



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

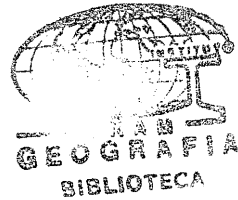
FACULTAD DE QUIMICA

DONACION **N**

AGO. 11 1997

97/001078

ALGUNOS ASPECTOS DEL CULTIVO DE ALGODON EN MEXICO



TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Q U I M I C O
P R E S E N T A I

GRACIELA NATALIA GARCIA SANTAMARIA



JUAN V. G. MEXICO, D. F.

TG9 0801

12 abril 97

1989
G216S



Universidad Nacional
Autónoma de México



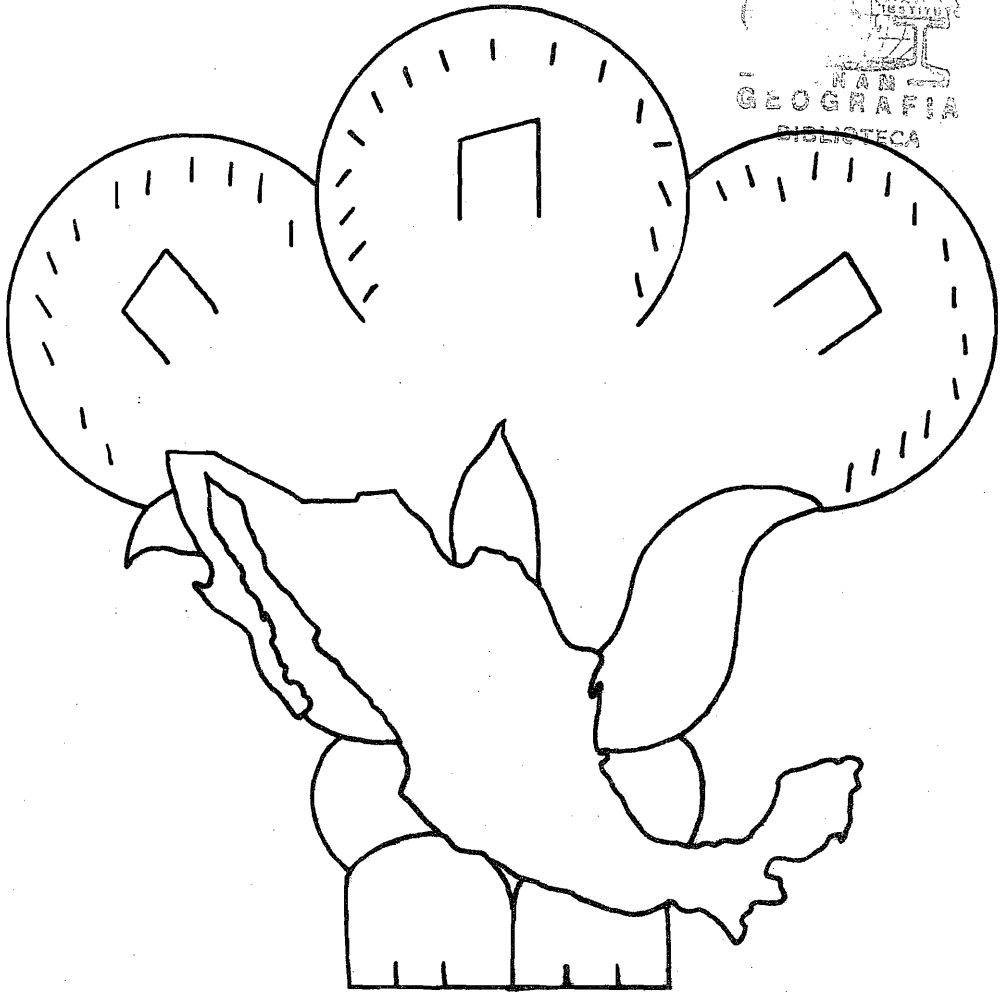
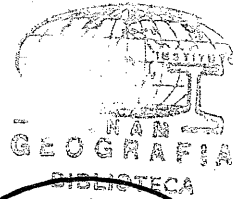
UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

I X C A T L



A MIS PADRES

Sr. Herminio García Hernández
Sra. Ma. de los Angeles Santamaría de García

A MI HIJA

Verónica

A MIS HERMANOS

Marcos, Lidia, Elizabeth, Rosalba y Ma. de los Angeles

AGRADECIMIENTOS

A Ginny por la confianza que tuvo en mí al haberme dado la oportunidad de realizar una de las metas que me tracé en la vida.

A la familia de Ginny por permitirme trabajar en su casa para concluir mi tesis.

A la Dra. Lena Ruiz Azuara por su acertada orientación y por haber aceptado ser parte de mi jurado.

A la Dra. Carmen Durán de Bazúa por su apoyo que me brindó al revisar este escrito y también por haber aceptado, ser parte de mi jurado.

A la Dra. Silvia Castillo por las facilidades que me brindó para poder terminar este trabajo.

A la Q.B.P. Consuelo García Manrique por haber facilitado la realización de los trámites necesarios para la obtención del grado.

Al Edafólogo Francisco Bautista, estudiante de maestría y compañero en el laboratorio, por todo el apoyo que me dió, especialmente por sus acertadas sugerencias en la redacción de este escrito.

A Daniel Béjar, también estudiante y compañero, por su valiosa colaboración en la elaboración de este escrito.

Al personal administrativo del Instituto de Geografía por su apoyo al permitirme trabajar fuera del horario acostumbrado.

A Silke, Marilú, Jose Antonio, Luisa, José, Lorenzo y Luis Miguel, todos ellos compañeros del Instituto de Geografía por haber compartido conmigo momentos difíciles y felices.

A Ulrich Schmiedel por su valiosa colaboración en la impresión de este trabajo.....GRACIAS.

A Leonardo, Enrique y Luis por su valiosa ayuda en la elaboración de las figuras.

A Juan Armando Orozco, por el estímulo constante que siempre me ha dado para llevar a cabo esta meta y por brindarme su amistad en los momentos difíciles que he vivido.

A mis amigas y compañeras de trabajo, Angelina, Lupita y Sonia por su apoyo durante los dos últimos años.

Al Lic. Raymundo Fabila, Jefe de Recursos Humanos del Hospital "Dr. Gustavo Baz Prada", por el gran apoyo que me brindó para poder realizar este trabajo.

A mis hermanos, Marcos, Lidia, Elizabeth, Rosalba y Gelita por toda su comprensión y cariño que me han brindado en las diferentes etapas de mi vida.....GRACIAS.

A mis padres, para quienes no tengo palabras para manifestarles mi agradecimiento por su orientación, comprensión y cariño que me dan.....GRACIAS.

A mi hija, que es el motivo más grande para mi superación, y por unir sus esfuerzos para alcanzar mi meta.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Dra. Carmen Durán de Bazúa

VOCAL: Dra. Lena Ruiz Azuara

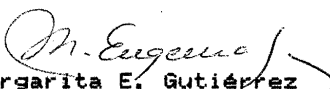
SECRETARIO: M. C. Margarita Eugenia Gutiérrez Ruiz

1^{er} SUPLENTE: Dra. Silvia Castillo Blum


2^o SUPLENTE: Dra. Martha Elena Sosa Torres.

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio de Análisis Físicos y Químicos del
Ambiente del Instituto de Geografía, UNAM.


Margarita E. Gutiérrez
Ruiz.

ASESOR


Graciela N. García
Santamaría.

SUSTENTANTE

INDICE

	pag.
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	4
II.1 Historia del algodón	4
II.2 La planta del algodón	6
II.2.1 Clasificación	6
II.2.2 Morfología	10
II.2.3 Fisiología	12
II.2.4 Subproductos de la semilla del algodón	13
II.3 El algodón y sus requerimientos	14
II.3.1 Clima	14
II.3.2 Suelos	16
II.3.3 Agua	17
II.3.4 Nutrimentos	18
II.3.5 Rotación de cultivos	21
II.4 Cultivo del algodónero	20
II.4.1 Preparación del terreno	21
II.4.2 Siembra	23
II.4.3 Variedades	26
II.4.4 Riegos	30
II.4.5 Labores de cultivo	30
II.4.6 Plagas del algodónero	32
II.4.7 Enfermedades del algodónero	37
II.4.8 Fertilizantes	39
II.4.9 Cosecha y despepita	41

II.5	Zonas algodoneras de la República Mexicana	43
II.5.1	Superficie cultivada	43
II.5.2	Area de riego más importante del país	46
II.5.3	Area de temporal más importante del país	51
III.	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO	56
III.1	Definición del término suelo	56
III.2	Parámetros físicos y químicos de control en cultivos agrícolas y técnicas recomendadas	63
III.2.1	Densidad y porosidad del suelo	63
III.2.2	Color del suelo	67
III.2.3	Textura del suelo	70
III.2.4	pH del suelo	74
III.2.5	Sales solubles y conductividad	86
III.2.6	Capacidad de intercambio catiónico y total de bases intercambiables	89
III.2.7	Materia orgánica	94
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
	BIBLIOGRAFIA	104
	CUADROS Y FIGURAS	107

I. INTRODUCCION

La actividad agrícola en México ha sido una de las bases fundamentales de su desarrollo y, en particular, el cultivo del algodón ha tenido una gran importancia social y económica. Es un hecho que algunas tribus indígenas lo cultivaban y utilizaban varios años antes de la llegada de los españoles, por lo que se puede afirmar que este cultivo junto con el maíz, frijol, chile y otros más, es tradicional para los mexicanos.

Su importancia económica y social radica en la cantidad de mano de obra que directa e indirectamente genera ya sea en el campo o en la industrial, así como las divisas que se han obtenido por la exportación de fibra y productos elaborados, ya que únicamente es superado por el café (Palomo Gil 1988).

En la actualidad el éxito de la producción se basa en el manejo adecuado del cultivo, que principalmente depende de la selección del terreno y consecuentemente del control del clima así como de los parámetros físicos y químicos del suelo. De no tomarse en cuenta estos factores, se corre el riesgo de afectar seriamente la productividad de la fibra, ya que en una zona no apta para este cultivo son frecuentes los ataques de plagas y otras enfermedades causadas por hongos y virus.

Hasta el momento en la mayoría de los cultivos, incluyendo el del algodón, no se ha considerado necesario el control del suelo; y consecuentemente su inadecuado manejo, ha causado el desgaste y en muchas ocasiones la pérdida de parte de la capa arable.

Esta situación se puede relacionar a diferentes factores económicos, sociales y políticos; entre ellos, a la falta de técnicos competentes y de infraestructura adecuada, que se requieren para realizar e interpretar los análisis del suelo; y a la confianza extrema que depositan los agricultores en el conocimiento empírico y en las técnicas agrícolas tradicionales.

Sin embargo, actualmente la situación está cambiando, han surgido diversos centros regionales donde es posible obtener apoyo para analizar los suelos y determinar su aptitud para el cultivo del algodón y calcular sus necesidades de macro y micronutrientes. Además, cabe mencionar que los problemas económicos actuales por los que atraviesa el cultivo y la industrialización de la fibra del algodón, están obligando al agricultor que quiere sobrevivir, a mejorar su productividad, lo que implica el uso de técnicas modernas y un cambio importante de mentalidad.

Para facilitar la implantación de las diversas técnicas, especialmente el control del suelo, se requiere en primer

término generar la información pertinente. Con esta investigación monográfica, se busca aportar información sobre algunos aspectos esenciales, analizados desde un punto de vista químico. Especialmente se describen las características generales del cultivo del algodón en México, así como los requerimientos de clima y el control del suelo, al que se le da un énfasis especial.

Específicamente este trabajo comprende los siguientes puntos:

- 1) Historia del cultivo del algodón en el mundo y especialmente en México.
- 2) Descripción morfológica y fisiológica de la planta del algodón.
- 3) Requerimientos y usos del algodón.
- 4) Características del cultivo del algodón.
- 5) Descripción de las zonas principales en donde se cultiva el algodón en México.
- 6) Descripción de los fundamentos y técnicas para realizar los análisis físicos y químicos del suelo, que son esenciales para el cultivo del algodón.

II. ANTECEDENTES

II.1 Historia del Algodón.

Según Brown and Ware (1958,p.1-2), se desconoce la época en que el hombre utilizó por primera vez la fibra del algodón. Solamente se sabe que los fragmentos de telas y fibras encontrados en Paquistán aseguran que ya se cultivaba en el año 3000 A.C. En Perú se han descubierto restos de telas que se remontan al año 2500 A.C., sin embargo, los primeros escritos que hablan del algodón son textos indios que datan de 1500 años A.C.

Existen también otros testimonios como el de Herodoto, historiador griego, quien 445 años A.C. dijo "Poseen una especie de planta que produce en lugar de frutos, una lana mas bella y mejor que la de los carneros. Los indios hacen de ella sus vestidos". También Estrabón, geógrafo griego (450 años después de Herodoto) y Teofrasto, filósofo griego, 287 años A.C. mencionan el algodón en sus escritos (Preciado Castillo 1950,p.17-19)

En China, se cultivó desde el siglo V de la era cristiana, pero lo abandonaron y continuaron con sus tradicionales manufacturas de seda y lana, que quizá tenían mayor aceptación en sus mercados. El cultivo pasó de Persia a

Egipto y en general al norte de Africa. De España pasó a Italia, Sicilia y Archipiélago griego; y a Macedonia y Albania fué llevado hasta el siglo XII por los turcos.

En realidad, no se ha definido si fué en el siglo VII o IX cuando se introdujo la planta del algodón (algodonero) en Europa. En Francia tuvo un cierto auge por el año de 1806 cuando el mismo Napoleón Bonaparte ordenó que se estudiaran las posibilidades agrícolas de esta fibra, pero al igual que en resto del continente, tampoco se adaptó a las condiciones climáticas de este país.

En México se considera que el algodón es un cultivo autóctono, ya que los resultados de las investigaciones informan que era utilizado por los antecesores de los mayas y aztecas. Así lo confirman los fragmentos de bellotas, fibras, semillas y telas encontrados en las ruinas de Mitla y Monte Albán, Oaxaca, que datan de los años 700 a 1300 años A.C. También en Coxcatlán, Valle de Tehuacán, Puebla, se encontraron vestigios que datan de 5000 años A.C.; los cuales ponen de manifiesto que también conocían los métodos para elaborar vestidos, cuerdas, telas, hamacas, etc., que pintaban de diferentes colores. Además estos descubrimientos apoyan lo que dice un pasaje de la Historia de México que describe como a la llegada de Cortés, el rey Moctezuma regaló 30 paquetes con capas de tela de algodón (Obispo González Q., 1986).

Por otra parte, según Gustavo Henzé, Cristóbal Colón encontró en 1492, que ya se cultivaba el algodón en las islas de las Antillas; en 1519, Hernán Cortés lo descubre en México; en 1536 Alvar Nuñez Cabeza de Vaca, en Luisiana; y en 1552, Francisco Pizarro en Perú. En 1884 el Ingeniero Agrónomo Alberto Ruiz Sandoval al estudiar el Códice Mendocino, pudo decifrar que el Imperio Azteca destinaba 75000 hectáreas, con una producción de 52000 toneladas de algodón en hueso (ver sección II.2.3), aunque alternaban su cultivo con otros, como por ejemplo el frijol y el maíz.

Pero la llegada de los españoles, que en su mayoría buscaban obtener riquezas rápidas casi acabó con el cultivo. La explotación de las minas que requirió de la mano de obra de miles de indígenas produjo una gran decadencia agrícola y, en consecuencia, el algodón dejó de ser una de las fuentes de mayor riqueza del Anáhuac y dió paso al auge de la minería (Preciado Castillo 1950)

II.2 La Planta del Algodón

II.2.1 Clasificación

El algodón pertenece a la familia de las Malváceas y al género *Gossypium* sp., que comprende numerosas especies

silvestres y cultivadas, cada una de las cuales presenta sus propias características morfológicas. El género *Gossypium* sp. comprende 39 especies entre las que figuran tanto las cultivadas como las silvestres. Las especies cultivadas tienen semillas que producen fibras para usos textiles, en cambio las silvestres tienen semillas con vellosidades muy cortas que no producen fibra. La mayoría de las especies cultivadas pertenecen a *G. hirsutum*, de fibra media; *G. barbadense* de fibra larga; y *G. herbaceum* de fibra corta. (Lagiere 1969).

En el Continente Americano se cultivan esencialmente variedades del tipo *G. hirsutum* L. y en una mínima proporción variedades del tipo *G. hirsutum* L. Doce de las 39 género de *Gossypium* sp. son originarios de México algunas de las cuales se describen a continuación (cuadro 1).

"La más importante es la especie *G. hirsutum* L. de la cual se conocen seis razas: palmeri, morrillii, richmondi, latifolium, yucatanense y punctatum. De ellas la más importante es la raza latifolium que dió lugar al algodón tipo Upland que se cultiva en todo el mundo. En coordinación con científicos norteamericanos, rusos, chinos y franceses se han efectuado en México, varias expediciones para coleccionar especies y razas de algodón autóctonas, se han recorrido los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán,

Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Baja California Norte y Baja California Sur. Como resultado de estas expediciones se cuenta las siguientes especies de *Gossypium*: *G. armourianum* (Keaney), *G. harknessii* (Brandege), *G. aridum* (Rose y Stand), *G. thurberi* (Todaro) *G. davidsonii* (Kell), *G. lobatum* (Gentry), *G. laxum* (Phillips), *G. trilobum* (Moc and Ses) y *G. gossypioides* (Ulmer y Standley).

A continuación se presenta una breve descripción de las principales cualidades que presentan cada una de las especies de *Gossypium* colectadas en México: (Palomo Gil 1988).

a) *G. thurberi*. Especie resistente a la sequía, puede soportar temperaturas de 7 °C, posee hojas tipo okra y al cruzarla con especies cultivadas se incrementa la resistencia de la fibra.

b) *G. harknessii*. Posee hojas lisas en forma de corazón y, nectarios y brácteas caducas. Estas características son importantes para desarrollar genotipos con resistencias a plagas. Esta especie ha hecho posible el desarrollo de algodones híbridos.

c) *G. armourianum*. Resistente a sequía, muy semejante a *G. harknessii*. Posee también brácteas caducas y cuenta con

un gene que favorece la lisura (ausencia de vellosidades) en las partes vegetativas de la planta.

d) *G. davidsonii*. Sus órganos vegetativos son muy pubescentes, característica que proporciona resistencia a insectos chupadores y al gusano rosado, ya que estas plagas prefieren otras especies.

e) *G. lobatum*. Posee hojas y tallos con alta pubescencia, característica ya descrita. En caso de transferir genéticamente esta propiedad a otras variedades, evitaría el uso de defoliantes y aceleraría la maduración de las bellotas (frutos del algodón) y en consecuencia, la recolecta de la cosecha.

f) *G. laxum*. Sus hojas son de tres lóbulos en lugar de los cuatro o cinco comunes a las variedades cultivadas, presenta ramas flexibles y lisas, con hojas y brácteas caducas.

g) *G. aridum*. Sus hojas son enteras y acorazonadas, se les encuentra con y sin pubescencias, sus brácteas son caducas.

h) *G. trilobum*. Posee hojas tipo okra y glabras, ambas son características importantes para el desarrollo de genotipos que aumentan el índice de la cosecha y hacen al

cultivo, tolerante a plagas del tipo del picudo del algodón y gusano rosado, así como a la enfermedad conocida como "pudrición de la bellota".

i) *G. gossypioides*. Posee hojas palmeadas (tipo okra), glabras, y brácteas muy desarrolladas y persistentes.

II.2.2 Morfología.

La morfología del algodónero es bastante sencilla, lo que permite describirla fácilmente (Fig. 1).

Raíz. La raíz principal es "pivotante" y puede penetrar en el suelo hasta 3 m. De ésta se originan numerosas raíces secundarias que se ramifican varias veces .

Tallo. El tallo principal es erecto, tiene hojas alternas en forma de espiral y ramas vegetativas y fructíferas. Las ramas vegetativas son monopoidales y con crecimiento continuo a partir de una yema terminal. Se originan cerca del suelo, y con el tallo forman un ángulo agudo. Las ramas fructíferas son sempoidales. nacen del tallo o de las ramas vegetativas y tienden a crecer horizontalmente.

Hoja. Las diferentes especies presentan diversos tamaños, formas y texturas. La mayoría de las especies tienen hojas con cinco lóbulos y pueden ser de color verde oscuro, verde claro ó rojizo.

Flor. Está formada por un verticilo de tres brácteas triangulares y verdes situado alrededor del cáliz. La corola tiene cinco pétalos, cuyo color varía de acuerdo con las especies y variedades y puede ser blanca, crema, amarilla o roja. El ovario es superior, formado por tres o cinco carpelos unidos cada uno con varios óvulos. El estilo termina en un estigma lobulado y rodeado por una columna de estambres.

Fruto. El fruto es una cápsula de tres a cinco lóculos que contienen las semillas. La cápsula es según las variedades, subglobosa oval o suboval, de color verde oscuro o verde claro que en el tiempo de la madurez se abre por las suturas de los carpelos y de cada una de cada una celdas emerge una borra blanca que es el algodón.

Semilla. En cada celda hay un promedio de 9 semillas ovales, más o menos puntiagudas de 6 a 12 mn de largo y de color marrón oscuro. Su epidermis produce fibras largas gruesas, blancas o cremas y fibras cortas, fuertemente adheridas a la cubierta de la semilla, denominadas pelusas.

