



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS Y  
QUIMICAS DEL SUELO, EN RELACION AL CULTIVO DE  
SOYA INOCULADA CON Rhizobium, EN STA. CRUZ  
ACALPIXCA, XOCHIMILCO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
Químico Farmacéutico Biólogo

P R E S E N T A :

RICARDO SAULES GARCIA

México, D. F.



1986

EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION. . . . .	1
2.- ANTECEDENTES Y REVISION DE LITERATURA . . . . .	2
2.1.- ESTUDIOS EDAFICOS DE XOCHIMILCO . . . . .	2
2.2.- CULTIVO E INOCULACION DE SOYA . . . . .	9
3.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO. . . . .	29
3.1.- GEOLOGIA. . . . .	29
3.2.- CLIMA . . . . .	31
3.3.- VEGETACION. . . . .	33
3.4.- SUELOS. . . . .	35
4.- MATERIALES. . . . .	38
4.1.- DETERMINACIONES FISICAS Y QUIMICAS EN LOS SUELOS Y PLANTAS . . . . .	38
4.2.- DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS . . . . .	40
5.- RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	43
CONCLUSIONES. . . . .	69
RESUMEN. . . . .	74
APENDICE . . . . .	76
BIBLIOGRAFIA. . . . .	82

## INTRODUCCION

El área de Xochimilco constituye una de las zonas agrícolas más antiguas del país, que desde la época precolonial había conservado un nivel importante de productividad, situación que se describe incluso en las cartas de Relación de Hernán Cortés (Vivó Escoto, 1958).

Los habitantes de esta región siempre habían dependido de los productos agrícolas para su alimentación, conservándose la eminente vocación agrícola de estos suelos. Esta vocación gradualmente se ha perdido a consecuencia del fuerte impacto ambiental provocado, principalmente, por los grandes núcleos de población cercanos a la región, especialmente en forma de contaminación, y al abatirse el nivel de las aguas subterráneas, la mala utilización de los manantiales, así como la infiltración de aguas negras y el avance del urbanismo.

Por otra parte, el cambio de hábitos alimenticios en las poblaciones antiguamente rurales, provocado por el efecto de los grandes núcleos de población, han deteriorado la antigua dieta de los pobladores de esta región, disminuyendo su contenido protéico a un nivel crítico, siendo especialmente peligroso para la población infantil.

Los problemas anteriormente esbozados nos han motivado para que, en el presente trabajo, nos hayamos propuesto tratar de cumplir con los siguientes objetivos: 1) realizar el estudio edafológico del área de estudio, con el propósito de evaluar las características físicas y químicas de los suelos, 2) determinar el uso actual y potencial del suelo, 3) la evaluación de la degradación

de los suelos, 4) establecer ensayos preliminares sobre cultivo e inoculación de la soya variedad BM<sub>2</sub>, a nivel de huertos familiares, con el propósito de dar a conocer esta leguminosa como una fuente de proteína de buena calidad y económica, que pudiera estar al alcance popular, 5) determinar el grado de adaptación de esta variedad de soya, a las condiciones ambientales de área de estudio y 6) estimar el efecto de la inoculación con Rhizobium japonicum (Bradirhizobium japonicum, Jordan 1982), en el rendimiento de grano y contenido de proteínas en este cultivo.

## 2.- ANTECEDENTES

### 2.1.- Estudios Edáficos de Xochimilco.

Algunos pueblos indígenas, entre ellos otomíes y nahuas, de la meseta de Anáhuac, mixtecas, del occidente de Oaxaca y diversos grupos de la cuenca del Balsas en Guerrero, fueron directos responsables de la destrucción de bosques y suelos en sus respectivas comarcas, a pesar de ello, la riqueza del suelo mexicano se había preservado en lo general casi intacto en los tiempos indígenas.

Los que han reflexionado seriamente sobre la riqueza del suelo mexicano -decía Alejandro Humboldt-, sabían que la porción ya abierta al cultivo podría producir lo suficiente para la subsistencia de una población ocho a diez veces mayor, solamente con un poco más de esmero en el cultivo, y sin suponer trabajos extraordinarios para el riego de los campos (Vivó Escoto, 1958).

En vista de que aproximadamente el 50% de la superficie de México es seca, los suelos calcificados ocupan vastas regiones del país, en parte, en las zonas que son moderadamente húmedas y desde

luego, en las regiones secas propiamente dichas.

Algunas de las regiones de tierra negra cuentan con los mejores suelos agrícolas del país, localizados especialmente en las zonas de mesetas que corresponden a Puebla, Hidalgo, México, Distrito Federal, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Guerrero y Oaxaca, todas ellas en la parte sur de la altiplanicie mexicana.

Algunas de estas regiones de tierras negras, correspondientes al centro de México, han venido explotándose desde hace 2,500 años, lo que prueba la utilidad de las mismas y la importancia que han tenido en el desarrollo del país (Vivó Escoto, 1958).

Durante 2,000 años, época que se cierra con la Conquista, los cultivos principales que se sembraban en las tierras negras eran el maíz y frijol. El riego se practicaba en numerosas regiones, como se ha demostrado por las investigaciones realizadas por algunos etnólogos del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Se debe agregar la circunstancia de que el frijol, al fijar el nitrógeno del aire en su raíz, ha venido contribuyendo a reintegrar este elemento a los suelos.

Por otra parte, en las regiones lacustres como las del Valle de México y del alto Lerma por ejemplo, el desarrollo de las chinampas permitía el uso de las tierras agrícolas sin un desgaste apreciable, llevándose a cabo la práctica de la incorporación de materia orgánica procedente de los canales, siendo especialmente notable el uso que, como abono verde, le daban al "chilacastle" o Azolla (Peña, 1978, citado por Espinosa, 1985).

A partir de la Conquista, es decir en los últimos siglos, se agregó el arado a la técnica agrícola en la explotación de las

tierras negras, instrumento que favoreció el uso del suelo, pero que también influyó en su erosión. Además, con los malos técnicos que se obstinaron en una forma absurda, por hacer desaparecer las regiones lacustres, se contribuyó a reducir una importante fuente para el abastecimiento de agua en el subsuelo, (Vivo Escoto, 1958).

Este conjunto de condiciones es el que explica el agotamiento y la destrucción física por erosión, de grandes regiones con tierras negras correspondientes al centro del país.

La composición química de los suelos de pantanos y de ciénagas, no es adecuada para el desarrollo de una agricultura que tienda a mantenerse en forma permanente.

Son numerosas las experiencias que se tienen en México sobre las regiones en las que se procedió a la destrucción de un pantano, lago o de una ciénaga, con la idea de abrir nuevas tierras al cultivo, observándose después que las tierras húmedas en dichos pantanos o ciénagas no eran de utilidad agrícola (Vivó Escoto, 1958).

El caso más notorio de esta naturaleza, es el que corresponde a los lagos totalmente desecados en el Valle de México, como el Xaltocan y Chalco, en los que se terminó con las chinampas existentes en las orillas de los mismos, quedando en su lugar, un erial que sólo es propicio para tolveneras. Por el contrario, en los antiguos lagos donde en la actualidad se conservan pequeños cuerpos de agua, han perdurado chinampas o ex-chinampas poco más o menos florecientes, tal es el caso de Xochimilco, Tlahuac y Mixquic en los pequeños vasos lacustres relacionados con el lago de Xochimilco, como las de Zumpango en el lago del mismo nombre

y las de Chimalhuacan Atenco en el lago de Texcoco.

La desecación de los pantanos y ciénagas en muchas regiones interiores de México, ha contribuido a la destrucción de importantes regiones agrícolas que, al desaparecer, son sustituidas por campos desolados (Vivó Escoto, 1958).

Las tierras mexicanas en general, son ricas en potasio, calcio y magnesio, lo que se explica por la gran actividad volcánica que ha afectado al país, cubriendo casi una tercera parte del mismo con materiales que son producto del vulcanismo; los que a su vez han sido transportados por las aguas a muy extensas regiones del país. Sin embargo, los elementos que suelen escasear con mayor frecuencia, son el nitrógeno y el fósforo (Vivó Escoto, 1958).

Granados Chávez (1948), analizó algunos suelos de la región sur del Valle de México respecto a su color, pH y textura, encontrando que ésta última comprende principalmente dos tipos: suelos francos y migajones limosos. Dominando los suelos con reacción alcalina, comprendidos entre 7.10 y 8.40. Este mismo autor determinó el contenido de calcio, magnesio, potasio y fósforo, por medio de las pruebas de Peech, encontrando valores satisfactorios para los tres últimos elementos. El contenido de calcio fué excesivamente alto en las zonas que se encuentran en las partes bajas del área de estudio, en las que el drenaje es deficiente debido al nivel de agua que circunda a dichos terrenos.

La totalidad de los suelos fueron ricos en materia orgánica, con valores de 4.8 a 11.5%.

En cuanto al contenido de sales solubles, determinadas mediante el puente eléctrico, encontró que el contenido de sales en estos suelos, fluctuó de 0.20 al 1%, estas cantidades de sales son



excesivas, y demuestran el peligro que corren las tierras de Xochimilco, que por falta de agua adecuada para riego, comienzan ya a salinarse y "si no se pone un remedio adecuado y rápido, se convertirán en terrenos salobres parecidos a los de Texcoco" (así lo expresa Granados, 1948).

Granados (1948), citado por Aguilera (1951) y Alfaro (1980), señala que Xochimilco, es una región agrícola cuyos habitantes se dedican y dependen del cultivo del suelo. Concluye que estos suelos localizados a orillas del lago de Xochimilco, a 25 km al sureste de la capital y con una extensión aproximada de 13,140 Ha, presentan condiciones desfavorables para el desarrollo de las plantas como es: la acumulación de sales, las cuales van en aumento a medida que pasa el tiempo, volviendo improductivos los terrenos.

Mendoza (1961), citado por Alfaro (1980), menciona que "debido a que el suelo está inclinado de sur a norte, resulta que los suelos que corresponden a la llanura, fueron formados por acarreos que las aguas han realizado desde las partes altas, constituyendo así una llanura lacustre en la que predominan en su depósito los migajones". Más adelante agrega: "En la zona de la llanura se encuentran suelos ricos en materia orgánica, especialmente los ejidos de la Ciénega".

Flores Dfiaz (1965), realizó observaciones edáficas con base a un perfil realizado en Xochimilco, el cual se localiza a 3 km al noreste del pueblo de San Gregorio, a 600 m al oriente del puente de Arriaga. El perfil fué hecho sobre lo que antiguamente era el centro del lago de Xochimilco, a partir del cuál se destaca que, a profundidades de 2.10 m a 2.50 m se presenta un color negro, gran cantidad de materia orgánica en descomposición (plantas acuá-

ticas), con numerosas conchas de moluscos (gasterópodos) y también la presencia de ostracodos.

Agrega que, en cuanto al origen geológico de los lagos que integran la Cuenca del Valle de México, la etapa más importante es el cierre de la misma por la Sierra de Chichunautzin, durante el período del Pleistoceno y el rápido relleno originado por las grandes avenidas, la precipitación y la topografía característica de dicho período. De este modo se formaron estratos de gravas, arenas, limos y arcillas, sedimentándose según la densidad de cada una de ellas.

Las condiciones ecológicas no eran idénticas en toda la Cuenca, siendo afectada la parte norte en mayor proporción, principalmente por la temperatura; la parte sur por la precipitación y las corrientes de agua.

Entre los materiales que se encuentran relleno la Cuenca, se observan cementados por carbonato de calcio (Lago de Zumpango), Arcilla (Lago de Xaltocan, Texcoco y Distrito Federal), Materia Orgánica (Xochimilco y Chalco). Los análisis nos demuestran que las valvas de ostrácodos en el Lago de Texcoco, están formadas por carbonato y bicarbonato de sodio y en el Lago de Xochimilco, por carbonato de calcio en la forma cristalina de Calcita. También el mismo autor resalta que existe una estrecha relación pedológica entre las diatomeas y los estratos del perfil, debido a su gran número y a que se encuentran en estratos definidos de espesor considerable, sobre todo en el área del Lago de Xochimilco.

Debido a que los lagos de Texcoco y Xochimilco tuvieron un origen geológico común, integrando de esta manera la Cuenca del Valle de México, hacemos mención de los antecedentes edáficos

siguientes: Rivera (1975), citado por Anguiano (1984), efectuó un estudio de las propiedades mineralógicas y termodinámicas de los sedimentos del ex-lago de Texcoco, destacando las siguientes características de los sedimentos lacustres: a) los porcentajes de humedad son mayores en las capas profundas que en las superficiales, b) en los sedimentos predomina bastante material fino (menos de 2 micras) y el pH que es alcalino va disminuyendo del centro hacia la periferia del lago de Texcoco, c) los aniones que se encuentran en mayor cantidad son, los cloruros y los carbonatos y los cationes que predominan son el sodio y potasio, d) los minerales primarios se originaron del intemperismo de rocas ígneas (andesitas y otras) siendo los principales cuarzo, feldespatos, olivinos y piroxenos; también se encuentran minerales amorfos derivados de cenizas volcánicas, e) la superficie específica de los sedimentos se encuentra entre 270 y 390 m<sup>2</sup>/gr, por lo que se supone que dicha fracción está compuesta de minerales arcillosos de tipo esmectita (montmorillonita, hectorita, etc.) que tiene una superficie específica de 800 m<sup>2</sup>/gr, la superficie específica y la capacidad de intercambio catiónico, aumentan desde la superficie del suelo hacia las capas profundas del perfil del suelo, se cree que ésto puede deberse a la cantidad y/o tipo de arcilla presente, f) la presencia de materiales amorfos en los sedimentos del ex-lago de Texcoco, puede deberse al pH que es en promedio de 9.5, ya que se sabe que a mayor pH aumenta la solubilidad del Al y Si, los cuales afectan la solución de los minerales hacia su arreglo cristalino, cuando se establece un equilibrio entre los procesos de cristalización y disolución, el mineral formado presenta un ordenamiento no definido que lo caracteriza como material amorfo.

Ortega (1976), citado por Anguiano (1984), efectuó un trabajo de investigación sobre los cambios físico-químico de los suelos del vaso del ex-lago de Texcoco, sujetos a lavados con diferentes soluciones salinas. Concluye que el uso de soluciones con alto RAS y bajas concentraciones electrolíticas, producen una serie de modificaciones en el complejo de intercambio catiónico en los suelos, lo que trae como consecuencia alteraciones en sus características químicas y mineralógicas, como por ejemplo el lavado de coloides.

Sejas (1978), citado por Anguiano (1984), determinó los efectos de lavado sobre algunas propiedades físicas y químicas de los suelos ensalitrados del ex-lago de Texcoco, usando aguas de diferente concentración y composición iónica. Concluye que es posible recuperar los suelos ensalitrados del ex-lago de Texcoco con base a lavados exclusivamente, hasta un límite o concentración umbral en el cual no se afecte la conductividad hidráulica del suelo, pudiéndose utilizar posteriormente otros métodos de recuperación que contemplen la aplicación de mejoradores del suelo.

## 2.2.- Cultivo e Inoculación de Soya.

### 2.2.1.- Características Taxonómicas y Morfológicas de la soya.

La soya pertenece a la familia Leguminosa, sub-familia Papilionidae y género Glycine. Este género comprende muchas especies, de las cuales la de mayor importancia económica es Glycine max (L) Merril.

La soya es una planta autógama y los cruzamientos para obtener las variedades, deben realizarse en forma manual.

Mediante la hibridación y las selecciones individuales y en

masa, se han obtenido variedades comerciales con alto potencial genético de rendimiento y adaptadas a las condiciones locales.

**MORFOLOGIA.** La soya es una planta anual, herbácea, erecta y ramificada que difiere en altura y precocidad, según la variedad. Casi todas las variedades muestran pubescencia en los tallos, hojas y vainas.

**Raíces.**- Son bien desarrolladas y con abundante nodulación, como todas las leguminosas. La raíz principal puede alcanzar una profundidad hasta de 2 m, sin embargo, comúnmente no penetra por debajo de la capa arable. Origina muchas raíces secundarias y terciarias, con numerosos pelos radicales. Los nódulos, formados por la presencia de la bacteria Rhizobium japonicum (Bradyrhizobium japonicum, Jordán 1982), son pequeños adheridos esferoidales a las raicillas.

**Tallo.**- Es erecto, con un número variable de nudos y entrenudos, de acuerdo con la relación de la variedad al fotoperíodo y a su hábito de crecimiento. Este puede ser: determinado, cuando el tallo termina en un racimo floral que origina las vainas; o indeterminado en el caso de que el tallo continúa creciendo a medida que produce flores y vainas. Casi todas las yemas axilares de la parte superior del tallo, originan flores. Las yemas inferiores pueden producir ramas, flores tardías, o quedar sin desarrollarse.

**Hojas.**- Casi todas las hojas situadas encima del segundo nudo son trifoliadas pero, ocasionalmente, algunas tienen 4 o 5 folíolos.

La forma varía entre oval y lanceolada, ancha o angosta, casi todas las variedades comerciales tienen folíolos anchos.

Flores.- Estructuralmente son similares a las de otras leguminosas. Nacen en racimos axilares y son de color blanco, púrpura, o con la base púrpura y el resto de la corola blanco. Tienen cáliz tubular, corola dividida en cinco pétalos, 10 estambres y un ovario generalmente con dos o hasta cinco óvulos. Los estambres rodean el pistilo.

Semillas.- Se forman dentro de vainas. Las variedades silvestres tienen vainas dehiscentes, pero las mejoradas son indehiscentes. Las semillas son amarillas, verdes, negras o marrón. El color de los cotiledones es verde, antes de la madurez, pero se tornan amarillos cuando las semillas maduran. La forma de la semilla varía desde casi esférica, hasta la achatada. (Delgado, 1974).

#### 2.2.2.- Cultivo de soya en relación al suelo.

La soya, según Vavilov, es originaria de China, desde donde se extendió a la mayor parte de los países de Asia, entre ellos, Corea y Japón, a Europa y posteriormente en 1800 a los Estados Unidos y a otros países del Continente Americano.

En el Hemisferio Occidental la soya fué introducida en 1712, y se debe a Mease citado por Delgado (1974), la primera descripción de la planta.

