

LAS DUNAS EN EL CARMEN, TLAX.

**Klaus Heine
Instituto de Geografía
Universidad de Bonn**

INTRODUCCION

En el Valle de Vicencio, algunos kilómetros al noroeste de El Carmen, se encuentran grandes campos de dunas (Fig. 1). En este estudio se aborda la cuestión de por qué en esta parte del altiplano mexicano, en el cual predomina un clima de altura moderado de humedad variable, se han formado dunas y continúan incluso actualmente formándose y transportándose.

La acumulación eólica de arena, es decir, la formación de dunas, depende de determinadas condiciones previas. Estas condiciones previas se dan en regiones desérticas; se trata de: 1) reservas suficientes de arena no fija da, 2) ausencia casi total de vegetación y 3) fuertes vientos.

Pero dichas condiciones se dan también en las orillas arenosas de los lagos y, en algunos casos, en las terrazas de valles de crecida y terrazas fluviales más antiguas (ver: GORSHKOV & YAKUSHOVA 1970). En cuanto a la región desértica de El Carmen debe investigarse cuáles son las causas responsables de las acumulaciones de arena.

CLIMA

Las estaciones climatológicas más próximas a las dunas se encuentran en Oriental (5 Km. al noroeste) y en Huamantla (19 Km. al oeste). La estación Oriental se encuentra a 2345 m

s.n.m. y la de Huamantla a 2550 m s.n.m. En la Tabla 1 pueden verse las temperaturas y precipitaciones pluviales.

Por tanto, en este caso se trata de un clima húmedo variable con un marcado período de lluvias y un período de sequía. Las lluvias se precipitan generalmente en forma de aguaceros fuertes; sin embargo, puede suceder también que haya períodos breves de anubamiento constante y de precipitaciones débiles a cualquier hora del día. Solamente después de precipitaciones muy violentas la barranca en el Valle de Vicencio lleva agua durante varias horas; pero al inicio de la época de lluvias —cuando los sedimentos del lecho de la barranca están secos— o en chubascos localmente muy limitados, el agua se resuma en la arena de la barranca sin alcanzar la cuenca endorréica propiamente dicha de los Llanos entre Oriental y El Carmen.

Extensión de las dunas.

La zona principal de extensión de las dunas recientes, exentas de vegetación, se encuentra en la región del Valle de Vicencio, que muestra la Fig. 1. En este lugar el transcurso de la barranca está orientado aproximadamente de poniente a oriente. En la sección superior de la barranca, que tiene un transcurso de norte a sur, no se encuentran más que gru-

TABLA I

Oriental 2345 m	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	año
Iluvia (mm)	11	7	18	43	85	108	80	76	110	46	18	7	609
temperatura (°C)	13,7	15,0	16,8	18,1	19,0	19,2	18,2	18,2	17,7	16,7	15,4	13,6	16,8

Huamantla 2550 m

Iluvia (mm)	9	10	10	48	101	122	96	98	100	46	21	5	666
temperatura (°C)	11,2	13,0	16,3	18,0	18,2	18,1	17,1	17,7	16,4	15,0	13,4	11,4	15,5

pos pequeños de dunas directamente junto al lecho de la barranca. En este lugar la cuenca es también ya muy estrecha y las laderas penetran en la barranca muy próximas entre sí. En la cuenca ancha de la barranca propiamente dicha, al norte de El Carmen, que pone en comunicación hacia el norte el Valle de Vicencio con la cuenca de los Llanos, no se ha formado ninguna duna reciente. Sólo cuando penetra la barranca en la cuenca vuelven a aparecer dunas, pero entonces no se encuentran solamente en las proximidades de la barranca, sino también en lugares alejados de la misma.

Dunas antiguas, que actualmente ya no continúan formándose y que se localizan en la zona de campos utilizados para la agricultura, tienen una gran extensión en el Valle de Vicencio desde el sur de la barranca hasta las laderas ascendentes en el oeste y sur, así como en la región de la cuenca de los Llanos entre Oriental y El Carmen.