Según Preciado Castillo (1950, p.48) a las flores, en México se les dá el nombre de "papalotes"; a las cápsulas o frutos verdes, bellotas; y cuando están secas y reventadas, capullos que dejan ver los mechones de fibra llamadas copos. A su vez, el capullo se compone de la cápsula, que cuando se seca se llama casquillejo, y de la semilla con borra y fibra a la que se le llama pepita; y al conjunto, "algodón en hueso". Se denomina despepite, a la operación de separar la fibra de la semilla, con lo que se obtiene el llamado "algodón pluma".

II.2.3 Fisiología

En condiciones favorables la plántula emerge a través del extremo puntiagudo de la semilla, en el transcurso de dos a 3 días. Las dos hojas se abren unos cinco días después de la siembra y ya entonces, la raíz ha penetrado unos 15 cm en el suelo. Cuando las plantas tienen 25 cm, en suelos aluviales y que han sido irrigados, la raíz puede penetrar hasta 1 m. Al tiempo de la maduración de los frutos la profundidad final puede ser de 3 m.

El algodouero crece hasta convertirse en un arbusto pequeño, su altura, número y longitud de ramas, dependen de la variedad y de las condiciones ambientales. Cada rama fructífera produce de 6 a 8 flores, que se forman a los 35 o

45 días después de emerger la planta. La flor se abre al amanecer y se marchita antes del atardecer del mismo día. Las flores cercanas al suelo y al tallo abren primero, luego las superiores y así sucesivamente en forma de espiral.

El intervalo entre la floración y la apertura de la cápsula es de 40 a 70 días. Este lapso depende de la variedad, temperatura, precipitación, fotoperíodo y la fertilidad del suelo. La longitud de la fibra de la especie *G. hirsutum* es de 25 a 35 mm; la de *G. barbadense*, de 35 a 45 mm y la de *G. herbaceum* de 20 a 25 mm.

II.2.4 Subproductos de la semilla de algodón

La semilla es un subproducto del procesamiento de la fibra de algodón, que constituye una fuente de aceite de alta calidad para la alimentación humana. La pasta que se obtiene después de la extracción del aceite, se utiliza como suplemento de la alimentación animal. En 1872, cuando se inventó la despepitadora, se obtuvo tal cantidad de semilla, que se mantenía almacenada, que resultó necesario investigar usos alternativos que produjeran utilidades comerciales. Hasta la fecha se obtienen los siguientes subproductos por tonelada de semilla (Figs. 2 y 3).

Aceite 17.5%

Harinolina 41%

Cascarilla 27%

Borra 7%

Merma 7.5%

El aceite que se extrae se utiliza tanto en la cocina como en la industria panificadora, chocolatera y jabonera. La harinolina es complemento de la alimentación del ganado vacuno, equino, caprino, ovino y en menor proporción para las aves. La borra es útil en la elaboración de hilaza, algodón absorbente, celulosa, municiones, plástico, celuloide, colchones etc. Por último, la cascarilla se utiliza como fertilizante, como combustible y también en la alimentación del ganado (Cuadro 2).

II.3. El Algodón y sus requerimientos

II.3.1 Clima

El clima es el conjunto de condiciones meteorológicas y fisiogeográficas de un país. Depende, en primer lugar, de la latitud y luego de la naturaleza del suelo (montañosa, llanura, mares) y de la elevación sobre el nivel del mar. Son datos necesarios para definir el clima de una localidad, la radiación, temperatura, humedad, nubes, lluvias, tempestades, presión y vientos. La temperatura, es uno de los elementos más importantes del clima (Marín, 1949).

Se considera que el clima adecuado para el cultivo del algodón es aquel en el que hay bastante humedad durante el período de crecimiento de la planta y su floración; y tiempo seco durante la apertura de las cápsulas que encieran la fibra. Es un cultivo muy sensible a las heladas y no soporta los excesos de sequía ni de humedad, por lo que resulta muy importante considerar la temperatura y la cantidad de precipitación y, en alguna medida, a los vientos; ya que si estos son fuertes, además de obrar como desecantes, pueden ocasionar pérdidas en la madurez al maltratar la fibra de las cápsulas abiertas y ensuciarla con polvo y hojarasca.

Como en México generalmente la altitud define al clima, el algodón se cultiva en zonas que están ubicadas al nivel del mar y hasta 1200m

A continuación se describen en forma específica las condiciones de los factores más importantes del clima:

a) Temperatura. El cultivo soporta una temperatura mínima de 15 °C y máxima de 38 °C para un desarrollo normal, ya que por debajo de los 15 °C se detiene el crecimiento y el cultivo es afectado por hongos que atacan las plántulas, enfermedad que se conoce con el nombre de "secadera temprana" o "damping-off". Este problema puede presentarse en los Valles del Fuerte y del Yaqui, Caborca, Costa de

Hermosillo, Valle de Santo Domingo, Delicias y Valle de Juárez. El resto de las áreas algodoneras como Apatzingán, Las Huastecas, el Soconusco, Costa Oaxaca y, los Valles centrales de Chiapas no tienen problema de heladas.

b) Precipitaciones. Son importantes las lluvias durante el período de crecimiento y su distribución es un factor que regula la producción. Las lluvias fuertes dañan las plántulas y aun a las plantas desarrolladas, por lo que son preferibles las lluvias moderadas durante el período de crecimiento. En cambio durante la maduración y apertura de las cápsulas se requieren períodos secos. Para que un cultivo disponga de una humedad adecuada se necesitan como mínimo, 750 mm de lluvia y cuando las lluvias son menores es necesario el riego. En México las áreas algodoneras presentan diferentes características desde las tropicales y subtropicales con precipitaciones de 500 a 3500 mm como el Soconusco, Chiapas; hasta las semidesérticas como los Valles de Mexicali y Santo Domingo con precipitaciones anuales de 150 mm o menos (Prado Martínez, 1983).

II.3.2. Suelos.

Aunque el algodón puede cultivarse en una gran variedad de suelos, crece mejor en los profundos y sueltos, con buen contenido de materia orgánica y gran capacidad de retención de humedad. Los suelos muy arenosos dan bajos rendimientos

ya que no favorecen a la fructificación; los arcillosos estimulan el crecimiento vegetativo pero no la fructificación. Los suelos de las regiones algodoneras de la República Mexicana son de origen aluvial, es decir, se formaron de terrenos arrastrado por las lluvias y depositados en las partes bajas de los valles, en los que predominan las partículas de arena, arcilla, humus y material calcáreo. En cuanto a las texturas de los suelos de la República Mexicana en que se cultiva el algodón son areno-arcillosas y arcillo-arenosas (Romero Loza, 1961).

Con respecto al color, los suelos adecuados para el cultivo del algodón son los suelos podzólicos amarillos y rojos; los suelos rendzímicos; los suelos aluviales; los suelos castaño rojizo; los suelos rojoamarillentos y rojizos y los suelos lateríticos pardos y rojizos. En la República Mexicana los indicados para este cultivo son los suelos podzólicos amarillos y rojizos asociados con los aluviales.

II.3.3. Agua

El principal factor que limita al cultivo del algodón es el agua. Se debe aumentar la eficiencia de su uso ya que en todas las zonas algodoneras de México es un recurso escaso, tanto en lo que se refiere al agua del subsuelo como a la almacenada en las presas. El Intituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (ahora Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP) ha realizado diversas investigaciones en las que ha obtenido métodos que han permitido reducir el número de riegos necesarios y en consecuencia se han disminuido los costos de producción y se han aumentando los rendimientos y la calidad de la fibra.

Se han formulado calendarios de riego para los diferentes distritos de riego. Se han dado recomendaciones para las áreas de temporal, encaminadas a la conservación del agua de lluvia por medio de prácticas de cultivo y deshierbes. Con los deshierbes se impide que la maleza retenga nutrimentos y agua, ya que absorben de 3 a 4 veces más agua que el algodonoero. Adicionalmente, el manejo adecuado del agua evita la salinidad y sodificación de los suelos de los distritos de riego.

2.3.4. Nutrimentos

Para un buen desarrollo, el algodonoero necesita además del agua, substancias nutritivas que se encuentran en la solución del suelo, como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, azufre, sodio y silicio. La deficiencia o exceso de cada uno de estos nutrimentos afectan a las diferentes etapas de desarrollo de la planta.

Según Lagiere (1969,p.42-43) Si el falta nitrógeno disponible en el suelo, durante el cultivo del algodónero, la planta se vuelve raquitica y leñosa. Las hojas toman un aspecto amarillo y caen prematuramente. Debido a que el desarrollo disminuye, la planta fructifica rápidamente, pero se afecta a la producción y calidad. Si por el contrario, la concentración de nitrógeno es elevada la planta adquiere las siguientes características: los entrenudos son más largos, lo que permite que las ramas aparezcan más espaciadas. Aumenta también el total de cápsulas, y se registra un aumento en las semillas, que a su vez, van a ser más pesadas y por consiguiente las fibras resultan más largas.

Cuando un suelo es deficiente en fósforo, se detiene el crecimiento de las raíces y el del tallo principal, lo que produce que las plantas tengan un aspecto achaparrado y las hojas toman un color verde oscuro. También se retrasa la fructificación y la madurez.

La falta de potasio provoca que los algodóneros no crezcan suficientemente y sus hojas no se desarrollen normalmente. Cambian su color verde a un verde ennegrecido y caen prematuramente. También se limita el número de cápsulas, haciendo deficiente la calidad de las semillas y de la pelusa.

Cuando el cultivo carece de azufre, las hojas viejas se amarillean, mientras que las hojas "nuevas" conservan su color verde. También en estos casos se reduce la talla de las plantas. La cantidad de nutrimentos requeridos para el cultivo del algodón aparecen en el Cuadro 3.

II.3.5. Rotación de cultivos.

El cosechar continuamente el mismo tipo de cultivo, produce como consecuencia la pérdida de fertilidad natural en el suelo, por lo que es necesario rotar los cultivos, o sea alternarlos para aportar nutrimentos al suelo.

En tierras templadas donde se cultiva algodón y trigo, ha dado buen resultado la rotación con leguminosas como garbanzo, frijol, maíz y algunas plantas forrajeras. En las regiones calientes y áridas en donde el cultivo es de riego, por ejemplo la Comarca Lagunera, puede alternarse también con leguminosas.

Por último, en las regiones calientes y húmedas de nuestras costas del Golfo (Veracruz y Tabasco) y parte de las costas del Pacífico (Chiapas, Oaxaca y Guerrero) donde pueden hacerse dos siembras al año - una aprovechando las lluvias de primavera y verano, y otras las de invierno-, las rotaciones se hacen con maíz, arroz y frijol.

II.4 Cultivo del algodón

II.4.1 Preparación del suelo.

No se puede dar una regla general a seguir para la preparación del suelo ya que en el país existen áreas de

riego y de temporal, en donde influye el clima y la naturaleza del suelo en forma diferente. Sin embargo, a continuación se describen en forma general las diferentes etapas que conforman la preparación del suelo para el cultivo del algodón. Los párrafos a continuación fueron tomados del trabajo de Sigado y Silguero (1985).

a) Desvare. "Esta labor se efectúa inmediatamente después de la cosecha del cultivo anterior y, tiene como objeto, destruir los residuos que quedan en el terreno, así como eliminar los insectos que viven y se reproducen entre la hojarasca." .

b) Barbecho. " Esta labor se hace después del desvare y sirve para aflojar el suelo e incorporar los residuos vegetales que quedan en el terreno; favorecer el desarrollo de las raíces que permanecen en el terreno; y para facilitar la penetración de agua y aire. Con esta actividad también se destruyen insectos invernantes y algunos otros son expuestos para que los pajaros se alimenten de ellos. El barbecho generalmente se realiza a una profundidad de 20 a 30 cm."

c) Rastreo. " Esta labor tiene como objeto destruir los agregados formados durante el barbecho, mezclar el suelo, destruir las malas hierbas y dejar el terreno lista para la siembra."

d) Surcado. " Esta actividad consiste en trazar surcos con una ligera inclinación para favorecer la salida del exceso de agua. Se usa un bordeador de 3 o 4 rejas y se deja una separación aproximada de 90 cm, que puede variar dependiendo del tipo de suelo."

e) Nivelación. " Es la labor que consiste en emparejar el terreno para lograr una buena distribución del agua y hacer un buen trazo de riego."

f) Contrabordeo. " Consiste en fraccionar los bordos que se forman al momento del surcado. Con esta labor se eliminan las malas hierbas cuando aún no es época de siembra y no hay suficiente humedad para sembrar". (Salgado y Silguero, 1985).

II.4.2 Siembra.

Según Lagiere (1969, p. 69) cuando se realiza bien esta operación se obtiene una buena cosecha. Los factores que se deben considerar son:

a) Fecha de siembra. La época de siembra varía de acuerdo con las condiciones climáticas de cada región, se debe considerar que la semilla germina mejor cuando la temperatura del suelo es de al menos aproximadamente 18 °C. También se debe considerar para definir el tiempo de la

siembra, que la humedad del suelo sea adecuada. El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (ahora INIFAP) mediante un análisis climatológico en la comarca lagunera que se realizó durante 17 años, indica que el período libre de heladas en que se puede sembrar algodón, comprende de abril a octubre, ya que se tiene un 94% de probabilidad de que ocurran heladas en marzo, y un 52% en noviembre.

En los Valles del Fuerte y de Yaqui, Caborca, Costa de Hermosillo, Valle de Santo Domingo, Delicias y Valle de Juárez las bajas temperaturas pueden ocasionar problemas durante el desarrollo de las plántulas y favorecen el desarrollo de hongos causantes de la enfermedad conocida como secadera temprana o "damping-off". Los períodos que INIA recomienda para las zonas de riego y de temporal, aparecen en los cuadros 4 y 5

b) Densidad de siembra. Para tener un mayor rendimiento en la cosecha no sólo se tiene que considerar al clima y al suelo, sino también al técnicas utilizadas en la cosecha. Una población abundante de plantas, requiere necesariamente de una cosecha mecánica. En suelos arcillosos con un contenido bajo en materia orgánica, donde el suelo tiende a endurecerse es necesaria mayor cantidad de semilla que en suelos arenosos.

Actualmente en todas las áreas de riego de la República Mexicana se utilizan de 30 a 35 Kg de semilla por ha, cuando se usa semilla desburrada mecánicamente; y de 20 a 25 Kg desburrada con ácido. Para las áreas de temporal son suficientes de 20 a 25 Kg por ha de semilla desburrada mecánicamente.

c) Profundidad de la siembra. Tanto para zonas de riego como para las de temporal se recomienda una profundidad promedio de 5 a 7 cm dependiendo de la textura del suelo.

d) Método de siembra. Este influye directamente en el desarrollo del cultivo, manejo de agua, control de malezas y enfermedades. Son tres, los métodos más comunes de siembra para el algodónero, y se denominan cama melonera, surco sencillo(tradicional) y plano, aparecen descritos gráficamente en la figura 4.

El método de cama melonera, ha demostrado que permite una mejor distribución y aprovechamiento del agua, y reduce los problemas de enfermedades, como sucede en la Comarca Lagunera, Valle del Yaqui y Valle del Fuerte. Al disminuir el problema de enfermedades aumentan considerablemente las utilidades obtenidas por la cosecha. Sin embargo, uno de los impedimentos para que este método sea utilizado en forma generalizada, es la falta de maquinaria e implementos agrícolas. En el cuadro 6 se aprecia que con el método de

cama melonera y 4 riegos de auxilio se obtienen iguales o mejores rendimientos que con el método tradicional.

Para suelos ligeros en los cuales se dificulta el ascenso del agua por capilaridad es conveniente utilizar el método tradicional o el plano.

II.4.3 Variedades.

De la referencia de Palomo Gil (1988) se tomó lo siguiente: "El banco de germoplasma de algodón cuenta con más de 800 variedades y líneas de la especie *G. hirsutum* y 60 de la especie *G. barbadense*. A la fecha únicamente se han caracterizado 368 genotipos, bajo condiciones ambientales óptimas, requiriéndose de mayores recursos (humanos y económicos) para caracterizar y clasificar bajo condiciones óptimas y adversas, la totalidad del germoplasma."

"En el material caracterizado se cuenta con una gran diversidad genética de importancia económica tales como precocidad, resistencia a la viruela del algodón, tolerancia a la secadera tardía, características que confieren tolerancia a plagas como el gusano rosado *Pectinophora gossypiella* S., gusano bellotero *Heliothis zea* y *Heliothis virescens*, picudo del algodón *Anthonomus grandis* B., chinche *lygus Lygus hesperus* K., y al virus del "enchinamiento de la hoja" transmitido por la mosquita blanca."

"Entre las características que confieren tolerancia a plagas se cuenta con genotipos sin nectarios extraflorales, lisura en partes vegetativas (hojas y tallos), plantas de color rojo, brácteas fregó, hojas okra, alto contenido de gossypol, precocidad y alta cantidad de tricomas en hojas y tallos. Otras características son: la altura de la planta, ramas fructíferas cortas, capullos con resistencia a las tormentas y hojas de diversos tamaños y formas. Se cuenta también con una alta diversidad genética para porcentaje de fibra, peso de capullo, tamaño de semilla y calidad de fibra, (longitud, resistencia y finura)".

Cuando se elige una variedad adecuada para determinada zona algodonera, también se toma en cuenta el rendimiento y calidad de la fibra, la cual se define con base en los requerimientos de la industria textil relacionados con su longitud, resistencia y finura.

a) Longitud. La medida de la longitud se da en pulgadas, y se clasifican en los siguientes grupos:

Fibra corta	menor o igual a 1 pulgada
Fibra media	de 1 a 8 1/8 de pulgada
Fibra larga	de 1 5/32 a 1 1/2 pulgada
Fibra extra larga	mayor de 1 1/2 pulgadas

b) Resistencia.- Este término se refiere a la resistencia que opone la fibra a romperse cuando se aplica una determinada fuerza por pulgada cuadrada (Prado Martínez, 1985). Y se clasifican porcentualmente como sigue:

Muy fuerte	más de 95%
Fuerte	85 a 95%
Intermedio	76 a 84%
Débil	66 a 75%

c) Finura.- Se refiere al grueso del algodón que está dado por el "Índice de micronaire", que tiene unidades subjetivas con las cuales se obtienen las siguientes clasificaciones:

Muy fino	hasta 3
Fino	de 3 a 3.9
Grueso	de 4 a 4.9
Muy grueso	mayor de 4.9

En el cuadro 7 se presentan las variedades que se recomiendan para todas las zonas algodonerías del país. La mayoría de las variedades que se siembran en México son importadas de los Estados Unidos de América (como Deltapine 80). Estas variedades han dado buenos rendimientos, sin embargo, debido a la problemática que presenta el cultivo

existe la necesidad de generar nuevas variedades que se adapten mejor a las condiciones del suelo y clima de México.

Por todo esto, se busca superar los rendimientos y sobre todo que sean precoces para reducir significativamente el riesgo de lluvia durante la cosecha. Debido a lo anterior en el período de 1983 a 1985, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) produjo la variedad QSU 16-1 que comparada con el testigo Deltapine 80, presenta mayor rendimiento. La precocidad presenta una ligera ventaja sobre el testigo, ya que empieza a florecer y producir capullos 2 días antes que el testigo. También presenta una estructura más compacta y mayor altura, así como, sus ramas fructíferas son más cortas, lo que permite ocupar menor espacio en el terreno.

El control de calidad de la fibra señala que aunque QSU 16-1 y el testigo tienen la misma longitud de fibra, es mejor la fibra de la nueva variedad por su resistencia y finura. A la vez estos 2 parámetros son menos afectados por los factores ambientales y por consiguiente incrementan los ingresos del productor.

Según Hernández Jaso (1987), el INIFAP desarrolló la variedad Nazas 87 la cual es tolerante a la viruela del algodnero. En el mismo año se produjeron 2 variedades más

llamadas Ciano yaquimi-86 y Ciano cubachi-86 que comparados con Deltapine 80, presentan las siguientes características:

Ciano yaquimi 86.- da mayor o igual rendimiento que el testigo. Es una variedad más precoz ya que el cuadro y la floración se inicia de 7 a 10 días antes. El largo de la fibra es similar al de las fibras comerciales y presenta además mayor resistencia y mejor finura que Deltapine 80.

Ciano cubachi 86.- Su rendimiento es mayor o igual al testigo y su precocidad es intermedia entre Ciano yaquimi 86 y Deltapine 80. Su calidad es también ligramente superior al testigo.

Por lo tanto estas dos nuevas variedades han podido sustituir a Deltapine 80 y Stoneville 213.

II.4.4. Riego.

Como ya se dijo en la sección II.3.3, las zonas algodoneras tanto el agua del subsuelo como el agua almacenada en las presas es un recurso limitado, y por lo tanto el riego debe planearse cuidadosamente. En el Cuadro 8 aparece el calendario de riegos formulado por el INIA (ahora INIFAP) para las diferentes áreas algodoneras de la República Mexicana, entre las que se encuentra la Comarca Lagunera.

II.4.5 Labores de cultivo.

Es importante mantener libre de malezas al cultivo ya que puede llegar un período crítico en el que la planta no puede competir favorablemente con la maleza por agua, luz y nutrimentos.

Los daños causados al cultivo se reflejan en bajos rendimientos, retraso de la cosecha y pudrición de las bellotas. Además las malas hierbas dificultan la recolección, aumentando el costo de la pizca y al mezclarse con la fibra reducen su calidad.