La primera mención de la soya aparece en una publicación médica, que describe las plantas de China, escrita por el emperador Sheng Nung, en 2838 A.C. en manuscritos posteriores, se la menciona como frijol "milagroso" y se la considera como la leguminosa cultivada más importante y uno de los cinco granos sagrados, indispensables para la existencia de la civilización China.

En la mayoría de los países latinoamericanos no se ha sembra

do la soya extensamente y, con excepción de Argentina, México, Brasil y Colombia, su siembra ha sido eventual y sólomente para fines experimentales.

En México, las primeras noticias sobre el cultivo de soya datan del año de 1911, en el que la Secretaría de Agricultura y Fomento, lo introdujo en forma experimental, pero como los campesinos y pequeños propietarios no mostraron interés, los trabajos fueron abandonados. Inicialmente se había pretendido emplear el grano como sustituto del frijol común, pero en estas condiciones, competía desventajosamente por la diferencia de sabor, además de la dificultad para su cocción y, sobre todo, por la costumbre en el pueblo Mexicano de consumir frijol. (Delgado, 1974).

El segundo intento de introducir la soya en México tuvo lugar en el año de 1928, en que se volvió a experimentar con algunas variedades en terrenos de la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, México.

En 1932, se iniciaron trabajos en el estado de Veracruz, bajo el control del Departamento del Estado, y se establecieron campos de soya en Jalapa, Las Animas, Tecomulca y El Carrizal, donde se logró la adaptación de las variedades Mammoth, Laredo, Virginia y Hollybroak.

En 1937, Las Variedades antes citadas fueron sujetas a experimentación en el campo Agrícola e Industrial en Tlanepantla, México, en donde crecieron y rindieron bien, pero otra vez se tropezó con la resistencia de los agricultores, que no tenían mercado para su producto, ni lo podían utilizar para la alimentación o para la industria.

Por ese mismo año se ensayaba un grupo de variedades en la es-

cuela de Comitancillo, Oax. y en la Huerta, Mich.

En 1942, la Dirección General de Agricultura de la Secretaría de Agricultura y Fomento, volvió a fijar su atención en el cultivo de la soya, y ordenó que se iniciaran trabajos en algunos lugares de los Estados de México, Querétaro, Guanajuato y Jalisco.

En el mismo año, el Banco Nacional de Crédito Ejidal, tratando de incrementar este cultivo en la Comarca Lagunera, importó de los Estados Unidos algunas toneladas de semillas, que repartió para su siembra entre miembros de la Unión de Sociedades de Crédito Ejidal y pequeños propietarios, pero este ensayo tampoco dio resultados satisfactorios, pues no hubo un estudio previo de adaptación de las variedades y, por lo tanto, no se pudo llegar a ninguna conclusión.

Después de pasar por las anteriores vicisitudes, y de las actividades intensas desplegadas más tarde por nuestros técnicos en lo referente a la investigación y experimentación, se logró poner de manifiesto las múltiples ventajas de la soya y, además, se determinaron los métodos más adecuados para el cultivo de la citada leguminosa (Inst. Nal. Inv. Agri., 1979).

Como consecuencia de los pasos anteriores, después de encontrar las variedades que mejor se adaptaran a nuestro medio, de tener conocimiento del modo de resolver los problemas entomológicos y fitopatológicos de la soya, y estudiar el aprovechamiento del grano, se logró en el año de 1958, introducir definitivamente en forma comercial dicho cultivo en el estado de Sonora y, posteriormente difundirlo con bastante éxito en otras regiones.



La soya parece ser peculiarmente susceptible a los cambios de clima. Las diferencias en las características del crecimiento de una misma variedad, en lugares diferentes, son tan grandes como lo pudieran ser para dos variedades distintas.

La soya es muy sensible a la duración del día y, a este respecto, se ha clasificado como planta de día corto, esta característica determina que las variedades tengan una área de adaptación limitada, y que sea muy amplia la gama de variedades en los países en donde el cultivo tiene importancia económica; por ejemplo en México, la variedad Lee produce satisfactoriamente en el Valle del Yaqui, Son., con latitud de 27° a 28° N, en menor grado en el Valle del Fuerte, Sin., cuya latitud es de 25° 30' y 26° N; y resulta poco satisfactoria su producción en Culiacán, Sin., ubicada en una latitud de 23° a 24° N. Lo mismo puede decirse de la variedad Tropicana, la cual mientras en Chiapas a una latitud de 16° a 17° N, produce excelentes resultados, en latitudes mayores de 25° N produce poco grano y a veces solamente follaje (S.A.G., 1976). y (Delgado, 1974). Para que la soya produzca sus máximos rendimientos, las temperaturas diurnas deben oscilar entre 25° y 30° C y las nocturnas entre 18° y 25° C.

La semilla requiere una temperatura mínima de 4° C, para germinar. Las plantas de soya son resistentes a las heladas durante gran parte de su desarrollo. Algunas variedades toleran temperaturas hasta de 4° C sin graves daños al follaje, siempre que no se presenten cuando las vainas están medianamente llenas, y que estas temperaturas pudieran impedir que estas maduren satisfactoriamente.

Desde el punto de vista de sus exigencias de humedad, el período de germinación es el más crítico, ya que una sequía prolongada o una humedad excesiva, pueden ser perjudiciales. Después de iniciado su crecimiento, las plantas pueden tolerar períodos de sequía; y un período lluvioso no perjudica seriamente a su crecimiento, ni a su rendimiento (Delgado, 1974).

De acuerdo a los trabajos de Parker y Borthwick (1974) citado por Delgado (1974), las variedades de soya responden en forma distinta cuando se exponen diariamente a diferentes períodos de luminosidad, aunque en realidad, el período de obscuridad es el determinante para que una planta produzca o no produzca primordios florales.

Algunas variedades requieren hasta de 10 o más horas de obscuridad. Todas las variedades florecen más rápidamente con períodos de obscuridad de 14 a 16 horas diarias, que con períodos más cortos. De acuerdo con esta diferencia en su sensibilidad fotoperiódica, se recomienda utilizar en cada caso, las variedades que mejor se adapten a las condiciones ecológicas (Delgado, 1974).

La soya se puede adaptar a una gran variedad de suelos, incluso a los relativamente pobres, si se inocula la semilla y se fertiliza adecuadamente.

No prospera bien en suelos arenosos, se adapta mejor que el algodón y el maíz a los suelos arcillosos. Tiene muy buen desarrollo en suelos con un pH de 6 a 6.5, sin embargo, se han obtenido buenos rendimientos en suelos del noroeste de México, con un pH de 8 a 8.5.

La planta soya es susceptible a las sales solubles y, en ocasiones, sirve como indicador de la presencia de éstas en el suelo

o en el agua de riego (S.A.G., 1976) y Delgado (1974).

### 2.2.3.- Germinación.

La semilla de soya germina a mayor o menor velocidad, según la temperatura y la humedad del suelo. Comúnmente, la germinación ocurre entre cuatro y seis días después de la siembra.

La soya es muy sensible al fotoperíodo. Esta sensibilidad determina el área de adaptación y el período de maduración de las variedades comerciales. Cada variedad requiere de un período de luz diaria específica para florecer. De acuerdo con esto, las variedades se han clasificado en los siguientes grupos: 00, 0, I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII. El grupo 00 es el más temprano y el VIII es el más tardío.

Las bacterias Bacillus subtilis y Erwinia sp fueron identificadas como los agentes responsables de la inhibición de la germinación en semillas de soya (Martínez Lara, 1980).

### 2.2.4.- Siembra.

Las plantas leguminosas utilizan el nitrógeno atmosférico por medio de un proceso simbiótico con bacterias fijadoras de nitrógeno, como el caso de soya con Rhizobium japonicum (Bradirhizobium japonicum, Jordán, 1982). Por lo que cuando se va a establecer un cultivo, conviene inocular las semillas antes de la siembra con esta bacteria.

La fecha de siembra varía de acuerdo con las condiciones climáticas de cada región y, en particular, con el régimen de lluvias. Debe tenerse en cuenta además el fotoperíodo, pues éste afecta las características morfológicas de la planta, su ciclo vegetal y el rendimiento (Sánchez Potes, 1984).

La soya se siembra con sembradoras comunes, pero normalmente con sembradoras de precisión. Estas últimas colocan las semillas no sólo en hileras, sino también a ciertos intervalos dentro de la hilera. La profundidad de siembra varía de 3 a 5 cm. En suelos muy húmedos, se siembra a menor profundidad. Las distancias de siembra difieren según las distintas variedades, de acuerdo con la altura de las plantas y su capacidad de desarrollo, para variedades de porte alto y de maduración tardía, se recomiendan densidades de siembra de 27 a 30 plantas por  $m^2$ , en hileras de 60 cm. Para variedades de porte más pequeño y de maduración más temprana, se recomienda una densidad de 40 a 60 plantas por  $m^2$ , en hileras espaciadas de 30 a 45 cm (S.A.R.H.- I.N.I.A., 1983).

La soya no sólo es versátil sino también fácil de cultivar. Aunque las cosechas son mayores en los estados que forman el cinturón del maíz de la parte media occidental, puede cultivarse en casi cualquier clima de Estados Unidos, a casi cualquier altitud, con lluvias fuertes o escasas. Como regla, la mayor parte de las variedades de soya pueden ser cultivadas con facilidad en cualquier clima o lugar en el que crezca el maíz satisfactoriamente. Se han desarrollado distintas variedades para otras condiciones de suelo o clima (Phyllis Hobson, 1982).

Esta leguminosa crece mejor en clima cálido. Generalmente se siembra en la primavera u otoño, después de que haya pasado todo peligro de heladas, cuando el suelo empiece a calentarse, en fechas similares en las que son sembrados los jitomates o el maíz de la región. Aunque algunas veces no se desarrolla bien en clima muy caliente, puede cultivarse incluso en las partes más meridionales de Estados Unidos durante las estaciones más frescas.

Una vez que la planta está establecida, puede tolerar condiciones extremas de temperatura, sequías, fuertes lluvias y hasta heladas leves. Los granos que se hayan bien desarrollados antes de una helada fuerte continuarán madurando (Phyllis Hobson, 1982).

La soya prefiere un suelo arcillo-arenoso bien fertilizado con cal, potasio y ácido fosfórico, sin embargo, es una planta muy resistente y en realidad no es muy exigente. Ni siquiera es necesario un suelo bien drenado, aunque no le es favorable estar en el agua (Inst. Nal. Inv. Agric, 1982).

Las semillas que son inoculadas producen plantas más grandes y más cantidad de grano con un valor proteínico más alto. No importa si las bacterias ya estaban en el suelo o fueron introducidas en el inoculante (Phyllis Hobson, 1982).

Cuando la siembra se hace en suelos en donde no se ha cultivado soya, es aconsejable inocular la semilla con la cepa específica de Rhizobium japonicum (Bradirhizobium japonicum, Jordan 1982), la inoculación debe efectuarse al momento de la siembra.

La acción directa de los rayos del sol sobre la semilla inoculada y su desecamiento por la intemperie hacen perder la efectividad del inoculante. El tratamiento de la semilla con fungicidas o insecticidas, resulta igualmente perjudicial para el establecimiento de los rizobios, pues estos matan la bacteria (Sánchez Potes, 1984).

Los resultados obtenidos con la inoculación de semilla varían con la calidad del inoculante, pero siempre han sido positivos, produciendo 20 a 50% de incremento en el rendimiento.

En estos estudios, la sobrevivencia de cepas de Rhizobium no ha sido determinada, ni tampoco se conoce el efecto de diferen-

tes tipos de rotaciones de cultivos sobre dicha sobrevivencia (Morales Aguirre, 1981).

#### 2.2.5.- Fertilización

La soya, con rendimiento de 3000 kg/ha de semilla, puede extraer 205 kg de nitrógeno, 55 kg de fósforo y 135 kg de potasio (Sánchez Potes, 1984). Teniendo en cuenta estas cifras y previo análisis químico del suelo, pueden calcularse las necesidades de fertilizantes para este cultivo.

En suelos pobres en fósforo y potasio, es recomendable aplicar, por lo menos, 300 kg/ha de una fórmula 5-20-20 (Sánchez Potes, 1984).

Cuando sólo son bajos los niveles de fósforo, pueden aplicarse 100 a 200 kg/ha del fertilizante compuesto 10-30-10. Si la soya se ha sembrado en un terreno virgen y no ha podido ser inoculada, conviene aplicar de 60 a 80 kg/ha de Urea (Sánchez Potes, 1984).

#### 2.2.6.- Manejo del Cultivo

Durante los primeros días, el crecimiento de soya es lento y debe mantenerse el cultivo libre de malezas. Algunas malezas pueden invadirlo inclusive en las últimas etapas de su desarrollo. En cada región predominan determinadas especies de malezas. Resulta indispensable realizar reconocimientos e identificación de ellas, a fin de orientar en mejor forma su control, utilizando especialmente herbicidas. Deben preferentemente integrarse varios sistemas para lograr un control integrado de las malezas. Así, una adecuada preparación del terreno permite eliminar muchas de estas. El uso de variedades mejoradas agresivas y de buen cubrimiento, el empleo de distancias óptimas de siembra, y una

fertilización adecuada, darán a las plantas de soya ventajas apreciables sobre las malezas.

Una vez germinado el cultivo, pueden eliminarse malezas en forma manual, o mecánicamente con cultivadora o azadón rotativo.

El control químico mediante el empleo de herbicidas se efectúa antes de la siembra o antes de la germinación, como una aplicación preemergente.

#### 2.2.7.- Plagas

Los ecosistemas agrícolas han sido alterados en muchas regiones, principalmente por el uso indiscriminado y a veces innecesario de insecticidas. Ello se traduce en el surgimiento de nuevos problemas insectiles, que disminuyen notablemente los rendimientos. Algunas de las plagas más comunes en soya son:

##### 2.2.7.1.- Trips *Hercothrips phasseoli*.

Esta plaga se presenta cuando el cultivo inicia su desarrollo, especialmente durante la floración. Debido a su alta capacidad reproductora y a la gran voracidad para alimentarse de la savia de las hojas, este insecto es una de las plagas más importantes de la soya en el Valle del Yaqui. (I.N.I.A.-S.A.R.H.-C.I.A.N.O., 1982).

Las infestaciones aparecen en las orillas de los campos y son más perjudiciales al inicio de la floración, ya que en esta etapa la planta ofrece un ambiente sombreado que favorece el desarrollo del trips. En áreas muy infestadas, se observan manchones de tono rojizo, con plantas que se defolían prematuramente y que afectan el rendimiento.

Combate: Para su combate se recomienda cualquiera de los siguientes productos y dosis por hectárea: un litro de Dimetoato 40; o bien un litro de Parathión metílico o etílico 720.

2.2.7.2.- Gusano Bellotero Heliothis spp.

Las larvas del gusano bellotero perforan flores y vainas en desarrollo. Cuando las larvas crecen mordizquean hojas y vainas, estimándose que una larva por metro lineal, o sea, cuando se capturen 3 larvas en 25 redadas, es ya una infestación que puede causar pérdidas económicas.

Combate: Aplicar cualquiera de los siguientes productos y dosis por hectárea; un kilogramo de Orthene 75, un litro de Tamaron 60, o bien, 400 gramos de Lannate 90.

2.2.7.3.- Chinche apestosa Euschistus spp y Nezasa sp

El gusano bellotero y la chinche apestosa, atacan a las vainas y a las partes más tiernas de la planta. Son difíciles de combatir, debido a que el follaje de la planta protege a estos insectos de la aplicación de insecticidas.

2.2.7.4.- Gusano falso medidor de la soya Pseudoplusia includens  
y Gusano falso medidor de la col Trichoplusia ni

Estas plagas se presentan durante la floración y formación de vainas, causando daños al cultivo al defoliar a las plantas.

Combate: Se sugiere su combate cuando se noten daños en el follaje y se colecten de 3 a 5 larvas en 25 redadas.

Se puede aplicar cualquiera de los siguientes productos y dosis por hectárea: Un litro y cuarto (1250ml) de Celathion 50; un litro de Tamaron 60. (I.N.I.A.-S.A.R.H.-C.I.A.N.O., 1982).



#### 2.2.7.5.- Gusano soldado Spodoptera sp

Plaga importante dentro de los defoliadores, ya que puede llegar a consumir o dañar hasta el 100% del follaje de la soya. (I.N.I.A.-S.A.R.H.-C.I.A.N.O., 1982).

El gusano o larva es de color pardo claro con bandas longitudinales pardo oscuro; 3 en la región dorsal, la central dividida longitudinalmente por una línea clara y otras 2 a cada lado del cuerpo; cabeza reticulada de color pardo verdoso; completamente desarrollada mide 3 cm de largo.

Los daños son ocasionados por los gusanos al alimentarse de las hojas dejando únicamente la nervadura central. La voracidad del gusano aumenta en relación a su crecimiento, siendo mayor al alcanzar la madurez. Su hábito nocturno no permite que el agricultor se percate oportunamente de su presencia (S.A.R.H., 1980).

Medidas preventivas: Realizar labores culturales de barbecho, rastreo y cruza con la finalidad de destruir residuos y malezas que son escondrijos propios de esta plaga. (SARH, 1980).

Combate: Se sugiere efectuar el combate durante la fructificación, cuando haya 5 larvas por metro lineal o se capturen 5 larvas en 25 redadas. Puede utilizarse cualquiera de los siguientes productos y dosis por hectárea: un litro y medio de Cylrolane 250, dos litros de Lannate L24.

#### 2.2.7.6.- Gusano peludo Estigmene acrea

Al igual que los anteriores defoliadores, esta plaga es capaz de consumir o dañar severamente el follaje del cultivo.

Combate: Iniciar el combate químico cuando se localicen 20 larvas grandes o cinco masas de huevecillos en 40 metros lineales

de surco. Se pueden aplicar cualquiera de los siguientes productos y dosis por hectárea: un litro y medio de Lorsban 480 dos kilogramos de Dipterex 80., o bien litro y medio de Parathion etílico.