Las formas de las dunas

Especialmente sorprendentes en el paisaje de la región son los complejos de dunas exentas de vegetación, inmediatamente en la orilla sur del lecho de la barranca en el Valle de Vicencio. En las dunas más grandes, que pueden llegar a tener hasta 10 m. de altura, se trata de barjanes agrupados. Tienen su costado de barlovento inclinado hacia el noreste con pendiente de diferente inclinación, de hasta aproximadamente 8° ; el costado de sotavento se encuentra orientado hacia el suroeste y casi siempre tiene una inclinación de 32° . Todas las dunas tienen surcos bien marcados (ondulamiento). Su forma morfológica y su configuración corresponde del todo a los barjanes de regiones extremadamente áridas (fotografías 1 — 3). Además se encuentran con frecuencia crestas longitudinales de solamente pocos metros de altura y que no presentan ningún costado de sotavento acusadamente escarpado. No sólo los barjanes sino también las crestas longitudinales se unen en cadenas de dunas orientadas en un sentido que va desde noroeste — sureste hasta oriente — poniente (ver fig. 1). Varias de estas cadenas forman un campo de dunas que se extiende en dirección suroeste a partir de la barranca.

Frecuentemente, entre las ondulaciones de las dunas y la barranca se encuentra una zo-

na en la cual pequeños arbustos (*Croton dioicus* (1) dan lugar a cúmulos arenosos (fotografía 5). En este lugar —como también en los complejos de dunas— la acumulación de arena permite reconocer claramente la dirección del transporte de la arena.

Son relativamente extensos los cúmulos arenosos irregulares, que con frecuencia se encuentran cubiertos ya de vegetación y consecuentemente están fijos. En la proximidad de la barranca estos complejos de dunas presentan a menudo cadenas parabólicas de dunas, que se abren hacia el noroeste.

Solamente en un lugar se encuentran dunas longitudinales que están ciertamente semi-cubiertas de vegetación.

En el Valle de Vicencio pueden observarse por todos lados dunas antiguas fijadas por la vegetación al sur de la barranca. Ya no permiten clasificarse dentro de ningún tipo determinado de duna, pues sus formas morfológicas han sido totalmente destruidas por la parcelación del campo y por su explotación agrícola. Con frecuencia ya no pueden identificarse en los campos e incluso la interpretación de fotografías aéreas solamente puede proporcionar una pequeña ayuda en la localización de dunas, o grupos de dunas, antiguas. A ello se añade que después de la parcelación de esta región se ha formado una intensa acumulación reciente de arena en la zona de las hileras de pita y de árboles recientemente creadas. Esto llevó a la formación de crestas de arena longitudinales a lo largo de los límites de las parcelas. Especialmente durante la época de sequía, cuando ya se ha efectuado la cosecha en los campos, tiene lugar en este sitio el transporte y acumulación de arena en proporciones importantes.

El origen de la arena de las dunas

La forma, así como la distribución de las dunas en el terreno, permiten reconocer enseñada que el transporte de arena tiene lugar del noreste al suroeste. El hecho de que las dunas se encuentren solamente al sur de la barranca (fig. 1) significa además que las arenas son arrastradas por el viento desde el lecho de la barranca. En lugares en donde la

(1) Agradezco la identificación de las plantas al Sr. W. Boege, Puebla.

barranca es especialmente ancha, o mejor dicho: en sitios en donde existe una gran superficie de arrastre se encuentran también en la prolongación suroeste de estas zonas de arrastre las mayores acumulaciones de dunas. Algunos análisis granulométricos de sedimentos de barranca y de arenas de dunas confirman las observaciones referentes al origen del material arenoso (Tab. 2). Si se sigue la cuenca hacia arriba de la barranca, se encuentra enseguida el motivo de la abundancia de arena de esta barranca precisamente. En la zona de entrada superior de la barranca se encuentran tobas que tienen una estructura arenosa granular y que presentan inclusiones de obsidiana y feldespato grandes. Las tobas están sólidamente aglutinadas y no presentan señales de una estratificación ni de un agrietamiento. Si se erosionan estas tobas, se forman entonces frecuentemente hoyas en el lecho de la barranca. En la erosión el material se desintegra en su propia granulación; no se forman cantos rodados del material toboso en la demolición. Este material se meteoriza predominantemente en elementos de un tamaño de grano de 0,63 - 0,2 y 0,2 - 0,063 mm de diámetro (muestra 7-7). Los análisis granulométricos de las arenas de la barranca, que representan el producto de meteorización de las tobas, muestran que en estos sedimentos está concentrado el material más burdo (0,63 - 0,2 mm de diámetro), mientras que los componentes más finos de la fracción 0,2 - 0,063 mm han sido dispersados. El elemento principal de las arenas de las dunas está constituido también por gránulos de arena de la fracción mencionada. Únicamente las dunas más altas, que se encuentran en una zona de acción máxima de intensidad del viento, se diferencian un poco de las arenas de barranca en cuanto a la distribución del tamaño de grano; tienen también su tamaño máximo en la fracción de 0,63 - 0,2 mm de diámetro.

