las condiciones de erosión y de acumulación de las barrancas se encuentran en un equilibrio inestable, en otras palabras: unos años con precipitaciones intensas y además concentradas producen reiteradamente erosión del fondo incluso en el curso medio de una barranca; por otro lado, un desagüe notorio en el curso inferior de la barranca puede ser responsable de que la corriente excave parte de los sedimentos acumulados anteriormente; esto ocasiona un incremento de los gradientes de las corrientes y un aumento de la erosión regresiva.

SOBRE LA EDAD DE LAS BARRANCAS.

Las barrancas presentan una gran diversidad en cuanto a longitud, anchura y profundidad, así como respecto a la disposición geoló-

gico-petrográfica del subsuelo en el cual se encuentran entalladas, y también en cuanto a los elementos del mecanismo de formación. Por ello, la respuesta a la cuestión sobre la edad de las formaciones de las barrancas es muy difícil. A esto se añade que tampoco se conoce con exactitud la edad de las rocas sedimentarias en las regiones de formación de barrancas. Sin embargo, pasaremos a describir brevemente algunas observaciones llevadas a cabo en los terrenos y que pueden proporcionar algunos datos para poner en un orden cronológico la formación de las barrancas.

Las grandes barrancas en las faldas de los volcanes Popocatépetl, Iztaccíhuatl y Malinche, que frecuentemente tienen una longitud hasta más de 15 km. y que pueden tener una profundidad de hasta 100 metros y más, son las barrancas más antiguas en cuanto a su formación. En ellas la formación de barranca se inició al pie de las faldas y se ensanchó valle arriba progresivamente a causa de la erosión regresiva. Las secciones superiores de las barrancas son aquí las más recientes y actualmente son también las partes que continúan formándose con más intensidad. La disposición de los sedimentos en los cuales se han formado aquí las barrancas, proporcionan información sobre la edad máxima de las barrancas.

H. E. Malde y V. Steen — McIntyre han elaborado un orden cronológico de las cenizas volcánicas de la ladera occidental de la Malinche. Algunas investigaciones llevadas a cabo en otras regiones han aportado observaciones complementarias y hallazgos de carbón vegetal en lugares estratigráficamente importantes; actualmente se lleva a cabo la evaluación mineralógica, así como la determinación de la edad por carbono 14; pero los resultados aún no se encuentran disponibles y por ello deben tomarse en este punto los perfiles de los dos autores arriba mencionados (fig. 10). Los perfiles presentan una alternancia repetida de diferentes sedimentos, predominantemente volcánicos, así como de suelos fósiles. En el terreno se reconoce que una gran parte de esos sedimentos han sido transportados por las aguas y que la formación de las barrancas tuvo lugar sólo una vez que la sedimentación en las laderas hubo más o menos concluido. Pero esto significa que la edad de la sedimentación superior, es decir de la más reciente, puede ser al mismo tiempo la edad má-

xima de la formación de barrancas. En la ladera oeste de la Malinche, por consiguiente en regiones situadas a más de 2500 mts. sobre el nivel del mar, la formación de barrancas aconteció hace menos de 8000 años. Dado que pueden seguirse perfectamente ladera abajo diferentes estratos característicos en los sedimentos y también suelos fósiles, puede suponerse —cuando estas observaciones se refieren a la formación de barrancas— que en las zonas más bajas de la ladera tampoco tuvo lugar antes la formación de barrancas; por otro lado, debe deducirse de aquí que las formaciones de barranca en las zonas superiores de la ladera son esencialmente más recientes. Por tanto, las grandes barrancas son formaciones del postpleistoceno.

En una longitud de barranca de 16 km y una edad supuesta para la formación de aproximadamente 8000 años, resulta una velocidad de erosión regresiva de aproximadamente 2 metros por año. Este es un valor muy elevado, pero si se tiene en cuenta que aquí se trata de barrancas extremadamente grandes con desagües abundantes, dicho valor debe considerarse como absolutamente real, en comparación con las observaciones y mediciones llevadas a cabo en barrancas y cárcavas de erosión esencialmente más pequeñas. Ya tan sólo el hecho de que en muchas barrancas grandes se encuentren formadas terrazas demuestra que en estos valores se trata de valores promedio, que no deben referirse en particular a secciones determinadas de cárcavas de barranca; estas terrazas mismas son prueba de una erosión, que no transcurrió uniformemente en espacio y tiempo, sino que abarcó fases de erosión mayores y menores. Tampoco deben asociarse con los valores promedio de erosión arriba indicados los relleños de las cárcavas de barranca completas que se observan frecuentemente, y las traslocaciones de las barrancas condicionadas a través de esto, que pueden demostrarse también para el período post-colombiano por medio de documentos, etc.; en tales casos la erosión puede sobrepasar en mucho los valores generales de erosión.

Sobre la edad de las numerosas barrancas que se encuentran en las laderas cubiertas de toba y tapetate en la estrecha región de la cuenca de Puebla — Tlaxcala solamente se podrán elaborar datos aproximados cuando las formaciones de tepetate que son cortadas por las ba-

rrancas puedan situarse en un orden cronológico. Sin embargo, de una manera muy general puede decirse que aquí la formación de barrancas es muy reciente y que se encuentra en estrecha relación, o bien parcialmente en directa dependencia, de la explotación agrícola de la región respectiva. Es sorprendente que frecuentemente la formación de barrancas se llevó a cabo siguiendo el curso de caminos antiguos o que caminos, que hasta hace pocos años eran aun transitables, actualmente se encuentran cortados por los brazos de barranca que se van extendiendo. La formación de barrancas es aquí reciente, y una gran parte de las cárcavas de erosión—incluso de las más grandes, de varios kilómetros de longitud— no parece tener una edad mayor de unos siglos.

OBSERVACIONES FINALES.

Las barrancas manifiestan, en parte, notorias diferencias en cuanto a forma, mecanismo de formación y edad. Una consideración exacta de las barrancas muestra que ya una, ya otra característica o una combinación de varias notas determinan la forma de barranca. Por eso es muy difícil dar una definición del concepto de barranca. Una distinción entre "barranca" por un lado, como "cárcava o zanja abierta en el suelo por acción del agua" y "barranco" por otro lado, como "quebra profunda que hacen en el terreno las corrientes de agua"—como la propone Soto Mora— la considero en muchos casos apenas posible. Igualmente debe consi-

derarse que el concepto de "barranca" o "barranco" se encuentra frecuentemente en relación completamente distinta en la literatura; así se lee por ejemplo en Derruau (1966, p.311), que en los flancos de los volcanes "alternan las coladas fangosas y los barrancos, surcos que acanalaban el cono...". Sin embargo, el concepto geomorfológico de barranca debe estar limitado a formas de erosión que presenten las siguientes notas características:

(1) Una formación en sedimentos blandos, que debido a sus características sedimentológicas y a las condiciones climatológicas, presentan una gran estabilidad;

(2) Paredes laterales más o menos verticales, que por socavadura se van desplazando de manera regresiva paralelamente a sí mismas;

(3) Prolongación y ahondamiento principalmente por erosión regresiva;

(4) Un mecanismo de formación dirigido por (a) mantos de creciente debidos a tormentas, (b) corrientes de agua o (c) acción conjunta de los procesos mencionados en (a) y (b).

El concepto "barranca" en sentido estricto no debería emplearse para un arroyamiento, como se encuentra en los llamados "badlands" (malpaís). (1)

(1) Traducción: Lic. Hermilo Boeta Saldierna, Puebla.

BIBLIOGRAFIA .