#### 2.2.7.7.- Control Biológico

En la lucha contra las plagas agrícolas mediante el empleo de insectos benéficos la S.A.R.H. ha impulsado los programas de control biológico con el establecimiento en distintas regiones del país de Centros de Reproducción de insectos benéficos, que producen anualmente grandes cantidades de estos insectos, para ser liberados en el campo durante las épocas más oportunas para disminuir la población de una determinada plaga. Con este sistema se bajan los costos de producción agrícola y se evita la contaminación ambiental.

Algunos insectos benéficos actúan como predadores al atrapar a la plaga para devorarla, como es el caso de las catarinitas chinches asesinas, crisopas y muchos más. Otros insectos benéficos ponen sus huevecillos sobre los insectos perjudiciales o en su interior, desarrollándose la cría como parásito, ya sea en forma externa o interna, lo que termina por matar al insecto-plaga. Unos y otros, parásitos y predadores, destruyen a las plagas ayudando a disminuir su índice de infestación, lo que permite recurrir al control químico sólo cuando es absolutamente necesario.

Entre los insectos benéficos para combatir las plagas destacamos a las avispas: son insectos muy pequeños de alas transparentes, membranosas. Las hembras adultas depositan sus huevecillos

en los huevecillos de una gran diversidad de palomillas interrumpiendo de esta manera el ciclo de estas plagas que, en su fase de oruga se comen las hojas y barrenan el tallo. Las especies del género Trichogramma son las más empleadas para la liberación masiva en campo, ya que es un enemigo natural de la mayoría de las principales plagas del maíz y otros cultivos (S.A.R.H., 1980).

#### 2.2.8.- Enfermedades

Varias enfermedades afectan la soya en diferentes estados de su desarrollo. Una enfermedad bacteriana común es la:

Mancha de la Hoja.- Se distinguen la pústula y el añublo bacterial. La primera se hace evidente por pequeñas manchas de color verde amarillento con centros pardo-rojizos. Son más características en el haz de la hoja. Posteriormente, aparecen pequeñas pústulas de color blanquecino en el centro de las lesiones. El añublo bacterial causa también manchas pequeñas amarillentas, pero con un centro de apariencia acuosa, que se torna posteriormente de color pardo o negro, rodeadas de un halo amarillento. La única forma de control es el uso de variedades resistentes (Sánchez Potes, 1984).

Entre las enfermedades de la soya más comunes causadas por hongos se pueden mencionar:

"Mildiu Velloso".- Se distingue por la aparición, en el envés de las hojas, de un micelio blanquecino formado por las fructificaciones del hongo.

Pudrición de Raíz y Tallo.- Varios hongos afectan las raíces y la base de los tallos de las plántulas, ocasionando su pudrición. La planta se marchita y muere.

**Pudrición Carbonosa.**- Afecta la raíz y la base del tallo, principalmente en plantas jóvenes, ocasionando una pudrición marrón oscura.

Esta enfermedad es favorecida por altas temperaturas y sequía, en suelos pobres.

**Marchitamiento.**- Es una enfermedad vascular. Se identifica al aparecer una coloración amarillenta en las hojas; se presenta marchitamiento y la muerte de la planta.

**Antracnosis.**- Produce lesiones necróticas de color marrón oscuro, ligeramente hundidas, en las hojas, tallos y vainas. También afecta las semillas, por medio de las cuales se puede diseminar la enfermedad.

**Mancha Violácea.**- En las hojas, tallos y vainas se presentan manchas de color marrón, de forma variable. Los síntomas más característicos se presentan en la semilla, al tomar una coloración que va del rosado al violáceo.

El control de estas enfermedades fungosas incluye la rotación de cultivos, la destrucción de residuos de cosecha, la eliminación de malas hierbas y, en particular, el tratamiento de las semillas con fungicidas protectores (S.A.R.H., 1982).

El cultivo de la soya se ve también afectado por enfermedades virosas, como el mosaico del frijol y el "machismo".

**Mosaico del Frijol.**- Esta enfermedad es causada por el virus Phaseolus 1 o el virus Phaseolus 2. El primero causa el arrugamiento, deformación y moteado de las hojas con parches verdes y verde-amarillentos, se conoce como mosaico rugoso. El segundo causa un mosaico amarillento de las hojas, pero éstas no se deforman.

**Machismo.**- Las yemas terminales de las plantas se curvan y se secan, con una proliferación de hojas adventicias y de yemas florales. La médula del tallo y las ramas muestran una coloración marrón. Aparecen manchas oscuras y alargadas sobre los pecióslos y en las nervaduras. Las vainas se deforman y abortan.

El control de estas enfermedades incluye la eliminación de plantas enfermas y de malezas, el control de insectos chupadores y el uso de semillas sanas. (S.A.R.H., 1982).

Los nemátodos pueden atacar la soya, afectando las raíces en las cuales producen nudos de tamaño y forma variables. Estos se diferencian de los nódulos de Rhizobium, en que estos sólo afectan el tejido cortical, mientras que los nudos de los nemátodos invaden todos los tejidos, incluyendo los vasculares. Como consecuencia de ello, el follaje se torna amarillento, las plantas se quedan pequeñas y casi no producen vainas. Como medida de control, se recomienda la rotación de cultivos, por ejemplo, con maíz o sorgo (D.G.E.T.A.-F.A.O. (1984), citado por Sánchez Potes, 1984).

#### 2.2.9.- Cosecha

Al iniciarse la maduración de las semillas de soya, las hojas inferiores de la planta comienzan a amarillarse y a secarse. Cuando el 95% de las vainas están secas, las plantas están listas para la cosecha. Después de la maduración, la planta está casi defoliada.

Los métodos de cosecha pueden ser semimanuales o mecánicos. En el primer caso, se arrancan manualmente las plantas correspondientes a 8 ó 12 surcos y se amontonan en hileras. Luego entra al campo la combinada que recoge las plantas y efectúa la trilla.

Esto permite el empaque de la semilla limpia en costales y los residuos de la cosecha caen al campo en hileras.

Mediante la cosecha mecánica, la recolección se hace directamente con la combinada. Esta corta las plantas por la base del tallo y efectúa la labor de recoger, desgranar y limpiar la semilla. Para la aplicación de este método, es indispensable una buena preparación y nivelación del terreno, mantener el cultivo libre de malezas y emplear la variedad adecuada.

La humedad del grano es uno de los factores importantes para realizar el almacenamiento. Si la soya se cosecha cuando el grano tenga 13 al 14% de humedad y no se va a almacenar por mucho tiempo, deberá procurarse una adecuada aireación para evitar el ataque de insectos y hongos. Si la soya se cosecha con más del 14% de humedad del grano y se va a almacenar por largo tiempo, se debe recurrir al secado artificial. Si el grano se va a destinar a la siembra, deben tenerse en cuenta además las condiciones adecuadas de humedad y temperatura, a fin de que su viabilidad no se afecte.

La semilla de soya aporta principalmente proteínas y aceite. La proteína es más rica en lisina y triptófano que aquella de los cereales comunes y corrientes como el maíz y el sorgo (Kent, 1981).

Del 12 al 14% de los aceites son saturados y los restantes son poliinsaturados. La fracción saturada se compone principalmente de ácido palmítico y ácido esteárico (D.G.E.T.A.-F.A.O., 1984). Y la fracción poliinsaturada se compone principalmente de ácido linoléico y ácido linolénico (Harper, 1980).

Estados	Superficie (Ha)		Rendimiento Ton/Ha	Producción Ton	Precio rural \$	Valor de cosecha \$
	Sembrada	Cosechada				
(Riego)						
Chiapas	8,058	7,982	2.706	21,598	8,499.92	183,581,300
Chihuahua	8,178	8,040	2.702	21,721	8,497.08	184,565,100
S.L.P.	8,836	8,234	2.009	16,549	8,402.44	139,051,909
Sonora	40,884	40,884	2.101	85,892	9,200.05	790,211,000
Sinaloa	69,986	67,840	2.228	151,128	6,393.39	966,219,970
Tamaulipas	2,779	2,422	1.068	2,586	8,485.98	21,944,750
(Temporal)						
Chiapas	245	245	1.600	392	6,500.00	2,548,000
Chihuahua	3,018	2,880	2,523 <sub>5</sub>	7,273	8,491.00	61,757,100
S.L.P.	533	343	0,962	330	8,500.00	2,805,000
Sonora	260	201	1,224	246	9,024.50	2,220,028
Sinaloa	6	6	0.500	3	5,000.00	15,000
Tamaulipas	338	206	0.495	102	8,128.43	829,100

Tabla N° 1. Superficie, Producción y Valor de las Cosechas de Soya en los Estados de Riego. Año Agrícola 1983, S.A.R.H.

### 3.- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El Distrito Federal se encuentra dividido administrativamente en 16 delegaciones, de las cuales Xochimilco es una de ellas. Esta delegación está situada al sureste del Distrito Federal, entre los paralelos 99° 56' y 99° 09' de longitud oeste y los meridianos 19° 09' 19° 19' de latitud norte, tiene como límites políticos la Delegación de Milpa Alta al sur, al este la Delegación de Tlahuac, y al norte la Delegación de Tlalpan (S.A.R.H., 1980).

La Delegación de Xochimilco tiene una extensión de 134.38 km<sup>2</sup> que corresponde al 8.97% de la superficie total del Distrito Federal, que es de 1,499 km<sup>2</sup>; la población de la delegación era de 116,493 habitantes en 1970, la cual comparada con la de 6,874 175 que para la misma época tenía el Distrito Federal, equivale apenas al 1.69%.

Lo anterior significa que la densidad de población era de 865.6 habitantes por km<sup>2</sup>, casi cinco veces menor que la densidad del Distrito Federal, la cual era de 4,583.8 habitantes por km<sup>2</sup> (Alfaro, 1980).

Santa Cruz Acapixca (Fig. N° 2), objeto de este estudio, se encuentra localizada en la Delegación de Xochimilco entre los 19° 14' y 19° 15' latitud norte y los 99° 05' y 99° 04' de longitud oeste. Tiene como límites administrativos al sur los Cerros del Huacal, Tlacoayeli y Tlacóchico, al norte colindando con San Gregorio y el cerro de Tejomulco, y al noroeste colinda con la chinamperfa de Caltongo (S.A.R.H., 1980).

#### 3.1. Geología

En la Delegación de Xochimilco se presentan las siguientes



STABOLUCIA

SUBUNIDAD GEOMORFOLOGICA	UNIDAD EDAFICA	FASE LITOLÓGICA	SUELO
Quilama U1	Feozem háplico Hh	litica profunda Lp	( 2 )
Tlacoyotl U2	Feozem háplico Hh regosol edáfico de	litica L Padregosa P	NO SE MUESTRA
Ahuacán Sta Cruz U3	Feozem háplico Hh	sin fase salina ni edifica	( 1 )
Planos de Sta Cruz U4	Cambisol edáfico Feozem háplico Hh	sin fase fisicas ni químicas	( 11 )
La Ciénega Sta Cruz U5	vertisol pédico Feozem háplico Hh	moderada mente salina ms	(3),(6),(7),(10)
Galtongo U6	vertisol edáfico Feozem háplico Hh	salina n edifica fs	(4),(5),(8),(9)
Agostotlan U7	Solchihuk regosol Feozem háplico Hh	salina: n edifica: fs	NO SE MUESTRA

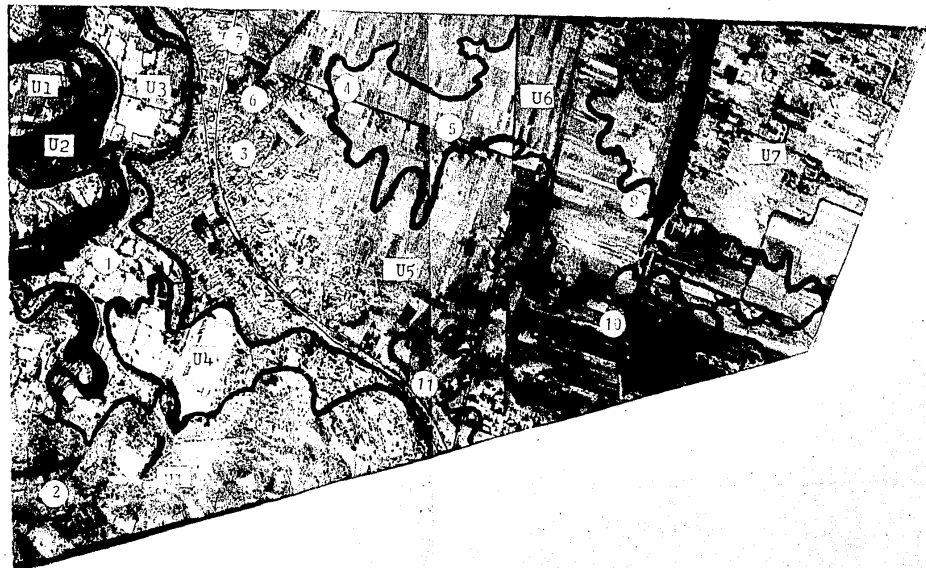


Fig 2. SUBUNIDADES GEOMORFOLOGICAS Y UNIDADES EDAFICAS  
DE SANTA CRUZ ACAPULCA

unidades litológicas: rocas volcánicas terciarias de andesitas y basaltos, que constituyen la Sierra de Xochitepec, situada al suroeste de la misma (Gunn y Mooser (1971), citado por Negendank, 1972).

Al noroeste de la Delegación se localiza la Sierra de Santa Catarina, la cual se forma esencialmente por potentes acumulaciones de material piroclástico constituida principalmente por arena, ceniza y pequeñas interdigitaciones de derrames lávicos basálticos.

En toda la parte sur de la Delegación se presentan los depósitos cuaternarios de la Sierra de Chichinautzín, formados por potentes derrames de lavas basálticas, arenas y cenizas provenientes de conos volcánicos y bocas de explosión y emisión situadas en el extremo sur del área. La unidad más reciente y extensa está formada por depósitos aluviales y lacustres (Maldonado (1971), citado por Negendank, 1972).

Por tanto, podemos inferir la composición congruente del vulcanismo Oligo Mioceno y Plioceno (riodacitas, dacitas, cuarzolititas y cuarzocandesitas, con predominancia de andesitas) en contraste con los productos volcánicos andesíticos del Cuaternario.

38 Volcanes del Valle de México fueron analizados por Gunn y Mooser (1971), completando 62 análisis, y estos consisten predominantemente de dacitas y andesitas, basaltos reales no se encuentran (Gunn y Mooser (1971), citado por Negendank, 1972). Por tanto se establece que el denominado vulcanismo cuaternario de la Sierra de Chichinautzín, es predominantemente andesítico y

como la zona de estudio se encuentra en esta sierra, podemos concluir que pertenece al período Cuaternario y es considerado con un carácter Andesítico (Negendank, 1972).

### 3.2.- Clima

#### 3.2.1.- Clasificación del Clima de la Zona

De acuerdo con Köppen (Modificado por García, 1973), el clima regional es de tipo: C(W<sub>2</sub>)(W)b(i') es decir, Templado subhúmedo con lluvias en verano (por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco). La temperatura media del mes más frío inferior a 18°C pero superior a -3°C, y la temperatura media del mes más caliente superior a 10°C. Con un cociente de P/T mayor a 55, con verano fresco y temperatura media del mes más caliente menor a 22°C. Con poca oscilación (diferencia en temperatura entre el mes más frío y el mes más caliente 5 y 7°C).

Este clima se caracteriza por presentar una temperatura media anual de 15.9°C, siendo el mes de junio el más caluroso, con una temperatura de 18.7°C, y el mes de enero el mes más frío, con una temperatura de 12.0°C. La precipitación media anual es de 1201.3 mm concentrándose un porcentaje de 91.75% en los meses de mayo a octubre.

Con el fin de establecer una relación más estrecha entre el suelo, la vegetación y los cultivos de la zona, con respecto al agua aportada por las precipitaciones, se optó por establecer un balance con base en la fórmula de Thornthwaite 1948, Fig. 3, utilizando los siguientes índices:

$$Ih = \frac{100 Sa}{EP a} = 72.68\%$$

$$Ia = \frac{100 da}{EP a} = 12.87\%$$

$$Im = Ih - 0.6 Ia = 64.95\%$$

$$S = \frac{100 \times EP n}{EP a} = 32.77\%$$

Donde:

Ih = Índice de humedad en %

Ia = Índice de aridez en %

Im = Índice pluvial en %

Sa = Demasía anual de agua en cm

da = Deficiencia anual de agua en cm

EPa = Evapotranspiración anual en cm

S = Concentración térmica en el verano en %

EPn = Suma de las EP de los tres meses consecutivos  
con temperatura media más alta.

Con base a la utilización de estos índices, se obtuvo la siguiente fórmula climática:  $B_3 r B'_2 a'$

que significa: Húmedo, con pequeña deficiencia de agua, templado frío con baja concentración térmica en Verano.

### 3.3.- Vegetación

En el valle de México, según Rzedowski (1964), Atriplex línifolia y Suaeda nigra ("Romerito") pueden ser dominantes sobre suelos salinos y fuertemente alcalinos, debido al exceso de carbonato y cloruro de sodio, aunque la mayor parte de estos suelos está cubierta por pastizales. La vegetación característica de suelos con alto contenido de sales solubles puede asumir formas: florística, fisonómica y ecológicamente muy disímiles, pues pueden dominar en ella formas herbáceas, arbustivas y aún arbóreas. Como ejemplo de comunidades halófitas tenemos: pastizales halófitos, matorrales xerófitos (mezquitales), palmares de Thrinax parviflora y la vegetación acuática y subacuática. Las familias de halófitas mejor representadas son Gramineae y Chenopodiaceae, mereciendo mención especial las Frankeniaceae, cuyos miembros llegan a ser muy importantes en el Noroeste de México. Queremos resaltar que Suaeda nigra "Romerito", resiste muy elevadas concentraciones de sales y alta alcalinidad, pero se desarrolla perfectamente en cultivo en tierras neutras o algo ácidas, por lo anterior, se considera como representativa de la vegetación en los suelos de las zonas bajas que poseen vegetación halófitas principalmente y, en forma secundaria varias especies de gramíneas que forman pastizales.

Tal hecho se debe, al menos en parte, a que los suelos salinos se presentan en condiciones climáticas variadas y, además, a que también las características edáficas varían, tanto en lo que concierne a la cantidad y tipo de sales, como a la reacción (pH), textura, permeabilidad, cantidad de agua disponible, etc.