Una disminución del tamaño de grano se establece en dirección del transporte a partir de la zona de arrastre; esta observación corresponde también del todo a la dinámica de los granos de arena eólica en el transporte. Por supuesto, las grandes cadenas recientes de barjanes muestran frecuentemente ciertas diferencias en cuanto a la granulometría; así se ve que los barjanes más altos se forman a menudo de arena algo más gruesa que los comple-

jos de dunas pequeños. Por otro lado, la arena de las crestas de duna (D7-1, D1) de los grandes barjanes es más fina que la arena de los desfiladeros de duna (D7-2) entre dos barjanes unidos. La diferencia en la clasificación de los gránulos se advierte también en la configuración de los ondulamientos; éstos son muy uniformes cuando están constituidos por arena de granulación muy parecida (foto 4); una granulación más burda ocasiona una configuración irregular del ondulamiento.

El transporte de arena tiene lugar durante todas las estaciones del año, según ha demostrado las observaciones realizadas en diferentes días durante un año. Las condiciones que se requieren son un viento mesuradamente intenso y una superficie seca del lecho de la barranca como zona de arrastre, respectivamente de las superficies de arena y de dunas como vías de transporte. Cuando el viento sopla con una velocidad de hasta 6,5 m/segundo, transporta polvo y arena fina con partículas de hasta 0,25 mm de diámetro; a una velocidad de 10 m/segundo, el viento levanta y transporta granos de arena de hasta 1 mm de diámetro.

Estas condiciones se cumplen incluso en la época de lluvias después de precipitaciones intensas, pues por regla general el agua se resuelve tan rápidamente no sólo en los sedimentos de la barranca, sino también en la arena de las dunas, que pocas horas después —soplado un viento ligero— la arena próxima a la superficie está otra vez totalmente seca y torna a ser apta para ser transportada.

En cuanto a la velocidad del transporte de la arena, respectivamente sobre la velocidad de la migración de cada una de las dunas, solamente puede decirse algo en base a las investigaciones recientes. Los complejos de dunas grandes, recientes, modifican su forma muy poco; las cadenas de barjanes más altas se desplazan sólo aproximadamente 10 m en el término de un año, como puede verse en los surcos de los campos (foto 1). Ciertamente que crestas de dunas pequeñas y superficiales pudieron avanzar hasta más de 20 m en un año en campos cultivados (foto 4). Además de la penetración de grupos completos de dunas en campos cultivados agrícolamente, el transporte de arena juega un papel importante: no es desplazada en forma de acumulaciones de arena, es decir de dunas, sino que en caso de

vientos intensos es arrastrada como un velo sutil sobre el suelo densamente. Este transporte de arena tiene lugar especialmente en sitios en los cuales falta la capa de vegetación o en los cuales ésta es muy rala; de esta manera, por ejemplo durante la época de sequía, los campos cosechados presentan las mejores condiciones para desplazamientos de arena de este tipo. Unicamente las hileras de árboles y de pita retienen a veces la migración ulterior de la arena, notoriamente rápida. El avance de la arena solamente puede contenerse si en esa región, durante todo el año, existiese una capa de vegetación que, por un lado, impida la acción del viento y, por otro lado, retenga elementos transportados por el viento y los obligue a sedimentarse. La mejor protección contra el transporte de arena la ofrecerían campos de regadío.

