

# ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO EN LA REGIÓN CON CLIMA "A" DE KOEPPEN EN EL ORIENTE DE MÉXICO Y SU APLICACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

Por Angel Ramos Sánchez<sup>1</sup> y Efraím Hernández X.

*Rama de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.*

## *Sinopsis*

Este estudio tiene como objetivo mostrar la utilización del análisis ecológico de las diversas zonas del país para la planeación de la investigación y la experimentación agropecuaria. Se analizaron los factores físicos — geológico, geográfico, climático y edáfico de la región oriental y sureste de México con clima *A* ó tropical húmedo según la clasificación de Koeppen. Este clima se caracteriza por registrar una media de temperatura del mes más frío superior a los 18°C y una precipitación con la relación  $P/(T + 14) > 2$ , siendo *P* la precipitación media anual en centímetros, *T* la temperatura media anual en grados centígrados, y 14 el factor de corrección. Estos análisis sirvieron para conjugar el conocimiento actual de la zona, para señalar las deficiencias en los estudios disponibles, y para proceder a ejemplificar su utilización en la programación correspondiente al cultivo de maíz de *Tonalmil* cuya siembra se efectúa durante el invierno en las zonas con climas *Af* y *Am* y cuya cosecha en mayo sirve para aliviar la escasez temporal de este cereal.

## *Summary*

This study was made with the purpose of illustrating how the ecological analysis of a region may be utilized in programming the agricultural research. An analysis was made of the physical factors, geology, geography, climate and soils of the environment in the important agricultural area of eastern and southeastern Mexico with an *A* or tropical humid climate as defined by Koeppen. This climate is characterized by a mean temperature of the coldest month above 18°C and a precipitation with the following relation  $P/(T + 14) > 2$ , where *P* is the mean annual precipitation in centimeters, *T* is the mean annual temperature in °C and 14 is a correction factor. These analysis served to bring together out present information in these fields, to indicate the gaps in our knowledge, and to demonstrate their application in the planning of the research dealing with the cultivation of *Tonalmil* maize. This crop is planted during the winter months in the areas of *Af* and *Am* climates and is harvested during May coinciding with the period of lowest seasonal reserves of this important cereal in Mexico.

## *Introducción*

Se llama Ecología a la ciencia que estudia las relaciones mutuas entre los organismos y sus ambientes respectivos. Cualquier fuerza externa o condición que afecte a los organismos en alguna forma, es un factor del ambiente; la suma de todos los factores o fuerzas externas constituyen el ambiente, por lo tanto, ambiente es todo lo que rodea a los organismos.

1. *Dirección actual:* Comisión Técnica Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostaderos. Avenida Progreso 3, Coyoacán 21, D. F. México.

Los organismos toman para vivir energía y materiales del ambiente y desechan hacia él los productos residuales de su metabolismo. Por consiguiente, el ambiente debe proporcionar ciertos requisitos para la vida. Los ecólogos han considerado conveniente agrupar los factores ambientales para su estudio. Una clasificación básica y sencilla de estos factores es la siguiente: climáticos; edáficos; bióticos.

En el presente estudio, sin embargo, dichos factores han sido agrupados en la siguiente forma, considerando que los cuatro primeros forman el ambiente físico: geológicos, geográficos, climáticos, edáficos, bióticos.

El propósito de este trabajo ha sido estudiar analíticamente los factores del ambiente físico, con la finalidad de deducir posibles limitantes para el crecimiento de las plantas.

Este análisis fue hecho en la región que ocupa el Clima *A* de Koeppen en la vertiente del Golfo de México; primero, porque ha sido una de las zonas señaladas por la política agrícola nacional para abastecer con variada producción agropecuaria a las zonas altas y bien pobladas de la República, y segundo, porque en esta región están localizados el Centro de Investigación Agrícola del Sureste (CIASE), perteneciente a la red de centros de investigación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), y muy recientemente los campos experimentales de la Chontalpa, en H. Cárdenas, Tab., y el de Muna, en Yuc.

Esta región presenta zonas con condiciones apropiadas para el cultivo de maíz en invierno, llamado de "Tonalmil", cuya producción llega al mercado justamente en los meses en que en la mayoría de los centros agrícolas no hay producción de este grano. El cultivo de maíz de "tonalmil" ha servido de ejemplo para mostrar cómo el análisis de los factores ecológicos y la integración de los mismos pueden usarse para plantear la solución experimental de problemas relacionados con la producción agrícola. Dicha solución consiste en saber cuáles limitantes ecológicas pueden ser minimizadas con la aplicación de la técnica agronómica actual.