(Rzedowski, 1978).

Los suelos con exceso de sales son particularmente frecuentes en los lugares cercanos a la costa y en las regiones de clima árido, aunque también existen en otras partes. Fuera del ambiente litoral son comunes en las partes bajas de las cuencas endorréicas. Salvo muy raras excepciones, se trata de suelos profundos de origen aluvial, que varían desde muy arcillosos, como es el caso de los fondos de los antiguos lagos, hasta arenas sueltas, que abundan principalmente en los litorales. La reacción puede ser poco más o menos alcalina, rara vez cercana a la neutralidad, comunmente los valores del pH están comprendidos entre 7.5 y 10, aunque pueden variar entre límites más amplios.

La materia orgánica, por lo general, es escasa y los principales iones activos presentes en exceso suelen ser:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{=}$  y  $\text{SO}_4^{=}$ . El predominio de cualquiera de estos tres aniones le confiere características especiales al substrato. Muchos suelos salinos se hallan permanentemente húmedos, mientras que otros se secan con frecuencia, estos cambios de contenido de agua provocan también modificaciones periódicas del contenido de sales en los horizontes superficiales. Los suelos salinos rara vez se presentan en México en altitudes superiores a 2,500 msnm, sin embargo, están sujetos a condiciones climáticas muy diversas. (Rzedowski, 1978).

En Santa Cruz Acapulxca, nuestra zona de estudio, la textura de los suelos es arcillosa en las partes bajas que tuvieron su origen en un antiguo lago; mientras que los suelos de las partes altas tienen una textura migajón arenosa.

### 3.4.- Suelos

#### 3.4.1.- Origen y características de los Suelos

Los suelos de Santa Cruz Acalpíxca, por su origen se clasifican en:

a) Suelos in-situ; derivados de rocas ígneas extrusivas, se caracterizan por presentar un perfil de tipo  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ , B y C, o del tipo A, C; estos suelos no tienen problemas por fases químicas, pero sí presentan limitaciones por fases físicas, como es la presencia de roca que limita los primeros 100 cm de profundidad de estos suelos, o por pedregosidad que dificulta las labores agrícolas; estos suelos constituyen las unidades  $U_1$  (suelo 2),  $U_2$  (no se muestreó) y  $U_4$  (suelo 11). (Fig. 2).

b) Suelos residuales de origen aluvial; caracterizados por presentar un perfil del tipo A, B, C. De este tipo de suelos se detectó una menor superficie en la zona de estudio, ocupando geoformas planas y sin limitaciones físicas o químicas, se les considera regionalmente con un alto valor agrícola; estos constituyen la unidad  $U_3$  (suelo 1).

c) Suelos aluviales-lacustres, considerados residuales, han derivado de materiales aluviales y lacustres del Pleistoceno. De modo general el perfil de estos suelos está constituido por horizontes A, B y C, generalmente del tipo A ócrico o A mólico, y un horizonte B del tipo Cámbico. Son menos frecuentes en la zona de estudio, los suelos con horizontes A mólicos y B argílicos, que presentan generalmente un horizonte nátrico (Solonetz).

Los suelos de esta zona se caracterizan por presentar diferentes limitaciones químicas (salinidad y sodicidad), las cuales se acentúan en función de las pendientes menores, las cuales

tienen una dirección aproximada de SW-NE; esta condición topográfica ha generado que en esta zona existan diferentes cotas de concentración de sales, las cuales son muy evidentes en las fotografías aéreas y constituyen las unidades U<sub>5</sub> (suelos 3, 6, 7 y 10), U<sub>6</sub> (suelos 4, 5, 8 y 9) y U<sub>7</sub> (no se muestreó).

A continuación se presenta una clasificación de los riesgos naturales de los suelos de Santa Cruz Acapulxca (Tabla N° 4).

#### 3.4.2.- Riesgos naturales de los Suelos

Los suelos de la zona están sujetos a los riesgos naturales principales que son a saber:

- a) Agresividad climática
- b) Erosión hídrica
- c) Erosión eólica
- d) Degradación física
- e) Degradación química
- f) Degradación biológica
- g) Salinización
- h) Sodificación

Estos riesgos producen degradaciones en el suelo y, por tanto, pueden, entre otras acciones, disminuir su potencial y capacidad de proporcionar nutrimentos para el desarrollo de los cultivos en general.

Existen además otras limitaciones que influyen en el uso potencial del suelo y que favorecen los riesgos naturales:

- 1) Clima
- 2) Vegetación
- 3) Topografía



- 4) Disponibilidad del agua
- 5) Profundidad efectiva del suelo
- 6) Obstrucciones
- 7) Inundaciones
- 8) Salinidad
- 9) Sodicidad
- 10) Fijación de fósforo
- 11) Erosión
- 12) Drenaje
- 13) Hombre (Manejo inadecuado del suelo)

Estos factores están evaluados y concentrados en la Tabla N° 2.

La superficie agrícola total de la República Mexicana es de 30 millones de Hectáreas, aunque es necesario mencionar que no toda la superficie cuenta con agua de riego, ni con lluvias favorables, ni un clima óptimo, además de no tener buena capa arable.

En vista de lo anterior, es necesario que se realicen trabajos de investigación orientados a determinar el uso adecuado de las pocas tierras cultivables, que aún quedan en la región. Los estudios de conservación del suelo, se deben enfocar desde dos puntos de vista: 1) la pérdida cualitativa del suelo (riesgo de pérdida), y 2) la pérdida cuantitativa del suelo (pérdida efectiva del suelo en Tons/ha/año).

La mayoría de los estudios que se han realizado en la República Mexicana, por las dependencias y organismos oficiales de estas investigaciones han sido primero a un nivel estatal, es decir, abarcan a todo un estado como una sola unidad de estudio, aunque

a veces llegan a subdividirse en subunidades, y segundo, el nivel de investigación es por lo general, sólo en grado cualitativo, es decir, se indica si el riesgo de pérdida es somero, moderado o, en último caso, de pérdida severa, pero nunca dan un valor real de la cantidad de suelo que está perdiendo en Tons/Ha/Año.

#### 4.- MATERIALES Y METODOS

##### 4.1.- Determinaciones físicas y químicas en los Suelos

###### 4.1.1.- Color.

Determinado con las tablas Munsell con suelo húmedo y seco. (Munsell Soil Chart, 1975).

###### 4.1.2.- Textura.

Según el método de Bouyoucos (1963)

###### 4.1.3.- Reacción del Suelo (pH).

Se determinó en suspensión de suelo-agua destilada en relación 1:2.5.

###### 4.1.4.- Conductividad Eléctrica.

Se determinó en el extracto de saturación de la pasta del suelo por el puente Wheatstone (Campbell, 1949, citado por Chapman, 1981).

###### 4.1.5.- Densidad Aparente.

Por el método de la probeta (Black, 1965).

###### 4.1.6.- Calcio y Magnesio intercambiables.

Extrayendo el calcio y magnesio del suelo con una solución de acetato de amonio 1 N pH 7.0 por percolación y luego titulando con EDTA (Jackson, 1964).

#### 4.1.7.- Sodio y Potasio Intercambiables.

Extrayendo el sodio y el potasio del suelo con una solución de acetato de amonio 1 N pH 7.0 por percolación y luego por medio de flamometría (Jackson, 1964).

#### 4.1.8.- Capacidad de Intercambio Catiónico Total.

Por el método de centrifugación, saturando con Cloruro de calcio  $\text{CaCl}_2$  1 N pH 7.0 y titulando con EDTA (Jackson, 1964).

#### 4.1.9.- Calcio y Magnesio Solubles.

Por extracto de saturación de la pasta del suelo y por titulación con Versenato (Richards, 1954).

#### 4.1.10.- Sodio y Potasio Solubles.

Extrayendo el sodio y el potasio por extracto de saturación de la pasta del suelo y por flamometría (Richards, 1954).

#### 4.1.11.- Carbonatos, Bicarbonatos y Cloruros.

Se determinaron en el extracto de saturación de la pasta del suelo. Los carbonatos y bicarbonatos se titulan con ácido sulfúrico 0.1 N con fenoftaleína y anaranjado de metilo ambos, al 1%. En la alícuota residual se titula los cloruros con Nitrato de plata 0.05 N (Richards, 1954).

#### 4.1.12.- Sulfatos.

Se determinaron por el método de diferencia de pesadas, como precipitado de Sulfato de Bario (Richards, 1954).

#### 4.1.13.- Materia Orgánica.

Por combustión húmeda según el método de Walkley y Black (Walkley, 1947). Se comprobó la eliminación de cloruros por medio de Nitrato de Plata 0.05 N.

#### 4.1.14.- Fosforo Asimilable.

Colorimétricamente, según el método de Bray I (Bray y Kurtz, 1945).

#### 4.1.15.- Capacidad de Fijación de Fósforo.

Según el método recomendado por Fitts y Waugh (1966). Debido a la cantidad muy elevada de materia orgánica soluble presente en las muestras del extracto de suelo, se procedió a eliminarla tratando 1 ml de la alicuota con 7 gotas de Acido Nítrico concentrado, llevando a sequedad la alicuota (2 veces). Se enfría y se continúa el procedimiento para la determinación de Fósforo.

#### 4.1.16.- Nitrógeno Total.

Por digestión de Kjeldhall (AOAC, 1970).

### 4.2.- Determinaciones Químicas en la Soya

#### 4.2.1.- Proteínas en Follaje y Grano.

Por el método de microKjeldhall modificado (AOAC, 1970).

### 4.3.- Descripción de los experimentos

#### 4.3.1.- Sitios de experimentación.

Los experimentos de cultivo e inoculación de la soya se llevaron a cabo bajo condiciones de campo, en los sitios 1, 3 y 4 (Fig. 2, Tabla 3, Tabla 4). Estos tres suelos tienen características físicas y químicas diferentes. La experimentación se llevó a cabo en parcelas de 3.0 m X 2.0 m, lo que dió un total de área de experimentación de 6.0 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.2.- Variedad de Soya.

Se usó la variedad BM<sub>2</sub> (Banafunzi, 1981).

#### 4.3.3.- Siembra.

Se establecieron 5 surcos de 2.0 m lineales, tanto en la parcela inoculada como en la testigo. La densidad de siembra fué de 330 semillas en cada parcela, tanto en la inoculada como en la testigo, es decir, 55 semillas por surco, cada una se sembró a una distancia de 5 cm aproximadamente, y a una profundidad de 2 cm aproximadamente en la cresta del surco. La distancia entre surco y surco fué de aproximadamente 50 cm. La siembra se hizo en húmedo, para lo cual se dió un riego previo a las parcelas. Primero se sembró la parcela testigo, posteriormente la inoculada con el fin de no contaminar la primera.

#### 4.3.4.- Inoculante.

Se utilizó un inoculante mixto de Rhizobium japonicum (Bradirhizobium japonicum, Jordán, 1982), constituido por las cepas IVIC, 3442, 3407, IXT 18 e IXT 22, de la colección de la sección Biología de Suelos del Depto. de Edafología del Instituto de Geología, U.N.A.M., es un cultivo de 7 días con una densidad que fluctuó entre  $10^7$  y  $10^8$ /ml. En el ensayo de inoculación de cada parcela se mezclaron 330 semillas, 0.5 ml de inoculante, 0.5 ml de goma arábiga al 20%, como adherente, y un gramo de turba como soporte. En el ensayo de siembra para las parcelas testigo, sólo se mezcló las semillas con 0.5 ml del medio manitol-líquido estéril, siguiéndose el resto del procedimiento indicado.

Cuando las plantas alcanzaron una altura de 10 cm aproximadamente, se procedió a hacer un clareo, con el fin de eliminar el exceso de plantas. La densidad final de siembra fué de 25 - 33 plantas/ m<sup>2</sup>.

A las plantas que se eliminaron durante el clareo, se les contó el número de nódulos por planta, y se midió la altura de las mismas.

Con el propósito de conocer el potencial natural de los suelos, no se aplicó fertilización química, ni orgánica.

El deshierbe fué practicado en forma manual durante todo el experimento y desarrollo de las plantas, con el propósito de prevenir la multiplicación de plagas y la competencia de las malas hierbas.

El control de plagas, como la del gusano soldado, se llevó a cabo con Nuvacrón 60 (1800 ml/ha). Las fungosis se combatieron con Captán 60, 3gr/lt.

La cosecha se hizo manualmente, procurando no dañar sus raíces con el fin de estimar la nodulación al final de la cosecha.

Se apilaron las plantas y se secaron al aire durante 7 días, aproximadamente; posteriormente se encostalaron, dejándolas secar en el invernadero durante 15 días aproximadamente. Se procedió a determinar el número de plantas por surco, altura de la primera vaina en el tallo, el peso de grano por surco. Se estimó además, el peso de cada 100 granos, y el promedio de peso de cada 100 granos por surco, tanto en la parcela inoculada como en la testigo, con el fin de evaluar el rendimiento de grano por parcela, y comparar el efecto del ensayo de inoculación con las parcelas testigo.

Se molieron tanto las muestras representativas de follaje y de grano/surco y por parcela, para proceder a los análisis de proteínas.

#### 4.3.5.- Análisis Estadísticos.

Con el propósito de comprobar la reproductibilidad y confiabilidad del experimento, fueron realizados los siguientes análisis estadísticos: Para el número de vainas/planta/surco, análisis de varianza y prueba de Tukey (Reyes, 1984); Peso de grano/surco análisis y prueba de Tukey, Peso de cada 100 granos análisis de varianza y prueba de Tukey, Porcentaje de proteínas en follaje de soya análisis de varianza y prueba de Tukey y Porcentaje de proteínas en grano de soya análisis de varianza y prueba de Tukey.

#### 5.- RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados en detalle, de los Análisis Físicos y Químicos de los suelos de Santa Cruz Acalpixca, están concentrados en la Tabla N° 3.

##### 5.1.- Color

Los suelos de origen volcánico varían en su color en seco desde el pardo (10YR5/3) del suelo 1, hasta el pardo (10YR4/3) del suelo 2. En húmedo los colores van desde el pardo oscuro amarillento (10YR3/4) del suelo 1, hasta el pardo muy oscuro (10YR2/2) del suelo 2.

El color en los suelos aluviales lacustres varía en seco, fluctúa desde el pardo (7.5YR5/2) del suelo 3, hasta el negro (5Y2.5/2) del suelo 10. Predominando el gris oscuro (5YR4/1) en los suelos 6, 7 y 8. En húmedo los colores van del pardo (7.5YR5/2) del suelo 3, hasta el negro (5Y2.5/1) del suelo 9, predominando el negro (10YR2/1) en los suelos 6, 7 y 10.

Los colores claros de los suelos de origen volcánico, por lo general, nos indican bajos contenidos de materia orgánica. En los horizontes más profundos, su color se relaciona al material parental.

En los suelos aluviales lacustres se presentan colores muy oscuros que nos indican alto contenido de materia orgánica y retención de humedad.

#### 5.2.- Textura

En los suelos de origen volcánico predomina la textura Migajón arenosa, suelos 1 y 2, clasificada como moderadamente gruesa.

Mientras que en los suelos aluviales lacustres, la textura varía desde Franca suelo 11, hasta Migajón arcillosa, considerada como moderadamente fina.

En general, la soya prefiere los suelos arcillosos a los arenosos (Delgado Hernández, 1974), resulta posible obtener buenas cosechas en suelos con textura moderadamente gruesa.

#### 5.3.- pH

En suelos de origen volcánico el pH fluctúa de 7.25 suelo 1, hasta 7.47 en el suelo 2, siendo su media de 7.36, un pH muy ligeramente alcalino.

Los suelos aluviales lacustres fluctúan en su pH de 7.45 (ligeramente alcalino) suelo 5, hasta fuertemente alcalino (8.72) en el suelo 10.

La soya se desarrolla muy bien a pH entre 6 y 6.5; sin embargo, también se adapta a pH entre 8 y 8.5 (Delgado Hernández, 1974). Sin embargo, su cultivo en suelos alcalinos puede presentar clorosis por falta de fierro.