- Büdel, J. 1971**
Das natürliche System der Geomorphologie.— Würzburger Geogr. Arbeiten, H. 34, Würzburg 1971.
- Derruau, M. 1966**
Geomorfología.— Barcelona 1966.
- Emmons, W. H., Allison, I. S., Stauffer, C. R. & Thiel, G. A. 1965**
Geología; Principios y Procesos.— New York, Toronto, London, Sydney 1965.
- Gierloff-Emden, H. G. 1970**
México, eine Landeskunde.— Berlin 1970.
- Heald, W. F. 1958**
How deep are those Mexican barrancos? — Pacific discovery. Vol. 11. Nr. 5. P. 22 — 27.
- Jáuregui, E. O. 1968**
Mesoclima de la Región Puebla — Tlaxcala — Instituto de Geografía, UNAM, México 1968.
- Jáuregui, E. O. 1970**
La erosión hidráulica y eólica en México y sus efectos en las estructuras hidráulicas y en los núcleos de población. — Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Vol. III, México 1970. P. 39 — 60.
- Malde, H. E.**
La Malinche Volcanic Ash Stratigraphy. — Manuscrito.
- Malde, H. E. 1965**
Pyroclastic Layers at Valsequillo Early Man Sites, Puebla Valley, México. — International Association for Quaternary Research (INQUA), VII International Congress, Boulder and Denver, Colorado, August 30 — September 5, 1965, Abstracts, p. 316.
- Malde, H. E. 1968**
Volcanic Ash Stratigraphy at Valsequillo Archaeologic sites and La Malinche Volcano, Puebla, México. — The Geological Society of America and Associated Societies. Program with Abstracts of the 1968 Annual Meetings, México City, México.
- Soto Mora, C. 1965.**
Vocabulario Geomorfológico. — UNAM, México 1965.
- Steen-McIntyre, V.**
Petrography of Selected Late Quaternary Pyroclastic Deposits at La Malinche Volcano, State of Puebla, México. — Manuscrito.
- Steen-McIntyre, V. 1968**
Petrography of Some Late Quaternary Pyroclastic Deposits at La Malinche and Valsequillo Early Man Sites, Puebla, México. — The Geological Society of America and Associated Societies. Program with Abstracts of the 1968 Annual Meetings, Mexico City, Mexico.
- Tamayo, J. L. 1962**
Geografía General de México. — Tomos I, II, III y IV. 2ª edición, México 1962.
- Tichy, F. 1968**
Das Hochbecken von Puebla—Tlaxcala und seine Umgebung. — El Proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica. Vol. I. Informe sobre los Trabajos Iniciados y Proyectoados. Wiesbaden 1968. P. 6 — 26.
- Wertz, J. B. 1970**
The Start of an Ephemeral Stream.— Annales de Géomorphologie, N. F., Vol. 14, Berlin 1970. P. 96 — 102.
- Yarza, L. E. 1948**
Los Volcanes de México. — Ediciones de la Soc. Mexicana de Geografía y Estadística. México 1948.

Fig. 1: Proyección horizontal

Fig. 2: Perfil longitudinal

Fig. 3: Perfil transversal

Fig. 4: Perfil transversal

Fig. 5: Las formas del valle en la zona de Puebla

1 —Barrancas muy profundas

1A—igual 1, pero con una erosión más grande en la región entre las barrancas

1D—valles en V y barrancas muy profundas; los valles en V son en general las formas más viejas

2 —barrancas poco y no cortadas

2A—igual 2, pero con una erosión más grande en la región entre las barrancas

2B—igual 2, pero con surcos pequeños en la región entre las barrancas

2C—igual 2, pero con canales pequeños de erosión en la región entre las barrancas

3 —"Barrancas" acumuladas

3B—igual 3, pero con pequeños surcos de erosión en las regiones más elevadas

3C—igual 3, pero con pequeños canales de erosión en las regiones más elevadas

4 —Grande erosión lineal y aerolar

4C—igual 4, pero pequeños canales de erosión que son característicos (erosión lineal)

4C/D—igual 4C, pero pequeños valles en V se forman con el macro—relieve

4D—igual 4, pero pequeños valles en V se forman con el macro—relieve

4E—igual 4, pero pequeños valles en forma de cajón se forman con el macro—relieve

5 —Pequeños canales de erosión (erosión lineal)

5D—igual 5, pero valles en V se forman con el macro—relieve

6 —Erosión en forma de surcos (erosión lineal y aerolar)

7 —Formaciones de valles paralelos en V en vertientes muy inclinadas

8 —Arroyamiento en forma de V en vertientes muy inclinadas

9 —Planas terrazas en la región del río Nexapa

10 —Relieve en la región de pedregales más recientes

11 —Relieve montañoso, formado en parte por la glaciación del pleistoceno

12 —Cuenca de sedimentos, los ríos tienen diques a los lados

13 —Valles en forma de huevera

14 —Valles en V

15 —Valles en V con un fondo plano

16 —igual 15, pero con terrazas

17 —Valle en V lleno con sedimentos y después se formó una barranca entre los sedimentos

18 —Valle en forma de cajón

19 —igual 18, pero con terrazas

20 —Fósil valle en forma de cajón

21 —Cráter de un volcán

22 —Cerro sin formación de valle

23 —Río

24 —Lago

Fig. 6: Regiones naturales

- A 1—Las faldas del Tláloc y del Telapón
 2—Meseta y Cerros de Nanacamilpa
 3—Meseta y Cerros de Españita
 4—Meseta de Hueyotlipan
 5—Meseta de Xaltocan
 6—Fosso de La Retama
 7—Cerro Totolqueme
 8—Colinas de Ixtacuixtla
 9—Los Cerros Blancos
 10—Valle del Río Totolac
 11—Iztaccíhuatl
 12—Popocatépetl
 13—Las faldas superiores de los volcanes
 14—Las faldas inferiores de los volcanes
 15—C. Mendocinas y S. Jerónimo
 16—C. Tecajete y C. Zapotecas
 17—Pedregal de Nealtican
 18—Las faldas inferiores del Popocatépetl
 19—Pedregal de Tochimilco
 20—Mesetas de Tochimizolco
 21—Cuenca de Tochimilco
 22—Pedregal de Tejupa
- B 1—Llanura de Muñoz
 2—Cerro Cuaxapo
 3—Meseta de Toluca
 4—Meseta de Apizaco
 5—Cerros S. Andrés y Teacalco
 6—Cerro Quimicho
 7—Valle de Guadalupe
 8—Llanura de Huamantla—Cuapixtla
 9—Llanura de Ixtiyucan
 10—Llanos y Lagunas
- C 1—Cerros de Terenate
 2—Mesas de Terenate — Atlt zayanca
 3—Valle y Laguna de Vicencio
- D 1—Cuenca del alto Atoyac
 2—Llanura de los Ríos Atoyac y Zahuapan
 3—Colinas y Llanuras de Tecuexcomac
 4—Valle del Río Zahuapan
 5—C. San Bartolo
 6—Cerros de Nativitas o Xochitecatl
 7—Cerros de Texoloc o Zompitcatl
 8—Meseta de Acuitlapilco
 9—Llanura de Zacatelco
 10—Llanuras y Colinas de Huejotzingo y Coronaco
 11—Valle del Río Atoyac
 12—Llanura de Cholula

El Bloque de Tlaxcala

- E 1—La Malinche
 2—Cerros Cuatlapanga
 3—Las faldas de la Malinche
 4—Cerros de Panzacola
 5—Cerros y Llanura de Puebla
 6—Cerros y Llanura de Amozoc
 7—Llanura inclinada de Tepatlaxco
- F —Los Cerros Pinal — Piñón
- G 1—Valsequillo alto
 2—Valsequillo bajo
- H —Serrijón de Amozoc
- J 1—Cerros de Cuautla
 2—Meseta de Cuautinchan y Tianguismanalco
- K 1—Llanura de Tepeaca
 2—Llanura de Acatzingo
 3—Meseta de Tecali
 4—Cuenca de Atoyatempan
 5—Llanura de Tecamachalco
- L 1—Mesetas y Colinas de Atzitzihuacan y Tepemaxalco
- M 1—Cerros de Atlixco
 2—Cuenca superior de Atlixco
 3—Cuenca de Atlixco
 4—Llanura inclinada de Atlixco
 5—Valle del Río Nexapa
 6—Llanura de Huaquechula
 7—Cerros del Organal
 8—Llanura de Tepeojuma
- N 1—Cerro Tzitzimitl
 2—Colinas de Valsequillo bajo
 3—Cerro Zoapiltepec
 4—Los Cerros de Atlixco
 5—Cordillera Tentzo
 6—Valle del Río Atoyac
- O 1—Cerro de Tochtepec
- P —Cuenca de Huehuetlán
- Q —Meseta de Huatlatlahuca
- R —Llanura de Molcaxac

Fig. 7: La cantidad de la erosión en un escalón de la barranca.

Fig. 8: Barranca después de una tormenta. La figura muestra un escalón al este de Texoloc. La corriente de agua cae sobre un escalón (1), que está formado por una capa dura. En la orilla al fondo

de la barranca el material está húmedo (2); el límite húmedo/seco se puede distinguir fácilmente (3). El material de las paredes de la barranca está seco (4). Más arriba el material está húmedo por la filtración y desnivel que toma el agua hacia la barranca (5). Solamente cuando la corriente es muy grande hay una erosión lateral (socavadura de las paredes) (6). El bloque de toba en el fondo no ha sido transportado por la corriente durante el período de las observaciones.

Fig. 9: Socavadura de las paredes de toba de una barranca cerca de Huejotzingo al lado del Iztaccíhuatl. La figura muestra el estado al fin del período seco (marzo 1971). A pesar de la socavadura muy grande no se desprendía material durante el período seco. La socavadura así como el desprendimiento de toba más arriba tienen lugar durante el período húmedo.

Fig. 10: La Malinche Volcanic Ash Stratigraphy (según H. E. MALDE).

Fotografía 1: Reciente erosión durante la última temporada árida. Material fino que resbala por las vertientes formando pequeños conos.

Fotografía 2: Erosión en los derubios blandos después de la primer precipitación pluvial.

Fotografía 3: La erosión principia (clara en el centro de la fotografía).