La maleza puede combatirse mediante métodos mecánicos, manuales y químicos. Cuando se recurre al método mecánico cabe destacar que su costo generalmente es alto y el paso de la maquinaria causa graves daños al cultivo. Si se recurre al método manual la limitación puede ser la disponibilidad de mano de obra.

Por todo esto resulta ventajoso recurrir al método químico que consiste en la aplicación de herbicidas, que no ocasionan daños inmediatos al cultivo, pero que su uso debe restringirse, debido a los daños ecológicos a largo plazo.

La mejor época para aplicar el herbicida, es mezclado con el agua del primer riego de auxilio, aunque puede aplicarse con el segundo riego de auxilio, siempre y cuando no se alternen

diferentes tipos de cultivo. En el cuadro 8.a aparecen listados los nombres de las malezas más comunes que se presentan en las siembras del algodón, desde la emergencia de la planta hasta la cosecha y de los herbicidas más comunes para su control.

II.4.6. Plagas del algodón.

El cultivo del algodón es atacado principalmente por las plagas del gusano rosado, picudo del algodón, gusano medidor, pulgones, gusano barrenador, gusano bellotero, gusano soldado, palomillas; chinches, principalmente la llamada "conchuela", "Trips" y araña roja.

a) Gusano rosado, *Pectinophora gossypiella*. Se introdujo a México en el año de 1911, en un cargamento de semilla de algodón, que procedía de Egipto. Esta plaga ataca a casi todas las zonas algodonerías del mundo y llega a causar pérdidas en la cosecha hasta de un 40%.

Sus larvas atacan la bellota del algodón para alimentarse de la semilla y de la fibra. Al terminar su crecimiento las larvas abandonan la bellota para refugiarse en el suelo entre la hojarasca y la basura. Durante todo el invierno permanecen en estado larvario, recubiertos de un fino capullo de seda y pueden pasar así mucho tiempo, si las circunstancias lo permiten. Al subir la temperatura en la

primavera, los gusanos forman la crisálida y alcanzan el estado adulto afectando a los nuevos cultivos.

b) picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boh. El adulto mide 6 mm de largo y en la cabeza tiene un pico prolongado, en el cual se encuentra el aparato bucal masticador. El adulto recién emergido presenta una coloración rojiza, la cual después de dos o tres días se torna a café grisáceo, que es cuando se alimenta del polen de los cuadros y flores del algodnero. Las hembras perforan los cuadros y las bellotas para depositar un huevecillo, del que nace una larva que se alimenta en su interior y la destruye completamente. El daño al cuadro es fácil de identificar ya que muestran un abultamiento o protuberancia pequeña y a las bellotas las destruye totalmente. Los estados de larva y pupa los pasa en el interior de los cuadros o en las bellotas, por lo que es difícil su control.

Al inicio de la temporada, tan pronto como se observan los primeros daños en los botones florales, se deben hacer aplicaciones periódicas de insecticidas, ya que las condiciones de alta humedad y temperatura, hacen que la plaga se desarrolle rápidamente. Para cuantificar el daño y la aplicación de los insecticidas, se revisan 100 botones florales o cuadros al azar, tomados a diferentes alturas de las plantas. Cuando se encuentran de 6 a 8 botones dañados, se procede a la aplicación de insecticidas, y para evitar

fuertes infestaciones es conveniente revisar cuando menos cada tercer día las cabeceras del predio. Una vez localizados los puntos de entrada, es ahí donde deben concentrarse las aplicaciones, y de esa forma se evita hacer aspersiones innecesarias y se disminuye al mínimo, el impacto del insecticida sobre el ambiente (Salgado Sosa, 1985).

Para el control químico del picudo se recomienda usar cualquiera de los siguientes insecticidas, en las siguientes cantidades que se expresan en litros por hectárea: Paratión metílico 720, 1 L/Ha; Nuvacrón 60, de 3/4 a 1 L/Ha; E. P. N. 47.3, 1 L/Ha. Por último, se debe procurar llevar a cabo las siguientes prácticas agrícolas, que ya fueron descritas en la sección II.4.1:

- El desvare, ya que destruye huevecillos, larvas, pupas y especímenes adultos de la plaga.
- Barbecho, pues expone al insecto en sus diferentes estados de desarrollo a la acción de los pájaros.

Conviene sembrar dentro de la época adecuada, ya que de esa forma la floración y la formación de las bellotas es uniforme y concentrada. Además también ayuda al control de la plaga la selección de una variedad recomendada (ver sección II.4.2 a).

c) gusano bellotero *Heliothis zea* Boddie y *Heliothis virescens* Fab. Se le dió este nombre ya que principalmente se alimenta de las bellotas del algodónero, pero también come yemas terminales, cuadros y flores. El adulto deposita los huevecillos en forma aislada en las yemas terminales, en las báctreas de los cuadros y en el haz de las hojas. Los huevecillos son de forma esférica con la base aplanada; en su parte superior presentan un pequeño abultamiento del cual bajan las estrias; son de color blanco y toman una coloración amarillenta y luego café oscuro o grisáceo, cuando se acerca la eclosión, la cual sucede a los tres días de la oviposición. Las palomillas ponen aproximadamente mil huevecillos como promedio, pero pueden poner hasta tres mil. Las larvas presentan varias coloraciones, verde pálido, café oscuro, rozado o rojizo, y alcanzan unos 4 cm de largo. En su crecimiento pasan por 6 formas: las 2 primeras se encuentran en las yemas terminales, la tercera y la cuarta en los cuadros; y la quinta y la sexta en las bellotas.

gusano medidor *Alabama argillacea* Hübner. La mariposa o adulto de esta plaga es de color dorado y se presenta en los meses de julio o agosto. La hembra pone sus huevecillos sobre las hojas del algodónero, su periodo de incubación es de 3 días. La larva es de color verde claro, la cabeza es de color café y llegan a medir 3.5 cm de largo. Se caracterizan por su nerviosismo, ya que saltan al tocarlas. Al salir del

huevecillo se alimentan de las hojas, las que al presentar el daño parece que hubieran sido rapadas, posteriormente las larvas se vuelven más voraces y dejan solamente las nervaduras de las hojas" (Salgado, S. y Silguero F, 1985).

II.4.7. Enfermedades del algodónero (INIA, 1985).

Entre las principales enfermedades que se presentan en el cultivo del algodónero se encuentran: secadera temprana o damping-off, pudrición texana, verticillium o secadera tardía y viruela del algodónero.

a) SECADERA TEMPRANA O DAMPING OFF . Esta enfermedad es causada por hongos del suelo correspondientes a los géneros *Fusarium spp.*, *Phytium sp.* y *Rhizoctonia solani* Kuehn; y es común en siembras tempranas durante periodos fríos.

Al principio se observan fallas en la población de plantas o en el marchitamiento de plantas recién emergidas. Al extraer del suelo semillas germinadas o plantitas marchitas, se observa pudrición de la semilla, de los embriones y del cuello de la raíz, o sea, la parte del tallo más cercana a la superficie del suelo presenta un estrangulamiento o pudrición de los tejidos.

b) PUDRICION TEXANA. Esta enfermedad que se considera que es la más destructiva para el algodón, la causa el *Phymatotrychum omnivorum*, Shear y Dugg. Se conocen más de 2000 especies cultivadas y silvestres que son susceptibles a adquirir esta enfermedad. Se desarrolla favorablemente en suelos alcalinos y solamente los cultivos de cereales, pastos y hortalizas, escapan a esta enfermedad.

Durante la etapa de fructificación del algodónero se observan manchones de plantas marchitas, al inicio se presentan las hojas un color amarillento o bronceado, después se marchitan y se tornan de color castaño, finalmente se secan y permanecen adheridas a la planta. La pudrición se observa en las raíces cuando se ennegrecen y presentan filamentos blanquecinos sobre su corteza.

c) VIRUELA DEL ALGODONERO. Esta enfermedad es causada por los siguientes hongos, puccinia stakmanii, Presley y puccinia cacabata, A & H. Cuando en el terreno hay pastos propicios al crecimiento del hongo -conocidos como hospedantes-, y se presentan condiciones climáticas favorables para su ataque, por al menos por 12 horas; como es una alta humedad (90 a 100%) y una temperatura media de 18 a 26 °C., esta enfermedad causar grandes pérdidas económicas al productor. .

El inóculo del hongo proviene de los pastos conocidos como "navajita" y "agujita", los cuales son considerados como vegetación nativa en los alrededores de la Comarca Lagunera.

El hongo, al inicio de la infección produce manchas pequeñas de color amarillo sobre las hojas. Posteriormente cambia la coloración hacia tonalidades rojizas y finalmente se observa

un polvo de color naranja en la parte posterior de las hojas.

II.4.8 Fertilizantes .

El empleo de fertilizantes permite asegurar la presencia de los nutrimentos que requiere el algodón y, -a condición de que el manejo del agua sea adecuado- se pueda elevar la rentabilidad del cultivo. No obstante es necesario considerar , que antes de fertilizar es necesario resolver favorablemente otros factores que limitan al cultivo como es el caso de una buena preparación del suelo, control de malezas y plagas, etc. (Lagiere, 1969).

Se ha estimado que para producir 560 Kg de algodón-semilla por ha, las plantas toman del suelo aproximadamente 105 Kg de nitrógeno, 42 Kg de fósforo y 80 Kg de potasio. Además de estos tres elementos se necesitan otros como calcio, magnesio, azufe, hierro, manganeso, boro, cobre y cinc, pero en menor proporción. También los cultivos requieren de molibdeno y cobalto en cantidades vestigiales, por lo que no se tienen informes sobre casos de deficiencias de estos elementos.

En México, los suelos de las zonas algodoneras tienen un bajo contenido de materia orgánica y en consecuencia de nitrógeno orgánico. Este último elemento es el más

importante para el crecimiento del algodón y la obtención de un mejor rendimiento de la fibra. La aportación de nitrógeno bajo la forma de cualquiera de los fertilizantes nitrogenados, permite generalmente resolver el problema.

En otras zonas del mundo el factor limitante del cultivo es el fósforo y ocasionalmente el potasio. Los requerimientos de ambos elementos son similares, pero cuando se utilizan fertilizantes potásicos, generalmente no se obtienen respuestas positivas.

Como los síntomas de deficiencia por azufre y nitrógeno son muy similares, antes de fertilizar resulta recomendable confirmar los requerimientos de los diferentes elementos mayores, mediante análisis foliares y/o del suelo.

El INIA realizó una serie de investigaciones para determinar la dosis óptima y económica de fertilizantes nitrogenados y fosfatados para todas las áreas algodoneras de la República Mexicana, en las que se tomaron en cuenta el tipo de suelo, la rotación de cultivos y la productividad (Cuadro 9). Como fuente de nutrimentos resulta también muy importante los restos de las plantas que quedan después de la cosecha, ya que contienen suficientes macro y micro nutrimentos, que a través de procesos de degradación se incorporan al suelo.

II.4.9. Cosecha y despepite.

La última actividad que se realiza en el ciclo del cultivo del algodón, es la cosecha o pizca. Para obtener la máxima cantidad y calidad de fibra y semilla, se requiere realizar esta fase con atención y cuidado.

Como los frutos del algodón no maduran simultáneamente la cosecha se lleva a cabo conforme abren las cápsulas. Se realizan hasta 3 pizcas continuas, con el fin de que la fibra permanezca expuesta el menor tiempo posible a los agentes del intemperismo como lluvia, viento, calor, etc. La pizca se interrumpe cuando se registran cortos periodos de lluvia o aguaceros torrenciales, pero únicamente durante el tiempo necesario para que el calor de los rayos del sol evapore una parte del agua de lluvia absorbida por los capullos. Posteriormente se debe tener la precaución de exponer al sol el algodón pizcado, pues en caso de almacenarse húmedo se daña, y en consecuencia disminuye su calidad y precio.

La primera pizca o "caliente" se realiza cuando la planta tiene más o menos 5 bellotas abiertas y que generalmente se localizan en la parte inferior de la planta. En esta primera recolección se obtiene algodón de magnífica calidad, con fibra muy blanca y limpia, debido a que las bellotas acaban

de reventar y todavía no se manchan por efecto del intemperismo.

En la segunda pizca también se obtiene algodón de buena calidad, tanto por su rendimiento como por su fibra. En la tercera pizca el algodón que se recolecta es de menor calidad debido a que los agentes ambientales y las plagas han afectado la fibra, lo que la hace menos blanca y ligeramente manchada. La cuarta recolección llamada también "pepena" es un periodo más corto en el que se obtiene la borra, que es fibra de muy baja calidad. Esta fibra está muy manchada por las lluvias y cubierta de polvo, basura y hojarasca.

Cada una de las pizcas puede realizarse con técnicas manuales o mecánicas. En la mayoría de las zonas algodoneras de la República Mexicana se realiza en forma manual, ya que hay una alta disponibilidad de personal y la calidad del algodón es mayor. El gasto de mano de obra, representa entre el 50 y 80% del costo total de producción.

Una vez terminada la cosecha, se almacena en las bodegas de "algodón en hueso" para posteriormente iniciar el **despepite**. Esta tarea consiste en separar la fibra de la semilla, con lo que se obtiene el "algodón pluma". Este proceso se realiza con la ayuda de máquinas especiales, llamadas despepitadoras y los sitios donde se realiza este proceso se

conocen como plantas despepitadoras que se encuentran localizadas en cada región algodonera. Generalmente, durante el periodo de cosecha, trabajan continuamente las 24 horas del día.

Una vez separada de la fibra la semilla se esteriliza de 62 a 66°C -si se va a utilizar para siembra- y para fines industriales se somete a una temperatura de 70 a 88°C. Finalmente, la fibra de algodón se hace pasar por prensas para formar pacas que se etiquetan e identifican, para su posterior comercialización.

II.5. Zonas Algodoneras En La República Mexicana

II.5.1. Superficie cultivada

La República Mexicana cuenta con 11 regiones algodoneras que presentan diferentes características ecológicas; desde las tropicales y subtropicales con precipitaciones anuales de 500 a 3500 mm, como el Soconusco Chiapas; hasta las semidesérticas con precipitaciones anuales de 150 mm o menos, como en el Valle de Mexicali y Valle de Santo Domingo; así como también desde el nivel del mar hasta 1100 o 1200 msnm como en la Comarca Lagunera. A pesar de todas estas variantes y gracias a la mano del hombre y su tecnología, el cultivo del algodonero se ha adaptado a las regiones áridas (se desarrolla hasta 38° latitud norte), a pesar de que su habitat natural se encuentra en las regiones

tropicales y subtropicales, específicamente en los Estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz (mapa 1).

En el cuadro 10 aparece la estadística de la superficie cultivada en la República Mexicana del año de 1930 a 1987. Estas 11 regiones algodoneras del país comprenden los Estados de Sinaloa, Sonora, Baja California Norte, Baja California Sur, Coahuila, Durango, Chihuahua, Tamaulipas, Chiapas, Michoacán, Oaxaca y Morelos. Cada una de estas regiones se enfrenta a una serie de problemas durante el cultivo del algodón, por tal razón, el INIFAP cuenta con centros de investigación en las diversas zonas algodoneras del país.

Estos centros de investigación han agrupado a las zonas algodoneras de acuerdo a su localización y tipo de riego.

1) Areas de riego.

1.a) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO):

Valle del Yaqui

Valle del Mayo

Valle de Mexicali

Caborca

Costa de Hermosillo

1.b) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas del
Norte (CIAN):

Comarca Lagunera

Delicias

Valle de Juárez

1.c) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas del
Pacífico Norte (CIAPAN):

Valle del Fuerte

Valle de Santo Domingo

Mulegé

Vizcaino

San Bruno

San Lucas

1.d) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas del
Golfo (CIAGON):

Río Bravo

2) Areas de temporal:

2.a) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas para el Area del Soconusco (CIAPAS):

Soconusco
Cuenca del Grijalva
Oaxaca

2.b) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas para el Area de Apatzingan(CIAPAC):

Antúnez-Apatzingán

2.c) Según el Centro de Investigaciones Agrícolas para el Area del Golfo(CIAGON):

Las Adjuntas
Mante
Altamirano
Las huastecas

II.5.2. Area de riego más importante del país.

La Comarca Lagunera es la región de riego más importante del país en el cultivo del algodón, tanto por la superficie cultivada como por los rendimientos que se obtienen. Abarca

una superficie de 2760 Km² que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango, situada a 1120 msnm.

La región tiene un clima seco con humedad deficiente, semicálido y con invierno benigno. Un promedio anual de 218 mm de precipitación pluvial y una temperatura media de 21°C durante el ciclo de cultivo que comprende los meses de marzo a octubre. Por consiguiente las lluvias escasas de esta región han hecho necesario el riego, con base en las aguas de los ríos Nazas y Aguanaval; y de las lagunas de Mayrán, Parras, Viesca, etc.

Según el plano general de suelos de la República Mexicana los suelos de las diferentes regiones algodoneras pertenecen a los grupos Sierozem, desértico y castaño, aunque dominan los del primero; además están constituidos por un rico y profundo depósito de aluvión, lo que los hace muy apropiados para el cultivo del algodón.

Los suelos de la Comarca Lagunera son profundos, de textura arcillosa, con un pH básico de 8.0 a 8.5 y ,en general, son ricos en calcio, potasio y fósforo; y pobres en materia orgánica, nitrógeno, azufre y boro.

Hasta 1974, en promedio cada año se dedicaba al cultivo del algodón una superficie de 85000 has , sin embargo, los altos costos del cultivo y el fluctuante valor de la fibra, que en

los últimos años ha tendido a la baja, han causado que la superficie promedio por año sólo sea de aproximadamente de 65000 has. No obstante continúa siendo el cultivo más importante para la economía de esta región.

Entre los principales problemas que afronta el cultivo en la región se encuentran:

- a) Escasez de agua de riego, lo que obliga a buscar un uso eficiente de este elemento.
- b) Enfermedades como *Verticillium* sp. o secadera tardía.
- c) Plagas como el gusano rosado y el gusano bellotero.
- d) Altos costos del cultivo lo que algunas veces hace no rentable la cosecha.

En esta área se recomienda preparar el terreno como se indica en la sección II.4.1 y sembrar variedades adecuadas, pues los problemas de hongos que causan enfermedades como *Verticillium* sp. y que existen en suelos de la Comarca Lagunera, han hecho necesario el empleo de variedades tolerantes y resistentes a estas enfermedades. Por tal motivo las recomendaciones están condicionadas a la presencia o ausencia de esta enfermedad.

Para suelos libres de *Verticillium* sp. se recomiendan las variedades Deltapine 80, Deltapine 16, Deltapine 26 y Deltapine 61. Sus características de rendimiento y calidad de fibra se indican en el cuadro 11.

La época de siembra óptima corresponde a los diez primeros días de abril, ya que es en este tiempo cuando se garantizan los mejores rendimientos y se presentan menos problemas de plagas y fenómenos meteorológicos. Otras épocas aparecen en el cuadro 4.

Las siembras anteriores a la época recomendada tienen problemas con enfermedades las cuales no permiten un buen establecimiento del cultivo. Por otra parte, las siembras tardías además de que disminuyen el rendimiento de la fibra tienen mayores problemas con las plagas, especialmente con el gusano bellotero.

En la zona de la Laguna el método de cama melonera de 1.80 m permite una mejor distribución y aprovechamiento del agua. Únicamente en el caso de tener suelos de textura ligera, se recomiendan las siembras en plano. Los mejores rendimientos se obtienen con una población aproximada a 55000 plantas por ha. Esto se logra sembrando a una distancia de 90 cm entre hileras y dejando 20 cm entre plantas al momento del aclareo. Se siembran de 30 ma 35 Kg por ha de semilla desborrada mecánicamente y de 20 a 25 Kg de semilla desborrada químicamente.

En esta región se recomienda un riego de presiembra y 4 riegos de auxilio para obtener rendimientos óptimos, como lo

marca el calendario del cuadro 12. Las recomendaciones para fertilizar los suelos de la Comarca Lagunera aparecen en el cuadro 13. Para el control de la maleza se recomienda el uso de herbicida. Específicamente para el control del zacate pinto, pegaropa, y rosetilla se aconseja el Treflán, en dosis de 2 a 2.5 L/ha, diluido en 250 L de agua. La aplicación del producto debe hacerse antes del riego de aniego o antes de la siembra, cuando el terreno está húmedo. En ambos casos es necesaria su inmediata incorporación al suelo mediante pasos de rastra.

Como las principales plagas del algodón en la Comarca Lagunera son el gusano rosado y el gusano bellotero. Se consideran de menor importancia la conchuela y el picudo. Para su control se recomienda los métodos químicos descritos en los cuadros 14, 15, 16, 17, y 18.

Las principales enfermedades del algodón en la Comarca Lagunera son: la secadera temprana, pudrición texana, secadera tardía y viruela.

La primera pizca o "caliente" se puede efectuar más o menos a los 140 días después de la siembra; la segunda y tercera pizca a intervalos de 3 semanas después de la primera.

Las investigaciones realizadas a partir de 1974 con el objeto de buscar una solución a los problemas que

representan la escasez del agua de riego, plagas, enfermedades y altos costos de producción del algodón, dieron como resultado un nuevo sistema de producción. Consiste en el uso de altas poblaciones de plantas por ha con 3 riegos de auxilio únicamente, en lugar del sistema tradicional de 55 000 plantas por ha y con cuatro riegos.