La situación de los complejos de dunas con respecto a la barranca (región de arrastre), así como las formas de cada duna y grupos de dunas permiten hacer declaraciones acerca de las direcciones del viento. Ya que las dunas a partir de su configuración morfológica y formación ulterior no presenta ninguna señal de que en el transporte de arena participen diversas direcciones del viento, debe suponerse, en base a las observaciones morfológicas, que en esta región soplan fuertes vientos procedentes únicamente del noreste. La abertura del Valle de Vicencio hacia el noreste favorece evidentemente los vientos de esta dirección; por otra parte, cordilleras en el norte así como pequeños cerros en el este y sur, impiden el que vientos de otras direcciones pudieran tener algún significado en el Valle de Vicencio. Algo más hacia el este de la zona aquí considerada, esto es, en Oriental, se encuentran formados algunos grupos pequeños de dunas exentos de vegetación. Pero éstos sí muestran huellas de la acción del viento procedente de diversas direcciones. Así, por ejemplo el 11.5.1971 pudo observarse que vientos procedentes del sur transformaron las dunas en Oriental, las cuales permiten igualmente distinguir una dirección principal del viento que procede del noreste; al mismo tiempo, en la región de las dunas en el Valle de Vicencio no se encontró rastro alguno de vientos del sur morfológicamente activos. Parece ser que en este lugar las condiciones orográficas influyen en la dirección del viento y en la acción de éste.

Consideraciones finales.

La formación de dunas, como ya hemos indicado en la introducción, depende de tres condiciones: La primera de ellas consiste en reservas suficientes de arena no fijada. Las circunstancias en la región de entrada de la barranca en el Valle de Vicencio, o sea la amplia extensión de tobas de granulación fina que se disgregan en la meteorización sobre todo en arenas de un tamaño que puede ser fácilmente transportado por el viento, debe considerarse como la primer condición para la formación de dunas. La segunda condición, o sea una ausencia casi total de vegetación, se cumple en la región del lecho de la barranca, bastante ancho; este lugar es la zona propiamente dicha de arrastre de la arena. Por último, se requieren fuertes vientos para que con ello puedan formarse grandes dunas; esta tercera condición se cumple igualmente en el Valle de Vicencio. En este lugar predomina solamente una dirección principal del viento, y además los vientos pueden arrastrar fácilmente la arena del lecho de la barranca, que no está socavado y se encuentra dispuesto transversalmente a la dirección del viento. La coincidencia de las tres condiciones mencionadas en el Valle de Vicencio ha permitido la formación de complejos de dunas en este lugar, como no se encuentran por ninguna otra parte.

Si se intenta incluir las dunas del Valle de Vicencio en un esquema de acuerdo a sus formas, como indica, por ejemplo, B. FEDOROVICH (cit. seg. GORSHKOV et al. 1970, p. 96), sorprende el que las dunas no permiten clasificarse en su forma compleja (Tab. 3). La única duna está configurada como barján, por tanto pertenece a la clase A I; igualmente pertenecen a esta clase las crestas arenosas desnudas, longitudinales en relación a la dirección de los vientos dominantes. Por el contrario, los grupos de dunas en su totalidad tienen una forma parabólica, que es característica de la formación de dunas en zonas no desérticas (clase C I, según FEDOROVICH). Por otra parte, otras dunas deberían incluirse bajo la clase B, como por ejemplo las pequeñas flechas junto a arbustos. En el intento de fijar las dunas en un esquema, se pone claramente de manifiesto que en este caso se trata de formaciones de dunas, que ciertamente dependen de las tres condiciones antes mencionadas para la forma-

ción de las mismas, las cuales, por otra parte, ponen de manifiesto una participación no habitual de estas condiciones (arena, carencia de vegetación, viento). No es habitual la gran abundancia de arena en una barranca, que precisamente presente la granulación adecuada para un transporte eólico; normalmente los sedimentos de las barrancas tienen solamente una pequeña cantidad de arena del tamaño de 0,2 - 0,063 mm de diámetro. Tampoco es habitual que una barranca forme un lecho de hasta 500 m de ancho en una extensión de más de 8 Km. y que además no esté cortado o sólo lo esté de manera insignificante; de esta manera el lecho arenoso de la barranca representa una región potencial de arrastre. Por último, tampoco es habitual que el viento dominante sea tan constante; es una casualidad que precisamente en este lugar las circunstancias orográficas influyan de tal manera en los

vientos, que todos los vientos procedentes desde el norte hasta el este resultan desviados y transformados en vientos del noreste, los cuales —dado que circulan a través del valle relativamente estrecho situado al suroeste de Oriental— aumentan además en violencia. Solamente de esta manera puede explicarse el que por ejemplo barjanes, que son típicos para regiones marcadamente desérticas, aparezcan en este lugar. Ciertamente que en desiertos no se encuentran asociados a cadenas de tipo parabólico; este fenómeno pertenece a regiones no desérticas y encaja perfectamente en el clima moderado de humedad variable del altiplano mexicano, siempre que tenga lugar y transporte y acumulación de arena. (2)