### *Descripción de la zona*

#### *Geografía*

La región con clima *A* de Koeppen en el oriente de México, que aquí se menciona, está limitada al norte por la vertiente sur de la Sierra de Tamaulipas, aproximadamente a los 24° de latitud norte. Al occidente y al sur por las cotas de 800 a 1,000 m de altitud de las sierras Madre Oriental, Eje Volcánico, Sierra de Oaxaca, Sierra Atravesada del Istmo y de las montañas del norte de Chiapas; en su extremo sur oriental, por la frontera con la República de Guatemala. Finalmente el límite oriental lo constituye el litoral del Golfo de México. El área abarca la totalidad de los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán, el territorio de Quintana Roo y parte de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Con excepción de la Depresión de Chiapas y el Macizo de los Tuxtlas, en general, del mar hacia el occidente, se encuentra una llanura costera rodeada por sierras. Todo el conjunto montañoso que forman las sierras, está constituido por varias regiones fisiográficas a excepción de la Península

de Yucatán, que también se considera una región fisiográfica; las llanuras son consideradas como regiones geomórficas (Tamayo, 1967).

Son regiones orogénicas: La Sierra Madre Oriental, El Eje Transversal Volcánico, la Sierra de Oaxaca, la Sierra Atravesada, las Montañas del norte de Chiapas, y la Península de Yucatán. Estas regiones, a partir de los 300 m y a veces a menor altura, se elevan bruscamente hasta alcanzar altitudes medias de 2,200 m (S. M. Oriente, 2,500 m S. de Oaxaca), menos de 650 m en la Sierra Atravesada y 2,000 m en las montañas del norte de Chiapas. Todas estas unidades, en conjunto, presentan forma de arco con la concavidad hacia el norte, arco cuyo lado izquierdo es más largo y sigue dirección NW-SE. La Península de Yucatán, es una región plana con una pequeña elevación conocida como "La Sierrita de Ticul".

Son regiones geomórficas, la Planicie Costera Nororiental, la Planicie Costera de Sotavento, la Planicie Costera del Sureste y la Depresión Central de Chiapas. El rasgo fundamental de las Planicies es su baja altitud, difiriendo en materiales y en drenaje. En la Planicie Costera Nororiental, predominan los materiales calizos, en general bien drenados; en la Planicie Costera de Sotavento los materiales son areniscas y lutitas, cubiertas en gran parte por cenizas volcánicas bien drenadas, con excepción de la Cuenca baja del Papaloapan. La Planicie Costera del Sureste es de materiales recientes y, en general, mal drenados ya que son tierras bajas. La Depresión de Chiapas se encuentra entre 500 y 650 m de altitud, predominan materiales calizos con rápido drenaje.

La región es atravesada por gran número de corrientes, siendo los ríos principales: Tamesí, Pánuco, Meztitlán, Tuxpan, Tumilco, Cazonas, Tecolutla, Nautla, Misantla, Actopan, Jamapa, Blanco, Papaloapan, Tecomate, Chacalapa, Coatzacoalcos, Tonalá, Grijalva, Usumacinta, Chumpan, Candelaria y Champotón. La Península de Yucatán no tiene corrientes superficiales hacia el mar.

### *Geología*

La edad y los materiales de la región son variables. La Sierra Madre de Oaxaca está formada por esquistos y gneissos que datan del Precámbrico (Mullerried, 1948). Del mesozoico son las calizas jurásicas y cretácicas que se encuentran en la Sierra Madre Oriental (Garfias y Chapin, 1949), así como las areniscas que se encuentran en la depresión de Chiapas (Mullerried, 1952-58). Del Terciario o Cenozoico son las calizas de la llanura costera nororiental (Benavides, 1956), así como las calizas de la Península de Yucatán (Robles Ramos, 1959); de esta era, son también los materiales ígneos intrusivos y extrusivos que se encuentran en las Sierras de los Tuxtlas, Tantima-Otontepec y Eje Transversal Volcánico, así como diversas afloraciones ígneas en la llanura costera nororiental. Del Cuaternario o Reciente son los depósitos aluviales, cercanos a las costas, de muchas tierras bajas mal drenadas y aun las bien drenadas que se localizan en el estado de Tabasco.

### *Clima*

Los promedios de varios elementos climáticos, particularmente la temperatura y la precipitación, son parámetros usados para tener idea del clima. Los elementos

del clima varían diariamente de lugar a lugar y de estación a estación, debido a la influencia de los factores que intervienen en este proceso.

Por estar el territorio en estudio dentro de la zona intertropical, el sol pasa por el cenit dos veces durante el año, por lo que se recibe gran cantidad de energía y por estar adyacente la región al Golfo de México, el aire tiene una reducción en la amplitud térmica mayor de la que debiera tener si fuera una zona interior del continente (Mosiño, 1966).

La región se encuentra bajo la influencia de la celda semipermanente del cinturón de baja presión ecuatorial y de la celda de alta presión subtropical, en el Atlántico Norte, entre las latitudes de 35 a 40° N.

Los vientos dominantes en la región son variables en dirección, como en Mérida y Campeche donde tienen dirección ESE en casi todo el año. En Tampico y Veracruz dominan los del E y en Jalapa, los del SE. La velocidad varía de 1 a 5 m/seg en los lugares citados.

En varias regiones los vientos máximos también tienen dirección SE en todo el año mientras que en otras es N o NNW en la época invernal, que es la época de vientos fuertes. Las velocidades en todos los lugares sobrepasan a los 8 m/seg.