TABLA N° 3.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE LOS SUELOS DE STA. CRUZ ACALFEXCA

Suelo	Color		Textura Limo %	Arcilla %	Clasificación	pH	P&Sfor ppm	C.E. mmol/cm	Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	M.O. %	N total %	Cationes Intercambiables				Cationes Solubles				Aniones Solubles				Fig. de Sfor		
	sec	h&ad										rem	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	10YR5/3	10YR3/4	68	20	12	Mig&Jón arenoso	7.25	5.26	0.54	1.24	1.47	0.246	16.11	7.34	0.74	0.60	13.71	2.17	1.47	1.37	0.242	2.01	1.76	1.66	1.11	81.27
2	10YR3/4	10YR2/2	64	26	10	Mig&Jón arenoso	7.47	4.33	0.77	1.12	2.61	0.090	19.53	7.04	0.39	0.42	16.05	3.33	3.33	1.11	0.869	1.51	2.77	1.66	5.14	71.43
3	7.5YR5/27	5YR3/2	28	40	32	Mig&Jón arcilloso	7.72	9.26	8.9	0.694	3.38	0.222	22.15	16.12	3.07	10.23	41.03	91.6	3.33	23.02	23.22	2.77	3.78	55.00	55.25	55.25
4	7.5YR5/27	5YR2/1	20	38	42	Arcilla	8.6	9.91	41.5	0.629	6.58	0.432	68.97	43.80	60.15	2.13	79.51	131.9	78.9	178.99	12.78	2.52	16.40	24.15	469.7	78.34
5	7.5YR4/2	10YR2/1	32	32	36	Mig&Jón arcilloso	7.45	2.25	17.5	0.503	10.24	0.384	38.27	35.74	14.85	0.73	55.59	38.0	122.7	1.51	2.753	(-)	17.92	79.13	122.2	62.66
6	5YR4/1	10YR2/1	32	34	34	Mig&Jón arcilloso	7.7	12.3	5.6	1.46	4.59	0.345	76.53	7.55	1.44	1.44	44.64	29.0	46.42	0.50	0.869	2.27	4.66	16.37	71.0	66.80
7	5YR4/1	10YR2/1	30	34	36	Mig&Jón arcilloso	7.47	5.81	6.6	0.565	6.51	0.454	36.25	12.00	1.44	0.73	41.88	27.6	38.15	0.62	0.664	2.01	4.75	11.66	(-)	(-)
8	5YR4/1	10YR2/1	30	40	30	Mig&Jón arcilloso	7.8	8.5	11.5	0.766	6.97	0.328	26.68	18.12	1.44	4.68	53.78	7.19	26.25	1.34	38.95	1.26	5.95	74.97	64.12	63.65
9	5YR3/1	5Y2.5/1	26	62	12	Mig&Jón arcilloso	7.8	9.34	19.5	0.645	8.24	0.317	57.39	40.7	10.88	0.85	69.20	20.2	123.0	2.87	3.61	2.27	10.35	86.46	195.7	65.64
10	5Y2.5/2	10YR2/1	18	72	13	Mig&Jón limoso	8.72	3.05	4.6	0.517	6.82	0.322	44.30	31.70	2.89	1.18	44.85	9.4	102.60	0.58	0.374	0.75	6.18	17.46	94.67	65.63
11	5Y2.5/2	10YR2/1	40	40	20	Franc	8.15	3.30	3.4	0.767	7.78	0.350	23.66	11.58	2.89	1.10	48.36	23.9	27.4	0.22	0.477	2.52	4.03	6.66	98.52	11.00

#### 5.4.- Conductividad Eléctrica

Los suelos de origen volcánico varían en cuanto a su conductividad eléctrica, desde 0.54 mmhos/cm suelo 1, hasta 0.77 mmhos/cm en el suelo 2, su media es de 0.65 mmhos/cm, lo que indica que no existen problemas de salinidad, y que pueden prosperar en ellos todos los cultivos adecuados para este clima. Sin embargo, en los aluviales lacustres, la conductividad eléctrica varía de 3.4 mmhos/cm hasta 41.5 mmhos/cm, siendo su media de 9.7 mmhos/cm. Esto significa que, en estos últimos suelos existen problemas muy fuertes de salinidad; en estos suelos solo prosperan los cultivos tolerantes a concentraciones altas en sales. El cultivo de la soya alcanza excelentes resultados en suelos cuya conductividad eléctrica es menor a 7 mmhos/cm; reduce su producción en un 10% en suelos de conductividad eléctrica de 7 mmhos/cm y en un 50% en suelos con 10 a 13 mmhos/cm (Donahue Roy L., 1981).

#### 5.5.- Densidad Aparente

Los suelos de origen volcánico varían en densidad aparente desde 1.12 gr/c.c., suelo 2, hasta 1.24 gr/c.c., suelo 1, las cuales se estiman media y alta respectivamente. En los suelos aluviales lacustres, la densidad aparente varía de 0.503 gr/c.c., en el suelo 5, hasta 1.46 gr/c.c., en el suelo 6, consideradas baja en el primer caso y alta en el segundo.

En relación a la densidad aparente, ésta es la más importante, ya que considera un volumen de suelo tal, como es, incluyendo espacios de aire y materiales orgánicos (Donahue, 1981).

Debido a que la soya se adapta tanto a suelos arenosos como a arcillosos, las densidades en ambos grupos de suelos, son apropiadas para el cultivo de esta leguminosa.

### 5.6.- Materia Orgánica

En los suelos de origen volcánico, se estimaron los valores más bajos de materia orgánica, desde 1.47% y 2.61%, suelos 1 y 2 respectivamente. Según estos porcentajes, se consideran suelos medianamente ricos en materia orgánica.

Los suelos lacustres varían en su materia orgánica, desde 3.38% suelo 3, hasta 10.24% en el suelo 5, siendo su media de 6.08%. Estos suelos se pueden clasificar como muy ricos y extremadamente ricos, respectivamente.

La relación Carbono-Nitrógeno, es un factor importante para que los materiales vegetales se transformen en humus, siendo mayor a 10 para las gramíneas, y menor a 10 para las leguminosas (León Arteta, 1984).

### 5.7.- Fósforo Asimilable

Los valores de fósforo asimilable resultaron muy bajos en la mayoría de los suelos. En los suelos de origen volcánico fluctuó de 4.33 ppm (14.54 Kg/ha) en el suelo 2, hasta 5.26 ppm (19.56 Kg/ha) en el suelo 1, con una media de 4.79 ppm (16.95 Kg/ha). Clasificándose como muy pobres. Los niveles bajos de fósforo, se relacionan con una capacidad muy elevada para fijar este elemento en los suelos de origen volcánico (Fassbender, 1975) y (Schlegel, 1979).

Los suelos aluviales lacustres varían en fósforo asimilable de 2.25 ppm (3.39 Kg/ha), suelo 5, hasta 12.3 ppm (53.87 Kg/ha) suelo 5, con una media de 5.78 ppm (12.79 Kg/ha).

El fósforo es esencial para la transferencia de energía en la célula viva, por medio del enlace de alta energía de adenosín

trifosfato (ATP). El enlace de alta energía (ATP) efectúa el mecanismo de síntesis de constituyentes celulares.

Por eso, el fósforo es de gran importancia en la formación de carbohidratos, ácidos grasos, glicéridos y productos intermedios esenciales.

El fósforo afecta directamente a la etapa de la germinación, floración y maduración de las vainas y semillas de soya. Constituye además, un elemento indispensable en la fijación del nitrógeno.

#### 5.8.- Nitrógeno Total.

El contenido de Nitrógeno Total en estos suelos, varía de 0.046% suelo 1, hasta 0.090% suelo 2, con una media de 0.068%. Estos suelos se consideran pobres en nitrógeno total.

A diferencia de los suelos de origen volcánico, los suelos aluviales lacustres, varían en su contenido de nitrógeno total, desde 0.222% suelo 3, hasta 0.584% suelo 5, con una media de 0.389%. Estos suelos se consideran ricos en nitrógeno total. La pobreza y riqueza en N. T., se relaciona directamente con los contenidos muy bajos de Materia Orgánica (de 1.47% a 2.61%) en los suelos de origen volcánico, y muy altos (de 3.38% a 10.24%) en los aluviales.

#### 5.9.- Calcio Intercambiable.

En los suelos de origen volcánico, el calcio intercambiable varía de 16.11 Meq/100 gr en el suelo 1, hasta 19.63 Meq/100 gr en el suelo 2, con una media de 17.87 Meq/100 gr. Mientras que en los suelos aluviales, el calcio intercambiable va de 22.15 Meq/100 gr en el suelo 3, hasta 76.53 Meq/100 gr en el suelo 6,

con una media de 43.91 Meq/100 gr. Los valores de calcio intercambiable detectados en los suelos de origen volcánico y en los aluviales, se clasifican como altos y muy altos, respectivamente.

#### 5.10.- Magnesio Intercambiable.

Por lo que se refiere al magnesio intercambiable, los valores detectados en los suelos de origen volcánico resultaron, en promedio, de 7.04 Meq/100 gr en los suelos 1 y 2. Estos valores pueden ser considerados como altos. En los suelos aluviales lacustres el magnesio fluctuó de 7.55 Meq/100 gr en el suelo 6, hasta 43.80 Meq/100 gr en el suelo 4, con un valor medio de 24.36 Meq/100 gr. Estos valores son notablemente mayores a los detectados en los suelos de origen volcánico y se consideran muy altos.

Tanto en los suelos de origen volcánico como en los suelos aluviales, los niveles de Calcio y Magnesio fueron adecuados para el cultivo de la soya. En vista de que, según Chapman (1980), únicamente en niveles de 0.02 a 0.04 Meq/100 gr Mg se encontrarían deficiencias de este elemento.

#### 5.11.- Sodio Intercambiable.

El sodio, aunque no es un nutrimento para las plantas, resulta importante como un indicador de problemas de salinidad. En los suelos de origen volcánico, el sodio intercambiable dió valores muy bajos, de 0.34 Meq/100 gr en el suelo 2, hasta 0.74 Meq/100 gr en el suelo 1, con una media de 0.54 Meq/100 gr; estos valores indican que no existen en este suelo problemas de acumulación de sodio.

Sin embargo, en los suelos aluviales, el sodio intercambiable se detectó en concentraciones mucho mayores, las cuales variaron

de 1.44 Meq/100 gr en los suelos 6, 7 y 8, a 60.15 Meq/100 gr en el suelo 4, con un valor medio de 4.86 Meq/100 gr. Estos suelos se pueden clasificar, por su grado de sodicidad en tres Estados principales:

ESTADO I.- Comprende suelos que tienen una saturación con sodio intercambiable, mayor al 15% dentro de los primeros 40 cm (suelos 4 y 5). Tabla 4.

ESTADO II.- Comprende suelos que tienen más del 6% de sodio intercambiable, pero menos del 15% en algún horizonte dentro de los primeros 100 cm (suelos 3 y 10).

ESTADO III.- Comprende suelos que tienen menos del 6% de sodio intercambiable, dentro de los primeros 100 cm de profundidad (suelos 1, 6, 7, 8, 9 y 11).

Los suelos de origen volcánico de la zona están comprendidos en el Estado III, por lo tanto, son suelos que no presentan problemas de salinidad y/o sodicidad (suelos 1 y 2).

Mientras que los suelos aluviales lacustres de la zona, están comprendidos en el Estado I y II; lo que significa que estos suelos presentan problemas de salinidad y/o sodicidad.

#### 5.12.- Potasio Intercambiable.

En los suelos de origen volcánico, el potasio intercambiable va de 0.42 Meq/100 gr en el suelo 1 hasta 0.69 Meq/100 gr en el suelo 2, con una media de 0.55 Meq/100 gr. De este mismo elemento, en los suelos aluviales lacustres, se detectaron valores de 0.73 Meq/100 gr en el suelo 7 y 10.23 Meq/100 gr en el suelo 3, con una media de 1.60 Meq/100 gr. Los valores de este elemento se pueden considerar altos, en los suelos de origen volcánico,

y muy altos en los suelos aluviales.

#### 5.13.- Capacidad de Intercambio Catiónico Total.

En los suelos de origen volcánico, la C.I.C.T. varía de 13.71 Meq/100 gr en el suelo 1, a 16.05 Meq/100 gr en el suelo 2, con una media de 14.88 Meq/100 gr. Mientras que en los suelos aluviales lacustres, fluctúa de 41.03 Meq/100 gr en el suelo 3, a 79.51 Meq/100 gr en el suelo 4, con una media de 47.16 Meq/100 gr.

En los suelos de origen volcánico la C.I.C.T., de moderada a baja, se relaciona con las arcillas del grupo de la Caolinita de relación 1:1, mientras que en los suelos aluviales lacustres los valores detectados son altos, debido principalmente, a los contenidos altos de materia orgánica y al tipo de arcilla de relación 2:1, montmorillonita, que predominan en estos suelos.

#### 5.14.- Calcio Soluble.

Los suelos de origen volcánico resultaron bajos en calcio soluble; los valores van de 2.33 Meq/l en el suelo 1 a 3.33 en el suelo 2, con una media de 2.83 Meq/l. En cambio, en los suelos aluviales lacustres, el calcio se estimó en valores altos de 9.4 Meq/l hasta 131.9 Meq/l en los suelos 10 y 4, respectivamente, con una media de 36.52 Meq/l.

En varios de los perfiles aluviales lacustres, se observaron concreciones de calcio, las cuales posiblemente se originaron por el exceso de este elemento.

#### 5.15.- Magnesio Soluble.

En general, los suelos de origen volcánico varían en su contenido de magnesio soluble; se encuentra en niveles medios, desde 1.47, como es el caso del suelo 1, hasta 3.33 Meq/l en el suelo 2, con una media de 2.4 Meq/l. Por lo que respecta a los suelos

aluviales lacustres, este elemento, fluctúa de 3.3 en el suelo 3, a 123.00 Meq/l en el suelo 9; valores que se estiman como medio y muy alto, respectivamente, con una media de 36.72 Meq/l, que cae dentro de los valores altos.

#### 5.16.- Sodio Soluble.

En los suelos de origen volcánico, el sodio soluble es bajo de 1.11 en el suelo 2 hasta 1.37 Meq/l en el 1, con una media de 1.24 Meq/l. Mientras que en los suelos aluviales lacustres, el sodio soluble fluctúa de 0.22 en el 11, hasta 173.99 Meq/l en el suelo 4, con una media de 3.50 Meq/l; estos valores se estiman como bajo, muy alto y medio, respectivamente. El exceso de sodio se manifiesta en algunos suelos en forma de acumulaciones debajo del horizonte nátrico.

#### 5.17.- Potasio Soluble.

En los suelos de origen volcánico, el potasio soluble se estimó en cantidades de bajas a altas, de 0.242 a 0.869 Meq/l en los suelos 1 y 2 respectivamente, con una media de 0.555 Meq/l. Este elemento en los suelos aluviales lacustres, alcanzó niveles que varían de medios a altos, 0.474 Meq/l en el suelo 10, hasta 12.78 Meq/l en el suelo 4; con una media de 7.65 Meq/l, valor que se estima como muy alto.

#### 5.18.- Carbonatos.

Los suelos de origen volcánico tienen niveles bajos en carbonatos solubles, de 1.51 a 2.01 Meq/l en los suelos 2 y 1 respectivamente; con una media de 1.76 Meq/l. En los suelos aluviales lacustres, los carbonatos se detectaron en niveles medios y bajos, 0.00 a 2.77 Meq/l en los suelos 5 y 3, respectivamente, con una media de 1.81 Meq/l.



.19.- Bicarbonatos.

En general, los suelos de origen volcánico, alcanzaron niveles bajos y medios en bicarbonatos solubles, de 1.76 en el suelo 1 a 2.77 Meq/l en el suelo 2, con una media de 2.66 Meq/l. En cambio, los suelos aluviales lacustres tienen niveles alto y muy altos en bicarbonatos de 3.78 en el suelo 3, hasta 17.92 Meq/l en el suelo 4, respectivamente, con una media de 5.62 Meq/l.

5.20.- Cloruros.

Los valores más bajos en cloruros se detectaron en los suelos de origen volcánico, con un valor promedio de 1.66 Meq/l en los suelos 1 y 2, respectivamente. Mientras que en los suelos aluviales lacustres, los niveles varían de 6.66 hasta 82.46 Meq/l en los suelos 11 y 9 respectivamente; con una media de 33.62 Meq/l.

Los suelos de origen volcánico, debido a su conductividad eléctrica menor a 7 mmhos/cm y su baja concentración de carbonatos, bicarbonatos y cloruros, son suelos que no presentan salinidad y/o sodicidad.

Sin embargo, en los suelos aluviales lacustres, la conductividad eléctrica mayor a 7 mmhos/cm y los niveles altos en bicarbonatos y cloruros, indican procesos de sodificación y salinización.

5.21.- Sulfatos.

En los suelos de origen volcánico, los sulfatos solubles alcanzan niveles medios, desde 5.14 Meq/l en el suelo 2, hasta 9.42 Meq/l en el suelo 1, con una media de 7.28 Meq/l. Por otra parte, los suelos aluviales lacustres, alcanzan valores notablemente altos en sulfatos solubles de 44.55 a 499.08 Meq/l en los suelos 3

y 4 respectivamente, con una media de 75.51 Meq/l.

En los suelos de origen volcánico, con conductividad eléctrica menor a 7 mmhos/cm, los sulfatos forman parte de los aniones que determinan las capacidades de intercambio aniónico altas que se presentan en los materiales amórfos, derivados de cenizas volcánicas (alófanos) responsables de la alta fijación de fósforo en estos suelos (Donahue, 1981).

Mientras que en los suelos aluviales lacustres que presentan conductividades eléctricas mayores a 7 mmhos/cm, los sulfatos intervienen en el proceso de salinización del suelo.

#### 5.22.- Fijación de Fósforo.

Según la metodología recomendada por Bray I y Kurtz 1945, en los suelos de origen volcánico, la fijación de fósforo llega a niveles muy altos de 71.41% en el suelo 2, hasta 81.37% en el suelo 1, con una media de 76.39%.

En los suelos aluviales lacustres, la fijación de fósforo alcanza también niveles que van desde 0.00% en el suelo 7, hasta porcentajes altos como es el caso del suelo 4 con 78.34%. La media de fijación en estos suelos fué de 45.61%.

En los suelos derivados de cenizas volcánicas de esta zona, la presencia de materiales amórfos (alófanos) son la causa principal de la fijación de fósforo.

Sin embargo, para los suelos aluviales lacustres, el calcio al combinarse con los fosfatos, se precipita formando compuestos insolubles de fosfato tricálcico, (Donahue, 1981). También puede ocurrir que el calcio se combina con los bicarbonatos precipitando y formando compuestos insolubles de bicarbonato de calcio. El sodio de igual manera puede formar compuestos insolubles que fijan

fósforo. Los compuestos formados por las combinaciones antes descritas, son las causas principales de la elevada fijación de fósforo en estos suelos (Jackson, 1964, Howell, 1973 y Donahue 1981).

DEGRADACION DE LOS SUELOS

5.23.- Indice de Agresividad Climática.

$$\text{IND. AGRES. CLIMATICA} = \sum_{1}^{12} \frac{p^2}{Pa} = C'$$

Donde P = Precipitación mensual

Pa = Precipitación anual

C' = 191.72.

5.24.- Riesgo de Erosión Hídrica.

TEXTURA DE SUELO = 0.1

EROSIONABILIDAD = CLASE 3 = VALOR 2

TOPOGRAFIA = 0.35

RIESG.EROS.HIDRICA= C'X TEXT SUE X EROS SUE X TOP.

= 191.72 X 0.1 X 2 X 0.35

= 13.42 Ton/Ha/Año

Conclusión: Riesgo de erosión hídrica moderada en la zona.

5.25.- Riesgo de Erosión Hídrica Actual.