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

B I B L I O G R A F I A

Gorshkov, G. & A. Yakushova 1970

Geología general.— Editorial MIR, Moscú 1970

Tichy, F. 1968

Das Hochbecken von Puebla—Tlaxcala und seine Umgebung. Landeskundliche Einführung in das zentrale Arbeitsgebiet.— Das Mexiko—Projekt Bd. 1, Wiesbaden 1968, p. 6-24.

Tabla 2: El tamaño de las arenas de las dunas y de la barranca cerca de El Carmen.

muestra No.	tamaño de las partículas en mm en %						
	> 6,0	6,0 —2,0	2,0 —0,63	0,63 —0,2	0,2 —0,063	< 0,063	
D 1	—	—	0,1	59,1	35,6	5,2	
D 3	—	—	0,1	33,0	66,5	0,4	
D 7—1	—	—	3,0	79,0	16,9	1,1	
D 7—2	—	—	83,8	13,1	2,9	0,2	arenas de las dunas
7—2	—	—	0,3	39,2	59,6	0,9	
7—4	—	—	0,2	22,0	73,9	3,9	
7—5	—	—	0,2	24,8	72,1	2,9	
7—16	—	—	0,1	32,0	65,9	3,0	
7—17	—	—	0,3	24,3	71,4	2,0	
D 6	4,7	2,8	11,1	60,3	20,4	0,7	
7—1	0,3	1,4	20,2	55,1	21,7	1,3	
7—3	—	0,6	7,6	67,7	23,3	0,8	arenas de la barranca
7—6	—	1,0	9,6	69,2	19,3	0,9	
7—8	—	1,2	13,7	66,7	17,9	0,4	
7—10	0,5	9,8	27,2	53,5	8,8	0,2	
7—9	—	0,1	0,9	22,1	70,6	6,3	suelo (región de las dunas)
7—7	0,1	2,7	9,3	46,6	34,5	6,8	toba

Tabla 3: Formas del relieve arenoso de distintas categorías (según B. FEDOROVICH).

Tipos de régimen eólico Tipos de relieve arenoso	A	B	C
I. Tipo alisio ↓	Arenas barjánicas principalmente en desiertos tropicales.	Arenas, semifijadas por la vegetación, principalmente en los desiertos extratropicales.	Arenas de dunas de zonas no desérticas.
II. Tipo monzón-brisa ↓ ↑	1. escudo arenoso, 2. embrión de un barján, 3. barján falciforme simétrico, 4. barján asimétrico, 5. crestas barjánicas paralelas a la dirección del viento, 6. crestas barjánicas longitudinales complejas.	1. pequeñas flechas junto a arbustos, 2. pequeñas crestas, 3. cordones arenosos (alineados en la dirección del viento), 4. grandes crestas arenosas.	1. cordón litoral, 2. dunas parabólicas, 3. dunas ahorquilladas, 4. dunas longitudinales aparejadas, 5. dunas parabólicas complejas.
III. Tipo convectiva e interferencial → ↓ ← ↑	1. grupos de barjanes, 2. cardenes bajánicas simples, 3. barjanes complejos, 4. cardenes barjánicas complejas.	1. crestas arenosas en lúnulas, 2. arenas en lúnulas, 3. crestas rastiformes transversales,, 4. crestas transversales asimétricas.	1. pequeñas dunas semicirculares, 2. grandes dunas semicirculares, 3. dunas semicirculares complejas.
	1. circos barjánicos, 2. barjanes cónicos, 3. barjanes complejos entrecruzados.	1. arenas alveoladas, 2. arenas macroalveoladas, 3. garmadas o médanos cónicos, 4. arenas enrejadas.	1. pequeñas dunas anulares individuales, 2. grupos de dunas anulares, 3. dunas circulares complejas.