Fotografía 4: La erosión ha erosionado el suelo flojo obscuro en algunas partes totalmente. Un surco de erosión va del auto hacia abajo.

Fotografía 5: El suelo está totalmente erosionado y se ha formado un canal de erosión.

Fotografía 6: El canal de erosión aumentó en una pequeña barranca.

Fotografía 7: La barranca aumenta más en su profundidad que en lo ancho de la misma barranca. Se puede ver a la izquierda el suelo obscuro sin erosión.

Fotografía 8: El principio de una barranca en una vertiente más inclinada (Cerro Jerónimo al Norte de Puebla) en capas de toba y tepetate. La barranca principia en un surco; la barranca es la forma morfológica más reciente. En el fondo de la barranca se pueden ver los grandes bloques de toba y tepetate que cayeron desde la parte más alta. Los bloques no ruedan por lo cual se convierten en polvo y es transportado por el agua.

Fotografía 9: Los desprendimientos del material en la vertiente de la barranca. Se pueden ver bien por la influencia de las capas coherentes sobre los procesos de la erosión.

Fotografía 10: La erosión en caso de la alternación de las capas de toba y tepetate. El relieve se va formando por una escalinata. Las capas de toba son erosionadas poco a poco; el tepetate se desprende y se queda como pequeños bloques en la superficie de las capas de tepetate.

Fotografía 11: La barranca principia en el cerro Jerónimo. La formación de la barranca aquí tiene lugar en relación con el horizonte duro del tepetate. Los vestigios de la erosión aréolar se ven alrededor de la barranca. El material de toba abajo la capa de tepetate es erosionado por la corriente del agua y el tepetate se desprende.

Fotografía 12: Formación de un escalón en una barranca cerca de Tlaxcala en relación con un horizonte de tepetate. En el fondo de la barranca se encuentra solamente depósitos de arena muy delgada (los sedimentos transitan). No hay sedimentos gruesos en la barranca.

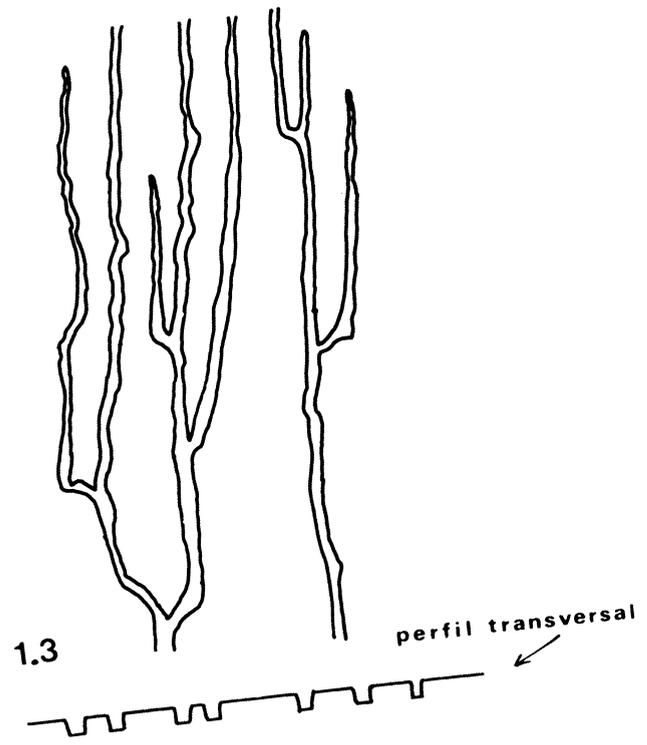
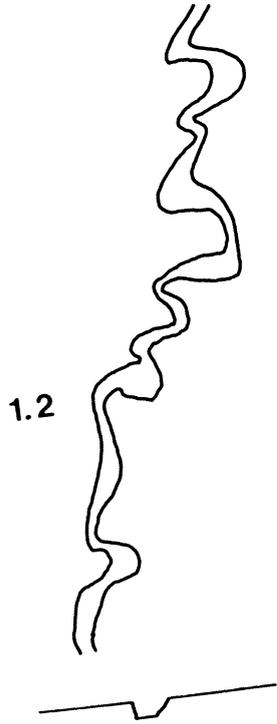
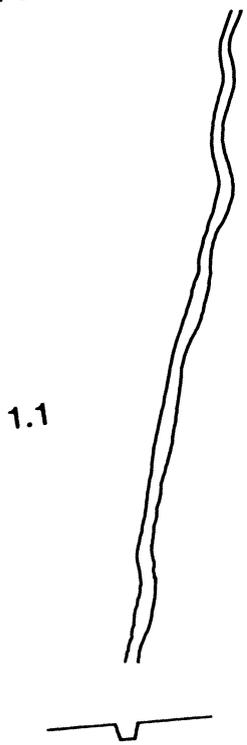
Fotografía 13: El mismo escalón de la fotografía 12. La erosión regresiva es muy lenta (véase figura 7).

Fotografía 14: Barranca con pequeños restos de terrazas.

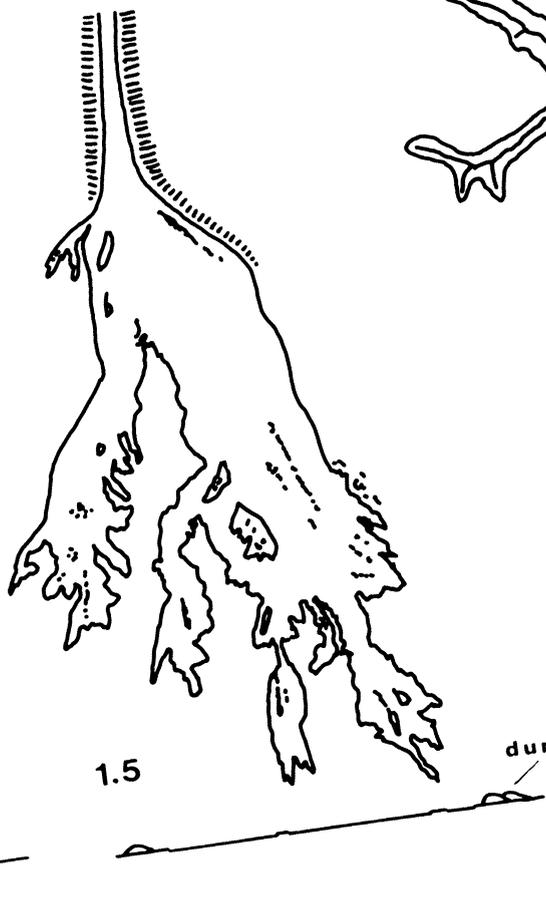
Fotografía 15: Un cañón de la barranca con paredes verticales. En la parte inferior se puede ver los vestigios de la erosión lateral.

Fotografía 16: Desprendimiento en placas de toba en las paredes de una barranca.