Para la zona:

USO DE LA TIERRA 30%

TIERRA DE CULTIVO 70%

VEGETACION NATURAL 0.3

CONSTANTE DE CULTIVO (K) 0.8

VALOR DEL PORCIENTO

DE CUBRIMIENTO 0.32

TIERRA DE CULTIVO X CTE DE CULTIVO

0.7 X 0.8 = 0.56

USO DE LA TIERRA X VALOR DE PORCIENTO

DE CUBRIMIENTO

0.3 X 0.32 = 0.096

MULTIPLICANDO AMBOS PRODUCTOS

0.56 X 0.096 = 0.656

Multiplicando este producto por el valor de Riesgo de erosión hídrica, obtenemos el valor de Erosión hídrica actual:

0.656 X 13.42 = 8.80 Ton/Ha/Año

Conclusión: Esta pérdida actual se considera muy ligera, y su tolerancia normal.

#### 5.26.- Salinización y Sodificación.

Por factor climático:

$$\text{FACTOR CLIMATICO} = \frac{\text{EPa}}{\text{Pa}} \times 10$$

EPa = EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL = 75.17 cm

Pa = PRECIPITACION ANUAL = 120.13 cm

$$\frac{\text{EPa}}{\text{Pa}} \times 10 = 0.625$$

Conclusión: El factor climático no influye sobre la dinámica de la salinización y/o sodificación. Es posible que el origen de las sales, particularmente del sodio en esta zona, sea geológico y/o por presencia de mantos freáticos salinos y sódicos. En la tabla 4 se presentan algunos criterios visuales y que permitieron la intensificación de los procesos de salinidad y sodicidad.

5.27.- Degradación Química.

Se basa en CLIMA:  $\sum_1^{12}$  (P-EP) cuando P > 0

DEG.QUIM. = 1.2 + 8.87 + 14.54 + 17.33 + 18.64 + 4.06  
= 646.4

DEG.QUIM. = 646.4 mm =  $\frac{646.4}{100}$  = 6.464

- TEXTURA DEL SUELO = 0.5
- TIPO DE ARCILLA = 0.25
- TOPOGRAFIA = 1.00

DEGRADACION QUIMICA EN RELACION A LA DISMINUCION DE SATURACION DE BASES ANUALES:

DEG.QUIM./BASES ANUALES = 6.464 X 0.5 X 0.25 X 1.00  
= 0.808%

DEG.QUIM./BASES ANUALES = 0.808%

Conclusión: La Degradación Química con relación al porcentaje de bases, no presenta riesgo anual, ya que sólo es de un valor de 0.808% anual.

5.28.- Degradación Física por Clima.

Para la zona: INDICE DE AGRESIVIDAD CLIMATICO = C'

C' = 5.5

SUELO = 0.1

EROSIONABILIDAD DEL SUELO = 2

TOPOGRAFIA = 1

DEG.FIS/CLIMA = C' X SUELO X EROS.SUE. X TOP.  
= 5.5 X 0.1 X 2 X 1  
= 1.1%

Conclusión: Se considera el valor de riesgo muy ligero para la zona.

5.29.- Degradación Biológica.

$$K_2 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} e^{0.1065 t} \frac{X P}{PET} \quad \text{Cuando } (P < PET)$$

Donde  $K_2$  = DEGRADACION BIOLOGICA  
 $t$  = TEMPERATURA MENSUAL  
 $P$  = PRECIPITACION PLUVIAL  
 $PET$  = EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

$$K_2 = \frac{1}{12} \sum_{t=1}^{12} 0.735 + 0.920 + 1.321 + 2.637 + 2.529 + 1.177$$

$$K_2 = \frac{9.319}{12} = 0.776\%$$

Según FAO, con este valor considera una degradación biológica muy ligera para la zona.

(FAO, UNESCO, 1980): Establece las siguientes escalas:

0 - 1%	1-3%	3-10%	10%
Ninguna	Moderada	Alta	Muy alta

5.30.- Evaluación del Estado de los Suelos.

a) Erosión Hídrica.- La erosión hídrica potencial se evalúa en 13.42 Ton/Ha/Año, por lo que se consideró moderada, mientras que la erosión hídrica actual es de tan sólo 8.80 Ton/Ha/Año, siendo por lo tanto muy ligera. En relación a la condición general que presentan los suelos, con profundidad mayor de 50 cm, se considera que tienen una tolerancia normal a este tipo de procesos de degradación (Tabla 4) (Gama Castro, 1985).

b) (\*) Salinización. - Se determinaron tres Estados en lo relativo a la condición de salinidad que estos suelos presentan (Tabla 4).

ESTADO I.- Son suelos sin ninguna tolerancia para hacer crecer cultivos, en vista de que presentan una conductividad eléctrica del extracto de saturación, superior a 15 mmhos/cm a 25°C en algún momento del año.

ESTADO II.- Son suelos que, dentro de algunos horizontes comprendidos en los primeros 100 cm de profundidad, muestran valores de conductividad del extracto de saturación mayores de 4 mmhos/cm a 25°C, (perfiles del tipo A, C), sus tolerancias en función de la producción de soya obtenida, fueron las siguientes: Para el suelo 3 es modera, en los suelos 6, 7 y 10 no se determinó.

ESTADO III.- El tercer estado detectado en los suelos, comprende suelos cuyos valores de conductividad eléctrica del extracto de saturación, son menores de 4 mmhos/cm, siendo muy buena su tolerancia para la mayoría de los cultivos.

c) (\*) Sodificación (Tabla 4). En función de la sodificación también se distinguieron 3 estados en los suelos:

ESTADO I.- Comprende suelos que tienen una saturación con sodio intercambiable, mayor de 15% dentro del perfil, y pH de 8.2 o más dentro de cualquiera de los horizontes.

ESTADO II.- Comprende suelos que tienen más de 6% de sodio intercambiable, pero menos de 15% en algún horizonte, dentro de los primeros 100 cm de profundidad.

ESTADO III.- Comprende suelos que tienen menos de 6% de sodio intercambiable, dentro de los primeros 100 cm de profundidad, las tolerancias de la relación suelo-cultivo, se establecieron del siguiente modo:

a) Para suelos del ESTADO I, la tolerancia es nula, como es el caso del suelo 5, cuya producción de soya es de cero 0 Kg/ha donde no emergió en ningún momento la semilla.

b) Para suelos del ESTADO II, como es el caso del suelo 3, la tolerancia obtenida es moderada.

c) Para suelos del ESTADO III, como es el caso del suelo 1, la tolerancia obtenida es normal.

Considerando que la mayoría de los suelos de la zona son salinos y sódicos, la salinización y sodificación de los suelos constituyen algunos de los riesgos naturales; los cuales tienen su origen en los mantos freáticos salinos y sódicos, y en la naturaleza geológica de los manantiales (ver Riesgos Naturales 3.4.2. pág. 36).

#### 5.31.- Uso Potencial del Suelo.

Es una expresión del efecto de las condiciones físicas, químicas y climáticas del suelo en su aptitud total o parcial para su uso continuo, sin que se produzca un deterioro en el mismo, aún cuando los cultivos requieren labranza regular, o se use para el establecimiento de pastos, bosques o parques (Donahue, 1981).

Las principales clases que delimitan el uso potencial del suelo de la zona de Santa Cruz Acalpíxca, se encuentran en la Tabla 2, Fig. 2.

Para las Unidades Geomorfológicas de la zona, se establecen las siguientes Clases de Uso Potencial:

Las Unidades  $U_3$  y  $U_4$  pertenecen a la clase II (Tabla 2, Fig. 2), con limitaciones moderadas; corresponden a estas unidades los suelos que se trabajan con práctica de labranza especiales pero sencillas. Son áreas de pendiente suave (de 0 a 6%), expuestas



TABLA N° 4.

CLASIFICACION Y EVALUACION DE LOS SUELOS EN RELACION A SU ORIGEN Y TIPOLOGIA

SUBUNIDAD OROGRAFICA	ORIGEN DEL SUELO	UNIDAD EDIFICA	FASE LIMITANTE	CLAVE DE LOS SUELOS EN LA PL. N° 2.	SALINIZACION *	SODIFICACION *	RIESGO POTENCIAL DE SALINIZACION Y/ O SODIFICACION	RIESGO DE EROSION HIDRAULICA POTENCIAL Ton/ha/año	VALORACION DE LA EROSION POTENCIAL	PRODUCCION LE INOCULADA Kg/ha	COT. NO INOCULADA Kg/ha
Cuallama	U1	Suelos in-situ, derivados de rocas ígneas extrusivas.	Pezzen háplico Hh profunda Lp	(2)	ESTADO III	ESTADO III	NULO	16.10	BAJA	-	-
Ticodiyali	U2	Suelos in-situ, coluviales derivados de rocas ígneas	Pezzen háplico Bagnal eútrico Re	NO SE MUESTREO			NULO			-	-
Aluvión Sta Cruz	U3	Suelos residuales derivados de aluviones recientes.	Pezzen háplico Hh	(1)	ESTADO III	ESTADO III	MUY LIGERO	17.78	BAJA	1,117.75	1,360
Financ de 3ta Cruz	U4	Suelos in-situ, con desarrollo derivados de rocas ígneas extrusivas	Cambisal háplico Ee sin fases físicas o químicas Hh	(11)	ESTADO III	ESTADO III	MUY LIGERO	11.07	MUY BAJA	-	-
La Ciénega de Sta Cruz	U5	Suelos residuales derivados de aluviones fluviales y lacustres.	Vertisol pélico Pezzen háplico Hh	(3), (6), (7) y (10)	(3) ESTADO II (6) ESTADO II (7) ESTADO II (10) ESTADO II	ESTADO II ESTADO III ESTADO II	MODERADO	36.91 32.87 32.37 30.19	MODERADA MODERADA MODERADA MODERADA	654.16	273.5
Coltongo	U6	Suelos residuales derivados de aluviones fluviales y lacustres ricos en sales y sílice.	Solonchak Zo y Vertisol pélico 7p	(4), (5), (8) y (9)	(4) ESTADO I (5) ESTADO I (8) ESTADO II (9) ESTADO III	ESTADO I ESTADO I ESTADO III	ALTO	60.73 69.78 30.19 26.84	ALTA ALTA MODERADA MODERADA	-	GERMINO SIN SIEMBRA GERMINO SIN SIEMBRA
Muyatepeo	U7	Suelos residuales derivados de aluviones fluviales y lacustres con acumulaciones de sales y sílice.	Solonchak Zo sódicos fa	NO SE MUESTREO			EXCESIVO			-	-
			Solmetz So sódicos fa								

NOTA: Las apreciaciones se indican en p. 30 (p. 30)

- a No se determinó.

a una erosión muy ligera (por efecto del agua o del viento). La profundidad del suelo es mayor de 100 cm, las prácticas de conservación que se usan son: cultivos en contorno, cultivos en fajas amortiguadas, barreras vivas y desvíos de agua (Velasco, 1983).

Las Unidades  $U_1$  y  $U_5$  pertenecen a la clase III, con limitaciones severas para los cultivos; estos suelos son más limitados en su uso potencial que los de la clase anterior, muy susceptibles a la erosión y que necesitan métodos especiales de conservación de suelos para controlarla. Sin disponibilidad de agua, son terrenos con pendientes planas a ligeramente onduladas (de 0 a 10%), con gran susceptibilidad a la erosión, profundidad del suelo de 50 a más de 100 cm. Presentan algunas piedras en el sustrato rocoso que se encuentra a poca profundidad, con poca retención de humedad; su salinidad y/o sodicidad es muy ligera, con drenaje interno bueno, para estos suelos se recomiendan prácticas como fajas en contorno con menos anchura y las barreras vivas colocadas a menor distancia; existen además, algunas prácticas recomendables más complejas como las terrazas, los bancales y la construcción de desagües.

Las Unidades  $U_2$ ,  $U_6$  y  $U_7$  pertenecen a la clase VII, siendo suelos apropiados para la práticamente o silvicultura con limitaciones severas, son terrenos con pendientes variables (de 0 a 35% o más); (Velasco, 1983).

#### 5.32.- Balance de Agua de Thornthwaite.

El balance requerido para el desarrollo de esta leguminosa en la zona de estudio, se calculó según el método de Thornthwaite (1948), obteniendo los siguientes resultados: La precipitación

pluvial tiene un valor medio anual en la zona de 1201.3 mm con un máximo de 257 mm en el mes de Septiembre; mientras que la temperatura anual es de 15.9°C, con un valor máximo de 18.7°C en el mes de Junio. La evapotranspiración potencial anual del suelo es, de 751.7 mm, con un máximo de 84,8 mm en el mes de Junio. La humedad almacenada corresponde a un valor anual de 688.5 mm, llegando a la máxima capacidad de almacenamiento de agua que el suelo puede retener en una capa de 10 cm, entre los meses de Junio a Octubre. El superávit de agua, con un valor medio anual de 546.4 mm, corresponde al período de Junio a Octubre, presentándose un déficit de humedad anual de 96.8 mm entre los meses de Febrero a Abril (fig. 3).

#### 5.33.- Uso Consuntivo para Cultivo de Soya.

Con base en el método de Blaney y Criddle (1964), citado por Kirkby (1984), la evapotranspiración de la soya en el área de estudio, se considera dentro de los niveles adecuados para su desarrollo. Los valores promedios estimados fueron de 519.42 mm, siendo menor comparativamente, con el valor de la precipitación pluvial media anual, que es de 1201.3 mm. La diferencia entre estos dos datos, representa el exceso de agua de la zona, el cual es de 680.88 mm, en el período de Abril a Octubre, con una máxima de 25.71 mm en el mes de Septiembre. Sin embargo, el déficit de agua en esta región corresponde a la época de siembra para producción de grano. Por el análisis antes expuesto, existe un déficit de agua durante el período de Febrero a Abril y que, por la altitud del área de estudio (Banafunzi, 1981), la soya requiere de ser sembrada en este mismo período para completar su ciclo de 7 meses, por lo tanto se hacen necesarios algunos riegos de auxilio durante

la siembra y antes del establecimiento del periodo normal de lluvias (Fig. 1). Es importante considerar que la siembra tardía en esta región, no debe rebasar el mes de Mayo, en vista de que las heladas tempranas podrían afectar a este cultivo para la producción de grano. Sin embargo, este factor puede afectar en menor grado, cuando el objetivo es la producción de vaina verde.

#### 5.34.- Adaptación de la Soya al Clima.

De acuerdo con Banafunzi (1981), es posible predecir los días que tarda esta leguminosa en llegar desde la etapa de siembra a la etapa de floración, tomando en consideración que por cada incremento de 152 m en altitud, existe una disminución de 1°C en la temperatura, y que las temperaturas por abajo de 24°C retardan la floración de 2 a 3.5 días por cada 0.5°C de disminución en la temperatura. Para este cálculo este autor tomó como referencia la altitud de la Ciudad de Iguala, la cual fué de 635 msnm. En el presente trabajo, el ensayo se llevó a cabo en el poblado de Santa Cruz Acalpíxca, a una altitud de 2190 msnm. Calculándose por lo tanto, una diferencia de 1555 msnm con respecto al sitio de referencia antes indicado (635 msnm).

Por lo anterior y con base a lo establecido por Banafunzi (1981), se calculó para esta variedad y esta localidad, un retraso en la floración de 41 días. Durante el presente ensayo se encontró que para estas condiciones climatológicas, la variedad BM<sub>2</sub> ensayada, alcanza aproximadamente, en 7 meses su ciclo completo, desde la siembra hasta la cosecha de grano, habiéndose conservado lo siguiente:

Fecha de siembra: Abril 4 de 1984.

Inicio de la floración: Agosto 16.

Inicio de la fructificación: Septiembre 1.

Se observa por lo tanto, que las primeras manifestaciones de floración, ocurrieron a los 134 días después de la siembra, existiendo una diferencia real de retraso por el efecto de la altitud de 113 días.

TABLA 2.

DETERMINACION DE LAS LIMITANTES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO

FACTOR LIMITANTE	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	U 7
DEFICIENCIA DE AGUA	CLASE 2 C	CLASE 2 C	CLASE 2 C	CLASE 2 C	CLASE 2 C	CLASE 2 C	CLASE 2 C
PENDIENTE	CLASE 3 T 6 - 10 %	CLASE 7 T 40 - 70 %	CLASE 1 T 0 - 2%	CLASE 2 T 2 - 6 %	CLASE 1 T 0 - 2 %	CLASE 1 T 0 - 2 %	CLASE 1 T 0 - 2 %
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO	CLASE 2 P 50 - 100 cm	CLASE 5 P 15 - 25 cm	CLASE 1 P 100 cm	CLASE 1 P 100 cm	CLASE 1 P 100 cm	CLASE 1 P 100 cm	CLASE 2 P 50 - 100 cm
OBSTRUCCIONES PEDREGOSIDAD	CLASE 3 O 10 - 15 %	CLASE 7 O 70 - 90 %	CLASE 1 O 5 %	CLASE 1 O 5 %	CLASE 1 O 5 %	CLASE 1 O 5 %	CLASE 1 O 5 %
INUNDACION	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	CLASE 7 I	CLASE 8 I
SALINIDAD	CLASE 1 S NO HAY	CLASE 1 S NO HAY	CLASE 1 S NO HAY	CLASE 1 S NO HAY	CLASE 3 S	CLASE 7 S	CLASE 8 S
SODICIDAD	CLASE 1 N 10 %	CLASE 1 N 10 %	CLASE 1 N 10 %	CLASE 1 N 10 %	CLASE 1 N 10 %	CLASE 3 N 15 - 40 %	CLASE 4 N 40 - 60 %
FIJACION DE FOSFORO	CLASE 5 F	CLASE 5 F	CLASE 3 F	CLASE 3 F	CLASE 4 F	CLASE 5 F	CLASE 5 F
EROSION	CLASE 2 E Erosión leve	CLASE 4 E Laminar fuerte	CLASE 1 E Nula o imperceptible	CLASE 2 E Erosión leve	CLASE 2 E Erosión leve	CLASE 3 E Laminar moderada	CLASE 4 E
DRENAJE	CLASE 1	CLASE 1	CLASE 1	CLASE 1	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 2
CAPACIDAD AGROLOGICA	CLASE 3 T	CLASE 7 T	CLASE 2 C	CLASE 2 C	CLASE 3 S	CLASE 7 S	CLASE 7 S I

TABLA N° 5 NUTRIMENTOS ASIMILABLES EN LOS SUELOS

SUELO	N.T.	P	K <sup>+</sup>	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>
	(%)	(Kg/ha)	(Kg/ha)	(Kg/ha)	(Kg/ha)
1	0.046	19.56	50.22	3,184.54	12,009.79
2	0.090	14.54	22.37	2,876.36	13,217.73
3	0.222	19.27	333.12	4,587.45	9,241.70
4	0.432	18.70	62.89	10,050.31	26,081.32
5	0.584	3.39	17.85	6,558.08	11,875.37
6	0.345	53.87	97.06	4,021.19	67,174.35
7	0.404	9.84	20.05	2,473.34	12,313.32
8	0.328	19.37	168.51	5,063.39	12,286.64
9	0.517	18.07	25.79	9,576.54	22,254.33
10	0.322	5.66	34.24	7,135.08	16,061.71
11	0.350	7.59	17.33	3,240.08	10,910.09

TABLA N° 6. CLASIFICACION DE LOS SUELOS CON BASE AL % DE SATURACION DE SODIO

SUELO	pH	C.E.	Na <sup>+</sup>	
		(mmhos/cm)	(%)	
1	7.25	0.54	5.3	No Salino No Sódico
2	7.47	0.77	2.4	No Salino No Sódico
3	7.72	8.9	7.4	Salino
4	8.6	41.5	75	Salino-Sódico
5	7.45	17.5	26	Salino-Sódico
6	7.7	5.6	3.2	Salino No sódico
7	7.47	6.6	3.4	Salino No Sódico
8	7.8	11.5	2.6	Salino
9	7.8	19.5	15	Salino-Sódico
10	8.72	4.6	6.4	Salino No Sódico
11	8.15	3.4	5.9	No Salino No Sódico



TABLA N° 7.