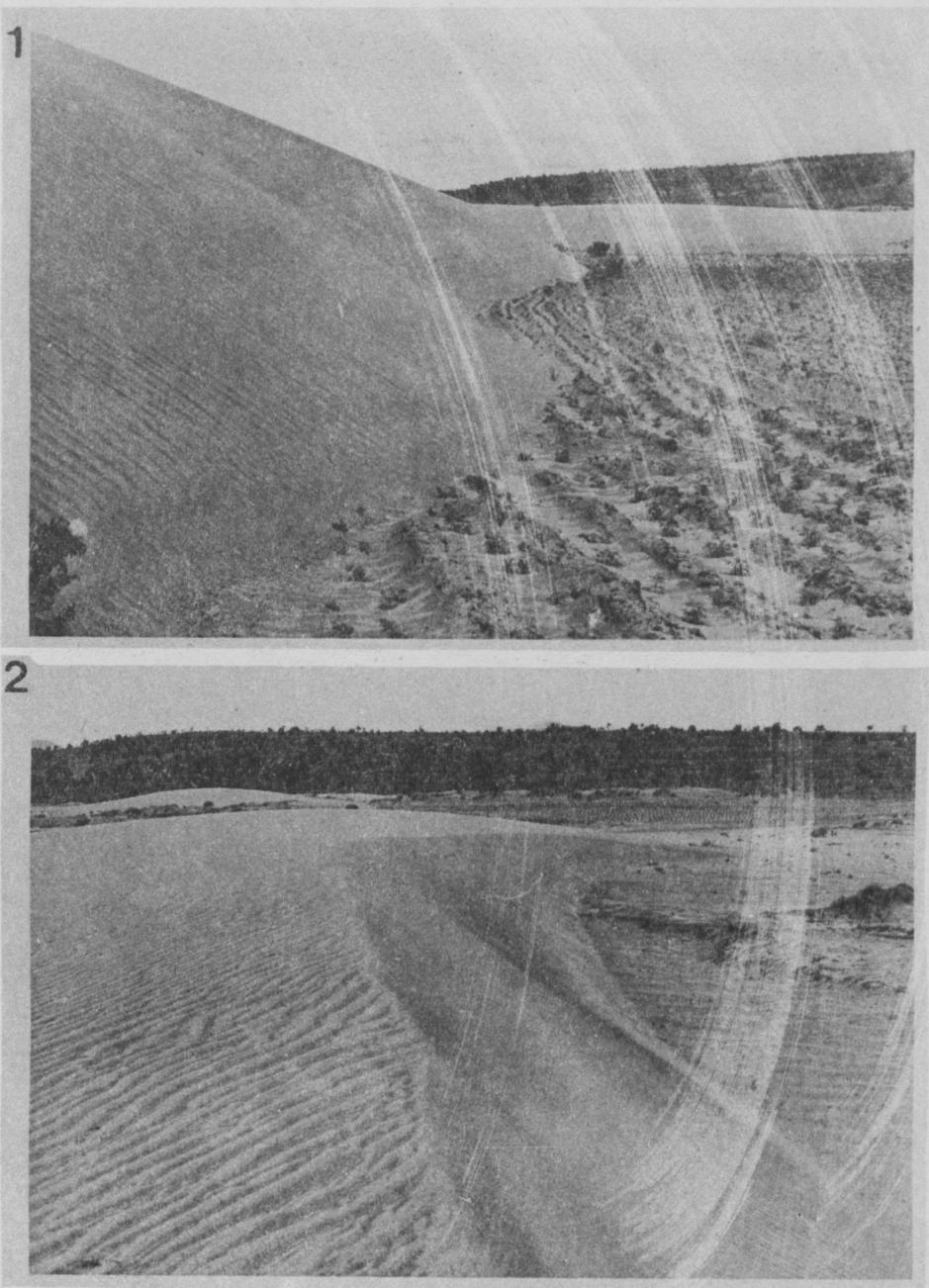


Foto 1: Un barján se desplaza sobre un plantío de frijoles.