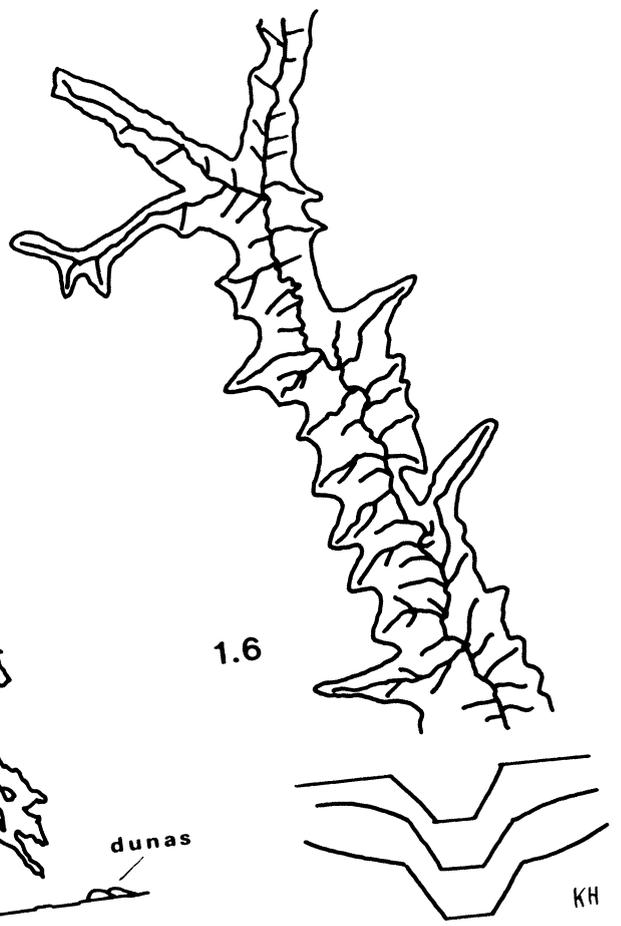
FIG.1: PROYECCION HORIZONTAL



perfil transversal

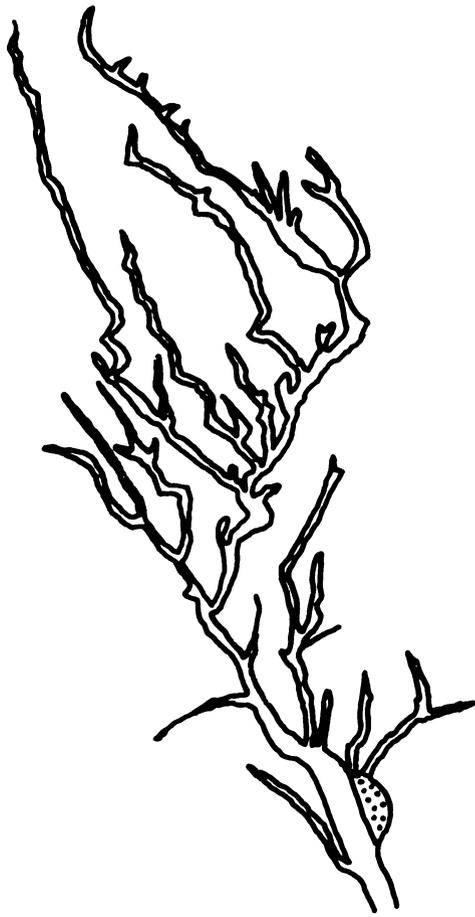


dunas



KH

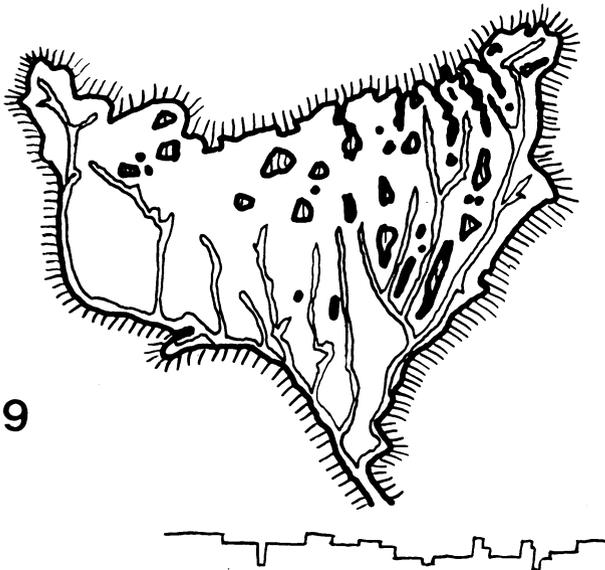
1.7



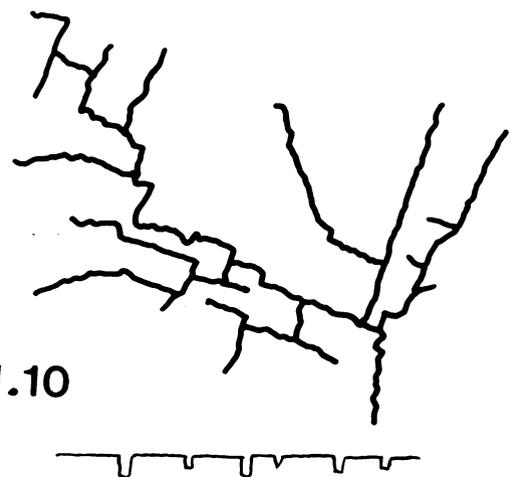
1.8



1.9



1.10



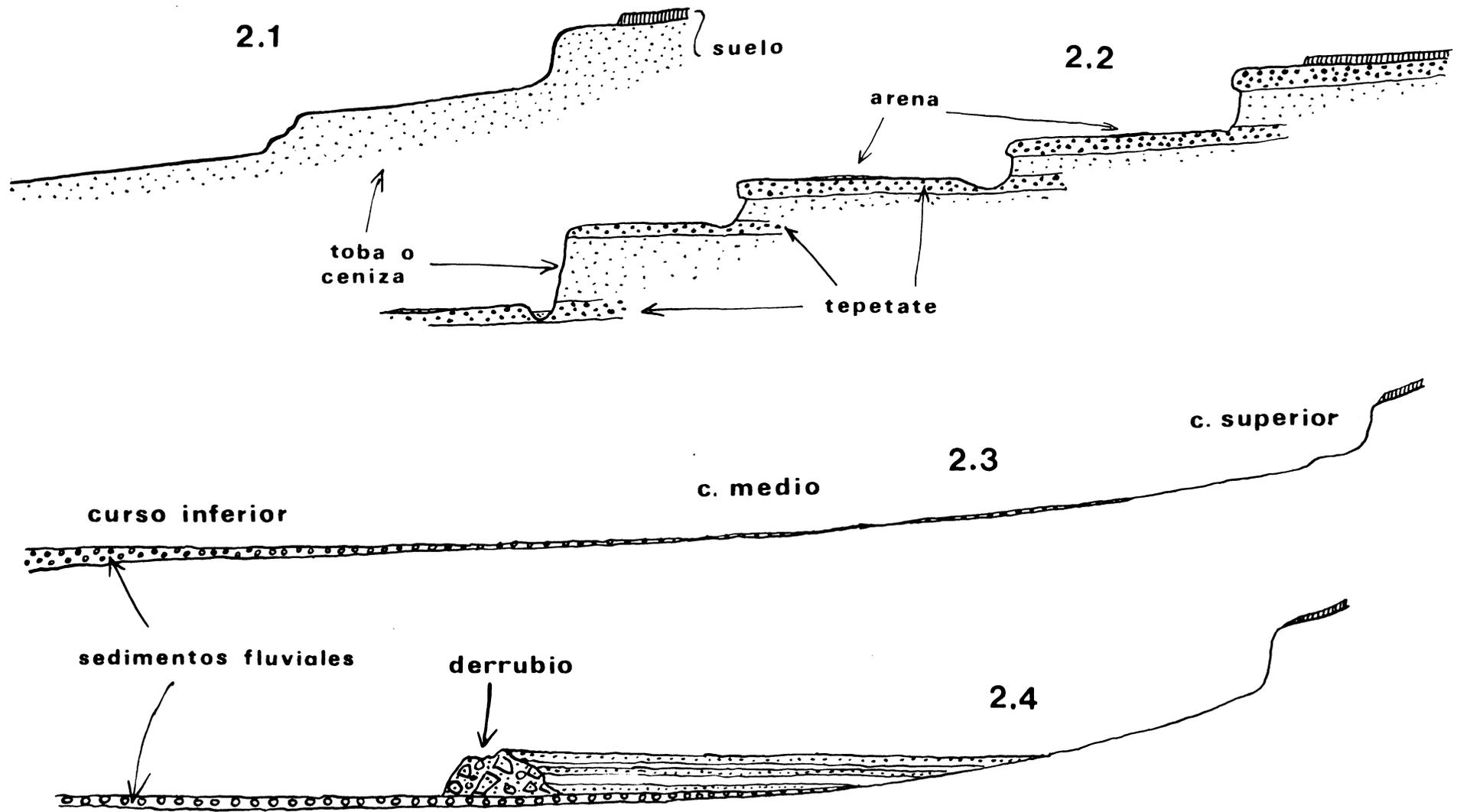
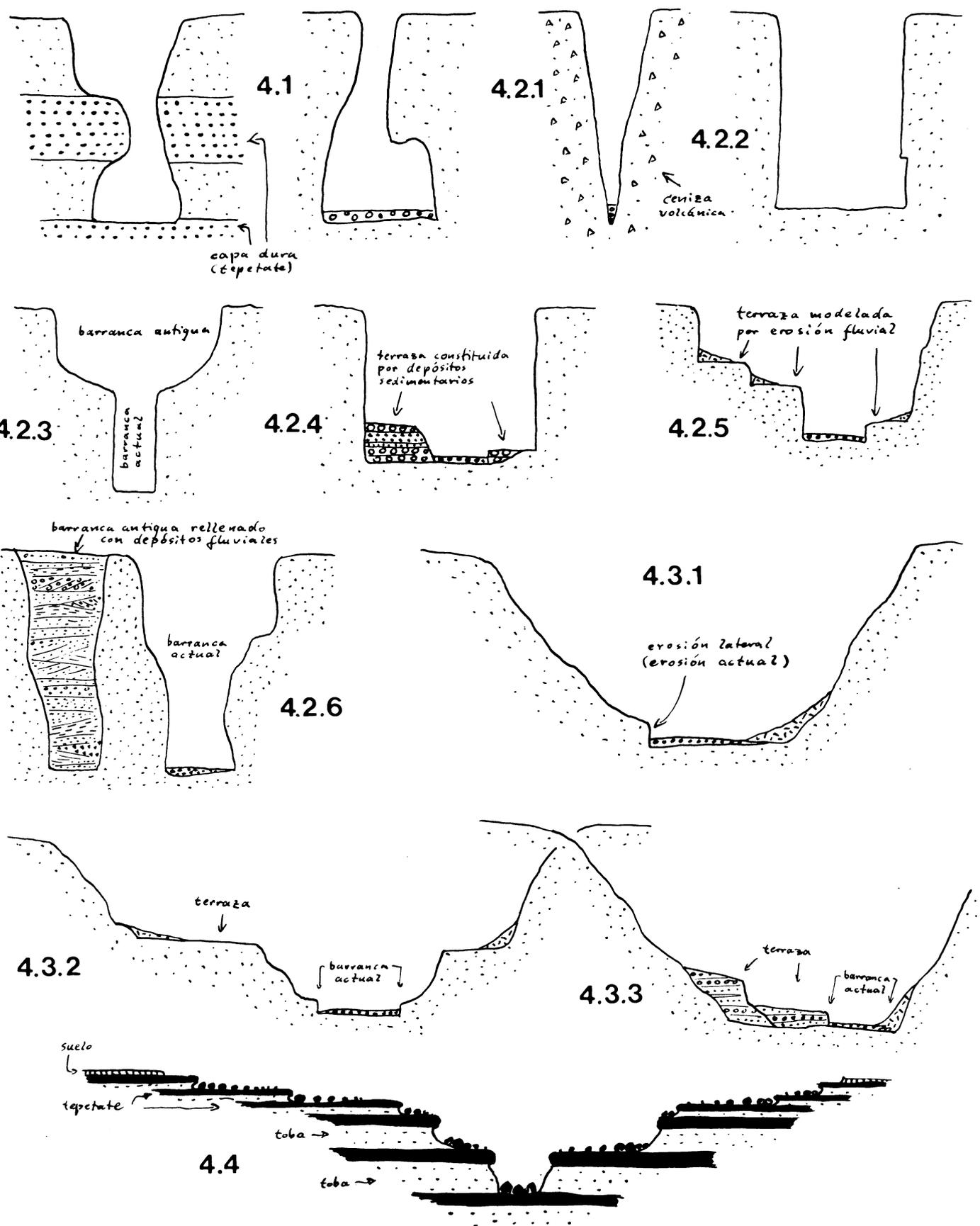
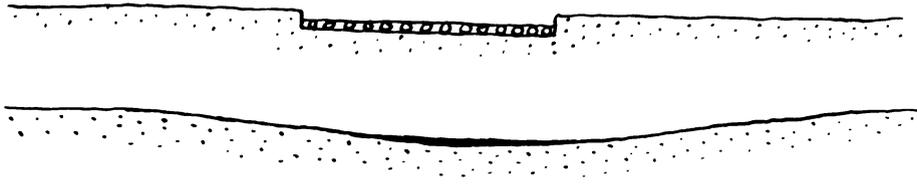