La región es invadida en la época invernal por masas frías continentales originadas en las latitudes de 50 a 55° N en el interior de Canadá, las cuales, al pasar por el Golfo de México, recogen humedad, misma que se precipita en las sierras del oriente de México. Las masas aéreas provenientes del Golfo y del Mar Caribe son calientes y húmedas, provocando las lluvias de verano (Trewartha, 1954).

Los factores anteriores, más el EFECTO de elevación provocado por las sierras, conducen a un ambiente muy húmedo en sus exposiciones nororientales; así, las sierras del Abra, en la Huasteca Potosina, la Sierra de Chiconquiaco y el Macizo de San Andrés Tuxtla en la parte central de Veracruz y las montañas del norte de Chiapas registran altas precipitaciones y producen sombras de lluvia dentro de las regiones a sotavento. Las sierras sirven también de muro canalizador a las masas aéreas y vientos hacia el Istmo de Tehuantepec, zona de fuerte perturbación eólica. La ausencia de grandes elevaciones en la Península de Yucatán permite la entrada de ciclones provenientes del Caribe, hacia las llanuras de Tabasco y Veracruz.

El clima de una región, es también caracterizado por la presencia de tormentas (Mosiño, 1966) de las cuales, dos son las más importantes en la región de estudio. Las primeras, son ondas de presión del Este, de pequeña amplitud que se mueven regularmente de este a oeste, provocando las oleadas de humedad, las cuales se cree son responsables de un alto porcentaje de lluvia anual sobre la mayor parte de México. Las segundas, los huracanes, se presentan en verano y otoño, con un máximo comprendido entre la segunda quincena de septiembre y la primera de octubre; estos dos meses son los de mayor frecuencia relativa. Los huracanes son generadores de lluvias intensas, que ocasionan inundaciones en las costas bajas (Anónimo, 1963).

La mayor parte del territorio recibe la máxima cantidad de energía porque el sol pasa dos veces por el cenit durante el año.

Las temperaturas medias anuales varían de 22 a 28° C, lo que indica una variación en el espacio de 6°; mayo y junio son los meses más calientes con tem-



**Figura 1.** Estribaciones de las Sierras del Norte de Chiapas. Sobre calizas se desarrolla una selva alta siempre verde ya que existe un clima **Af (m)**. La vegetación natural está siendo sustituida por el cultivo de maíz y por praderas.

**Figura 2.** Planicie Costera del Sureste; en estas llanuras el mal drenaje del suelo se refleja en un pastizal no obstante que es un clima cálido húmedo (**Am**) propio para selva.



peraturas cercanas a 30°C. El mes más frío es enero, con temperaturas dominantes de 22 a 23° C. La amplitud entre el mes más cálido y el más frío varía de 5 a 10° C. El promedio de máximas se presenta en mayo, con valores cercanos a 34° C. El promedio de mínima dentro de las regiones con clima A, alcanza valores cercanos a 12° C.

Los valores más bajos de lluvia son del orden de 800 mm en la llanura costera de Sotavento y en el sur de Tamaulipas. Los promedios por año son de 1,500 mm en la Huasteca; de 2,000 mm en la llanura costera del suroeste. En los declives llueve más que en las llanuras. La lluvia se inicia en mayo y junio. La curva anual de lluvia muestra dos máximos, uno en junio y otro en septiembre.

En la región han existido variaciones de lluvia a través del tiempo; en la parte norte se han manifestado claramente. Los años han sido más secos cuando la celda de alta presión subtropical se desplaza hacia el norte. Aunque se considera una región lluviosa, presenta dos zonas con alta variabilidad: la zona norte de Veracruz y el sur de Tamaulipas, debido a la presencia de ciclones, y la cuenca del Papaloapan, debido al factor orográfico. Dentro del año, la variación es también muy grande, pues julio, que es el menos variable, tiene valores de 50% de coeficiente de variación (Wallen, 1955).

Toda la región bajo estudio, presenta sequía intraestival (canícula de agosto); con su máximo relativo en agosto, en el estado de Veracruz y áreas circunvecinas. En la parte oriental del estado de Tabasco y en la Península de Yucatán y dicho máximo relativo se presenta en junio. La duración es de dos meses en la región de Veracruz, de 3 meses en el oriente de Tabasco y en la parte central y sur de la Península. El área es afectada por intensidades de menos de 10% y de 10% a 15%. Esta sequía es debida a cambios en la circulación general de los vientos (Mosiño y García, 1966).

Por lo que respecta a la duración de la luz a través del año, existen las siguientes tendencias:

- a. Los valores menores en horas luz, se encuentran en lugares elevados como Jalapa y Córdoba.
- b. Los valores máximos, se encuentran en Campeche y Mérida.
- c. Durante el año hay una tendencia a bajar en marzo y abril, alcanza un máximo en agosto y noviembre, y vuelve a disminuir en septiembre.

Lo anterior muestra clara relación con la nubosidad en las partes altas durante el invierno, provocada por los Nortes.