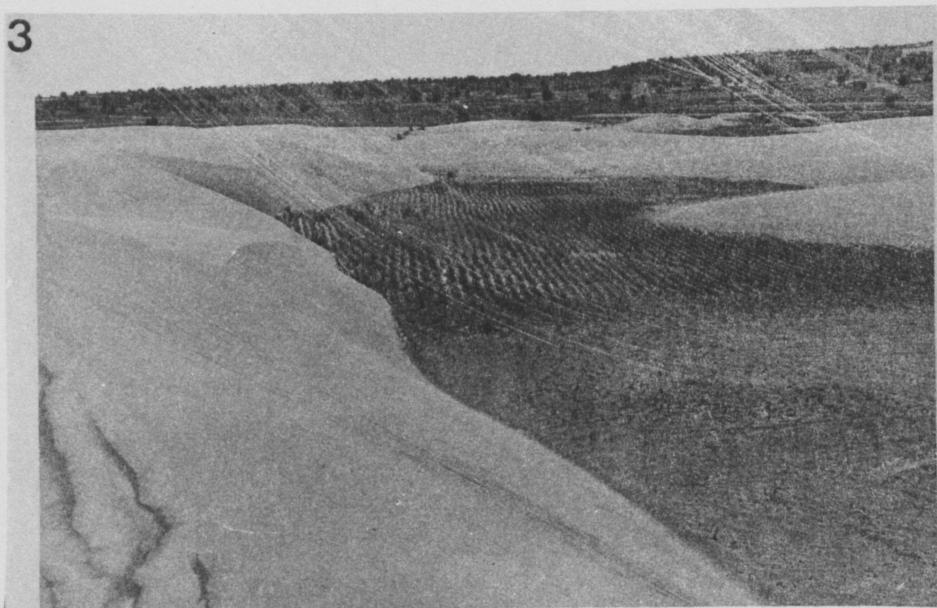
Foto 2: En primer plano un barján, en el fondo una cresta de dunas plantada.

Foto 3: Cultivo agrícola entre cadenas de barjanes. Las dunas continúan desplazándose de manera cerrada.

Foto 4: Remolinos recientes de arena sobre cultivo reciente de maíz. El desplazamiento de arena se lleva a cabo de izquierda a derecha. Una vez que el maíz fue sembrado, la duna superficial se desplazó más de 20 metros.

Foto 5: Pequeños arbustos (*Croton dioicus*) sujetan la arena, que se desplaza de la barranca (en el centro de la fotografía). Más hacia la derecha se encuentran dunas irregulares cubiertas de vegetación.