FIG.2: PERFIL LONGITUDINAL

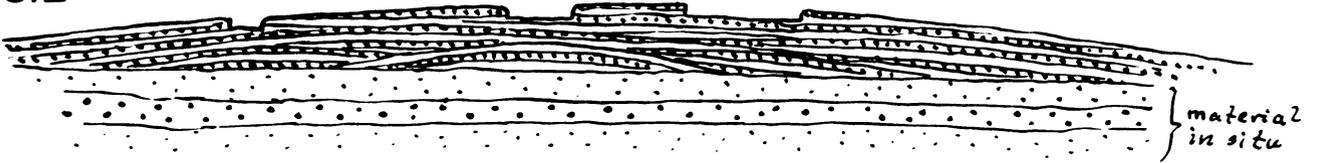
FIG. 4: PERFIL TRANSVERSAL



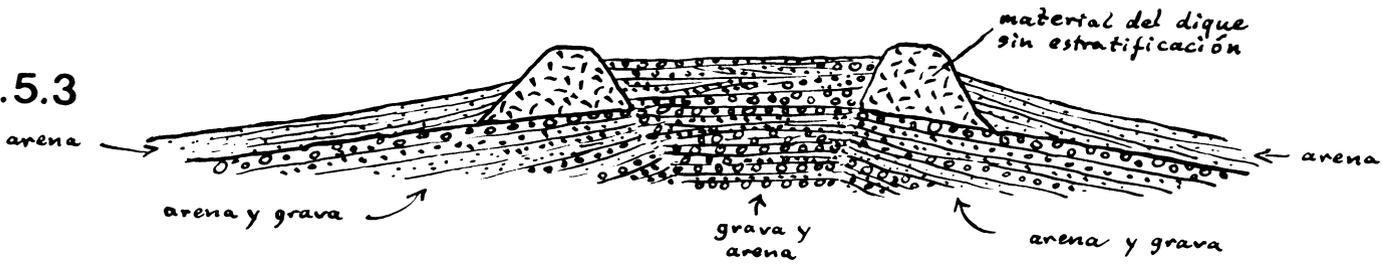
4.5.1



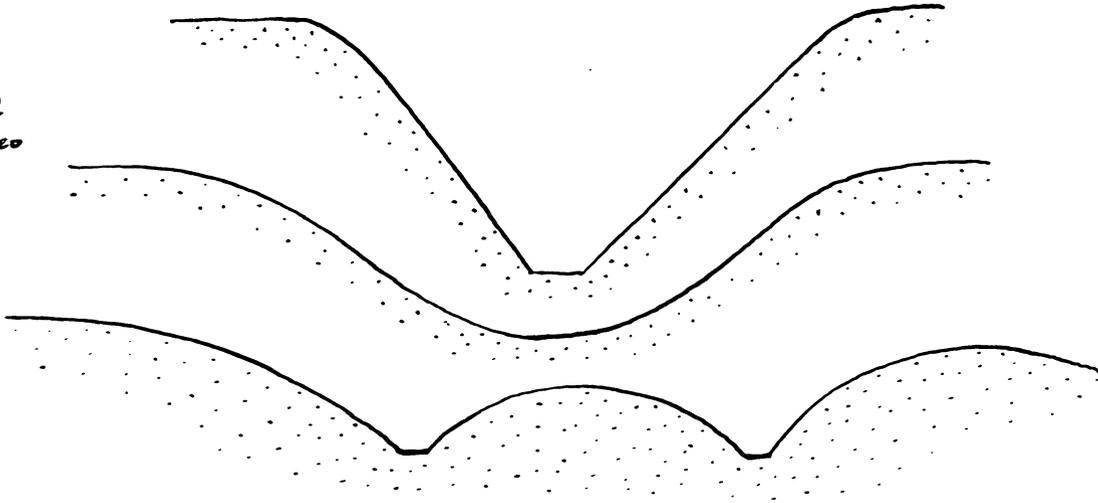
4.5.2



4.5.3

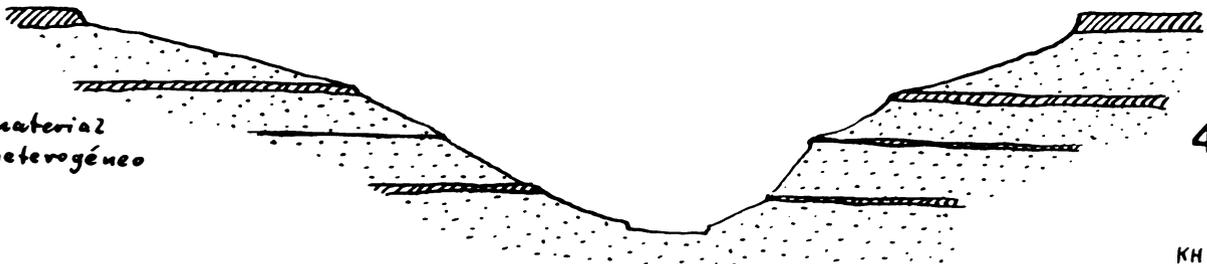


material homogéneo



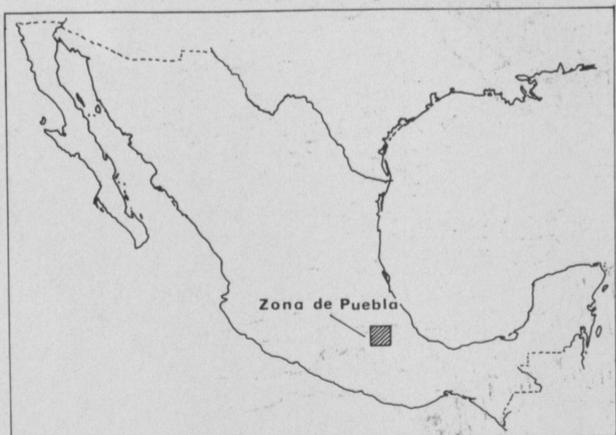
4.6.1

material heterogéneo

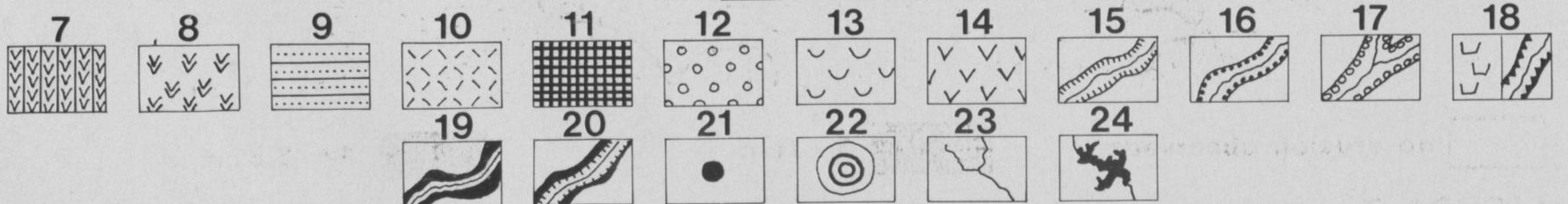
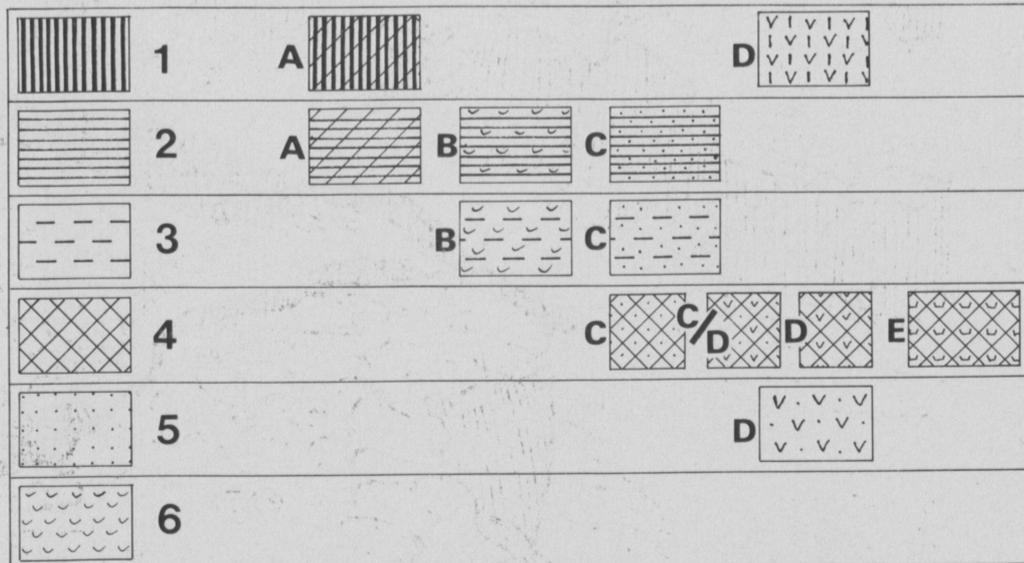


4.6.2

FIG. 5: LAS FORMAS DEL VALLE EN LA ZONA DE PUEBLA

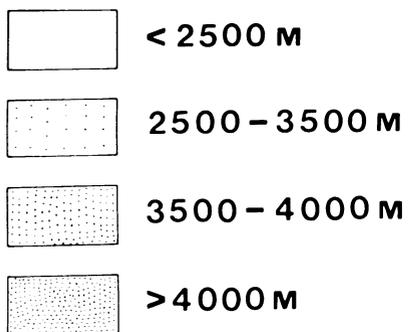
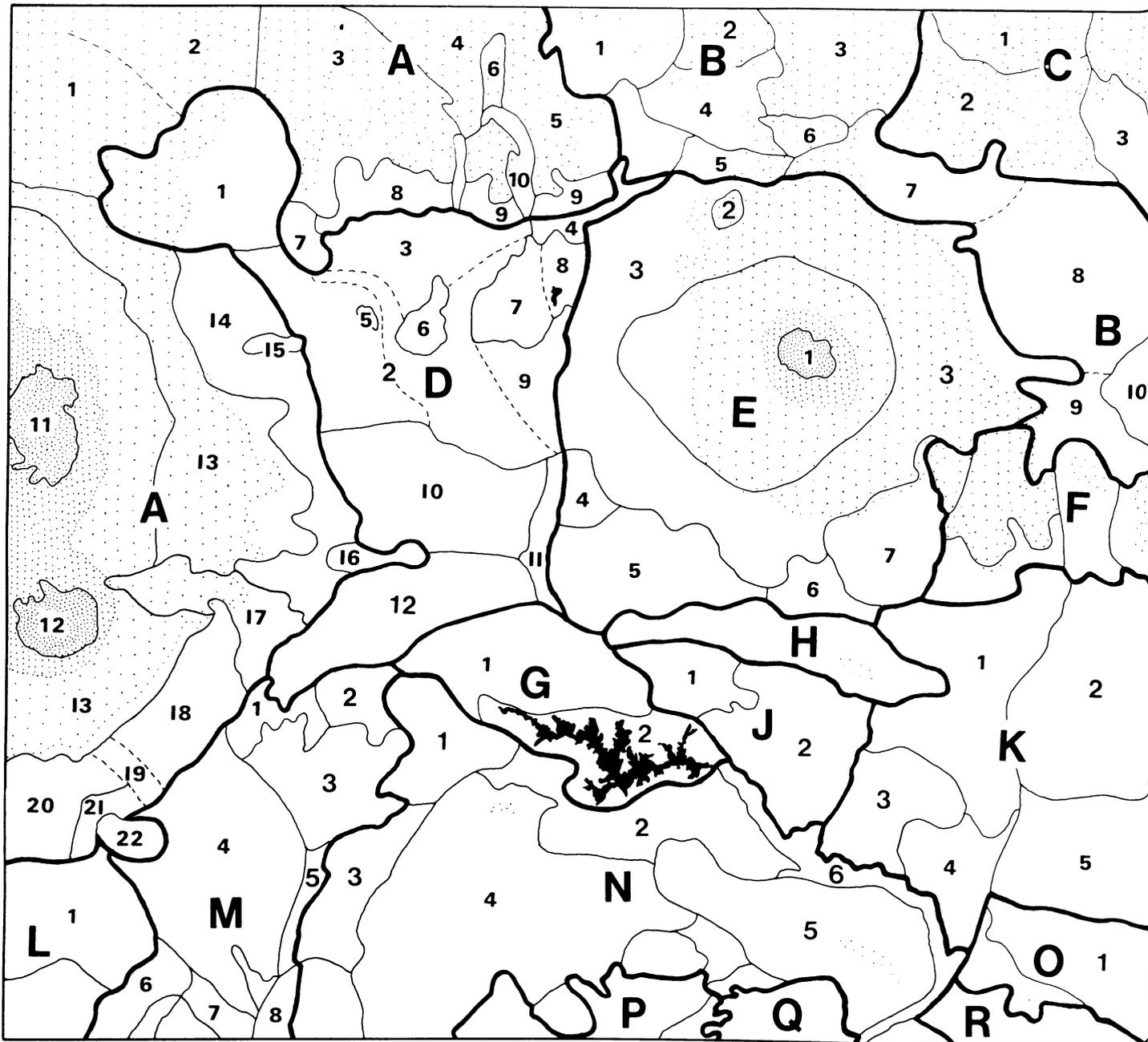