La marcha mensual de la evaporación es paralela a la marcha de la temperatura de octubre a mayo; al entrar las lluvias sigue una marcha similar a la precipitación. Por otra parte la precipitación provoca una baja en la temperatura. Además no existen relaciones directas y constantes en el espacio, entre la temperatura media anual y la evaporación anual (Brichambaut, 1958).

Los promedios de humedad relativa, son poco variables en la región. Mérida es un lugar que presenta el valor más bajo. El promedio es una mala medida en el campo de Cotaxtla, ya que las máximas alcanzan diariamente valores de 100%;

en cambio, la mínima varía siendo sus valores mínimos en los meses secos de 50% y hasta 35% y sus máximos en los meses lluviosos.

Para hacer una clasificación de los elementos climáticos, se usó el Sistema de Koeppen (Koeppen, 1948). La principal desventaja que se le ha encontrado, es que sus límites son imprecisos, si no se conocen los de la vegetación. Además entre dos tipos climáticos adyacentes, puede haber una transición muy gradual de manera tal que, subdivisiones o subtipos, den lugar a complicaciones. Lo anterior condujo a García (1964) a hacer modificaciones al sistema de climas de Koeppen.

Clima Af (m) ó lima caliente y húmedo con lluvias todo el año, se localiza al sur del paralelo 20° N, a lo largo del declive este de la Sierra Madre Oriental, el declive este del Macizo de los Tuxtlas, y sobre el pie norte de las montañas del norte de Chiapas. Este clima presenta, en los meses más lluviosos, una precipitación que es de 69.1% de la anual. De enero a marzo, cuando la precipitación es menor, el porcentaje de lluvia con relación a la anual es de 14.7. Estos mismos porcentajes en un clima Af típico son de 54% y 23% respectivamente. En México este clima se clasifica como Af únicamente por no registrar mes seco.

Clima Am denominado caliente húmedo con lluvias de verano, se localiza en las planicies de Tabasco, en la base del declive este de la Sierra Madre Oriental y en la porción sureste de la Sierra Madre de Chiapas. La precipitación de verano y otoño se incrementa debido a la mayor frecuencia de los ciclones tropicales. Tiene además, influencia de los "Nortes", que aumentan la lluvia invernal en un promedio de 8.5% con relación a la lluvia anual.

Clima Aw denominado caliente subhúmedo con lluvias de verano, se localiza al sur del paralelo 24° N, en algunas de las partes más bajas de la llanura costera, en la Península de Yucatán y en la Depresión de Chiapas. García subdividió este clima en Aw0, Aw1, y Aw2, según que los valores de P/T (Índice de Lang), siendo en orden respectivo de 43.2, de 43.2 a 53.3 y mayores de 53.3. La aplicación de estos valores a la distribución de la vegetación en la Península de Yucatán, por García, prueban su validez.

García llamó semicálidos a los climas con temperatura media anual mayor de 22° C, pero con el mes más frío con promedio menor de 18° C. La distribución de cultivos como café y caña, en lugares como Huatusco y Orizaba, justifican la existencia de estos climas.

Aplicando el criterio de separación de meses secos de Mohr y Van Baren (1959), en la región existe un mes más seco en los climas Am; 5 meses secos en los climas Aw2 y 6 meses secos en los climas Aw1 y Aw0.

### Suelo

En la región con clima A de Koeppen se han identificado los siguientes grandes grupos: suelos rojo amarillentos lateríticos, amarillo rojizo latosólicos, litosuelos kársticos, planosoles, pseudogley, aluviales, chernozems, rendzimas (negra y roja), pradera, terra rossa, gley, migajones rojos y lateritas.

Según Jenny (1941), las variables independientes del sistema suelo que difieren, están ligadas según la siguiente fórmula:

$$S = f(\text{cl, o, r, p, t})$$

En donde:

cl = clima; o = organismos; r = topografía; p = roca madre; t = edad.

Con base en la descripción de los suelos que se encuentran en la región, se elaboró el Cuadro 1. Los grandes grupos de suelos estudiados por Aguilera (1959), Cuanalo (1963, 64 y 65) y la presente revisión, fueron agrupados según la clasificación de Thorp y Smith (1949) en el Cuadro 2. Al relacionar este cuadro con la fórmula propuesta por Jenny, se observa que sólo dos grandes grupos son influidos por el clima, y sólo existen en los climas Am y Aw. En el resto de los climas, las características de la roca madre y la topografía, son factores determinantes del suelo, incluso más importantes que el clima.

La mayor parte de la región es deficiente en nitrógeno, fósforo y, en algunas partes de Veracruz y del Istmo, en potasio (Brambila, 1953). Donde el calcio es abundante, el magnesio y el manganeso son limitantes (Cruz y López, 1946; Tamez, 1942). En la Planicie Costera del Sureste, la falta de drenaje es limitante.