El uso de este nuevo sistema de producción sólo implica algunos ajustes en el manejo del cultivo bajo el sistema tradicional. Estos ajustes son básicamente en la distancia entre surcos, cantidad de semilla, población de plantas y número de riegos.

II.5.3. Area de temporal más importante del país

Huastecas.

Entre las zonas de temporal, la región más importante es la de Las Huastecas que comprende los municipios de González, Mante y Altamira, en donde se destina un área de 25 000 has para la siembra del algodón, que equivale a una producción de 62500 ton de algodón. De esta producción se obtienen 87500 pacas de fibra, 37500 ton de semilla industrial, 4 ton de aceite, 15000 ton de harinolina, 7500 ton de cascarilla y 2000 ton de borra.

El tipo de suelo predominante en las Huastecas es arcillosos, y una buena producción depende en gran parte de realizar correctamente la preparación del terreno, de acuerdo a las indicaciones que se dan en la sección II.4.1..

Las variedades más rendidoras y que cumplen con las normas de calidad que el mercado demanda son:

a) México RH-81. Resistente al ataque del gusano bellotero, con un ciclo de 130 días, es de porte intermedio, buena calidad de fibra, peso de capullo de 4.5 a 6.0 gramos, madurez uniforme y defoliación temprana. Esta variedad se obtuvo en el Campo Agrícola Experimental de las Huastecas y es la primera variedad mexicana resistente al ataque del gusano bellotero. Con ésta se ahorra el gasto de insecticidas y además rinde un 40% más que el resto de las variedades existentes en el mercado.

b) Deltapine 80. Con un ciclo de 180 días es de porte intermedio, buena calidad de fibra, con un capullo de 5 a 5.6 gramos y su madurez es uniforme. Es conveniente sembrar semilla certificada para asegurar la pureza de la variedad y un alto porcentaje de germinación, además, la semilla certificada está tratada con productos químicos que la protegen de los organismos que pudieran causarle daño.

Los mejores rendimientos del algodón de temporal se obtienen cuando se siembra en los primeros 10 días de julio, sin embargo, se puede sembrar del 15 de junio al 25 de julio, según se adelanten o atrasen las lluvias. Si la siembra se efectúa después del mes de julio, los rendimientos de algodón se reducen aproximadamente en 20%.

Cuando se siembra, se debe tener una separación entre rejas de 92 cm y con platos para depositar 10 semillas por metro lineal, a una profundidad de 5 a 7 cm, cuando hay humedad.

Para obtener una buena población de plantas es necesario sembrar semilla certificada, con un porcentaje de germinación superior al 80%. Si la semilla se desborró químicamente se siembran de 10 a 12 Kg por ha, y de 20 a 30 Kg si la semilla es semidesbarrada. La semilla con borra tarda por lo menos 2 días más para germinar que las semillas sin borra.

Los mejores rendimientos, se han obtenido cuando se hace un aclareo a los 15 días de emergencia de la planta, dejando una separación de 25 cm entre plantas, lo que equivale a una población de 44 000 plantas por ha. Además el aclareo evita la excesiva competencia entre plantas y favorece la aireación de la parte baja de la planta con lo que se disminuye la presencia de enfermedades.

En esta región, el algodón fertilizado con nitrógeno y fósforo produce abundante follaje y un mejor aspecto de las plantas, sin embargo, no hay aumento en el rendimiento. Esto se ha comprobado tanto en zonas de riego como de temporal.

Las malezas más comunes en la región son: el quelite *Amaranthus* spp; zacates anuales, amargoso *Parthenium* sp.; verdolaga *Portulaca oleracea* L., y meloncillo *Echinocystis lobata*.

Las plagas que predominan en la región de las huastecas son: gusano bellotero, picudo del algodón y gusano medidor. El gusano bellotero se controla con cualquiera de los insecticidas que a continuación se mencionan: Ripcord 200, de 250 a 400 cc; Cymbush 250, 400 cc; Lannate de 90 PH, de 300 a 400 g; Nuvacrón 60 E, 1.5 L; E. P.N. 47.3 de 1.5 a 2.0 L; Belmark, de 0.25 a 0.75 L. Los insecticidas deben aplicarse cuando las larvas se encuentren en yemas terminales, laterales, cuadros, flores y bellotas, localizadas en la parte alta de las plantas. El control es más eficiente si la aplicación de insecticidas se efectúa cuando la larva sale del huevecillo.

Para controlar el picudo del algodón es conveniente iniciar las diferentes técnicas al principio de la temporada, tan pronto como se observen los primeros daños en los botones florales, ya que las condiciones de alta humedad y

temperatura, hacen que la plaga se desarrolle rápidamente. La cuantificación del daño se efectúa revisando 100 botones florales al azar y a diferentes alturas si se encuentran de 6 a 8 dañados, se hace una aplicación.

La plaga del gusano medidor deberá controlarse cuando la relación planta-insecto cumpla las siguientes condiciones: en planta chica o tardía, aplicar cuando se encuentren de 3 a 5 gusanos por metro lineal por surco, o en 5 a 8 plantas; en planta aplicar insecticidas cuando se tenga un gusano por planta como mínimo (ver sección II.4.6).

III. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO.

III.1. Definición Del Término Suelo (José-Núñez 1987, p4)

El suelo generalmente se refiere a la capa superficial de la tierra, que es útil para el crecimiento de las plantas (Bornemisza, E. 1982, p. 3). Desde el punto de vista químico, está constituido por una gran variedad de componentes, tanto de origen inorgánico como orgánico, que pueden encontrarse en estado sólido, líquido o gaseoso (Bolt, G. 1978, p. 1).

La característica común a todos los suelos es que presentan actividad química y que están en un continuo proceso dinámico, donde simultáneamente ocurren varias reacciones, las cuales solubilizan elementos que son los nutrimentos de las plantas terrestres (Lindsay, en Morvedt, J. 1963, p. 41).

La composición de un suelo es muy variable, ya que depende del material que lo originó (material parental) y de las condiciones bajo las cuales se formó (fenómenos de meteorización, relacionados al clima, relieve, biósfera, etc.); sin embargo, en una forma general, se le puede clasificar con base en los componentes principales de sus diferentes fases (sólida, líquida y gaseosa).

finalmente sustancias diversas, principalmente óxidos y sales (Bear, F. 1965, p. 3). Estos materiales se clasifican con un criterio físico con base en su tamaño, y químicamente por su composición o su reactividad, la cual se refiere básicamente a su solubilidad y superficie específica.

Los minerales primarios están constituidos por materiales de baja superficie específica y solubilidad mínima. Presentan diámetros mayores de 2 micrómetros, por lo que generalmente se encuentran en las fracciones más gruesas, es decir, en la arena y el limo. El porcentaje de estos materiales en el suelo es variable y suele ser elevado en las zonas de formación reciente. Su importancia radica en que son determinantes para la textura del suelo, ya que controlan su permeabilidad y porque a través de los fenómenos de intemperismo (meteorización), dan origen a sustancias con mayor reactividad que participan directamente en las reacciones para la aportación de los nutrimentos a las plantas.

Los minerales secundarios comprenden a las sustancias inorgánicas más activas, que son aquellas que presentan una mayor superficie específica ($S = 1 \text{ m}^2/\text{g}$). Desde el punto de vista físico se considera que están constituidas por partículas menores de 2 micrómetros, y se les conoce como arcillas.

Las arcillas son aluminosilicatos que presentan carga eléctrica, la cual se origina en cualquiera de los siguientes fenómenos: sustituciones isomórficas de silicio por aluminio o por cationes de menor valencia; a rompimientos de enlaces superficiales; y a desplazamiento de iones estructurales. La neutralidad se logra por la presencia de cargas en el exterior de la partícula, lo que se conoce como fenómenos o procesos de adsorción.

Las sustancias inorgánicas diversas, están constituidas principalmente por óxidos e hidróxidos, carbonatos, fosfatos, sulfatos, nitratos, haluros y en ocasiones por sulfuros. Aunque resulta arbitrario, se clasifican con base en su solubilidad y se debe considerar que está relacionada con condiciones específicas del suelo y varía en función del pH, temperatura, condiciones redox y formación de quelatos.

Los cloruros, sulfatos y nitratos, por ser muy solubles, preferentemente se encuentran en la fase líquida y pueden causar serios problemas al aumentar la presión osmótica. El resto de las sustancias, que incluye a óxidos, hidróxidos, carbonatos, etc, se encuentran principalmente en formas insolubles y sólo participan como fuente para la solución del suelo, en las proporciones que fije la constante de solubilidad.

Componentes de la fase sólida, tipo orgánico:

La materia orgánica del suelo, está constituida por residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por éstos. Con base en su peso y complejidad, puede clasificarse en dos grupos: en el primero, se incluyen sustancias bioquímicas comunes que están presentes en los organismos vivos, como son ácidos, fenoles, aminoácidos, péptidos, proteínas, etc.; y en el segundo grupo se incluyen los polímeros complejos que no tienen semejanza con los productos presentes en los organismos, y que se les conoce como ácidos húmicos y fúlvicos (humus). Estos a su vez, dentro de sus macromoléculas, contienen grupos funcionales simples pertenecientes a la primera clasificación (Stevenson y Ardakani en Morvet, J. 1983, p 88).

El humus se puede describir como material amorfo que constituye la parte más estable de la materia orgánica (Bornemisza, E. 1981, p. 21) aunque sufre constantes cambios, de acuerdo a las condiciones del suelo, por lo que no es posible caracterizarlo. Entre los grupos funcionales simples que contiene, están los ácidos (-COOH), alcoholes (-OH), aldehídos (-CHO), etc., los cuales presentan hidrógenos ionizables, esto es, que pueden pasar a la solución o ser sustituidos por otros iones.

Estos grupos pueden funcionar principalmente como ligantes y formar quelatos con los elementos de transición presentes en el suelo, o sea, forman compuestos de coordinación en que la macromolécula se une en varias posiciones a un metal; o pueden enlazarse a las arcillas formando sustancias de alto peso molecular; o alternativamente presentar reacciones de intercambio, al sustituirse los protones por cationes alcalinos y alcalinotérreos (Ortiz, L. 1986, p 58).

El humus influye en las características físicas del suelo y regula importantes procesos químicos; a continuación se mencionan algunas de sus propiedades más relevantes:

Suministra elementos nutritivos, en particular libera nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe, Mo y Co).

- Estabiliza la acidez del suelo, ya que presenta una gran capacidad amortiguadora.

- Contribuye a la capacidad de intercambio iónico de los suelos.

- Mejora la estructura del suelo, ya que favorece la formación de agregados individuales y la plasticidad.

-Permite la utilización más eficiente del agua, sobre todo en suelos de textura gruesa ya que disminuye la infiltración de agua y reduce la pérdida por evaporación.

Fase líquida.

La fase líquida, conocida como solución del suelo, es una dilución de sales procedentes de iones comunes y muy solubles, como es el caso del sodio, potasio, magnesio, cobre, cloruros, nitratos, sulfatos, etc. Esta fase contiene también pequeñas cantidades de otros iones, procedentes de sales poco solubles que se encuentran en mayor proporción en la parte sólida y compuestos solubles de origen orgánico, como por ejemplo, los quelatos.

Fase gaseosa.

La fase gaseosa es parecida a la atmosférica, contiene 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de gases raros. Sin embargo, el consumo de O_2 y la producción de CO_2 por los organismos presentes en el suelo, puede variar su composición (Bolt, G. 1978, p. 10-11).

El movimiento de los gases está gobernado por procesos de difusión, y en caso de suelos que están bajo condiciones reductoras, por ejemplo suelos inundados, se producen gases metaestables como es el caso del H_2S , el CH_4 o el NH_3 .

III.2. Parámetros Físicos y Químicos de Control en Cultivos Agrícolas y Técnicas Recomendadas.

III.2.1. Densidad y porosidad del suelo.

Generalidades:

La densidad del suelo generalmente se mide como la densidad aparente y la densidad real. La primera se refiere a la relación entre la masa y el volumen de las partículas del suelo considerando los espacios porosos de la muestra; mientras que la densidad real se refiere a la relación entre la masa de las partículas con respecto a su volumen, sin tomar en cuenta los espacios porosos. Ambos conceptos se expresan en unidades de masa sobre volumen, g/cm^3 .

La densidad real proporciona cierta información sobre los posibles minerales presentes en el suelo; y junto con la densidad aparente sirve para calcular el porcentaje de porosidad. También se emplea para determinar velocidades de sedimentación.

La densidad aparente sirve para convertir los porcentajes de agua, de unidades de masa a unidades de volumen y, para calcular la porosidad cuando se conoce la densidad de la

partícula. También es un dato utilizado para la clasificación de suelos, pues cuando la densidad aparente es mayor de 2.0 g/cm^3 , se puede inferir la presencia de capas endurecidas; y cuando los valores son menores de 0.85 g/cm^3 de amorfos ó altos porcentajes de materia orgánica. Las capas endurecidas provocan problemas en el desarrollo radicular de las plantas y la presencia de amorfos como el alofano, comúnmente están relacionados con problemas de fertilización de fósforo y encalado.

La densidad aparente permite evaluar el grado de intemperismo, pues los horizontes superficiales presentan diferencias importantes de densidad respecto al horizonte C.

Los valores de la densidad aparente también están relacionadas con las condiciones estructurales, particularmente con el tipo de empaque. Por esta razón, a menudo es utilizada como una medida de la estructura del suelo.

El contenido de humedad de un suelo, se mide por diferencia entre el peso constante de la muestra húmeda y el obtenido al secarla a $105 \text{ }^\circ\text{C}$. Esa temperatura es suficiente para evaporar toda el agua que no está unida a la estructura del suelo. (Kezdi, 1980). El valor obtenido multiplicado por cien, se denomina porcentaje de humedad.

La exactitud y reproducibilidad de la medición del contenido de agua, depende de varios factores, especialmente es importante la precisión del peso, ya sea en lo que se refiere a la calidad de la pesada, como al cuidado necesario para mantener la muestra a peso constante. Además es importante controlar el tiempo y la temperatura de secado.

El tiempo necesario para llevar a peso constante dependerá del tipo de estufa que se use, del tamaño de la muestra y de la naturaleza del suelo. En estufas convencionales es suficiente 24 h; pero deben tomarse precauciones para evitar adicionar humedad durante la segunda mitad del periodo de secado.

Determinación de la densidad aparente (DA):.

Procedimiento:

En una probeta de 10 ml, se agrega suelo hasta el aforo, posteriormente se pesa el suelo junto con la probeta, se descarta el peso de la probeta y se realizan los cálculos que se expresan en unidades de masa/volumen, g/cm^3 .

Determinación de la densidad real por el método del picnómetro (DR):

Procedimiento:

Se pesa el picnómetro (PM), se adicionan 10 g de suelo secado al aire y se vuelve a pesar. Se determina el contenido de humedad de la muestra, secando a 105-110°C durante una hora. Esta operación se realiza por duplicado.

Se llena el picnómetro hasta la mitad con agua destilada cuidando de arrastrar hasta el fondo cualquier partícula del suelo adherida a las paredes. La muestra se hierve suavemente, por algunos minutos, para eliminar el aire atrapado. Es recomendable agitar durante la operación.

Se enfría a temperatura ambiente y se afora con agua destilada. Se tapa el picnómetro, se seca y se pesa (PSA). Finalmente se elimina el suelo del matraz, se llena con agua destilada, se seca y nuevamente se pesa (PA).

Cálculos

D_a (PS-PM)

DR = -----

(PS-PM) - (PSA-PA)

D_a = densidad del agua.

Porosidad del suelo.

La porosidad del suelo es importante por que influye en la retención y movimiento del agua y de los gases; en el

desarrollo del sistema radicular de las plantas: en los problemas relacionados con el flujo y retención del calor, etc. Sin embargo, la medida de la porosidad únicamente ofrece una información parcial y debe ser completada con el porcentaje de macro y microporos del suelo.

Cálculos

La porosidad total (PT) está definida como el porcentaje del volumen no ocupado por los sólidos (PT). Para su cálculo se requiere de los valores de densidad aparente (DA) y de densidad real (DR):

$$PT = 100 \left(1 - \frac{DA}{DR} \right)$$

III.2.2. Color del suelo.

El color del suelo está determinado por el contenido mineral y por la materia orgánica presente, a su vez está relacionado con el clima y el drenaje de la zona.

Un suelo con alto porcentaje de humus presenta un color negro. Basta un 5% de materia orgánica para que se observe este color. El color rojo de los suelos está determinado por el alto contenido de hematita (Fe_2O_3); cuando se trata de

óxido férrico hidratado presenta un color pardo-amarillento y cuando es óxido ferroso, un color gris-azulado.

Los colores grisáceos y negros predominan en climas fríos y en suelos húmedos. En los suelos de climas cálidos predominan los suelos rojos y pardo-amarillentos. Cuando el drenaje no es suficiente el color del suelo puede ser uniforme o moteado. Estas variaciones también pueden deberse a acumulaciones de cal, de materia orgánica o a la oxidación del hierro. El veteado se debe a infiltraciones de los coloides orgánicos y óxidos de hierro procedentes de las capas superiores. (Buol, 1984, p. 124-126).

Determinación del color del suelo.

La determinación se realiza por comparación con la carta de colores de Munsell que se fundamenta en 3 variables que son: **matiz, saturación y brillo**, y que combinadas describen los colores del suelo.

El matiz indica la longitud y frecuencia de las ondas luminosas que lo forman, y el grado de pureza de los colores. La saturación en cambio se refiere a la luminosidad; y finalmente, el brillo, representa la intensidad del color y está íntimamente ligado con el total de energía transmitida por las ondas luminosas.

Los colores que aparecen la carta de Munsell tienen un matiz constante, indicado por un símbolo en la esquina superior derecha que consiste en una o dos letras precedidas por un número del "0" al "10". Las letras corresponden a las iniciales de los colores del espectro. La luminosidad se incrementa verticalmente, de abajo hacia arriba, y su notación está indicada en el margen izquierdo de la página con el número "0" para negro absoluto, hasta llegar a "10" para el blanco absoluto. Horizontalmente se incrementa la intensidad del color hacia la derecha y resulta más gris hacia la izquierda; su notación se localiza en la parte inferior de la página que abarca del número "0" para grises neutrales, hasta "20". Debido a que los suelos no presentan tonalidades tan extremas, en la carta el intervalo abarca hasta el número "8" (Fig.5).

La nomenclatura se basa en dos sistemas complementarios, en la primero se utiliza el nombre del color, que se encuentra en la misma carta; y el segundo usa el color según la notación de Munsell. Ninguna de las dos nomenclaturas resulta adecuada para todos los propósitos, por lo que la primera es muy usada en publicaciones y la segunda se aplica cuando se requiere mayor precisión, como una forma abreviada para describir observaciones de campo, para expresar las relaciones específicas entre colores y para tratamientos estadísticos. Por ejemplo, en la notación 10 AR 6/3, el matiz

corresponde a 10 AR (10 amarillo-rojo), con saturación de 6 y brillo de 3; lo que corresponde al color pardo pálido.

III.2.3. Textura del suelo.

Como se dijo en la sección II.3.2, el suelo está formado por unidades discretas que se encuentran unidas integrando agregados. Estas partículas presentan diversa composición, estructura, tamaño y forma. La distribución por tamaño de partícula de un suelo, expresa las proporciones de las medidas diversas de las unidades que lo conforman. Anteriormente a esta determinación se le denominaba "análisis mecánico", aunque actualmente se le conoce como "análisis del tamaño de partícula" y se basa en diferentes criterios arbitrarios (Day, en Black, 1965, p 545). Entre otros, el tamaño se ha definido como:

El ancho del cuadrado más pequeño o el diámetro del círculo más pequeño, a través del cual pasa la partícula.

El diámetro de un círculo que tiene un área igual al área máxima proyectada por la partícula.

El diámetro de una esfera cuyo volumen es igual al de la partícula.

El diámetro de una esfera cuya densidad y velocidad de sedimentación (en un volumen dado), es igual al de la partícula.

En estos criterios se considera a las partículas como esféricas, a pesar de que en realidad son anisométricas, por lo que para interpretar los resultados se debe tomar en cuenta el método usado y sus limitaciones.

Los métodos más comunes se basan en el tamizado y en la velocidad de sedimentación y, a pesar, de que son limitados resultan muy valiosos para clasificar el suelo y resolver problemas relacionados con el intemperismo, erosión, estructura del suelo, segregación de partículas y transporte de sedimentos (Ortiz, 1986, p. 34).

Los métodos más usuales para fraccionar las partículas requieren de su dispersión en solución acuosa, para lo cual se utiliza la agitación mecánica y la formación de cargas eléctricas. Como agentes dispersantes se usan los siguientes reactivos o sus mezclas: metafosfato de sodio, hidróxido de sodio, carbonato de sodio, oxalato de sodio y pirofosfato de sodio. El sodio sustituye otros cationes, y debido a su baja carga causa que la capa cargada alrededor de las partículas sólidas aumente su tamaño y se repelan eléctricamente entre ellas.

Cuando el suelo contiene gran cantidad de sales solubles, materia orgánica o yeso, no se dispersa, si antes no se eliminan estos componentes ya que interfieren en la acción

del sodio. Las sales aumentan la concentración de aniones en la solución, los cuales neutralizan las cargas de la doble capa difusa; el yeso libera iones calcio, que compiten con el sodio favorablemente, pues como tienen doble carga lo eliminan de la posición de intercambio; y la materia orgánica adsorbe al sodio.