Situación de la Cuenca de Puebla-Tlaxcala en la República Mexicana

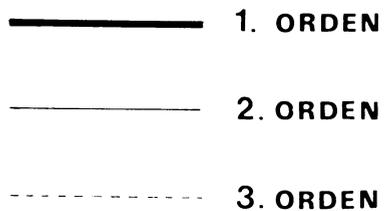


0 20 40 KM

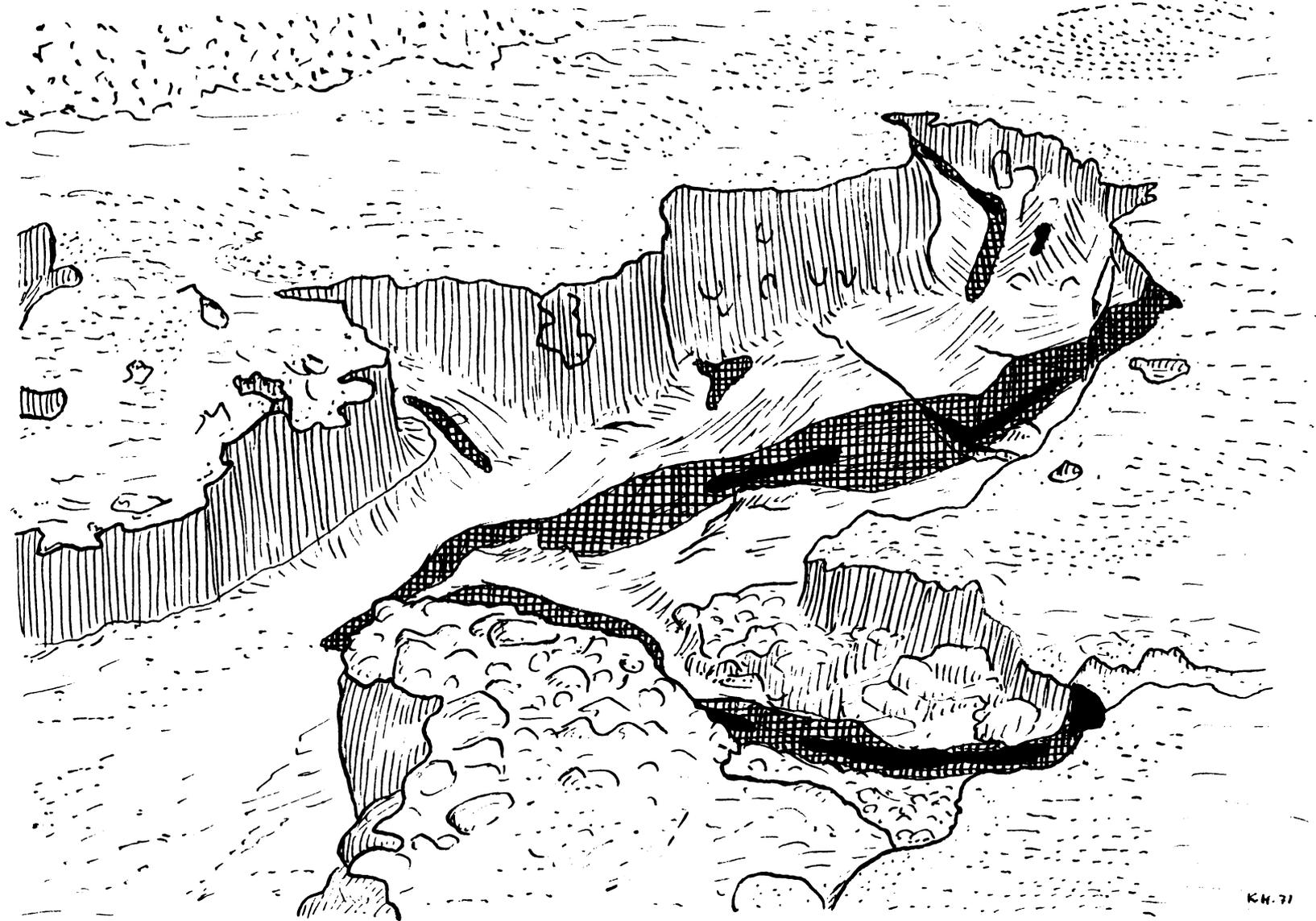
FIG. 6: REGIONES NATURALES



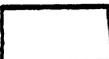
LIMITES DE LAS UNIDADES DE REGIONES NATURALES



(SEGUN TICHY)