### C U A D R O 1

*Relaciones clima-suelo en la región con clima A de Koeppen en la vertiente del Golfo de México*

CLIMA	DECLIVES	LLANURA COSTERA DE LAS HUASTECAS	PLANICIE DE SOTAVENTO	PLANICIE DEL SURESTE	PENINSULA DE YUCATAN
A (fm)	Litosuelos			Rojo laterítico Aluviales	
Am	Litosuelos Rojo o amarillo Laterítico Chernozem	Rendzinas	Rojo o amarillo Laterítico Planosoles Aluviales Pseudo gley	Rojo o amarillo Laterítico Aluviales Gley Arenas	
Aw <sub>2</sub>	Litosuelos	Arenas Aluviales Rendzinas Vertisoles Rojo lateríticos	Rojo amarillo Laterítico Planosoles (Vertisoles)	Rendzina negra Arenas	Rendzina negra Rendzina roja Sabana Aluviones Gley
Aw <sub>1</sub>		Rendzinas Aluviales	?		Rendzina negra Rendzina roja Gley Arenas
Aw <sub>0</sub>		Rendzinas Aluviales Arenas (Regosoles)	?		Rendzina negra Rendzina roja Arenas



C U A D R O 2

*Los grandes grupos de suelos e influencia de los factores del suelo*

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	FORMULA
Zonal	6 Suelos lateríticos de regiones boscosas, cálidas, templadas y tropicales	Café rojizo lateríticos ( <i>Rojo laterítico</i> )	$S = f(p,cl),r,t,o$
		Café amarillentos lateríticos (Amarillos lateríticos)	$S = f(p)cl,t,r,o$
Intrazonal	2. Suelos hidromórficos de pantano, ciénaga, arenas bajas y materiales	Suelos gley bajos en humus ( <i>Pseudogley</i> )	$S = f(r),p,o,cl,r$
		Suelos planosoles	$S = f(p,r,o),cl,t$
	3. Suelos calcimórficos	Rendzinas	$S = f(p,r,o),cl,t$
Azonal	Sin suborden	Regosoles Litosoles Cársticos	$S = f(p),r,cl,o,t$
		Arenas	$S = f(t),p,r,cl,o$
		Aluviales	$S = f(p),t,cl,o,r$

*Relación del medio físico y los cultivos tropicales*

En general, los cultivos tropicales tienen las siguientes limitaciones (Klages, 1942; Wrigley, 1962, Oehse, *et al*, 1961): la marcha anual de la *lluvia* determina el crecimiento y la cantidad de *lluvia*, en los meses secos condiciona su distribución en el espacio. La cantidad de agua disponible en el suelo depende de la distribución diaria, de la intensidad de la lluvia, de las propiedades físicas y químicas del suelo y de la naturaleza del sistema radicular de las plantas.

El límite inferior de crecimiento es de 0 a 5° C; pero cada cultivo tiene su propio límite para su mejor crecimiento. Algunos cultivos necesitan de la máxima intensidad de luz solar y otros crecen mejor bajo sombra. Pequeñas diferencias en la duración del día, tienen importancia en el crecimiento para ciertas plantas. En el estado de floración, los vientos fuertes causan daños serios.

Es esencial mantener la fertilidad del suelo, buenas condiciones físicas y suficiente materia orgánica; esto se ha logrado:

- a) Usando un sistema de cultivo lo más parecido a la vegetación natural (café con sombras).
- b) Agregando fertilizantes y materia orgánica según las necesidades de cada cultivo y de cada región.

*Ejemplo de un programa específico de investigación*

Como un ejemplo de la forma en que debe aplicarse el conocimiento del medio en los programas de investigación, se ha elaborado uno para maíz de Tonalmil,

que es el cereal cultivado en algunas partes de la región de enero a mayo. Los datos disponibles indican rendimientos de 700 a 1,500 kg./ha. (Secretaría de Agricultura y Ganadería).

Los datos de la Dirección de Economía Agrícola de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de 1945-1960, revelaron que el maíz de Tonalmil se cultiva en las siguientes regiones (Fig. 1):

1. Llanura costera del norte de Veracruz y declives de la Sierra Madre Oriental al norte de la Sierra de Chiconquiaco.
2. Declives orientales del Transversal Volcánico.
3. Declives de la Sierra de Oaxaca.
4. Planicie Costera de Sotavento, entre los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos.
5. Planicie Costera del Sureste.
6. Se cultiva además en lugares aislados de la Depresión de Chiapas y del Istmo de Tehuantepec.

Los climas que ocupan las regiones mencionadas arriba, de 800-1000 m son semicálidos con promedios de temperatura mayores de 14° C; abajo de 1000, en los climas son Af(m) y Am. En algunas partes de la primera y cuarta región, se reporta el cultivo en climas Aw.

El período vegetativo abarca de diciembre a mayo, en este lapso se registran lluvias de 250 mm en climas Am, de 1,100 mm en los Af (m) y de 100 a 120 mm en climas Aw.

Los suelos en las regiones son litosuelos, rojo y amarillo lateríticos, rendzinas, planosoles, pseudogley, aluviales, y acusan fuertes pendientes en los declives.