En general, la textura del suelo se refiere al porcentaje de cada una de las 3 fracciones minerales que lo forman: arena, limo y arcilla. Como ya se dijo en la sección III.1, las arcillas corresponden a los sólidos inorgánicos que presentan actividad química; arbitrariamente toda partícula de un tamaño menor de 2 micrómetros (0.002 mm) se considera como tal. En el caso de la clasificación de limos y arcillas existen discrepancias para fijar los intervalos de tamaño, sin embargo para fines agrícolas, se acostumbra considerar a los limos como partículas minerales inertes de 2 a 50 micrómetros y a las arenas de 50 a 2000 micrómetros (ver cuadro 21).

Existen diferentes métodos para determinar la textura y su selección depende de la precisión que específicamente se requiere, en el caso del cultivo del algodón basta con un método simple y rápido como es el de Bouyoucos, a continuación se describe una síntesis de mismo (Villegas-Soto et al. 1978 y Ortiz, 1985, p.50-52):

Una muestra de suelo de al menos 50 gramos, secada 110 °C y a la cual, anticipadamente se le ha eliminado su contenido de sales solubles -con bujías de porcelana porosa y vacío- y la materia orgánica con peróxido de hidrógeno al 30%; se le añade el agente dispersante (en tal cantidad que se añadan aproximadamente 12 g por cada 100 g de suelo). La suspensión se agita durante un cierto tiempo, (de acuerdo al método seleccionado este lapso puede variar de 3 minutos a 12 horas). Se vierte la muestra en probetas graduadas y se agrega agua hasta un volumen de 1 dm³ (1L). Se toman las lecturas con hidrómetro (R) en tiempos (t), tantas veces como se considere necesario en el intervalo de 40 segundos y 24 horas. Se recomiendan los siguientes tiempos: 40 s, 4 min, 10 min, 60 min, 2 horas y 24 horas. Antes de iniciar el control del tiempo es necesario agitar con un émbolo especial. El porcentaje de partículas en la suspensión del suelo (P) se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = ([R_t - R_b] a / M) 100$$

a = constante que generalmente se le da el valor de 1

b = valores del blanco en el tiempo t.

Específicamente, para los tiempos recomendados, se tiene:

$$\% \text{ de limos y arcillas} = R_{40\text{m}} - R_b / \text{peso suelo seco} \times 100$$

% de arcillas = $R_{2h} - R_d / \text{peso del suelo seco} \times 100$

% de arenas = $100 - \% \text{ de limos y arcillas}$

% de limos = $\% \text{ de limos y arcillas} - \% \text{ de arcilla}$

Donde:

La = Lectura del hidrómetro tomada a los 40 segundos.

Lb = Lectura del hidrómetro para el blanco, tomada a los 40 segundos.

Lc = Lectura del hidrómetro tomada a las 2 horas.

Ld = Lectura del hidrómetro para el blanco, tomada a las 2 horas.

Finalmente se realiza la clasificación textural del suelo con ayuda del triángulo mostrado en la figura 6.

Por cada grado arriba de 20 °C se agrega a la lectura 0.2 unidades y por cada grado abajo de dicha temperatura, se le resta a la lectura la misma cantidad.

III.2.4. pH del suelo (Ortiz, 1986, José-Nuñez, 1987)

Fundamentos químicos del concepto de pH:

El agua se ioniza de la siguiente forma



La constante de equilibrio, a 25°C es

$$K = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] / [\text{H}_2\text{O}] = 1.82 \times 10^{-16}$$

El valor que se obtiene es muy pequeño, lo que indica que el agua se disocia en muy baja proporción y que las concentraciones del agua en el inicio y al final, se pueden considerar prácticamente iguales. Así pues, reordenando los terminos:

$$K [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = (1.82 \times 10^{-16})(55.6) = 1 \times 10^{-14}$$

$$K_{\text{agua}} = 1 \times 10^{-14}, \text{ a } 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Este valor se puede considerar constante para una temperatura dada, no sólo en el agua pura sino también en soluciones acuosas diluidas; por lo tanto si se disuelve un ácido en bajas concentraciones, el aumento de protones (H^+) causará una baja en la concentración de iones OH^- y el valor de K_{agua} se mantendrá constante; en el caso de disolver una base sucede el proceso inverso y también se mantiene sin variación el valor de la constante.

En una solución neutra $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$

En una solución ácida $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ y $[\text{H}^+] > 10^{-7}$

En una solución básica $[H^+] < [OH^-]$ y $[H^+] < 10^{-7}$

Para evitar el uso de números exponenciales negativos, Sorensen (1909), introdujo el uso del potencial de hidrógeno (pH), se define como:

$$pH = -\log a_{H^+}$$

El símbolo "a" expresa la actividad del ion hidrógeno, y como en soluciones diluidas es igual a la concentración, generalmente el pH se expresa como:

$$pH = -\log [H^+]$$

La escala del pH es una progresión logarítmica, en la cual, los cambios de unidad, representan grandes variaciones en la concentración de iones H^+ . En una solución neutra el pH es igual a 7, una solución ácida da valores menores que 7 y una solución básica, mayores que este valor; los límites de la escala, 0 y 14, están determinados por el valor de la K_{H_2O} .

Descripción de los mecanismos de interacción del H^+ en el suelo:

El fenómeno de la acidez del suelo está relacionado con la interacción de la superficie y la solución, por lo cual,

para poder explicarlo, es necesario mencionar algunos conceptos de la interacción entre la fase sólida y la solución.

Como ya se comentó en la sección III.1, las reacciones más importantes del suelo se realizan en la zona de contacto entre la solución del suelo y la superficie de los sólidos que presentan actividad química y que como ya se dijo, estas generalmente son arcillas y material orgánico natural (humus). A todo este conjunto que es responsable de la adsorción de iones, a menudo se le llama, complejo de adsorción y es el que proporciona la propiedad amortiguadora del suelo y la capacidad de almacenar y ceder nutrimentos a las plantas (Fig.7).

Debido a la retención de iones que, en su mayor parte son positivos, las cargas se distribuyen espacialmente alrededor de la partícula sólida, de una máxima concentración a una mínima, hasta lograr el equilibrio; con lo que se forma una capa doble difusa. Una analogía que ayuda a visualizar este fenómeno es imaginar a la partícula de suelo rodeada de cargas positivas, como si fuera un panal rodeado de abejas (Fig.8).

Las interacciones en este sistema del ion hidrógeno son las que determinan las condiciones de acidez del suelo. A

continuación se presenta un resumen de los mecanismos más representativos de la adsorción y desorción del H^+ .

En los grupos orgánicos y superficie de partículas de óxido, los H^+ están unidos al oxígeno por enlaces covalentes, pero debido a la diferencia de electronegatividad, el enlace está parcialmente polarizado y en consecuencia, el hidrógeno está relativamente suelto y presenta características ácidas:



La proporción en que ocurre este fenómeno de disociación, depende de las condiciones del suelo. En los casos en los que se favorece, los grupos negativos atraerán, al igual que una arcilla, a los cationes en un proceso de adsorción no selectiva (interacciones electrostáticas). Por otro lado, la disociación y liberación de H^+ se ve afectada por la presencia de iones metálicos de transición, ya que los grupos funcionales orgánicos se coordinan perfectamente con éstos para formar quelatos (Fig.9).

Los óxidos hidratados e hidróxidos de ciertos metales (como los de hierro y aluminio), que son abundantes en el suelo, presentan un comportamiento anfotérico, esto es, pueden actuar como ácidos y ceder protones o como bases y aceptarlos. Las reacciones se llevan a cabo únicamente en la superficie (Fig.10).



En las arcillas recientemente saturadas, los protones son atraídos a las posiciones de intercambio catiónico y pasan a formar parte de la capa difusa, en un proceso de adsorción no selectiva (electrostática), sin embargo, con el tiempo los protones favorecen la liberación de los iones Al^{3+} de la arcilla que pueden sustituirlos en la capa difusa y, bajo ciertas condiciones, se hidrolizan; esto es, los iones se unen tan fuertemente al agua (por ser pequeños y tener mucha carga), que aflojan a los iones H^+ de dicha molécula y acidifican al sistema (Fig.11).

Efecto de la presencia de sales en el equilibrio:

La presencia de sales neutras en el suelo, altera el equilibrio de los iones H^+ adsorbidos, ya que facilitan su liberación, y consecuentemente, provocan una disminución del pH.

Cuando el mecanismo corresponde a una adsorción no selectiva, los protones están situados en la capa difusa alrededor de la partícula coloidal del suelo, con quien interactúan electrostáticamente. Los cationes de la sal compiten por las posiciones de la doble capa difusa y sustituyen a iones H^+ , los cuales, pasan a la solución. En este caso, la capacidad de intercambio catiónica no se altera, pero el pH baja (Fig. 12.a).

En el caso de los óxidos y materia orgánica, los iones H^+ están enlazados covalentemente, pero ya se dijo, que en su enlace tiene ciertas características iónicas debidas a la diferencia de electronegatividad entre el oxígeno y el hidrógeno, por lo que algunos H^+ pueden ser sustituidos por cationes, aumentando la capacidad de intercambio del material, y la acidez (Fig.12.b).

En arcillas que tienen Al^{3+} en su doble capa, los cationes de las sales sustituyen a iones aluminio, los cuales pasan a la solución donde reaccionan con agua (hidrólisis) y liberan H^+ (fig. 12.c). Aunque el aluminio es el catión anfotérico más importante, en el suelo hay otros que se comportan de la misma manera.

Si una suspensión de suelo se diluye, el fenómeno es inverso, la concentración de sales disminuye, la liberación de protones se desfavorece y consecuentemente el pH aumenta.

Significado de los valores de pH en los suelos:

Debido a las múltiples interacciones que presentan los protones en el sistema "suelo-agua", y que ya han sido discutidos, no es posible equiparar el significado del pH de una solución diluida verdadera, con el pH del suelo. Sin

embargo, es el dato que aporta la información práctica más valiosa.

En la interpretación de los datos de pH, hay que considerar que son valores variables, afectados por diversos factores como son, el contenido salino, la relación de suelo/agua que se utiliza para la preparación de la suspensión, la época de muestreo, etc. Por ejemplo, algunos suelos pueden dar valores bajos de pH si son muestreados durante el período en que no hay lluvias, o si se secan antes del análisis, y dan valores más altos, cuando son muestreados durante la época de lluvias y no se les elimina la humedad antes de los análisis.

La mayoría de los suelos agrícolas tienen un pH que va de 4 a 8, cuando es más bajo los suelos son turbosos y contienen altas proporciones de azufre y aluminio arriba de 8, son suelos con un contenido alto de sales solubles, como en las regiones áridas.

La solubilidad de los nutrimentos está muy relacionada con el pH. En suelos muy ácidos, el contenido de cationes puede ser tan alto que se presenten problemas de toxicidad y, en cambio, haber deficiencia de elementos esenciales presentes como oxianiones, tal es el caso del molibdeno o del fósforo. Cuando el suelo es básico, el fenómeno se presenta a la inversa. Adicionalmente a los valores de pH del suelo,

también se deben considerar otros factores, como es la actividad microbiana, textura y otras propiedades físicas.

Medición del pH en el suelo:

El pH en el suelo se determina con mayor precisión con el método electrométrico. En éste, se usa un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad de los iones H^+ y se adquiere un potencial con respecto a la solución. Este electrodo forma parte de un circuito que abarca también un electrodo de referencia (un electrodo que tiene un potencial constante, como el de calomel); entre los cuales se establece una diferencia de potencial. Generalmente se usa un electrodo de vidrio, que es reversible con respecto a los iones H^+ y un electrodo de calomel. Finalmente se compara la diferencia de potencial observada entre la solución problema y una solución patrón. Estas últimas deben prepararse con un valor de pH definido y reproducible, de acuerdo a las recomendaciones del U.S. National Bureau of Standards. Estas soluciones de referencia tienen un potencial de contacto insignificante (Bolt, 1978, p.35).

Factores que afectan la medición de pH:

Efecto de suspensión

Se ha encontrado que al medir el pH de una suspensión de suelo, se detectan valores distintos en el líquido sobrenadante y en el sedimento, uno más alto que el otro. A este cambio se le llama efecto de suspensión y se explica por el hecho de que la concentración de iones H^+ es mayor en el sedimento, ya que cada partícula de suelo negativa está rodeada de una doble capa de cationes (entre ellos el H^+). Si el electrodo de calomel se pone en contacto con ellos el resultado es un valor de pH más bajo en relación con el del líquido.

El comportamiento del electrodo de calomel se explica en términos de potencial de difusión. Cuando dos soluciones de diferente concentración se ponen en contacto, la solución más concentrada se difunde en la más diluida, los iones se mueven a diferente velocidad y la solución diluida tiene una carga temporal causada por el ion más rápido (que puede ser un catión o un anión). Resulta una diferencia de potencial, llamado potencial de contacto, entre la solución concentrada de KCl y el sedimento.

Como la superficie sólida está cargada negativamente, la transferencia de cationes puede, con mucho, exceder a la de los aniones; por lo que se produce un potencial de difusión en el orificio del electrodo de calomel. El electrodo de vidrio adquiere mayor carga positiva que la del electrodo de calomel, cuando se coloca en el sedimento, en lugar de en

el líquido sobrenadante, lo que causa que la lectura del pH sea más baja.

Para disminuir el efecto se recomienda preparar las suspensiones de suelo con una solución de CaCl_2 o de KCl , ya que si las sales están presentes, se reduce la doble capa por el efecto de los iones con alta carga y pequeño radio (como el calcio). Cuando esto sucede, se liberan iones H^+ a la solución, por lo que su pH es muy parecido al del sedimento. Además, la concentración de dichas sales es mucho mayor que la de otros iones, por lo que son los principales responsables de la transferencia de carga, de tal manera que el potencial de contacto es despreciable.

Efecto de las sales solubles del suelo y de la dilución

Como ya se dijo, el pH de una suspensión disminuye conforme aumenta la concentración de sales y cuando se diluye la suspensión, el fenómeno se presenta a la inversa. Por lo tanto cuando se mide el pH de un suelo, debe de informarse en que tipo de suspensiones se realizaron las mediciones. Las relaciones suelo:solución más usadas son 1:1, 1:2.5 y 1:5; o en la pasta de saturación (Hesse, 1971).

El efecto salino se atenúa cuando se sustituye el agua de la suspensión, con soluciones de CaCl_2 , la concentración salina

se uniformiza y el pH es relativamente independiente de la proporción en que se diluye.

Métodos recomendados

Determinación del pH del suelo con solución de CaCl_2 0.01 M. (Hesse, 1971, Ortiz, 1986).

Toda la operación se realiza por duplicado. Se pesan 10 g de suelo secado al aire y se vierten en un frasco de vidrio debidamente marcado. Se adicionan los ml de solución de CaCl_2 0.01 M que correspondan a la relación suelo:solución seleccionada y se tapa perfectamente el frasco de preferencia con un tapón de plástico. Esta actividad se repite con todas las muestras y después se colocan los frascos en el agitador mecánico. Se agitan las muestras durante 30 minutos y luego se dejan en reposo hasta que los sólidos sedimentan.

Durante el tiempo que se están agitando las muestras, se prende el potenciómetro y se lavan los electrodos. (se deben tener listas las pizetas con agua destilada y las soluciones patrón, a un lado el aparato).

Se coloca el electrodo dentro de la solución de pH 7 y se mide la temperatura de esta solución patrón, y con el valor que se obtiene se ajusta la temperatura del equipo. Se

calibra el aparato hasta que aparezca en la pantalla el valor de la solución patrón.

Posteriormente se introduce el electrodo en la segunda solución patrón, pH = 4 cuando se trata de suelos tropicales y de pH = 9 para suelos básicos de zonas calcáreas y áridas. El segundo patrón que debe estar a la misma temperatura que el primero y se ajusta con el control de pendiente (slope). Se procede a efectuar las mediciones de las muestras, enjuagando con agua destilada después de cada lectura. Se debe recalibrar el equipo con los dos patrones utilizados, aproximadamente después de cada 10 lecturas.

III.2.5. Sales solubles (Ortiz, 1986)

En algunas regiones, especialmente en las áridas y semiáridas, la cantidad de agua de lluvia anual no satisface las necesidades de agua de las plantas, por lo que se recurre a la utilización de las aguas profundas o de riego. En ambos casos se adicionan sales al suelo, las cuales en exceso pueden limitar la producción agrícola debido a que dificultan la absorción de nutrimentos, inhiben la absorción del agua, insolubilizan elementos esenciales y aumentan la concentración de aniones tóxicos. En el caso extremo, las propiedades físicas del suelo cambian y se dificulta la aeración y el drenaje, que son procesos esenciales para el cultivo del algodón.

Las sales solubles que contienen los suelos están formadas principalmente por los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} y por los aniones Cl^- y SO_4^{2-} . Algunas veces están presentes los CO_3^{2-} y HCO_3^- y en cantidades más limitadas el Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , NO_3^- , PO_4^{3-} y SiO_3^{2-} .

La humedad afecta la concentración de estas sales solubles, por lo que se debe homogeneizar la muestra antes de realizar cada determinación. Por esta razón la salinidad de un suelo se valora, midiendo la conductividad eléctrica de un extracto que se obtiene al filtrar la pasta de saturación de un suelo; o en una relación fija de suelo-agua, por ejemplo, 1:5.

El laboratorio de salinidad de suelos de los Estados Unidos de América propone una clasificación de los suelos con base en los daños que las sales producen a los cultivos, lo que se valora en el laboratorio por medio de la conductividad eléctrica, que está relacionada con la concentración de las sales y con la presión osmótica. Esta clasificación debe utilizarse sólo como una guía, ya que hay diferencias entre la humedad de una pasta de saturación y las condiciones de campo.

Preparación de la pasta de saturación y del extracto de saturación.

Se pesan 200 g de suelo secado al aire y tamizado a 2 mm. y se colocan en un recipiente de plástico. Se añade agua destilada de una bureta y se remueve la mezcla con una espátula, determinando el volumen total de agua utilizado..

La pasta está lista cuando brilla y cae con facilidad de la espátula sin dejarla manchada.

Se deja reposar la pasta una hora y se repite la prueba para verificar el punto de saturación. Si se observa que se acumula agua sobre la pasta, se añade una cantidad conocida de suelo y, si por el contrario, le falta agua se adiciona la cantidad que sea necesaria.

Para determinar el porcentaje de saturación, se necesita el valor del porcentaje de humedad, el volumen del agua utilizada y se realizan los siguientes cálculos.

$$\text{Peso del suelo} = \frac{\text{agua total}}{\text{\% de saturación}} \times 100$$

Para obtener el extracto de saturación, se filtra la pasta al vacío con papel Whatman 42. Si el suelo contiene yeso, se deja reposar toda la noche y se añade una gota de solución de hexametáfosfato de sodio al 1% por cada 25 ml de extracto.

Se mide la conductividad eléctrica del extracto o de la solución del suelo, utilizando una solución patrón adecuada al intervalo de salinidad que se espera corresponde a la muestra problema.

III.2.6 Capacidad de Intercambio Catiónico y Total de Bases Intercambiables.

La cantidad total de cationes intercambiables por unidad de masa de suelo, se le llama capacidad de intercambio catiónico. Estos cationes están enlazados en ciertos puntos de la superficie y del interior de la estructura cristalina de algunos minerales del suelo, principalmente arcillas y óxidos, así como también a grupos funcionales de compuestos orgánicos (referirse a la sección II.3.2).

La capacidad de intercambio de un suelo está relacionada principalmente con la cantidad de arcillas y limos; con el tipo y tamaño de mineral arcilloso (ya que la composición química, las irregularidades en la estructura y el tamaño de la partícula, afectan la disponibilidad de las posiciones de intercambio) y con la cantidad y tipo de materia orgánica presente que tiene muchas posiciones de intercambio, especialmente donde hay terminales acidez.

Por la naturaleza compleja y los innumerables cambios de la materia orgánica, los mecanismos de intercambio son múltiples. Como ya se mencionó en la descripción de PH, a este tipo de material, no es posible caracterizarlo ni se le puede asignar una fórmula determinada, únicamente puede describirse como un material amorfo, formado por cadenas de carbono de muy diferentes tamaños que contiene múltiples y diferentes grupos funcionales, muchos de los cuales tienen protones ácidos.

La capacidad de reemplazamiento de los cationes en un complejo coloidal, depende principalmente de la carga del catión y del radio iónico hidratado. Entre más cargado y más pequeño sea el catión el enlace será más estable (el tamaño se refiere a los iones hidratados), por ejemplo, entre los que derivan de los metales alcalinos, el catión más pequeño es el litio, pero por ser más polarizante, se hidrata más fácilmente y se convierte en un ión más grande. En el caso de los alcalinotérreos, el Mg^{2+} es más grande que el Ca^{2+} . Por lo tanto, el orden de sustitución, según Carroll (1959) es:



Los cationes divalentes ocupan preferentemente las posiciones de intercambio y a esta serie se le llama "liotrópica". Los iones metálicos más comunes en el suelo son: calcio, magnesio, sodio y potasio. Cuando el suelo es ácido también están presentes H^+ y cationes trivalentes como el Al^{3+} . Cuando la acidez disminuye, estos cationes precipitan.