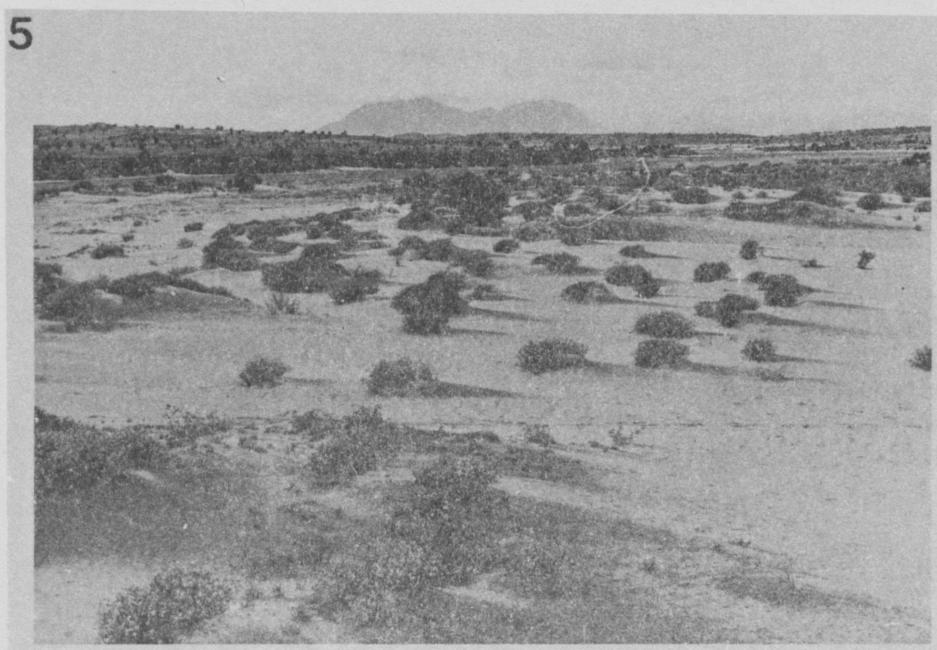
3



4



5



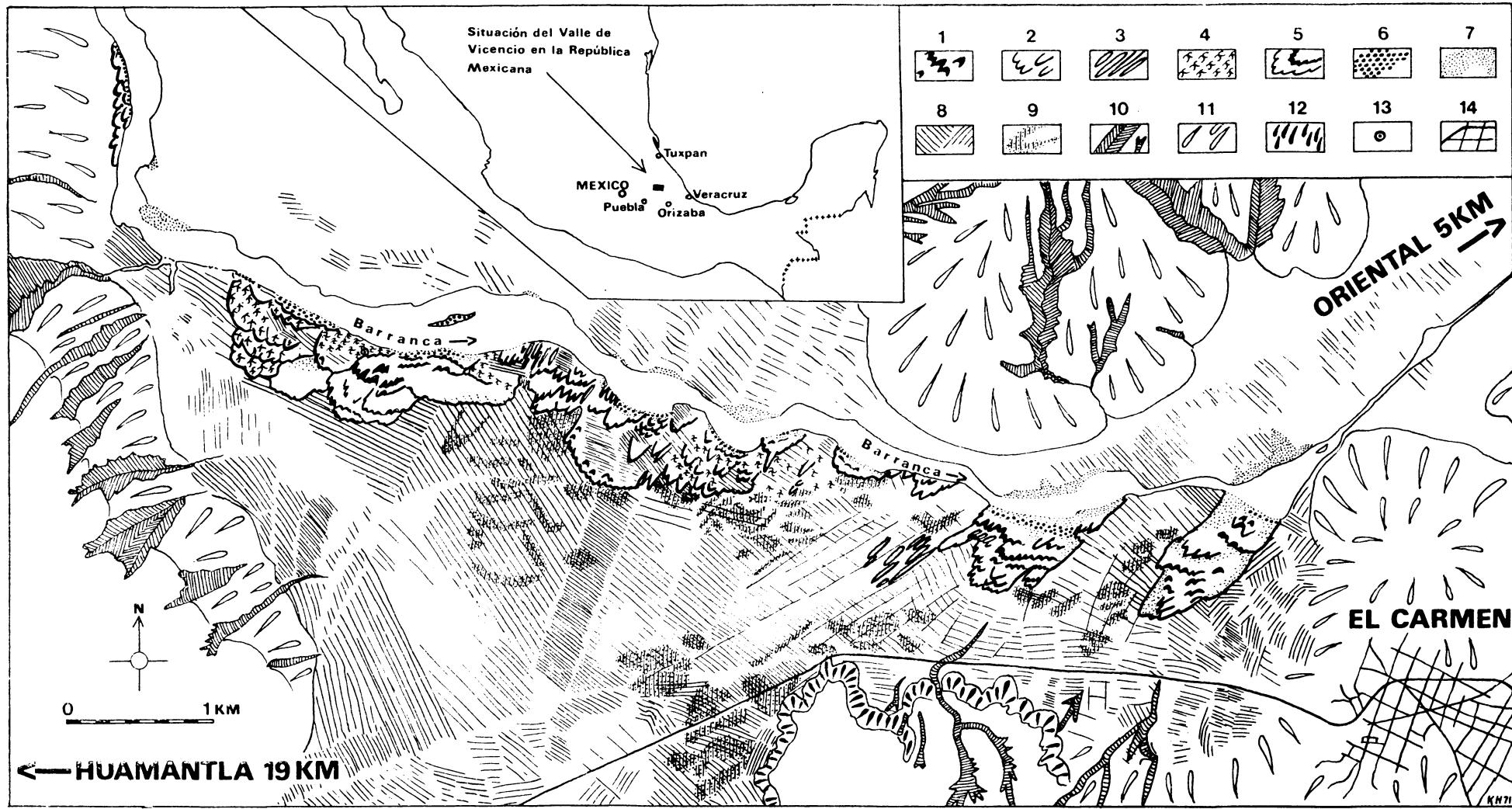


FIG.1: LAS DUNAS EN EL CARMEN, TLAX.