#### *Requisitos climáticos*

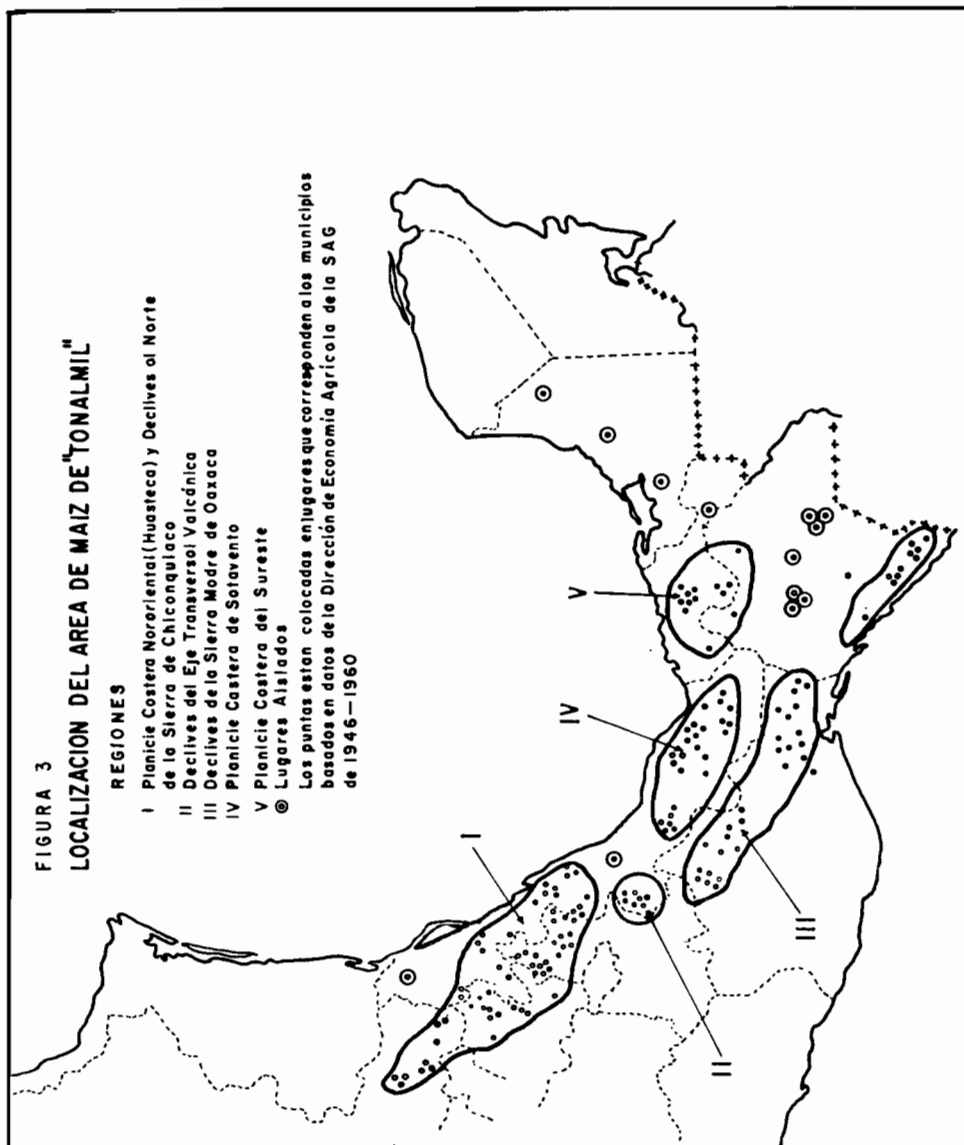
El crecimiento del maíz (Wallace and Bressman, 1949, Sprague, 1948 y Wilsie, 1962), no se realiza donde las temperaturas medias son menores de 19° C, o las temperaturas medias durante el verano son inferiores a 13° C. El período libre de heladas debe ser de 140 a 150 días de duración.

La precipitación necesaria, varía de 240 a 5080 mm, pero en la mejor área maicera de los Estados Unidos, la lluvia es de 177 mm durante los 50 días del espigamiento.

Si la temperatura es de 21° C, germina en 5 ó 6 días; temperaturas menores retardan la germinación y si son menores de 13° C, el grano es dañado por enfermedades. Las plantas jóvenes son relativamente resistentes a temperaturas menores de 1° C.

Si falta la humedad, el crecimiento aéreo se retarda y el desarrollo radicular se aumenta. Con suficiente agua en el punto de crecimiento, éste se retarda por la luz directa del sol, deficiente humedad en el suelo y baja humedad relativa.

Una sequía cerca del período de espigamiento y jiloteo, puede dar lugar a mazorcas parcialmente estériles. En esta etapa de desarrollo, son ideales temperaturas de 22 a 23° C y lluvias de 102 a 127 mm. En la Península de Yucatán, una sequía continua de 14 días, disminuyó los rendimientos del maíz de temporal. Cerca de la madurez, sólo las heladas tempranas son dañinas.