Determinación de la Capacidad de intercambio catiónico(CIC) y total de bases intercambiables(TBI) (José-Nuñez, 1987)

El método para determinar la C.I.C., y el total de bases intercambiables, se fundamenta en la saturación de las posiciones de intercambio del suelo con un catión con un bajo valor de carga/radio hidratado y que de preferencia no lo contenga naturalmente el suelo.

En el extracto obtenido durante el proceso de saturación que contiene las bases intercambiables desplazadas y el un exceso del catión que se utiliza para saturar, se realizan las determinaciones de calcio, magnesio, sodio y potasio.

La bibliografía recomienda utilizar sodio y amonio para el proceso de saturación. Prácticamente se usan soluciones de acetato de sodio 1 M, pH 8.2, y acetato de amonio 1M, pH 7.0.

Comúnmente se utiliza esta última solución para la determinación de la capacidad de intercambio catiónica y el total de bases intercambiables, debido a que el amonio es un ion que generalmente está ausente de las posiciones de intercambio, tiene gran capacidad de saturación, es fácilmente eliminado por volatilización durante el análisis y no interfiere en las determinaciones espectrofotométricas de los iones metálicos. Sin embargo solubiliza parte de los carbonatos de calcio y magnesio que se presentan en los suelos, sobre todo en los suelos calcáreos. Los iones calcio evitan que los iones amonio saturen por completo las posiciones de intercambio, dan valores bajos de C.I.C. y aumentan los de el TBI.

Se prepara la solución a un pH neutro de 7, ya que aproximadamente representa al sistema amortiguador bicarbonato-ácido carbónico del suelo, a la presión del CO_2 , que prevalece en un suelo fértil durante el periodo de crecimiento de cosechas.

Quantificación de cationes solubles, TBI y CIC con acetato de amonio (Black, 1964, p. 108). (Gutiérrez-Ruiz, 1982)

Para las tres determinaciones se preparan embudos numerados, a los cuales, empezando en la parte más angosta, antes del tubo de salida, se les coloca ordenadamente, un trozo de algodón, 5 ml de arena lavada con ácido, una mezcla

homogénea de 5 g de suelo con 10 g de arena y 5 ml de arena. En la parte superior y para terminar se coloca un papel filtro que tenga el diámetro similar al del embudo.

Cationes solubles.- Es necesario determinar los cationes solubles, en muestras de suelo con un valor de conductividad iguales o mayores a 0.5 mmhos/ cm (en la suspensión 1:5, suelo:H₂O). Para lo cual se lavan sucesivamente los embudos que ya contienen el suelo, con cuatro alícuotas (de 25 ml aproximadamente) de alcohol metílico al 80% v/v. Cuando se acaba la lixiviación, se evapora el alcohol a sequedad y se le añaden 250 ml de agua, se agita y se determina el contenido de sodio y potasio en un espectrofotómetro de flama.

Total de bases intercambiables.- El calcio, magnesio, sodio y potasio intercambiables, son extraídos del suelo, goteando lentamente 250 ml solución de acetato de amonio 1 M, pH 7, sobre el embudo preparado como se indicó anteriormente y que está colocado sobre un matraz aforado de 250 ml. El ion amonio sustituye a los cationes mencionados, que pasan a la solución, la cual se recolecta en el matraz. Cuando se termina con la operación de lixiviado, si es necesario se afora el matraz con solución de acetato de amonio 1 M y posteriormente se utiliza para cuantificar el calcio y magnesio en un espectrofotómetro de absorción atómica y el sodio y potasio en uno de flama. Para la determinación de

calcio y magnesio se puede utilizar un método volumétrico alternativo (Jackson, 1982)

Capacidad de intercambio catiónico.- Después de que se realiza la determinación de TBI, se elimina el exceso de acetato de amonio que pudo haber quedado en en la muestra contenida en los embudos, para lo cual se añade alcohol metílico al 80% v/v. Posteriormente se sustituye a los iones amonio con iones potasio, para lo cual se añade gota a gota 250 ml de KCl 1 M, pH 2.5 y se recolecta la solución en un matraz aforado. Se determina el contenido de nitrógeno en la solución recolectada por un método colorimétrico, en el que se forma un compuesto de coordinación azul, al combinar hipoclorito de sodio, fenolato de sodio (fenol + NaOH) con la solución problema. Antes de añadir el fenolato debe adicionarse una solución reguladora de tartrato y citrato de sodio. Pueden usarse otros métodos alternativos colorimétricos para determinar el ion amonio, pero no deben ser afectados por un medio salino (para mayores datos referirse a Black, 1965 y Hesse, 1971).

III.2.7. Determinación de la materia orgánica.

Se recomienda el método de Walkey-Black para esta determinación, que consiste en oxidar el suelo con un exceso de ácido crómico, seguido de la titulación del agente oxidante. El método de carbono orgánico fué introducido por

Schollenber en 1927 y modificado por Walkey-Black. Una cierta cantidad de suelo finamente molido es tratado con un volumen conocido de dicromato de potasio, seguido de la adición rápida de 2 volúmenes de ácido sulfúrico concentrado. La reacción se genera con el calor que se desprende cuando se mezcla el dicromato de potasio con el ácido, a una temperatura de 120 °C, que es suficiente para oxidar las formas activas del carbono, pero no las inertes.

Después de la oxidación, se enfría y se diluye. Se adiciona un exceso de ácido fosfórico para suprimir interferencias de Fe (III). Finalmente se titula el ácido crómico que no reaccionó, con una solución de sulfato ferroso, usando como indicador, bariosulfonato de difenil amina. Aunque la oxidación es rápida tiene la desventaja de que como la oxidación del carbono es incompleta, es necesario utilizar factores de corrección en los cálculos.

Determinación de la materia orgánica por el método de Walkey-Black.

c) Procedimiento

Se pesan 0.5 g de suelo seco al aire y se pasan a un matraz erlenmeyer de 250 ml, se agregan 5 ml de dicromato de potasio, medidos con una pipeta volumétrica, y se mezclan con movimientos circulares del matraz.

En otro matraz, en el que se prepara el blanco, se agregan 5 ml de dicromato de potasio y se continua con el mismo tratamiento de las muestras.

Se adicionan rápidamente 10 ml de ácido sulfúrico, se mezclan con el suelo aproximadamente por 30 segundos y se dejan reposar durante 30 minutos.

Posteriormente se adicionan 100 ml de agua destilada y 5 ml de ácido fosfórico.

Se enfría la solución ya que es más fácil apreciar el color verde que indica el punto final de la titulación. Se añaden 5 gotas de indicador y se titula el exceso de dicromato con la solución de sulfato ferroso.

Cálculos

$$\text{meq C} = (V_b - V_m) (N \text{ FeSO}_4)$$

$$\text{mg C} = (V_b - V_m) (N \text{ FeSO}_4) (3)$$

Donde V_b es el volumen gastado de dicromato de potasio en el blanco.

V_m es el volumen gastado de dicromato de potasio en la muestra.

$$\% \text{ C orgánico} = \text{g C} \times 100 / \text{peso de la muestra}$$

Se debe recordar que para obtener el % de carbono orgánico real, existe una recuperación del 77 % de carbono orgánico, por lo que para informar el 100% de carbono orgánico, se multiplica la fórmula anterior por 1.33, que se obtiene de la siguiente manera:

$$\% \text{ C org. real} = (V_b - V_m) (N \text{ FeSO}_4) (0.67) / \text{peso de la muestra}$$

Si se tiene en cuenta que la materia tiene un 58% de carbono, para expresar el resultado como % de materia orgánica se aplica el factor 1.724.

$$\% \text{ de mat.org.} = (V_b - V_m) (N \text{ FeSO}_4) (0.67) / \text{peso de muestra}$$

IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación documental reafirma la importancia que tiene, el aplicar técnicas agrícolas que incrementen y mejoren los rendimientos de los diversos cultivos, especialmente el del algodón, para que México recupere su productividad.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ahora Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) ha desarrollado programas de investigación con la finalidad de adaptar las técnicas de cultivo a las condiciones de este país, principalmente los suelos y clima. Se han relacionado con problemas que se refieren a la preparación del terreno, utilización óptima del agua de riego, fertilización y control de plagas y enfermedades. También se ha puesto énfasis en la producción de variedades mexicanas que ha permitido la disminución de los costos de producción y ha evitado, al menos parcialmente, la importación de variedades que se desarrollan en condiciones climáticas diferentes.

Sin embargo, de acuerdo a la información encontrada, se pudo detectar que últimamente han disminuido las investigaciones sobre este cultivo, o al menos los resultados no se han publicado. Por lo que se considera necesario brindar más apoyo a la tecnología e investigación sobre todo para lograr

dispongan de un buen drenaje, pero que al mismo tiempo sean capaces de retener los nutrimentos. Por eso los suelos muy arenosos que tienen baja capacidad de absorber agua, son inadecuados para este cultivo, sobre todo en lugares con escasas precipitaciones.

Un alto contenido de materia orgánica favorece el crecimiento del algodón, pues se requiere un porcentaje mayor de 5%, que se mantiene si se establece la rotación de cultivos para la aportación de abonos verdes y la fijación del nitrógeno.

Es un cultivo que tolera tanto la acidez como la alcalinidad en el intervalo de pH de 5.5 a 8.0.

El cultivo es poco exigente en lo que se refiere al contenido de nutrimentos en el suelo. En el caso de que presenten deficiencias minerales, éstas se corrigen fácilmente, mediante la aplicación de abonos adecuados.

Con respecto a las condiciones climáticas, requiere de suficiente humedad durante el periodo de crecimiento de la planta y su floración; clima seco durante la apertura de las cápsulas. y un intervalo de temperaturas de 15 a 38 °C.

Uno de los problemas actuales lo constituye el ataque por plagas y enfermedades, por lo que hay una urgente necesidad

de aplicar insecticidas y estudiar técnicas de control biológico que aparte de proteger al ambiente, abaratan los costos.

La falta de control de plagas y enfermedades ha causado que en algunas regiones del país, como el Valle de Culiacán, se abandone este cultivo y se sustituya con otros, ya que el uso de insecticidas eleva los costos de producción hasta un 30% de su valor total. Como es un cultivo que genera mucho empleo, en las regiones donde sucede este fenómeno, se presentan serios problemas sociales y económicos.

Por todo esto, resulta conveniente controlar la cosecha mediante la realización de análisis físicos y químicos del suelo antes de la siembra y análisis foliares durante el crecimiento de la planta y aun después de la cosecha.

Los principales problemas del cultivo del algodón se pueden resumir como sigue:

- Parte del cultivo del algodón se realiza en zonas no aptas, ya sea por que no cuentan con los recursos hidricos suficientes y/o un clima adecuado. Como ya se dijo, el cultivo es tolerante a una variedad de suelos, pero sin embargo, si en la selección de las áreas de siembra no se toma en cuenta las pocas limitantes que impone el tipo de suelo, puede fracasar la siembra.

- Aunque no en todas las regiones se utilizan semillas importadas, de variedades adaptadas para otras condiciones, cuando se utilizan en México son causa de problemas de plagas y enfermedades, los cuales pueden agudizarse por utilizarlas en zonas no aptas desde el punto de vista climático y de recursos hídricos.

- No existe la infraestructura tecnológica y científica necesaria para que el agricultor supere los problemas antes señalados. Sería recomendable reforzar a los institutos que se dedican a realizar investigaciones agropecuarias y aumentar el bagaje de información, mejorando los medios de difusión de la misma.

- Las condiciones económicas, políticas y sociales no apoyan al agricultor. La industria del algodón no avanzó a la misma velocidad que en otros países, por lo que la exportación de producto terminado es baja. La venta de algodón en paca está supeditado al mercado mundial y depende de factores tan subjetivos, como la moda, por lo que el campesino se ve fuertemente afectado cuando el precio decae.

Se debe acelerar el proceso de modernización de la industria textil, para que los productos mexicanos del algodón adquieran, con base en su alta calidad y aceptación, un
->lugar permanente en el mercado internacional,

- Los insumos para la agricultura son caros, en relación a los precios de venta y este hecho, aunado a las deficientes técnicas de aplicación de fertilizantes, plaguicidas, agua, etc. pueden hacer inconstable la producción del algodón.

- Como en la mayoría de los casos, solucionar la →problemática del cultivo del algodón resulta un proceso muy complejo, ya que depende de que se resuelvan simultáneamente diversos aspectos. Muchos están relacionados con la organización política y económica del país, otros con la indosincracia del campesino y algunos más se deben a situaciones de índole internacional. Una verdadera alternativa de solución, depende del cambio de mentalidad de toda la cadena productiva, lo cual implica informar y educar a cada uno de los eslabones. ¡ ojalá este documento ayude al menos parcialmente, a que estos objetivos se logren !

BIBLIOGRAFIA

- Albareda H. J. M. (1955).** Edafología. Ed. Saeta. Madrid.
- Algodón Mexicano. (1986a).** Organo Oficial de la Unión de Productores de Algodón de la República Mexicana, A.C. Número 105, México, D.F.
- Algodón Mexicano. (1986b).** Organo Oficial de la Unión de Productores de Algodón de la República Mexicana, Núm. 106 A.C. México, D.F.
- Algodón Mexicano. (1987a).** Organo Oficial de la Unión de Productores de Algodón en la República Mexicana, A.C., Núm. 107 México, D.F.
- Algodón Mexicano. (1987b).** Organo Oficial de la Unión de Productores de la República Mexicana, A.C., Núm. 108 México, D.F.
- Bear F.E (1965).** Chemistry of de soil. American Chemical Society and Monograph Series. 2da. ed. Reinhold Publishing Corporation, U.S.A.
- Black C.A. Ed. (1965).** Methods of soil analysis Part. 2 "Chemical and Microbiological Propierties" Am. Soc. of Agronomy. Inc. Publishier. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Bolt G.H. y Bruggenwert M.G. (1978).** Soil Chemistry A. Basic elements. 2da. ed. Elsevier Scientific Publishing Company. Netherlands, Amsterdam.
- Bordalló N. José A., García Enrique A., Palomo Gil A., Alvarez Vicente de P., Hernández Vicente, Tovar H. Salomón, Nava C. Urbano, Cruz B. José A. (1982).** Guía para la siembra del algodónero. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. Campo Agrícola Experimental de La Laguna. Matamoros, Coahuila, México.
- Bornemisza E. (1982).** Introducción a la química de suelos. Monografía Núm. 25. Secretaria General de Organización de los Estados Americanos. (O.E.A.). Washington, D.C.
- Brown B. H. and Ware J.O. (1961).** Cotton. Inc. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Buol S.W., Hole F.D., Mc Cracken. (1984).** Génesis y clasificación de suelos. Ed. Mc-Graw Hill, New York.
- Cardozier V.R. (1962).** Cultivo y producción de algodón. Ed. Herrero, S.A. México, D.F.

Carroll D. (1959). "Ion exchange in clays and other minerals". *Bulletins of de Geological Society of América* 70:749-780.

Day P.R. (1965). "Report off de Comittee on Physical Analysis". *Soil Sci. Am. Proc.* 20:167-169.

Fundación Shell Ed. (1964). *Algodón.* Cagua, Venezuela.

Gutiérrez R.M. (1982). "Estudio del contenido de iones inorgánicos y sus interacciones en suelos y plantas de los distritos de riego 03 y 88". Tesis, Facultad de Química, UNAM, México.

Hernández Hernández V. (1982). Guía para la siembra del algodón en la Comarca Lgunera. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Ncional de Investigaciones Agrícolas. México.

Hernández Jaso A, Hernández-Márquez F. (1987). "Ciano Yaquimi-86 y Ciano Cubachi-86, nuevas variedades del algodón". Folleto técnico núm.10 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. México

INIA (1977) Guía para la asistencia técnica agrícola experimental Comarca Lagunera. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.

INIA (1985) Guía para la asistencia técnica agrícola, área de influencia del campo agrícola experimental Caborca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.

Jackson M. L. (1982) *Análisis químicos de suelos.* Ed. Omega 4a. ed. Barcelona, España.

José-Núñez M. C. (1987). "Estudio de la oxidación de azufre inorgánico y azufre microbiológico comercial en suelos básicos de la Cuenca de México". Tesis. UNAM. México, D.F.

Lagiere R. (1969). *EL algodón.* Colección Agricultura Tropical. Ed Blume. Barcelona.

Kesdi, A. (1980). *Handbook of Soil Mechanics Soil Testing.* Vol II. Ed. Elsevier, Amsterdam.

Manuales para educación agropecuaria. (1985). *Cultivos de fibras.* Area producción vegetal. Núm. 13. Ed. Trillas. México.

Marín L (1931). *El cultivo del algodón.* Editado por el Departamento de enseñanza agrícola. Chapingo, México.

Martínez Tristán, R. (1987) "La semilla de algodón, su beneficio y sus productos". Algodón Mexicano. Número 107. Unión de Productores de Algodón en la República Mexicana, México, D.F.

Millar, Turk y Foth. (1974). Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. C.E.C.S.A., México.

Morvedt J.J. y Giordano P. M. (1983). Micronutrientes en la agricultura. A.G.I. Editor, S.A. México, D.F.

Obispo-González, G. (1986) "Especies silvestres y nativas de México". Algodón Mexicano. Número 106. Unión de Productores de Algodón en la República Mexicana, México, D.F.

Ortiz H.L. (1986). "Manual de técnicas y procedimientos para análisis físicos y químicos del suelo". Tesis. Universidad del Estado de Morelos. México.

Palomo Gil A. (1986). "Nueva variedad de algodonnero". Resúmenes de Campo Experimental de La Laguna. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México.

Palomo Gil A. (1988). "Mejoramiento del algodón en México". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noreste-La Laguna. Matamoros Coahuila. México.

Prado Martínez R. (1983). Logros y aportaciones a la investigación agrícola del algodón. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.

Preciado Castillo A. (1950). El Algodón. Empresas editoriales, S.A. Chapingo, México.

Richard L.A. (1985) Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América, 6a edición, Ed. Limusa, México.

Rodríguez Vallejo J. (1976). Ixcatl. El Algodón. Fondo de Cultura Económica. México D.F.

Romero Loza J. (1961) El algodón en Bolivia. Bolivia.

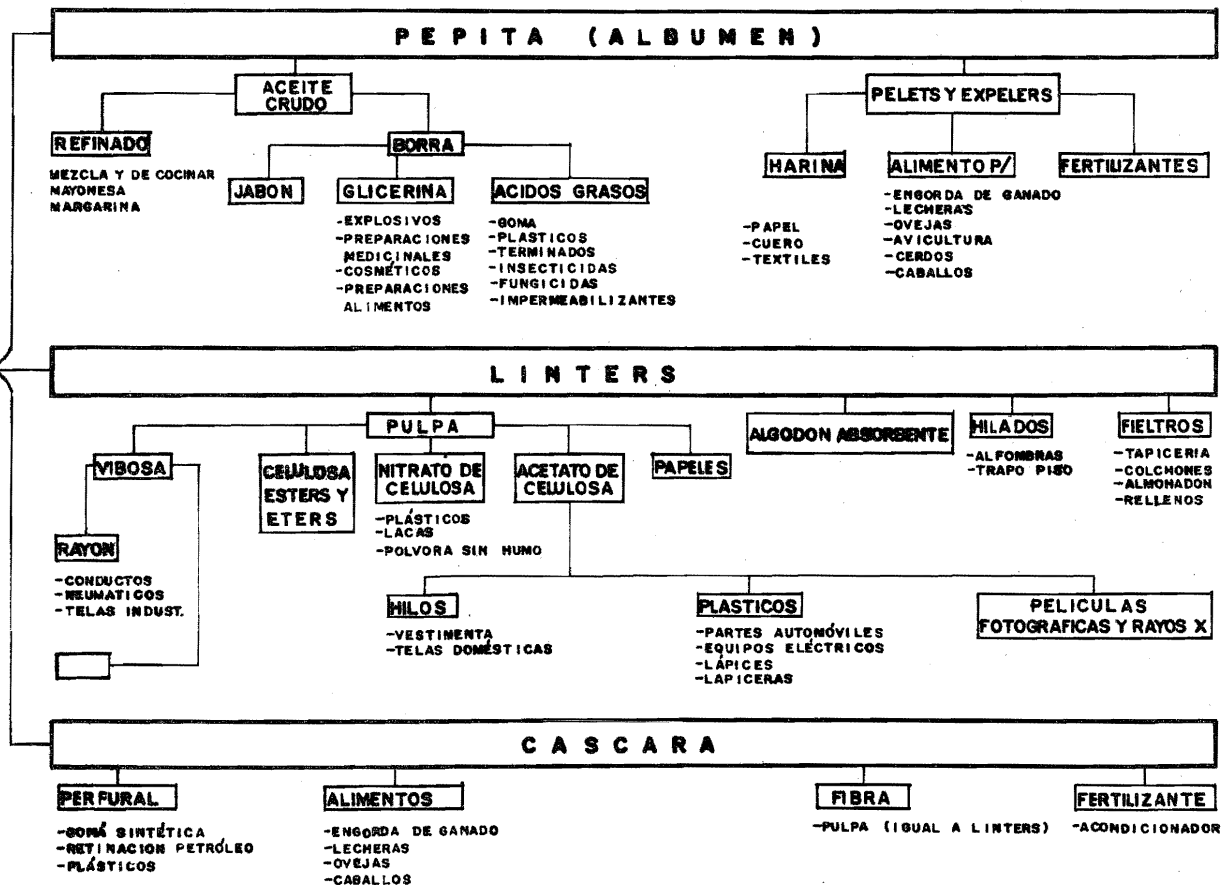
Salgado Sosa E., Salguero J. F. (1985). Guía para cultivar el algodonnero de temporal en Las Huastecas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas de Las Huastecas. México.