K.H. 71

 no erosión observada

 0 - 1 cm

 1 - 2,5 cm

FIGURA 7



5
4
6
4
3
2
1

K. Heine 1971

FIGURA 8



K. Neime 1971

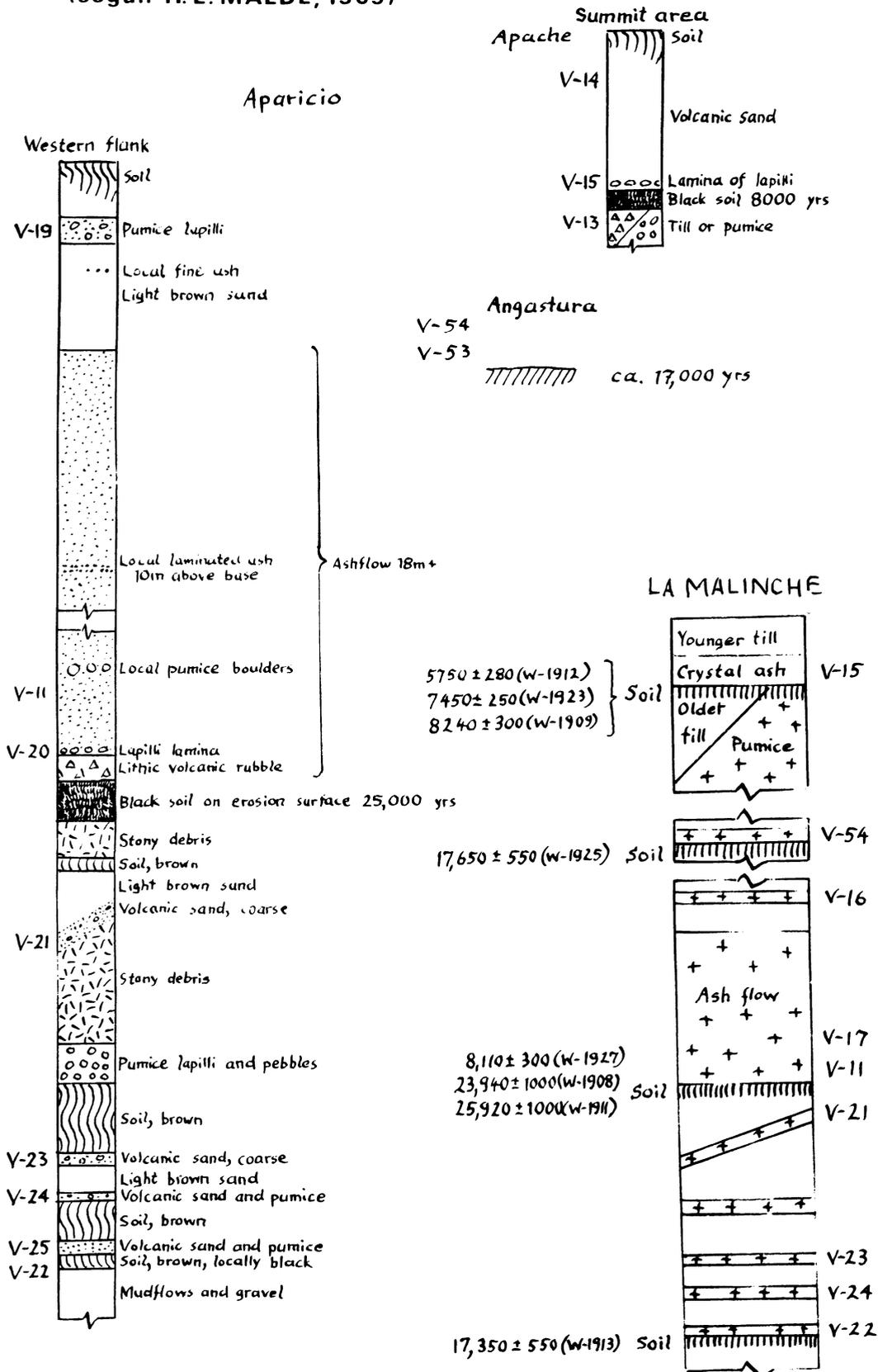
FIGURA 9

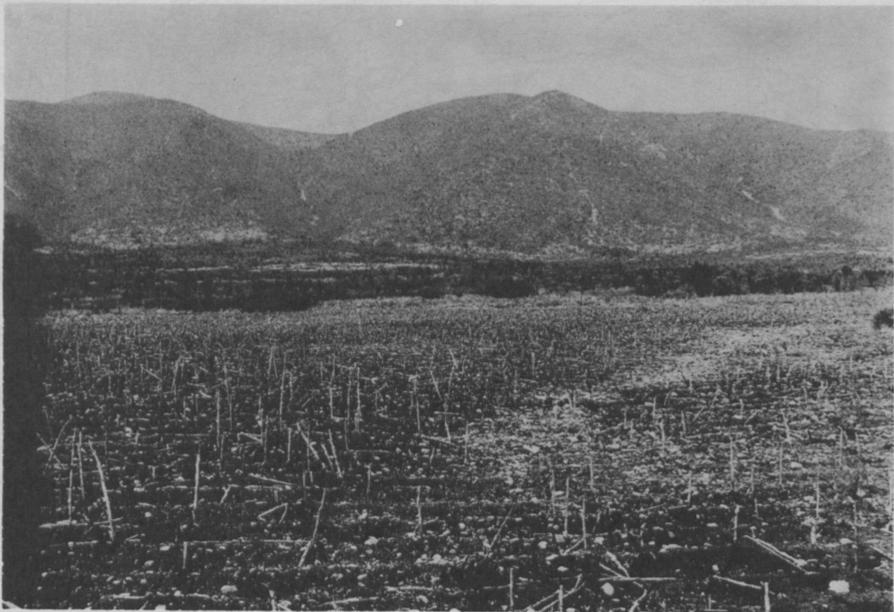
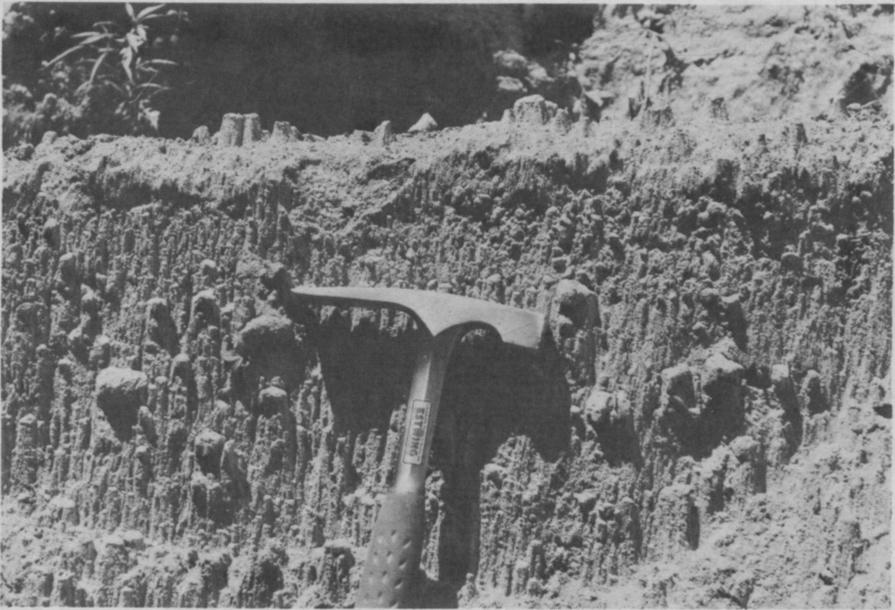