CALCULO DEL CLIMA

CONCEPTO	VALORES MEDIOS O ANUALES												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T °C	12.0	13.2	16.1	17.3	18.2	18.7	17.4	17.5	17.5	16.4	14.4	12.6	15.9
P (cm)	0.74	0.9	1.49	2.99	9.53	17.35	22.37	24.96	25.71	10.31	2.58	1.2	120.13
EP (cm)	3.6	3.97	6.25	7.15	8.33	8.48	7.83	7.63	7.07	6.25	4.72	3.89	EPa 75.17
MHS (cm)	-2.86	-3.07	0	0	1.20	8.87	0	0	0	0	-2.14	-2.69	
HA (cm)	2.31	2.31	0	0	1.20	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	7.86	5.17	HA 68.85
S (cm)	0	0	0	0	0	0.07	14.54	17.33	18.64	4.06	0	0	Sa 54.64
d (cm)	0	0.76	4.76	4.16	0	0	0	0	0	0	0	0	d <sub>a</sub> 9.68
EPR (cm)	0.74	0.9	1.49	2.99	8.33	8.48	7.83	7.63	7.07	6.25	2.58	1.2	

LONGITUD 99°05'  
 ALTITUD 19°14'

Datos climatológicos obtenidos de la  
 Estación Xochimilco.  
 (García, 1973 y S.A.R.H., 1972)

FORMULA DEL CLIMA:  
 B<sub>3</sub>rB'₂a'

Húmedo, con pequeña deficiencia de  
 agua, templado frío con baja concen-  
 tración, térmica en el verano.

Calculó: Ricardo Saulés G.  
 Revisó: Biol. Jorge Gama C.

TABLA N° 6.

## CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION DE SOYA

SUELOS	TRATAMIENTOS	N VAINAS POR PLANTA	PESO DE 100 GRANOS (gr)	PROTEINAS EN FOLLAJE (%)	PROTEINAS EN GRANO (%)	RENDIMIENTO TOTAL/GRANO (Kg/ha)
1	INOCULADO	25.17	14.14	10.50**	21.51**	1,117.75
	CONTROL	29.07	13.44	7.02	19.08	1,060.86
	INCREMENTO (%)	( - )	5.2	49.2	12.7	5.3
3	INOCULADO	19.67	13.14**	14.15	26.54	694.16*
	CONTROL	14.29	10.6	13.28	25.02	273.50
	INCREMENTO (%)	37.6	23.9	6.5	6.0	153.8

Los datos corresponden a la media de 5 repeticiones

Estadísticamente significativo: \* P = 0.05; \*\* P = 0.01

## CONCLUSIONES

En este estudio existen elementos genéticos, morfológicos, físicos y químicos suficientes para definir la existencia de dos suelos diferentes, en función de su origen en la zona de estudio: suelos de origen volcánico y suelos aluviales lacustres.

Los suelos de origen volcánico son de color pardo, de textura moderadamente gruesa, de reacción (pH) ligeramente alcalina. Con densidad aparente y conductividad eléctrica bajas. Estos suelos son medianamente ricos en materia orgánica y pobres en fósforo y nitrógeno asimilables. La fijación de fósforo muy alta en estos suelos se debe, probablemente, a los materiales amorfos (alofano) característicos de los suelos derivados o influenciados por cenizas volcánicas. La pobreza en fósforo asimilable, es una consecuencia de su capacidad muy elevada para fijar este elemento, la cual constituye una de sus limitantes más importantes para su uso agrícola.

Desde el punto de su contenido en sales, estos suelos se consideran no salinos, no sódicos, es decir, suelos normales (Tabla 6).

Los suelos lacustres son en general de color gris oscuro, de textura moderadamente fina; con una reacción (pH) de ligeramente a fuertemente alcalina; con densidad aparente de baja a alta. La conductividad eléctrica varía mucho en estos suelos, los valores van desde bajos hasta muy altos; son suelos extremadamente ricos en materia orgánica, sin embargo, son pobres en fósforo asimilable, debido a la fijación del mismo por parte del suelo que tiene una reacción (pH) alcalina; la cual favorece la formación de fosfato tricálcico insoluble. Estos suelos son ricos en nitrógeno

CON BASE EN EL METODO DE BLANEY Y CRIDDLE, 1964

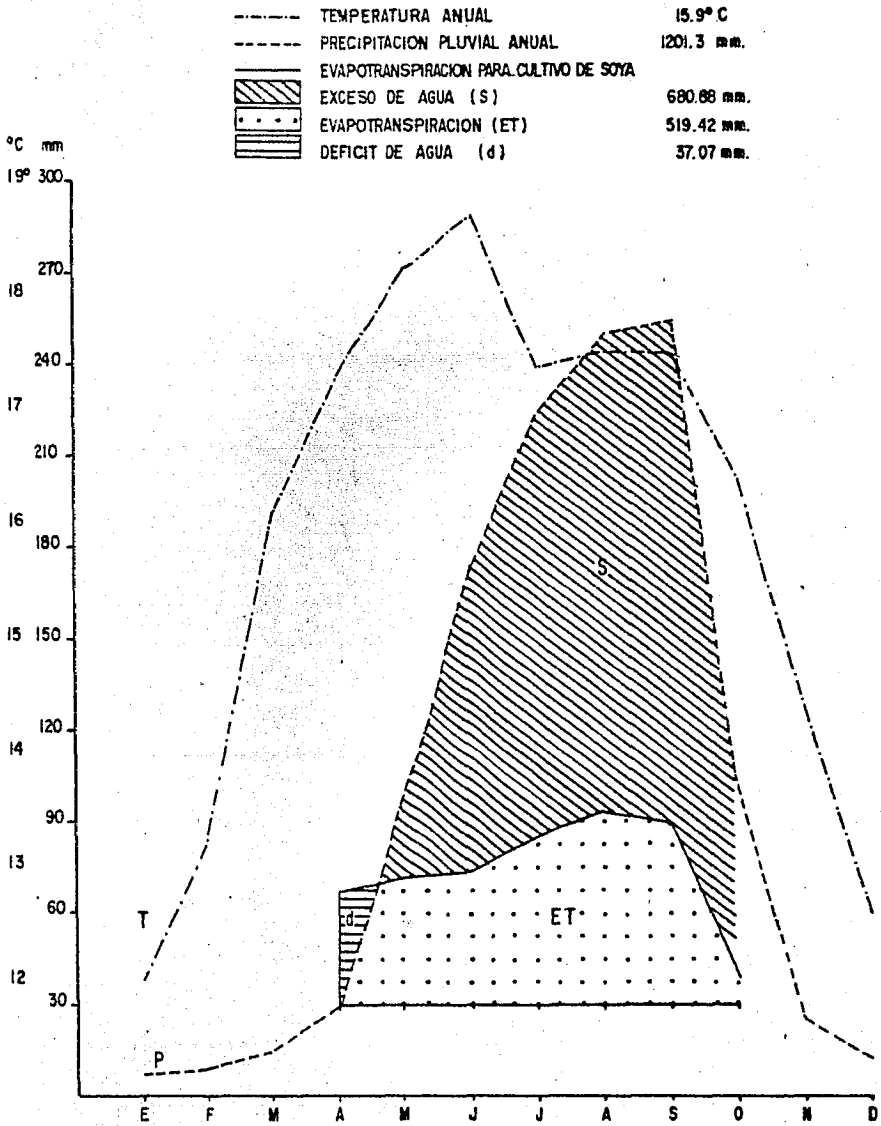


FIG. 1. USO CONSUNTIVO PARA CULTIVO DE SOYA, EN SUELOS DE SANTA CRUZ ACALPICA, XOCHIMILCO.

## CLIMOGRAMA

LONGITUD	99° 05'	P	PRECIPITACION
LATITUD	19° 14'	EP	EVAPOTRANSPIRACION
ALTITUD	2190 msnm	S	DEMASIAS DE HUMEDAD
PERIODO DE OBSERVACION	T 17 AÑOS	HA	HUMEDAD ALMACENADA
	P 26 AÑOS	AHA	APROVECHAMIENTO DE HA
FORMULA CLIMATICA	B <sub>3</sub> rB' 2a'	d	DEFICIENCIAS DE HUMEDAD

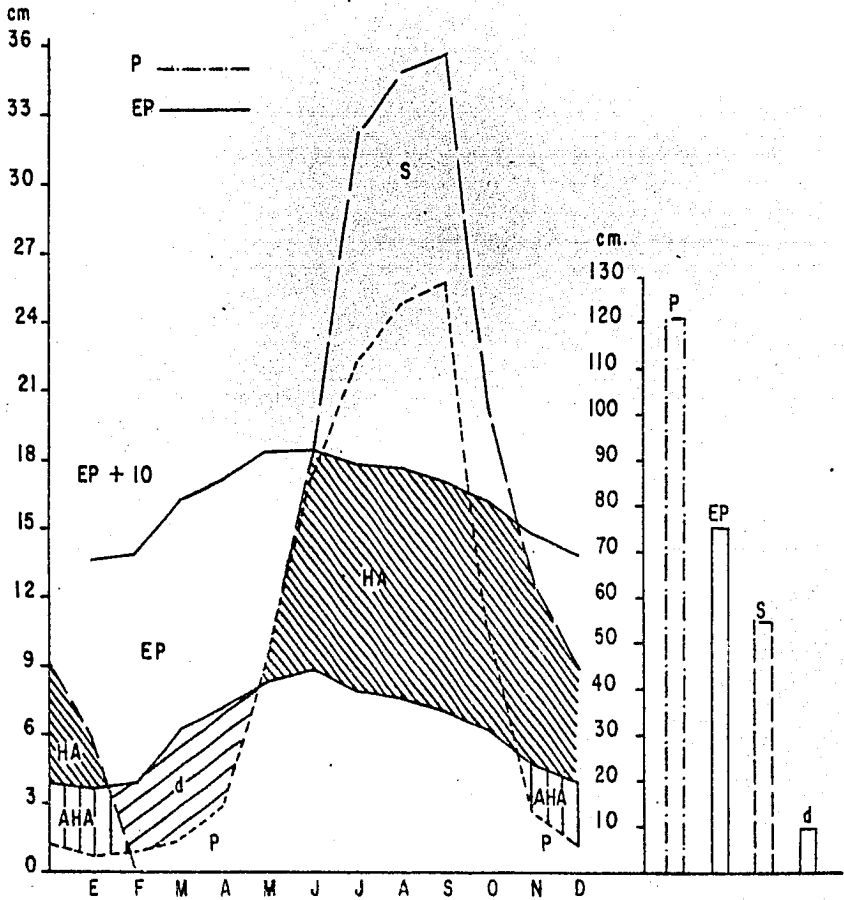


FIG. 3. DETERMINACION DEL BALANCE DE AGUA ( THORNTHWAITE (1948), CITADO EN SARH, 1972 PARA SANTA CRUZ ACAPULCO, XOCHIMILCO.

# CLIMATOGRAMA

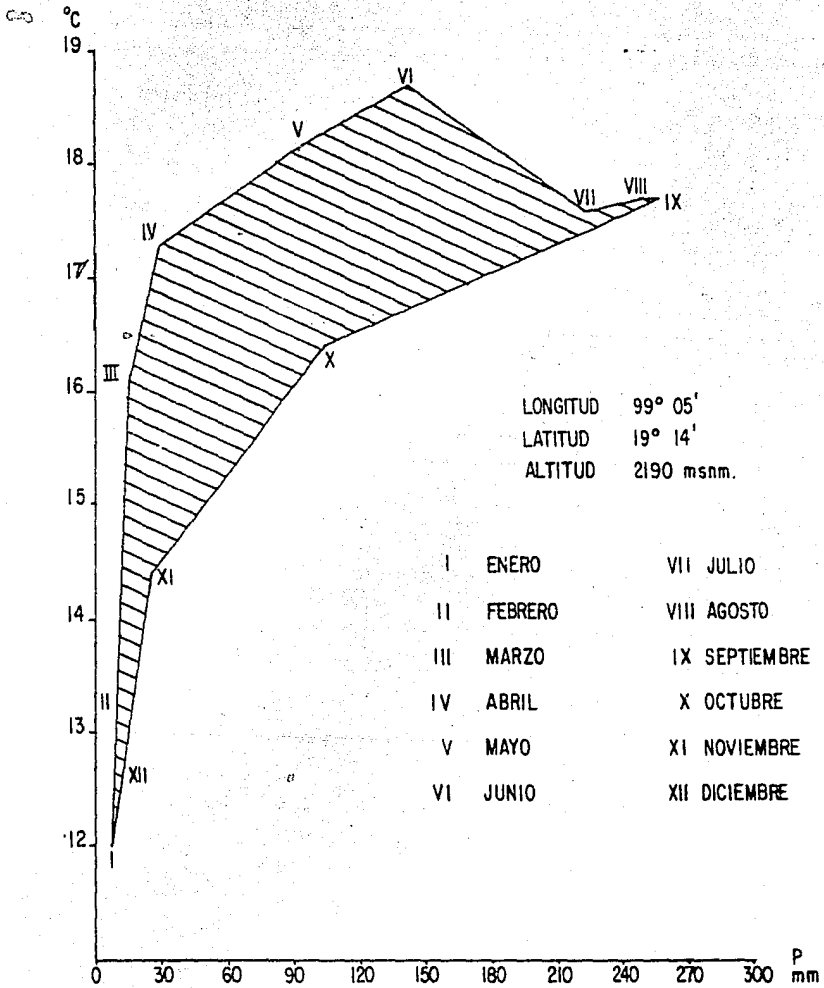


FIG. 4. ESTACION SANTA CRUZ ACALPIXCA XOCHIMILCO.

total y, en general, se clasifican como suelos salino-sódicos (Tabla 6).

En relación al uso potencial agrológico del suelo, se establecen las siguientes Unidades Geomorfológicas en la zona de estudio: 1) Las unidades  $U_3$  y  $U_4$ , que pertenecen a la clase II, Tabla 2, Fig. 2), comprenden suelos con limitaciones moderadas, que se trabajan con prácticas de labranza especiales pero sencillas, se dispone de agua, son áreas de pendientes suaves (de 0 a 6%), expuestas muy ligeramente a la erosión. Las prácticas de conservación que se recomiendan son: cultivos en contorno, o en faja, fajas amortiguadas, barreras vivas y desvíos de agua. 2) Las unidades  $U_1$  y  $U_5$ , incluidas en la clase III, corresponden a suelos con pendientes que van de planas a onduladas (0 a 10%), y que ofrecen limitaciones severas para los cultivos. Estos suelos son muy susceptibles a la erosión, por lo que necesitan eventualmente, de métodos especiales de conservación. Presentan un sustrato rocoso que se encuentra a poca profundidad. Tienen poca retención de humedad; su salinidad y/o sodicidad es muy ligera y su drenaje interno es bueno. Entre los métodos de conservación recomendados para estos suelos, se tienen las prácticas de cultivo en fajas o en contorno y el establecimiento de barreras vivas. 3) Las unidades  $U_2$ ,  $U_6$  y  $U_7$ , agrupadas en la clase VII, comprenden suelos con pendientes variables (de 0 a 35% o más), apropiados para la práticamente o silvicultura con limitaciones severas. (Tabla 2, Fig. 2).

Por lo que respecta a la evaluación de la degradación de los suelos, se puede interpretar que son diversos los factores que han

influido en la misma, mencionándose entre los principales los siguientes: 1) El mal manejo de los suelos; 2) La salinidad y/o sodicidad de los mantos freáticos; 3) Drenaje interno deficiente; 4) Aumento de sales solubles; 5) Aumento de la capacidad de fijación de fósforo en el suelo a medida que pasa el tiempo (Granados Chávez, 1948), y 6) Concentración elevada de los iones calcio y sodio.

La erosión hídrica potencial en general en estos suelos, se evaluó en 13.42 Ton/ha/año, por lo que se consideró moderada, mientras que la erosión hídrica actual es de 8.8 Ton/ha/año, siendo evaluada como muy ligera con base a las condiciones generales que presentan los suelos con profundidad mayor a 50 cm (Tabla 4).

Las características físicas y químicas de los suelos estudiados en esta zona, influyeron considerablemente en el desarrollo y rendimiento de la soya. Las condiciones de salinidad y/o sodicidad elevada de los suelos 4 y 5, impidieron la germinación y emergencia de esta leguminosa. En los sitios de experimentación de los suelos 1 y 3, con grado menor de salinidad y/o sodicidad el suelo 3, y sin ningún problema de salinidad y/o sodicidad el suelo 1, permitieron el desarrollo de la soya hasta la etapa de grano. Sin embargo, de los datos obtenidos de estos dos suelos, el efecto de las características físicas y químicas de los suelos se manifestó en el rendimiento total de soya. El suelo 1 reunió las características más adecuadas para el cultivo de esta leguminosa, en esta localidad ya que a este suelo correspondió el mayor rendimiento en grano (Tabla 8).