Ulloa Santamaría A. (1951). "Cultivo del algodonnero en La Comarca Lagunera". Tesis. Chapingo, México.

CUADRO 1 ESPECIES DE GOSSYPIUM

AÑO DE DESCRIPCION	ESPECIES	GENONIMO DISTRIBUCION
1753	<i>G. herbaceum</i> L.	A Cultivo viejo mundo
1753	<i>G. barbadense</i> L.	AD Cultivo nuevo mundo
1753	<i>G. arboreum</i> L.	A Cultivo viejo mundo
1763	<i>G. hirsutum</i> L.	AD Cultivo nuevo mundo
1824	<i>G. trilobum</i> (DC.) Skov.	D México
1853	<i>G. klotzschianum</i> Anderss	D Islas galápagos
1854	<i>G. thurberi</i> Tod.	D México, Arizona
1858	<i>G. australe</i> F. Muell.	Australia
1860	<i>G. anomalum</i> Wawr. & Peyr.	B Africa
1862	<i>G. triphyllum</i> (Harv. & Sond.) Hochr.	B Africa.
1863	<i>G. sturtianum</i> J. H. Willis.	C Australia
1863	<i>G. costulatum</i> Tod	Australia
1863	<i>G. populifolium</i> (Benth.) Tod.	Australia
1863	<i>G. cunninghamii</i> Tod.	Australia
1865	<i>G. tomentosum</i> Seem.	AD Hawaii
1873	<i>G. davidsonii</i> Kell.	D México
1874	<i>G. stocksii</i> Mast. in Hook.	E Arabia
1875	<i>G. robinsonii</i> F. Muell.	C Australia
1877	<i>G. lanceolatum</i> Tod.	AD México
1889	<i>G. harknessii</i> Brandg.	D México
1895	<i>G. areysianum</i> (Delf.) Hutch.	E Arabia
1904	<i>G. somalense</i> (Gurke) Hutch.	E Africa
1907	<i>G. mustelinum</i> Watt	AD Brazil
1907	<i>G. darwinii</i> Watt	AD Islas galáágos
1910	<i>G. bickii</i> Prokh.	G Australia
1911	<i>G. aridum</i> (Rose & Standl.) Skov.	D México
1913	<i>G. gossypoides</i> (Ulbr.) Standl.	D México
1923	<i>G. pulchellum</i> (C.A. Gardn.) Fryx	Australia
1932	<i>G. raimondii</i> Ulbr.	D Perú
1933	<i>G. armourianum</i> Kearn.	D México
1935	<i>G. incanum</i> (Schwartz) Hillc.	E Arabia
1950	<i>G. capitiss-viridis</i> Mauer	B Islas Cape Verde
1956	<i>G. lobatum</i> Gentry	D México
1958	<i>G. longicalyx</i> Hutch. & Lee	F Africa
1964	<i>G. sturtianum</i> var <i>nandewarense</i> (Derera) Fryx	C Australia
1972	<i>G. laxum</i> Phillips	D México
1974	<i>G. pilosum</i> Fryx	Australia
1974	<i>G. nelsonii</i> Fryx	Australia
1978	<i>G. turneri</i> Fryx.	México

FUENTE: Preservation and utilization of germoplasma in cotton. 1968-1980. Soethen Cooperative Series Bulletin No. 256. U. S. A.



CUADRO 2.

CUADRO 3 CONCENTRACION DE NUTRIMENTOS PARA UN
ADECUADO CRECIMIENTO DEL ALGODON

CONCENTRACIONES EN %

	N	S	P	K	Mg	Ca	Na
VALORES PROMEDIO	3.3	0.46	0.50	2.9	0.6	2.8	0.12
VALORES CRITICOS	1.8	0.18	0.18	1.0	0.28	1.2	0.12

CONCENTRACIONES EN PPM

	Fe	Al	Mg	B	Cu	Zn	Mo
VALORES PROMEDIO	120	95	85	50	12	35	35
VALORES CRITICOS	70	-	25	20	06	15	-

RODRIGUEZ VALLEJO, .1976

CUADRO 4. EPOCAS DE SIEMBRA DEL ALGODONERO PARA LAS
AREAS DE RIEGO.

Centro de investigación	Regiones	Epoca de siembra
CIANO	Valle del Yaqui	15 de febrero a 15 de marzo
	Valle del Mayo	15 de febrero a 15 de marzo
	Valle de Mexicali	15 de marzo a 30 de abril
	Caborca	15 de febrero a 15 de marzo
	Costa de Hermosillo	15 de febrero a 15 de marzo
CIAN	Comarca Lagunera	20 de marzo a 20 de abril
	Delicias	10. de abril a 30 de abril
	Valle de Juárez	10. de abril a 30 de abril
CIAPAN	Valle del Fuerte	15 de nov. a 31 de dic.
	Valle de Santo Domingo	20 de marzo a 20 de abril
	Mulegé, Vizcaíno, San Bruno y San Lucas	10. de marzo a 31 de marzo
CIAGON	Río Bravo	15 de febrero a 15 de marzo

Prado Martínez, R., 1983

CUADRO 5. EPOCAS DE SIEMBRA DEL ALGODONERO PARA
LAS AREAS DE TEMPORAL DEL PAIS.

Centro de Investigación	Regiones	Epoocas de siembra
	Soconusco	10. de julio a 15 de julio
CIAPAS	Depresión Central: (Cuenca del Grijalva)	10. de junio a 10 de julio
	Oaxaca	20 de junio a 15 de julio
CIAPAC	Antúnez-Apatzingán	15 de junio a 20 de julio
CIAMEC	Morelos	10. de junio a 30 de junio
CIAGON	Las Adjuntas, Mante, Alta mirano y Las Huastecas	15 de junio a 25 de julio

Prado Martínez, R. 1983

CUADRO 6 COMPARACION DEL RENDIMIENTO CON DIVERSOS METODOS
DE SIEMBRA. COMARCA LAGUNERA.

Método de siembra	Rendimiento (kg/ ha)
Cama melonera	5,664
Surco sencillo	5,444
Plano	5,135

CIAN-INIA-SARH. 1981.

CUADRO 7. VARIEDADES DE ALGODONERO RECOMENDADAS PARA LAS
DISTINTAS ZONAS PRODUCTORAS DEL PAIS. Prado Martínez 1983

Centro de Investigación	Regiones	Variedades
CIANO	Valle del Yaqui	Stoneville 213, Deltapine 80
	Valle del Mayo	Stoneville 213, Deltapine 80
	Valle de Mexicali	Deltapine 16, Deltapine 80, - Deltapine 61, Stoneville 825
	Región de Caborca	Stoneville 213, Carolina -- Queen 201
	Costa de Hermosillo	Stonevilla 213, Carolina -- Queen 201
CIAN	Comarca Lagunera	Deltapine 16, Acala 1517-V, Deltapine 80, Coker 310
	Delicias	Deltapine 80, Stoneville 213, Rex Smooth Leaf 66, Coker 201
	Valle de Juárez	Acala 1517-75, Acala 1517-77. Acala E-1, Acala E-2, Acala - 1517-V, St. 7-A, St. 213, --- Deltapine 80
CIAPAN	Valle de Santo Domingo	Quapaw, Deltapine 16, St. 213, Deltapine 80, St. 825
	Río Bravo	TPSA-1633, Tamcot Sp-37. Delta pine 16, St. 213, Deltapine 80
CIAGON	Sur de Tamaulipas	Deltapine 80, St. 213, St.7-A, Deltapine 16
CIAPAC	Valle de Apatzingán	Deltapine 16, Deltapine 80, -- St. 213
CIAPAS	Soconusco, Chiapas y	Caeri 76, Deltapine 16, Deltap:
	Costa de Oaxaca	80 Deltapine 80, Coker 310

CUADRO 8. ESPECIES DE MALAS HIERBAS DE MAYOR IMPORTANCIA
EN EL CULTIVO DEL ALGODON EN MEXICO

Nombre común de la maleza	Nombre científico	Ciclo	Familia
Quelite, bledo	<i>Amaranthus palmeri</i> S. Wats.	Anual	Amaranthaceae
Correhuela perenne:	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Perenne	Convolvulaceae
Correhuela ahual:	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	Anual	Convolvulaceae
Zacate pinto, de agua:	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Anual	Gramineae
Zacate grama, chino:	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Perenne	Gramineae
Zacate Johnson:	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Perenne	Gramineae
Cadillo, huachapote:	<i>Cenchrus echinatus</i> L.	Anual	Gramineae
Cola de zorra, salado:	<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam). Beauv. A	Anual	Gramineae
Coquillo:	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Perenne	Cyperaceae
Coquillo:	<i>C. esculentus</i> L.	Perenne	Cyperaceae
Tomatillo:	<i>Physalis acutifolia</i> (Miers.) Sandw	Anual	Solanaceae
Cadillo:	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Anual	Compositae

Prado Martínez R., 1983

CUADRO 9 FERTILIZACION PARA LAS ZONAS ALGODONERAS

Centro de Investigación	Campo Agrícola Experimental	N (kg/ha)	P ₂ O (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
CIANO	Valle del Yaqui	120	40	0
	Valle del Mayo	120	40	0
	Valle de Mexicali	130	0	0
	Caborca	120	40	0
	Costa de Hermosillo	200		
CIAN	Comarca Lagunera	120	30	0
	Delicias	135	70	0
	Valle de Juárez	80	40	0
CIAPAN	Valle del Fuerte	225	40	0
	Valle de Santo Domingo	160	0	0
CIAGON	Río Bravo	60	0	0
	Sur de Tamaulipas	No hay		
CIAPAC	Valle de Apatzingán	100	30	0
CIAPAS	Soconusco	80	40	0
	Costa de Oaxaca	80	40	0

Prado Martínez R. 1983

CUADRO 10

REPUBLICA MEXICANA

SUPERFICIE, PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE ALGODON

CICLO	SUPERFICIE	PRODUCCION	RENDIMIENTO
	-HAS-	-PACAS	POR HA. PACAS
1930/31	157 944	158 401	1.0
1940/41	253 675	284 761	1.1
1950/51	760 534	1'130 517	1.5
1951/52	883 504	1'250 487	1.4
1952/53	784 304	1'150 183	1.5
1953/54	753 484	1'189 795	1.6
1954/55	922 135	1'699 743	1.8
1955/56	1'058 900	2'210 752	2.1
1956/57	887 559	1'721 220	2.1
1957/58	889 451	2'010 828	2.3
1958/59	909 129	2'279 195	2.5
1959/60	795 259	1'678 473	2.1
1960/61	872 663	2'065 528	2.4
1961/62	806 119	1'967 315	2.4
1962/63	829 920	2'372 088	2.9
1963/64	788 474	2'057 199	2.6
1964/65	784 407	2'361 737	3.0
1965/66	792 251	2'578 545	3.2
1966/67	701 289	2'208 467	3.1
1967/68	631 018	1'983 483	3.1
1968/69	700 790	2'409 141	3.4
1969/70	522 722	1'721 741	3.1
1970/71	407 746	1'421 856	3.4
1971/72	456 843	1'698 844	3.7
1972/73	511 669	1'760 984	3.4
1973/74	410 581	1'641 037	4.0
1974/75	577 231	2'273 635	3.9
1975/76	227 000	906 603	4.0
1976/77	233 830	934 710	4.0
1977/78	389 828	1'623 792	4.10
1978/79	344 255	1'549 624	4.50
1979/80	372 260	1'500 000	4.03
1980/81	354 567	1'600 918	4.52
1981/82	347 000	1'425 000	4.10
1982/83	190 764	830 342	4.35
1983/84	238 700	1'088 090	4.39
1984/85	299 000	1'300 000	4.35
1985/86	200 000	950 000	4.75
1986/87(estimado)	163 300	752 350	4.60
1987/88	195 000		

Algodón Mexicano, 1986 b

CUADRO 11 RENDIMIENTO MEDIO DE ALGODON Y CALIDAD
 DE FIBRA DE LAS VARIEDADES RECOMENDADAS
 PARA SUELOS LIBRES DE VERTICILLIUM

VARIEDAD	RENDTO KILOS ALGODON PLUMA/HA	% DE PLUMA	LONGI- TUD PULGA- DAS	RESIS- TENCIA 1000's LBS/PULG ²	FIGURA
Deltapine 80	1354	41.6	11/8	82	4.6
Deltapine 26	1342	42.1	11/8	82	4.9
Deltapine 16	1294	39.4	11/8	78	4.6
Deltapine 61	1243	40.4	11/8	78	4.9

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH.

CUADRO 12 CALENDARIO DE RIEGOS PARA ALGODONERO EN LA
COMARCA LAGUNERA.

RIEGOS AUXILIO	DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	INTERVALO DE DIAS ENTRE RIEGOS	EPOCA DE APLICACION
Primero	60	60	Inicio de floración
Segundo	80	20	3a. semana floración
Tercero	100	20	6a. semana floración
Cuarto	120	20	Aparición de los -- primeros capullos.

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH.

CUADRO 13 RECOMENDACIONES PARA LA FERTILIZACION
DEL ALGODONERO

LOCALIDAD	CANTIDAD		
	KILOS/HECTAREA		
	N	P	K
* TLAHUALIO			
- Después de frijol	150	30	0
- Después de algodón	180	30	0
* ZONA CENTRAL	120	30	0
* ZONZ PONIENTE	120	50	0
* CUADRO DE MATAMOROS			
- Tierras que frecuentemente se inundan con aguas broncas	40	30	0
- Tierras que se riegan con agua de bombeo	120	30	0
- Rotación sorgo - algodón	170	30	0
* LAGUNA SECA			
- Rotación algodón - algodón	80	30	0
* EN TODAS LAS ZONAS			
- Después de alfalfa	0	30	0

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH.

CUADRO 14 PRODUCTOS Y DOSIS POR HECTAREA PARA EL COMBATE
QUIMICO DEL GUSANO ROSADO EN LA COMARCA LAGUNERA.

- 1.- 3 a 4 litros de Gusatión Metílico 720
 - 2.- 3 kilos de Sevín 80 polvo humectable
 - 3.- Medio litro de Decís E.C. 2.5%
 - 4.- Medio litro de Belmark 30 %
 - 5.- Medio litro de Ripcord 20 %
 - 6.- 25 kilos de Gusatión Metílico 4 % más Paratión Metílico
4 %
 - 7.- 25 kilos de Sevín 10% más Paratión Metílico 2 %
 - 8.- 25 kilos de Asodrín 3.5 % más Paratión Metílico 2 %
 - 9.- Mezcla de 3 litros de Gusatión Metílico 20 más 1 litro
de Paratión Metílico 720
 - 10.- Mezcla de 1.5 litro de Azodrín 5 (Nuvacrón) más 1 litro
de Paratión Metílico 720
 - 11.- Mezcla de 1.5 litro de Supracid 40 E más 1 litro de Pa-
ratión Metílico 720
 - 12.- Mezcla de 3 kilos de Sevín 80 polvo humectable más --
1 litro de Paratión Metílico 720
-

CAE-LAGUNA 1892. CIAN-INIA-SARH.

CUADRO 15 PRODUCTOS Y DOSIS POR HECTAREA PARA EL COMBATE
QUIMICO DEL GUSANO BELLOTERO EN LA COMARCA --
LAGUNERA.

- 1.- 400 gramos de Lannate 90 polvo humectable.
 - 2.- Medio litro de Belmark 30 %
 - 3.- Medio litro de Ripcord 20 %
 - 4.- Medio litro de Decís E.C. 2.5 %
 - 5.- 4 litros de Thiodán más Paratión Metílico (30-15)
 - 6.- 25 kilos de Azodrín 3.5% más Paratión Metílico 2 %
 - 7.- 25 kilos de Sevín 10 % más Paratión Metílico 2 %
 - 8.- 25 kilos de Sevidán 10 % más Paratión Metílico 2 %
 - 9.- Mezcla de 1.5 de Azodrín 5 (Nuvacrón) más 1 litro de Paratión Metílico 720
 - 10.- Mezcla de 3 kilos de Sevidán 70 polvo humectable más 1 litro de Paratión Metílico 720
 - 11.- Mezcla de 3 kilos de Sevín 80 polvo humectable más 1 litro de Paratión Metílico 720
-

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH.

CUADRO 16 PRODUCTOS Y DOSIS POR HECTAREA PARA EL COMBATE
QUIMICO DEL PICUDO DEL ALGODONERO EN LA COMARCA
LAGUNERA.

- 1.- 1 a 1.5 litro de Azodrín 5 (Nuvacrón)
 - 2.- 1.5 a 2 litros de Paratión Metílico 720
 - 3.- 2.5 a 3 litros de Gusatión Metílico 20 %
 - 4.- 1 a 1.5 litro de Malatión 1000 E
 - 5.- 25 kilos de Paratión Metílico 4 %
 - 6.- 25 kilos de Gusatión Metílico 3 %
 - 7.- 25 kilos de Azodrín 3.5 más Paratión Metílico 2 %
 - 8.- 25 kilos de Thiodán 4 % más Paratión metílico 4 %
 - 9.- 3 a 3.5 litros de Thiodán más Paratión Metílico --
(30-15)
-

CAE+LAGUNA 1982 .CIAN-INIA-SARH

CUADRO 17 PRODUCTOS Y DOSIS POR HECTAREA PARA EL COMBATE
QUIMICO DEL GUSANO FALSO MEDIDOR EN LA COMARCA
LAGUNERA.

- 1.- 1.5 litro de Azodrín 5 (Nuvacrón)
 - 2.- 1 litro de Tamarón 600
 - 3.- 1.5 litros de Cytrolante 250 E
 - 4.- 1.5 litro de Supracid 40 E
 - 5.- 25 kilos de Azodrín 3 %
 - 6.- 25 kilos de Lannate 1.5 %
 - 7.- 4 litros de Thiodán más Paratión Metílico (30-15)
 - 8.- 25 kilos de Thiodán más Paratión Metílico (4-4)
-

CUADRO 18 PRODUCTOS Y DOSIS POR HECTAREA PARA EL COMBATE
QUIMICO DEL GUSANO SOLDADO EN LA COMARCA LAGU-
NERA.

- 1.- 400 gramos de Lannate 90, polvo humectable
 - 2.- 1.5 litro de Lorsban 480 E
 - 3.- 1 litro de Tamarón 600
 - 4.- 1.5 litro de Azodrín 5 (Nuvacrón)
 - 5.- 25 kilos de Lannate 1.5 %
 - 6.- 25 kilos de Azodrín 3.5 % más Paratión Metílico 2 %
-

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH

CUADRO 19 CALENDARIO DE PIZCAS DURANTE LA COSECHA
DEL ALGODONERO.