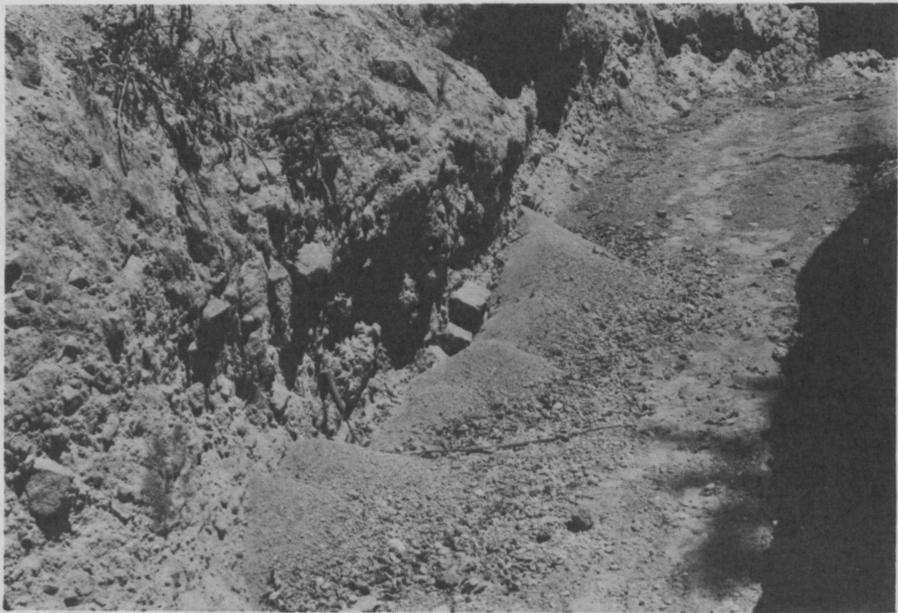
Fig.10: La Malinche Volcanic Ash Stratigraphy

(segun H. E. MALDE, 1969)

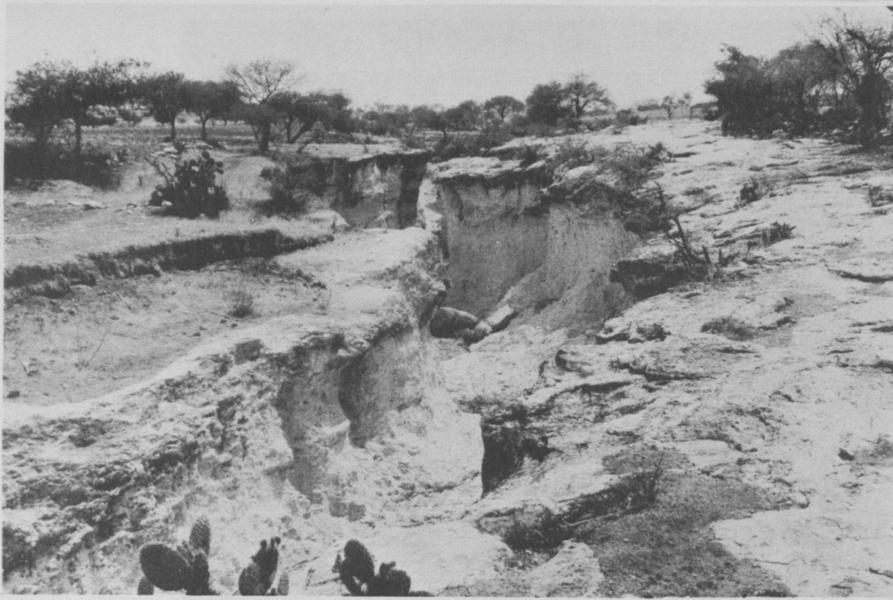
Xotanacatla
Xatitlulco

Aparicio

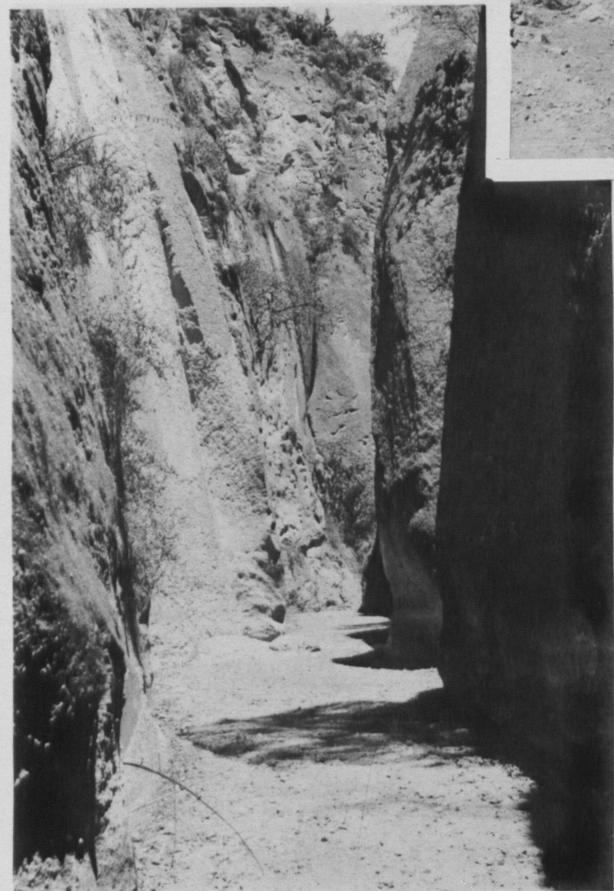












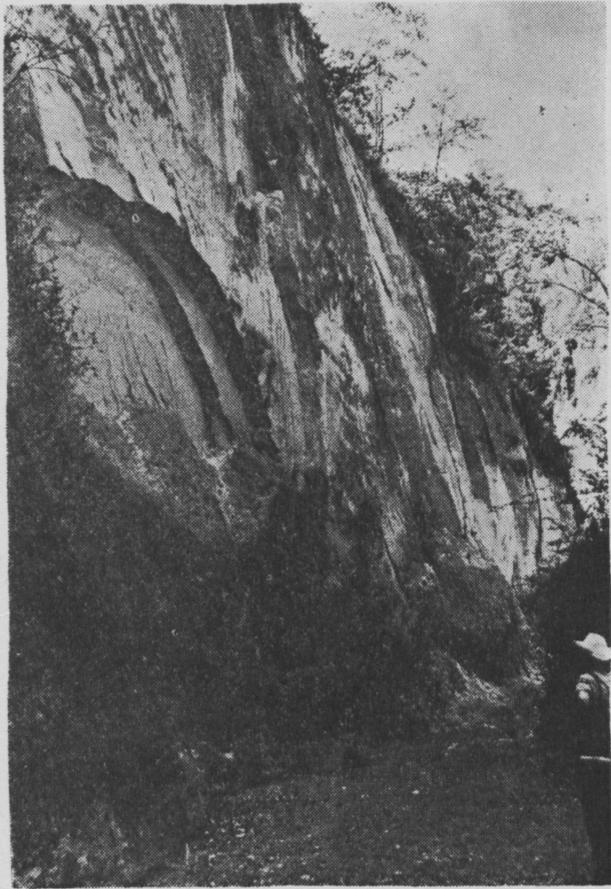


Foto No. 16