El cultivo de la soya en estos suelos dió muy bajos rendimientos en grano. Sin embargo, para establecer el rendimiento real de



esta leguminosa en el área de estudio, es indispensable continuar las investigaciones a fin de conocer, entre otros factores, la respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados, en diferentes dosis y densidades de siembra, así como el papel de las micorrizas (Nava, 1983).

No obstante que la latitud y altitud recomendadas por Banafunzi (1981), en relación a las condiciones adecuadas para la variedad BM<sub>2</sub> corresponden a latitudes de 20° y altitudes de 635 msnm, en el presente ensayo, realizado a una latitud de 19°14' y a una longitud 99°05' y a una altitud de 2190 msnm, se concluye que la temperatura ligada estrechamente a la altitud, es el factor que influyó en el retardo de la floración de esta leguminosa, por lo que un reajuste en la época de siembra (de la primera semana de abril a la segunda de mayo) es necesario para obtener el desarrollo de la soya con su ciclo completo en esta localidad.

Según el balance de agua de Thornthwaite (SARH, 1972), la evapotranspiración potencial del suelo es adecuada para el desarrollo de la soya; la temperatura de 15.9°C es moderada durante todo el año, la humedad almacenada en el suelo y el superávit de agua coinciden, en sus valores máximos, con la curva de precipitación pluvial durante los meses de Junio a Octubre (Fig. 1 y Fig. 3), es decir, corresponden a la etapa del temporal de la zona. Sin embargo, la época de siembra más conveniente coincide en gran parte, con un déficit de lluvias, por lo que se hacen necesarios riegos de auxilio durante la siembra y, ocasionalmente, en sus primeras etapas de desarrollo hasta el establecimiento del período normal de lluvias.

En cuanto a la producción de la soya se concluye que, en los suelos de origen volcánico (suelo 1), el tratamiento con el inoculante resultó altamente significativo en el porcentaje de proteínas en follaje y en grano, mientras que en los suelos aluviales lacustres (suelo 3), el tratamiento resultó estadísticamente significativo en el rendimiento total del grano (Tabla 8).

Los resultados indican que a una altitud de 2,190 msnm, no experimentada anteriormente, se puede lograr el ciclo completo de esta variedad de soya, aunque con un retardo en la floración de 113 días con respecto al sitio de referencia de Banafunzi (1981), y con un alargamiento total del ciclo en 120 días más con respecto al mismo sitio de referencia.

## RESUMEN

El presente trabajo comprende el estudio edafológico para determinar las limitantes físicas y químicas de estos suelos, en relación al establecimiento e inoculación de soya variedad BM<sub>2</sub>.

En la delegación de Xochimilco, donde se localiza el área de estudio, se encuentran suelos tanto de origen volcánico como aluvial lacustre. En los suelos de origen pluvial se han detectado procesos de salinización y sodificación originados, posiblemente, por la existencia de mantos freáticos salinos y sódicos y por el mal manejo de estos suelos.

Las unidades litológicas de esta región son las siguientes: Rocas volcánicas terciarias, andesíticas y basálticas, y una zona aluvial lacustre de formación reciente.

Los suelos de origen volcánico se localizan en las zonas más altas; con textura Migajón arenosa, pH ligeramente alcalino, pobres en fósforo, en nitrógeno total, materia orgánica y sales solubles. Estos suelos presentan una capacidad de fijación de fósforo muy alta y sin problemas de salinidad y sodicidad.

Los suelos aluviales lacustres se localizan en las zonas más bajas; presentan textura Migajón arcillosa, de pH alcalino, ricos en nitrógeno y materia orgánica y pobres en fósforo; con una capacidad de fijación de fósforo alta. Las sales solubles se detectaron en estos suelos en concentraciones altas, por lo que estos suelos, en general, se consideran salino-sódicos. En los suelos aluviales más salinos domina la vegetación halófila de la cual el "Romerito" (Suaeda nigra) es la planta más conocida.

Las limitantes para el cultivo de esta variedad de soya en esta localidad fueron las siguientes: 1) La concentración de sales que impidió la emergencia en más del 95%, en algunos de los suelos aluviales lacustres. 2) La temperatura, determinada por la altitud (2,190 msnm), que produjo un retardo en la floración de 113 días, cubriéndose el ciclo completo de esta leguminosa en 7 meses, y 3) El agua, en vista de que la época de siembra más conveniente (Abril-Mayo) coincide con un déficit de lluvias, por lo que este cultivo requiere de riegos de auxilio en sus primeras etapas de desarrollo.

En los sitios de experimentación, lacustre y volcánico, se encontró respuesta estadísticamente significativa a la inoculación con Rhizobium. En los suelos de origen volcánico, la inoculación permitió obtener diferencias altamente significativas en el porcentaje de proteínas, tanto en follaje como en grano; mientras que en el suelo lacustre, la inoculación dió diferencias significativas en el peso y rendimiento total de grano.

**APENDICE**

### ANALISIS ESTADISTICO

CUADRO 1. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL N DE VAINAS POR PLANTA. SUELO 1.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	38.03	38.03	1.11 (N.S)	5.32	11.26	3.9 (N.S)	8.47	12.3
ERROR	8	272.04	34.005						
TOTAL	9	310.07							

(N.S.) = No Significativo

CUADRO 2. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY DEL PESO POR GRANO. SUELO 1.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	14,938.22	14,938.22	2.86 (N.S)	5.32	11.26	77.3 (N.S)	105.2	152.
ERROR	8	41,654.21	5,206.77						
TOTAL	9	56,592.43							

(N.S.) = No Significativo

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL PESO DE CADA 100 GRANOS. SUELO 1.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	1.219	1.219	4.54 (N.S)	5.32	11.26	0.7 (N.S)	0.75	1.09
ERROR	8	2.15	0.268						
TOTAL	9	3.369							

(N.S) = No Significativo

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL % DE PROTEINA EN FOLLAJE. SUELO 1.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	30.31	30.31	177.2**	5.32	11.26	3.48**	0.59	0.87
ERROR	8	1.37	0.171						
TOTAL	9	31.68							

Estadísticamente significativo: \* P = 0.05; \*\* P = 0.01

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL % DE PROTEINA EN GRANO. SUELO 1.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F 05	F 01	DIF.ENTRE MEDIAS	W 05	W 01
TRATAMIENTO	1	14.78	14.78	11.36**	5.32	11.26	2.43**	1.65	2.41
ERROR	8	10.42	1.30						
TOTAL	9	25.2							

Estadísticamente significativo: \* P = 0.05; \*\* P = 0.01

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL N° DE VAINAS POR PLANTA. SUELO 3.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F 05	F 01	DIF.ENTRE MEDIAS	W 05	W 01
TRATAMIENTO	1	72.47	72.47	1.25 (N.S)	5.32	11.26	5.38 (N.S)	11.08	16.1
ERROR	8	462.59	57.82						
TOTAL	9	535.06							

(N.S) = No significativo



CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL PESO POR GRANO. SUELO 3.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	6,370.58	6,370.58	6.43*	5.32	11.26	50.48*	45.83	66.64
ERROR	8	7,918.44	989.80						
TOTAL	9	14,289.02							

Estadísticamente significativo: \* P = 0.05; \*\* P = 0.01

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL PESO DE CADA 100 GRANOS. SUELO 3.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	16.22	16.22	126.71**	5.32	11.26	2.54**	0.52	0.75
ERROR	8	1.03	0.128						
TOTAL	9	17.25							

Estadísticamente significativo: \* P = 0.05 \*\* P = 0.01

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL % DE PROTEINA EN FOLLAJE. SUELO 3.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	1.89	1.89	0.71 (N.S)	5.32	11.26	0.87 (N.S)	2.37	3.45
ERROR	8	13.33	2.66						
TOTAL	9	15.22							

(N.S) = No Significativo

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA TUKEY DEL % DE PROTEINA EN GRANO. SUELO 3.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>	DIF. ENTRE MEDIAS	W <sub>05</sub>	W <sub>01</sub>
TRATAMIENTO	1	5.82	5.82	2.37 (N.S)	5.32	11.26	1.52 (N.S)	2.28	3.31
ERROR	8	19.64	2.45						
TOTAL	9	25.46							

(N.S) = No Significativo

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, N.H. y Fuentes, E.C., 1951. Estudio Fisicoquímico y Electrón-microscópico de la Fracción Arcilla de dos Micrones de Algunos Suelos de Xochimilco. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo XII, Núms. 1-4, Diciembre México pp. 429.
- Aguirre-Morales, R.P., 1981. La Soya, una Alternativa Alimenticia Módulo de Energía y Consumo de Sustancias Fundamentales. Tesis Profesional. U.A.M. Xochimilco, México.
- Alfaro, S.G. y Orozco, F., 1980. Estudio Edafológico del Ejido de Xochimilco (Ciénega Grande). Tesis Profesional. Fac. Ciencias, U.N.A.M. México p. 7-37.
- Anguiano-Lozano, J., 1984. Evaluación de la Metodología de Diluciones Sucesivas de Aguas Freáticas y Aguas Negras en los Suelos Salino-Sódicos del ex-lago de Texcoco. Tesis Profesional. Chapingo U.A.CH. México pp. 122.
- Aubert, Georges, 1982. La Edafología. Oikos-tau, S.A. Ediciones Barcelona, España. pp. 153.
- Banafunzi, N.M.S., A. Mena, B.I., 1981. A New Soybean for Human Consumption in the Tropics. Instituto Superior Agropecuario Autónomo del Estado de Guerrero, Unidad de Investigación y Divulgación. Iguala, Guerrero. México. p. 143-147.
- Barlandas-Rendón, H.R., 1985. Evaluación de la Inoculación de 5 variedades de Soya (Glycine Max, L) en el área de Zumpango Del Río, Guerrero. Tesis Profesional. Fac. de Estudios Superiores de Cuautitlán U.N.A.M. México pp. 86.

- Black, C.A., 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties American Society of Agronomy, Inc. Publisher Madison Wisconsin, U.S.A. pp. 1572.
- Black, C.A., 1975. Relaciones Suelo-Planta. Tomo I. Editorial Hemisferio Sur Argentina. pp. 391.
- Bouyoucos, G.J., 1963. Directions for making Mechanical Analysis of Soil by hydrometer method Soil Sci. 42, p. 25-30.
- Bray, H.H., Kurtz, T.L., 1945. The Determination of Total Organic and Available Forms of Phosphorus in Soils. Soil Sci 59, p. 439-445.
- Corbin Frederick, T., 1979. World Soybean Research Conference II. Proceedings, Westview Press Boulder, Colorado. p. 57-89.
- Chapman, D.H., Parker, F.P., 1981. Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Aguas. Editorial Trillas. México. pp. 172.
- Delgado-Hernández, F., 1974. La Soya, su Cultivo y sus Usos. Memorandum Técnico N 334. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos México. p. 19-94.
- Donahue, L.R., 1981. Introducción a los Suelos y al Crecimiento de las Plantas. Editorial Prentice/Hall Internacional, Editorial Dossat Madrid, España. pp. 616.
- Espinosa-Abarca, S.A., Palacios-Mayorga, S., Ortega, M.M., 1985. Estudio sobre el crecimiento de Azolla filliculoides, en Medios de Cultivo y en Suelos de Arrozal del Edo. de Morelos, México, bajo condiciones de Invernadero. Rev. Lat-Amer, Microbiol. 27: p. 61-69.
- Fassbender, H.W. } 1975. Química de Suelos con Énfasis en Suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Turrialba, Costa Rica. pp. 385.

- Fitts, J., Waugh, D., 1966. Soil Test Interpretation studies laboratory and Potted Plants N.C.S.U. Agric. Exp. Sta. Tech.
- Flores-Díaz, Antonio, 1965. Estudios Preliminares de Ostrácodos y sus relaciones edáficas en los ex-lagos de Zumpango, Xaltocan, Texcoco, México Xochimilco y Chalco. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, U.N.A.M. México. pp. 60.
- Gama-Castro, J.E., 1985. Taxonomía de los Suelos. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, U.N.A.M. pp. 133.
- García de Miranda E., 1983. Apuntes de Climatología según el programa vigente en las carreras de Biología U.N.A.M. de la E.N.E.P. de Cuautitlán, U.N.A.M. y de la U.A.M. México. pp. 152.
- García de Miranda E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México. pp. 245.
- Granados-Chávez, F., 1948. Estudio Físico, Químico y Microbiológico de Suelos de Xochimilco. Tesis Profesional. I.P.N., E.N.C.B. México. pp. 50.
- Harper, H.A., 1980. Manual de Química Fisiológica. Editorial El Manual Moderno, S.A., séptima edición. pp. 755.
- Howell, R.W., Judd, R.W., 1973. Soybeans, Improvement, Production and Uses. National Program Staff Agricultural Research Service, USDA Number 16 in the series Agronomy American Society of Agronomy Wisconsin, USA. p. 285-291.
- Jackson, M.L., 1964. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Ediciones Omega, Barcelona. Madison Wisconsin. pp. 647.
- Kent, N.L., 1971. Tecnología de los Cereales. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp. 263.

- Kirkby, M.J., 1984. Erosión de Suelos. Editorial Limusa, S.A. México. pp. 368.
- León-Arteta, R., 1984. Nueva Edafología. Regiones Tropicales y Areas Templadas de México, Física, Química, Clasificación, Diagnóstico, Biología y Conservación de los Suelos. Editorial Gaceta. México. pp. 336.
- Martínez, L.S., 1980. Inhibición de la Germinación de la semilla de Soya por Bacterias. Tesis Profesional. I.P.N., E.N.C.B. México. p. 50-55.
- Navas-Salazar, J.R., 1983. Interacción de los Hongos Endomicorrízicos (V.A.) en Ensayos de Inoculación con *Glomus fasciculatus* en Suelos muy deficientes en fósforo. Tesis Profesional. Fac. de Química. México pp.
- Negendank, F.W., Jörg T., 1972. Volcanics of Valley of México Description of some volcanic rocks with special consideration of the opaques. stuttgart. Mai.
- Olmos-Barrera, G., 1982. INIA-SARH. Ciclos de Cultivo. Diagrama de las Principales Especies Vegetales con las cuales se efectúan Investigaciones Agrícolas en México. p. 55-67.
- Peña, N.E., 1978. El Trabajo Agrícola en un Pueblo Chinampero San Luis Tlaxiátemalco. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias. U.N.A.M. México.
- Phillips Hobson, 1982. Soya, el Milagro de la Naturaleza. Natulibros Universo. Editorial Universo. México. pp. 209.
- Reyes, C.P., 1984. Diseños de Experimentos Aplicados. Editorial Trillas. México. pp. 315.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook N 60. U.S.D.A. p. 18-63.

- Rzedowski, Jersy., 1978. Vegetación de México, Editorial Limusa. México. pp. 397.
- Sánchez-Potes A., 1984. Cultivos Oleaginosos Manuales para Educación Agropecuaria Area: Producción Vegetal. Editorial Trillas. México. pp. 72.
- Schlegel-Hans G., 1979. Microbiología General. Ediciones Omega, S.A. segunda edición. Barcelona, España. pp. 429.
- Trejo-Cortez-A., 1984. Estudios Edafológicos del Ejido Grande de Xochimilco. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. México.
- Velasco-Molina, H., 1983. Uso y Manejo del Suelo. Editorial Limusa. México. p. 33-52.
- Venegas-Pardoso, F., 1948. Las Chinampas de Mixquic. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. México.
- Vivó-Escoto, A., 1958. La Conquista de nuestro Suelo. Estudio sobre los Recursos de México. Colección de Temas Económicos de Planeación Industrial. México. pp. 85.
- Walkley, A., 1947. Critical Examination for determining Organic Carbon in Soils. Soil Sci 63, p. 251-264.

"Publicaciones Oficiales"

- (AOAC), 1970. Association of Official Agricultural Chemist, Official methods of analysis Washington, D.C. Broad. William and Herwats.
- FAO UNESCO, 1980. Metodología Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. pp. 98.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS CAHUAS-SARH, 1979. Soya Enfermedades y Plagas. Combate de Plagas en la Región de las Huastecas. Folleto Teórico. Caehuas N 1. Tampico, Tamps. p. 10-27.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS SARH-CIANO, 1982.

Campo Agrícola Experimental del Valle del Yaqui. Folleto para Productores N 5. Cd. Obregón, Sonora. México. p. 12-19.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS SARH, 1983.

Soya-Cultivo-México. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el Cultivo de la Soya. Publicación Especial N 103. México. pp. 15.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA, 1976. DIRECCION GENERAL DE SANIDAD VEGETAL. Primer Catálogo de Enfermedades de Plantas Mexicanas, México. pp. 169.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1976. Centro de Investigaciones Agrícolas de Tamaulipas, Area de Influencia del Campo Agrícola Experimental "Las Huastecas", Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. México. p. 9-35.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1980. Dirección General de Sanidad Vegetal. Principales Plagas del Frijol. México. pp. 30.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1980. PROGRAMA ESPECIAL PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE MAIZ EN ZONA DE TEMPORAL, DURANTE EL CICLO PRIMAVERA-VERANO. Principales Plagas del Maíz, pp. 84.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1978. Subsecretaría de Agricultura y Operación Dirección de Economía Agrícola Costo de Producción de los Cultivos en los Distritos de Riego de la Zona Pacífico Norte. Informe Estadístico N 90. México. p. 378-379.



SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, 1972. DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS ESPECIALES, DIRECCION DE AGROLOGIA. Instructivo para la Determinación del Clima de acuerdo al Segundo Sistema de Thornthwaite. México. pp. 30.

SUBSECRETARIA DE AGRICULTURA Y OPERACION, 1983. Dirección General de Economía Agrícola. Informe Estadístico. N 127. México. p. 385-387.

SUBSECRETARIA DE OPERACION, 1974. Dirección General de Distritos de Riego Dirección de Estadística y Estudios Económicos. México. p. 87-89.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1980. CENTRO DE AGRICULTURA. HOJA MILPA ALTA E-14-A-49. México.