*Requisitos edáficos*

En suelo calizo del Cayal, Campeche, Perry *et al* (1957-58) mostraron que el híbrido H-503, fue inferior en rendimiento que las variedades locales, lo que indica falta de adaptación a estas condiciones edáficas. En suelos cafés forestales, brunizémicos lateríticos rojos arcillosos y laterítico rojo amarillentos, Coronel (1966) informa de respuestas en el maíz híbrido H-507 a niveles de 40, 80 y 120 kg/ha de nitrógeno. El fósforo a niveles de 40 y 80 kg/ha no produjo respuestas en los cafés forestales, produjo en 37% de casos en los brunizémicos, en 40% de los lateríticos rojo amarillentos. En general no hubo respuesta a potasio.

En suelos aluviales de la llanura costera desde Alamo a Acayucan, Ver., Puente *et al* (1963), encontraron respuestas a la aplicación de nitrógeno y fósforo y de nitrógeno, fósforo y potasio, en suelos rojos arcillosos de Acayucan. La población óptima fue mayor conforme se aumentó el nivel de fertilidad del suelo, y mayor aun cuando la precipitación fue suficiente.

*Objetivo general del programa*

Elevar los rendimientos de maíz de Tonalmil al máximo posible.

*Objetivos específicos*

1. Buscar el aumento en la capacidad y del tiempo de retención de humedad del suelo. El combate de malezas antes de la siembra y durante el período vegetativo crítico, puede evitar la pérdida excesiva del agua del suelo.

2. Sin olvidar el efecto de la humedad, elevar el nivel productivo de los suelos con el uso de nitrógeno, fósforo, magnesio y hierro, según el caso. El más alto nivel de productividad será definido por la población óptima de plantas de maíz.

3. Mejorar la eficiencia productora del maíz, en condiciones de reducida luminosidad y de baja capacidad de retención de humedad en el suelo.

En la realización de los objetivos específicos de este programa, intervendría toda la tecnología usada en la experimentación actual.

*Discusión*

El análisis del factor físico, permitió estudiar cada uno de los elementos que lo forman y su influencia directa e indirecta en la producción biológica. Este análisis ha demostrado que los materiales geológicos influyen en mayor grado en las características de los suelos, que el factor clima. El análisis del factor geográfico mostró que la gran cantidad de energía recibida del sol que se refleja a su doble paso por la región; esta energía es modificada en su cantidad, por la distribución de las aguas oceánicas, por la altitud y por la disposición de las montañas.

El estudio del factor climático mostró que la lluvia en su cantidad y distribución influye en última instancia en la disponibilidad de agua para las plantas, en

regiones con suelos bien drenados. La lluvia, a su vez, depende de la circulación atmosférica y de las perturbaciones en su seno.

Finalmente, quedó de manifiesto en la conjugación del factor edáfico, que el agua y los nutrientes disponibles a las plantas están ligados a los factores climáticos, geológicos y topográficos.

Todo lo anterior, confirma la estrecha interrelación que existe entre los factores, cuando se trata de lograr el crecimiento en las plantas.

De los factores analizados, los geológicos y los geográficos son tal vez los más estudiados. Los factores edáficos y climáticos aún no han sido estudiados satisfactoriamente. Por ejemplo, el suelo y la vegetación han sido estudiados en sus interrelaciones sólo en la región de Tuxtepec, Oax. (Guerere, 1964).

El intento de deducir y proyectar un programa de maíz de tonalmil, presentado en este estudio, muestra como el análisis ecológico conduce a sentar bases en las investigaciones para definir las limitantes biológicas y precisar los problemas por resolver. De esta manera, el uso de la técnica actual "como instrumento de investigación", conduce a resultados más consistentes y eficientes tanto en esfuerzo como en costo y tiempo.

Desde el punto de vista práctico, se muestra el sistema administrativo técnico, para lograr un aumento con mayor probabilidad de buen éxito en la producción de maíz, en la época de menor existencia de este cereal como son los meses de mayo, junio y julio.

### *Conclusiones*

1. El medio, debidamente analizado, muestra la estrecha relación que existe entre él y la explotación agropecuaria y forestal potenciales.
2. Este análisis sirve de base para la mejor proyección de los métodos y técnicas en la utilización del potencial agropecuario y forestal.
3. Es igualmente la parte medular para la definición de la investigación agropecuaria y forestal.
4. En este análisis del medio físico de la región, con clima *A* de Koeppen en el oriente de México, se han mostrado las lagunas existentes en su conocimiento, precisando, en esta forma, las investigaciones que conviene emprender.
5. El análisis del cultivo de maíz de tonalmil, comprueba lo afirmado en la primera conclusión.
6. Desde el punto de vista práctico, se deduce el área de cultivo con mayores posibilidades de buen éxito y la forma más efectiva de llegar a obtener rendimientos máximos.

### *Referencias citadas*

- AGUILERA H., N. (1959). *Suelos. En: Los recursos naturales del Sureste y su aprovechamiento* (Parte II, Tomo 2o). Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México.
- ANONIMO. (1963). Huracanes del Golfo. *Boletín Climático* 9 (106): 2-7.

- BENAVIDES G., L. (1956). *Notas sobre la geología petrolera de México*. En: Simposium sobre Yacimientos de Petróleo y Gas. Tomo III. América del Norte. Eduardo J. Guzmán, Editor. México.
- BRAMBILA, M. (1953). *Juicio acerca de las condiciones edafológicas*. En: La Industria Azucarera de México. Depto. de Investigaciones Industriales, Banco de México, S. A., México.
- BRICHAMBAUT DE G. P. (1958). *Estudio preliminar de las formas de clima en las zonas cálidas y sus relaciones con la vegetación*. Bol. Soc. Bot. Méx. 23: 132-145.
- CORONEL T., F. (1966). *Fertilización de maíz de temporal, en la región de los Tuxtlas y Llanos de Rodríguez Clara, Veracruz*. II Seminario de Información sobre Investigación y Extensión Agrícolas. Campo Cotaxtla, INIA, SAG, México.
- CUANALO DE LA C., H. (1963). *Los principales grandes grupos de suelos de la región de Tuxtepec, Oaxaca*. 2o. Congreso de Botánica, San Luis Potosí, Organizado por la Soc. Botánica de México (Inédito). México.
- (1964). *Suelos del campo experimental forestal "El Tormento", Campeche*. Bol. Técnico 15, INIF, SAG, México.
- (1965). *Los grandes grupos de suelos de la zona de Tuxtepec, Oax.* Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- CRUZ L. C. y LOPEZ G., R. (1946). *Informe agroeconómico del proyecto de riego de Xicoténcatl, Tamps.* Datos no publicados, Direc. de Aprovechamientos Hidráulicos, Depto. de Agrología, SRH, México.
- GARCIA, E. (1964). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Enriqueta García, México.
- GARFÍAS, R., V. y CHAPIN, C. T., (1949). *Geología de México*. Editorial Jus, México.
- GUERERE A., A. (1964) *El uso potencial de los recursos renovables en regiones Tropicales: Intento de aplicación de la región de Tuxtepec, Oaxaca, México*. Tesis de Maestría en Ciencias sin publicar. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- JENNY, H. (1941). *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology*. McGrawhill Book Company, Inc. New York.
- KLAGES, K. H. W. (1958) (C. 1942). *Ecological crop geography*. MacMillan, New York. 615 pp.
- KOEPPEL, W. (1948). *Climatología, con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica, México.
- MOHR, E. C. J. and VAN BAREN, F. A. (1959). *Tropical soils: A critical study of soil genesis as related to climate, rock and vegetation*. Interscience Publishers, Inc. New York.
- MOSIÑO A., P. (1966). *Factores determinantes del clima en la República Mexicana con referencia especial a las Zonas Áridas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
- MOSIÑO, A., P. y GARCIA, E. (1966). *Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana*. Unión Geográfica Internacional. Conferencia Regional Latino Americana. Temas Geográfico Físicos. Tomo III, Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. México.
- MULLERFRIED, F. (1948). *La naturaleza del Noroeste de Oaxaca*. Rev. de la Soc. Méx. de Historia Natural 9 (1-2): 137-143.
- (1952-58). *Geología de Chiapas*, Gobierno Constitucional del Estado de Chiapas Mexico.
- OGHSE, J. J. et al. (1961). *Tropical and subtropical agriculture*. MacMillan, Co., New York.
- PERRY, J. P., RACHIE, K. O. y MARTINEZ J., L. (1957-58). *Quema de malezas y fertilización de maíz en Campeche*. Agr. Técnica en México. 1:5, 6-7.
- PUNTE, F., SANCHEZ, D., N., CHAVEZ, R., S. y LAIRD, REGGIE J. (1963). *Prácticas de fertilización y población óptima para siembras de maíz en las regiones tropicales de Veracruz*. Folleto Técnico, No. 45, INIA, SAG, México.
- ROBLES R., R. (1959). *Geología y geohidrología*. En: Los Recursos Naturales del Sureste y su aprovechamiento. Parte II. Tomo 2o. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- SPRAGUE, G. F. (Edited in 1955). *Corn and corn improvement*. Academic Press, Inc. Publishers (Agronomy. Vol. 5). New York.
- TAMEZ G., P. (1942). *Estudio de las condiciones de fertilidad de la región citrícola de Lleva, Edo. de Tamps.* Datos no publicados. Direc. de Aprovechamientos Hidráulicos, Depto. de Agrología, SRH, México.
- THORP, J. and SMITH, G. S. (1949). *Higher categories for soil classification order, suborder and great soil groups*. Soil Sci. 67:117-126.
- TREWARTH, G. T. (1954). *An introduction to climate*. 3th. ed. McGraw Hill, New York.
- WALLACE, H. A. (1949). *Corn and corn growing*, by H. A. Wallace and N. Bressman, 5th ed. John Wiley and Sons, New York.
- WALLEN, C. C. (1955). *Some characteristics of precipitation in Mexico*. Geografiska Annaler 37 (1-2): 51-85.
- WILSIE, C. P. (1962). *Crop adaptation and distribution*. W. H. Freeman and Company, San Francisco and London.
- WRIGLEY, G. (1962). *Agricultura tropical*. El Desarrollo de la Producción. Editorial Continental, México.