LABOR	DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	% ACUMULADO DE LA PRODUCCION TOTAL
1a. Pizca	140	25
2a. Pizca	160	75
3a. Pizca	180	100

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH

CUADRO 20 CALENDARIO DE RIEGO PARA ALGODONERO SEMBRADO
EN ALTAS POBLACIONES

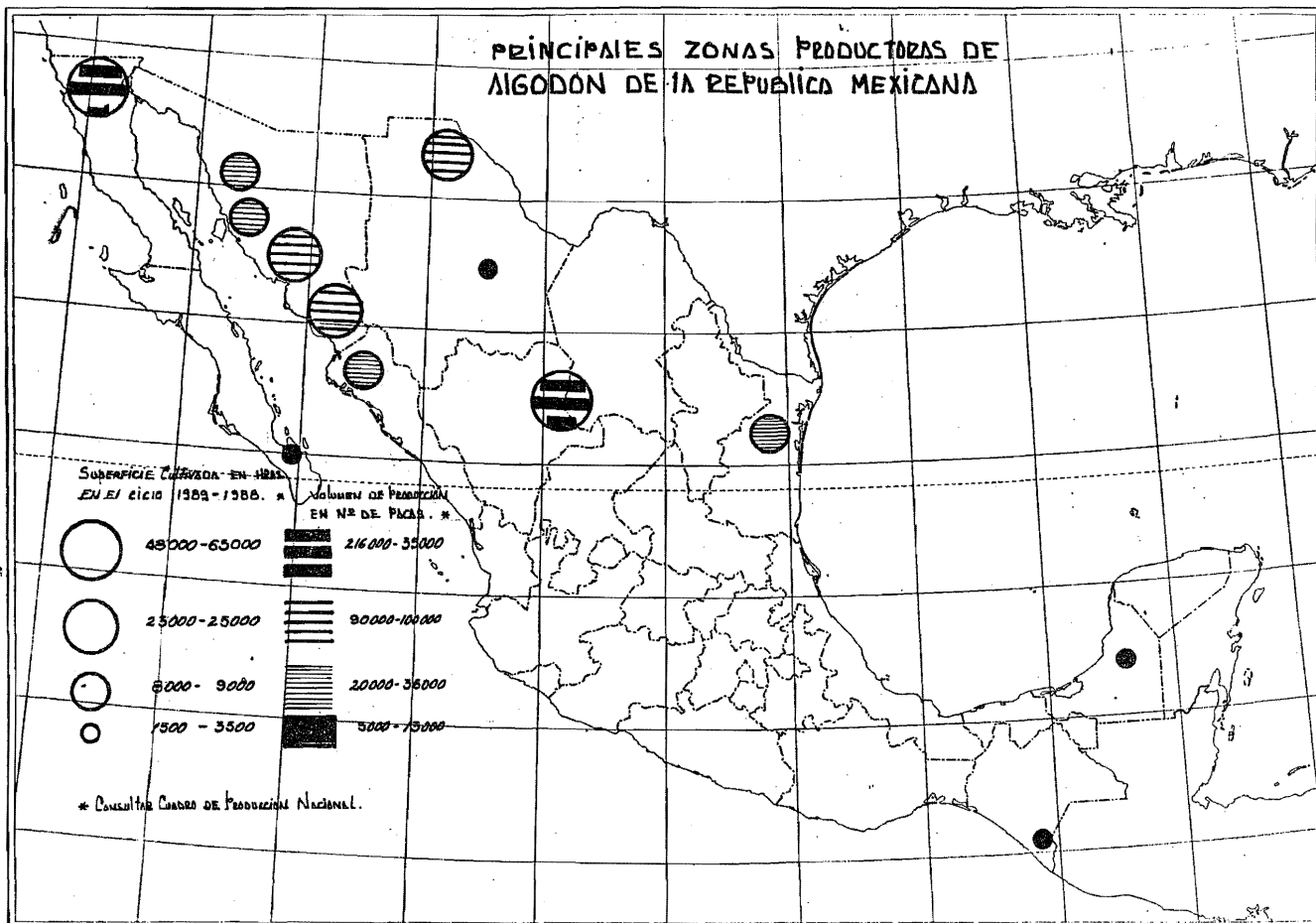
RIEGO DE AUXILIO	DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	EPOCA DE APLICACION
1o.	60	Inicio de floración
2o.	80	3a. Semana de floración
3o.	100	6a. Semana de floración

CAE-LAGUNA 1982. CIAN-INIA-SARH

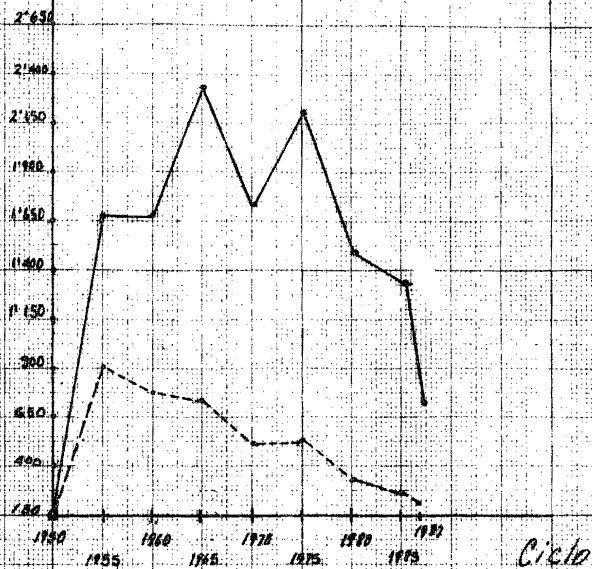
CUADRO 21 USDA Y EL SISTEMA INTERNACIONAL PARA DAR LÍMITES DE TAMAÑOS DE PARTICULAS.

Partícula	USDA (mm)	Sistema Internacional (mm)
Grava	mayor de 2.00	mayor de 2.00
Arena muy cuarzoza	2.0 - 1.0	-----
Arena cuarzoza	1.0 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena media	0.50- 0.25	-----
Arena fina	0.25- 0.10	0.20 - 0.02
Arena muy fina	0.10- 0.50	-----
Limo	0.05- 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	menor de 0.002	menor de 0.002

PRINCIPALES ZONAS PRODUCTORAS DE ALGODÓN DE LA REPUBLICA MEXICANA



Superficie y/o Paños de Algodón en la República Mexicana de 1950 a 1987



PRODUCCIÓN PAÑOS EN MILES

SUPERFICIE HAS.



- A raíz
 B flor
 C fruto
 D capullo
 E corte transversal de una bellota
 F semilla

FIG. 1 MORFOLOGIA DEL ALGODON

LO QUE SE OBTIENE DE LA SEMILLA DE ALGODON
 (1 Tonelada)

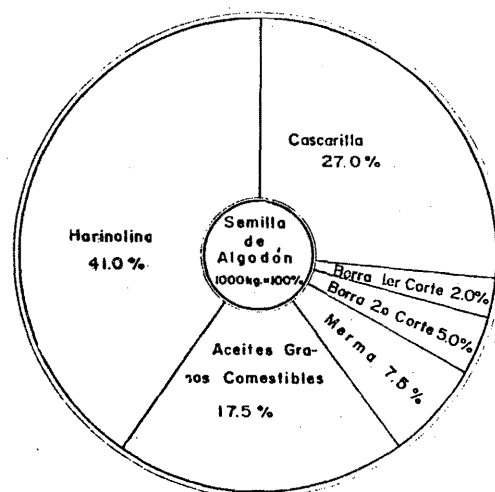


FIG. 2

PARA ELABORACION DE:

- 1.- Aceites Grasos Comestibles 175 Kg.
 2.- Harinolina, Alimento para Ganado 410 Kg.
 3.- Cascarilla, Alimento para Ganado 270 Kg.
 4.- Borra 1er Corte 20 Kg.
 5.- Borra 2a Corte 50 Kg.
 6.- Merma 75 Kg.

LO QUE SE HACE CON EL ALGODON

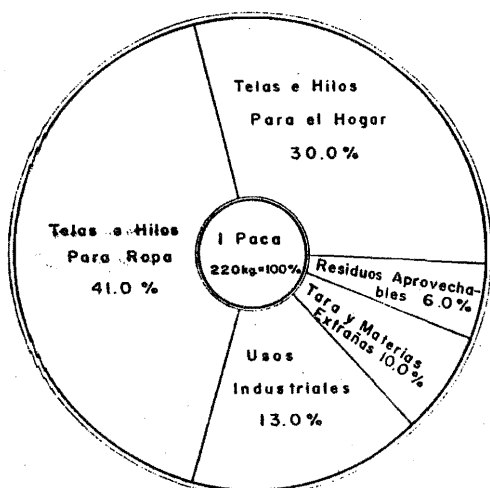
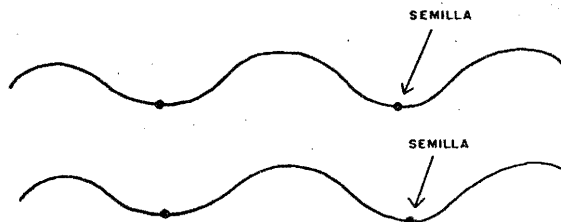


FIG. 3

1: Telas e Hilos Para Ropa.	90.2 Kg.
2: Telas e Hilos Para el Hogar	66.0 Kg.
3: Usos Industriales	28.6 Kg.
4: Residuo Aprovechable	13.2 Kg.
5: Tara y Materias Extrañas	22.0 Kg.
TOTAL	220.0 Kg.

SURCO SENCILLO



CAMA MELONERA

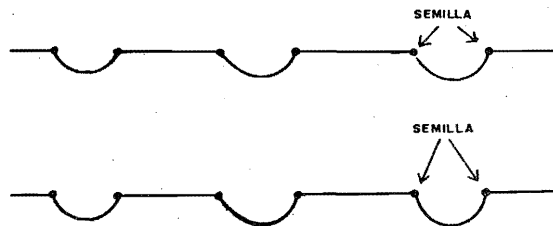


FIG. 4 METODOS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DEL ALGODON.

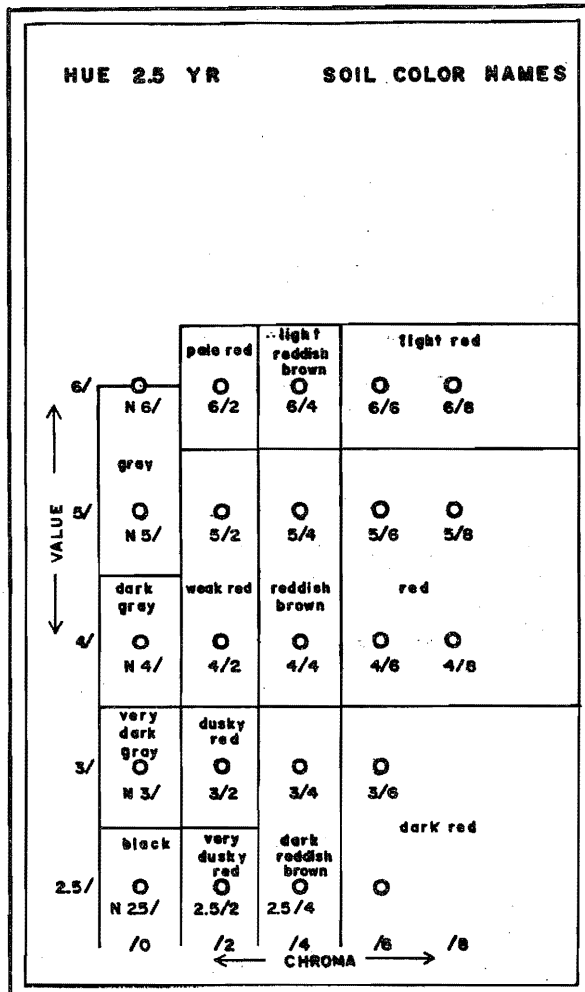


FIG. 5
 Diagrama de una página de la carta de colores de Munsell, el cual muestra la notación para el matiz, la saturación y el brillo, y el nombre del color del suelo.

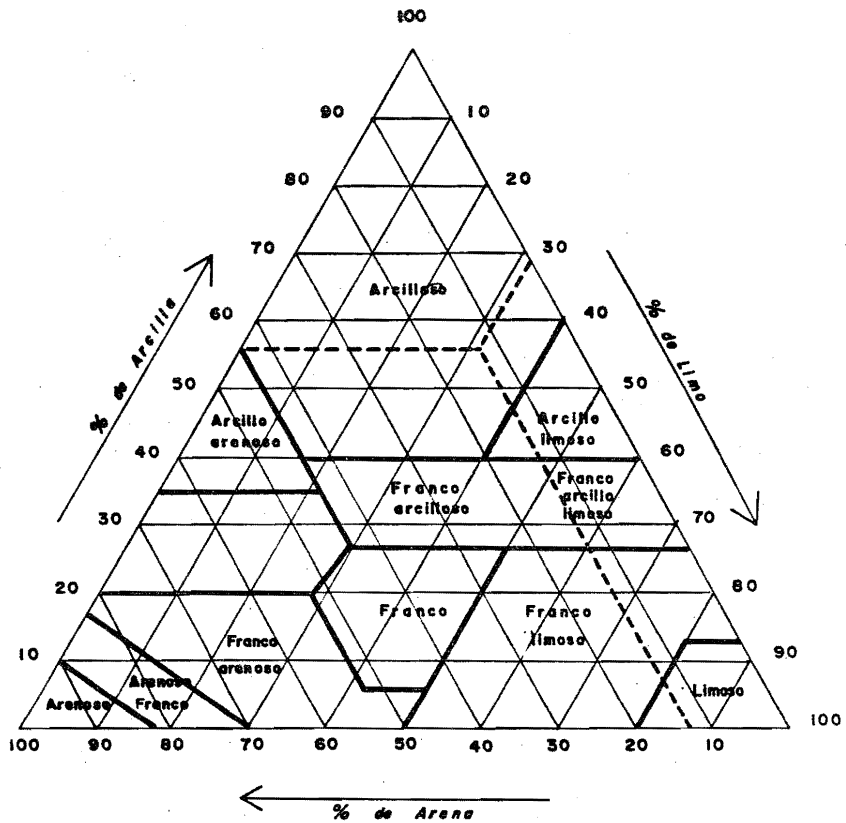


FIG. 6

Triángulo textural mostrando los porcentajes de arena, limo y arcilla y las clases texturales, las cuales se determinan por la intersección de las tres líneas.

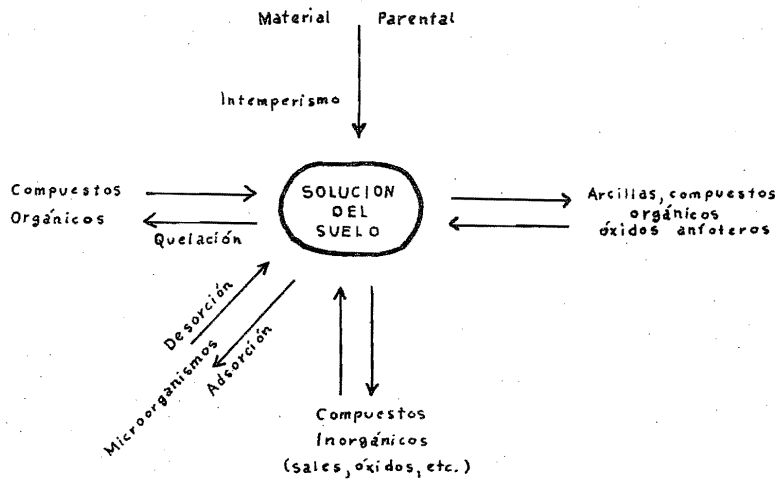


Figura 7 Composición del suelo. Se muestra principalmente la interacción entre la fase sólida y la líquida.

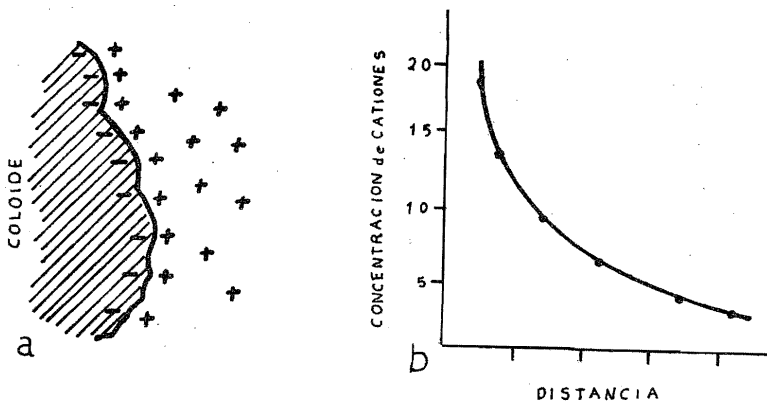


Figura 8 a). Distribución de cationes alrededor de una partícula de suelo cargada negativamente, formando una capa doble difusa. b). Concentración de cationes en la misma.

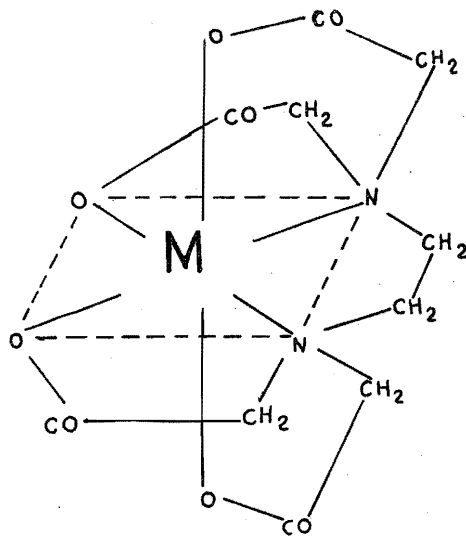


Figura 9 Formación de un quelato a partir de un compuesto orgánico con un metal.

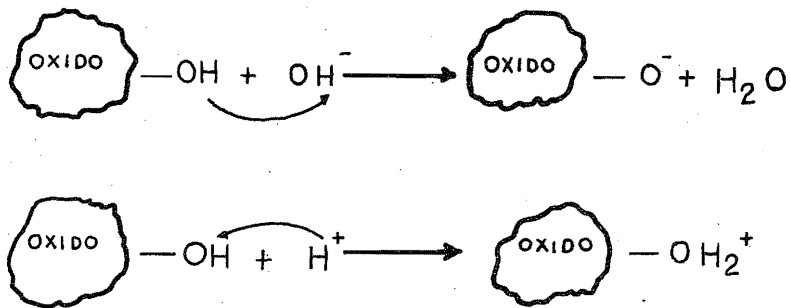


Figura 10 Reacciones en la superficie de los óxidos e -- hidróxidos, principalmente de hierro y aluminio. Tienen comportamiento anfotérico porque pueden ceder o aceptar protones.

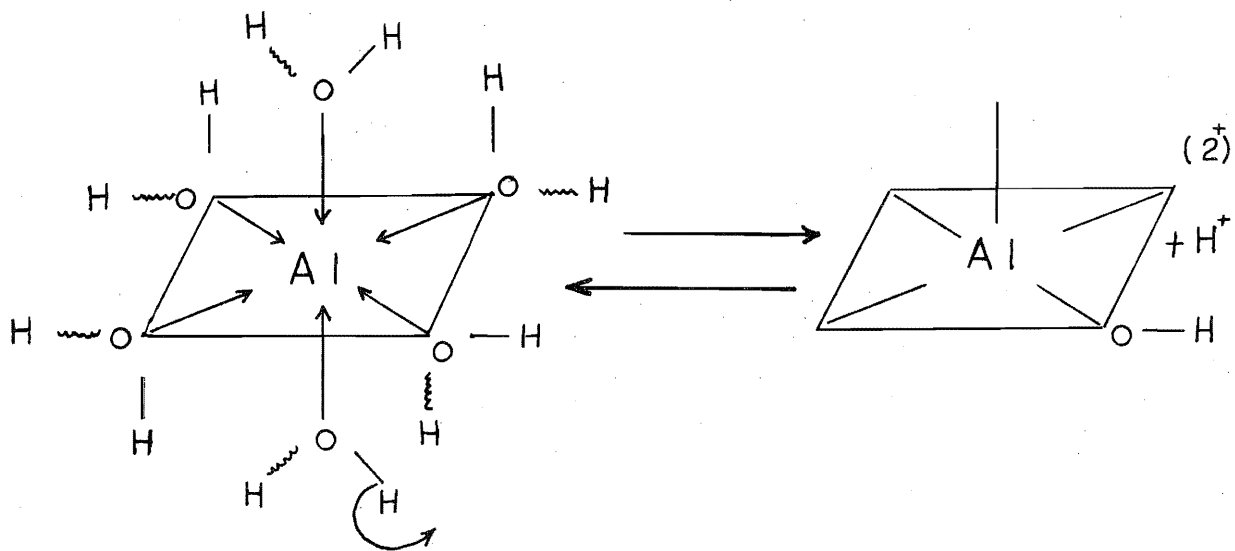
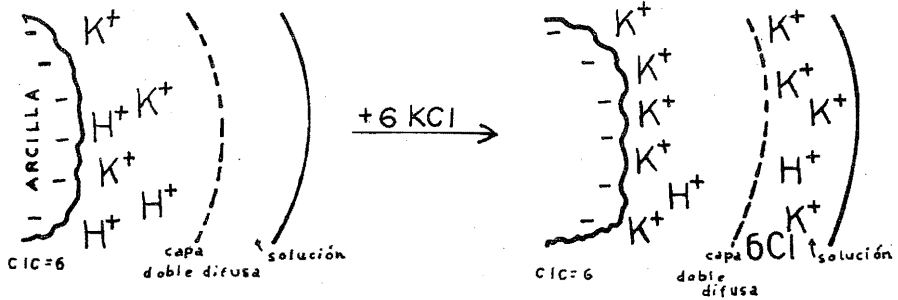
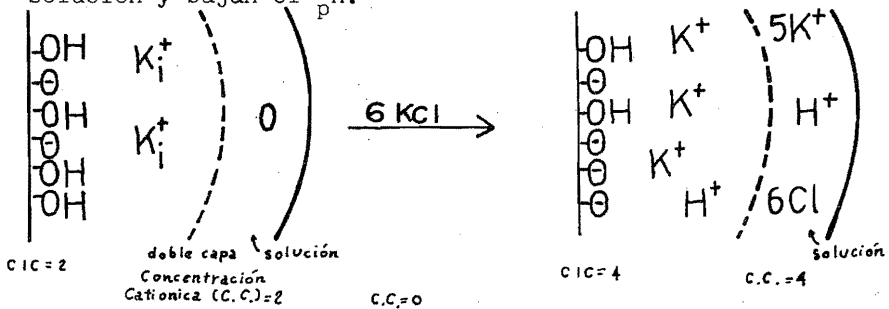


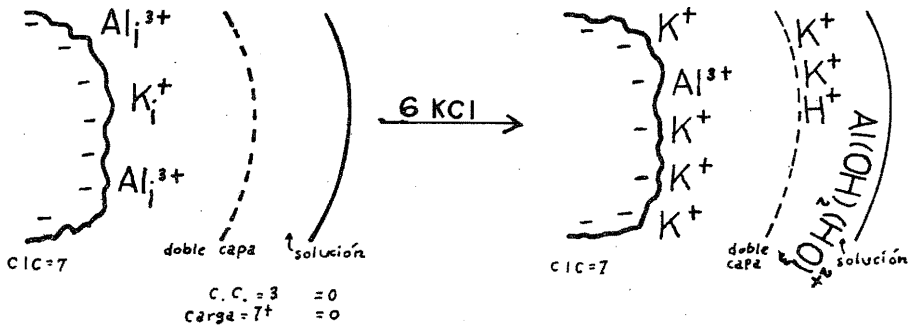
Figura 11 Unión electrostática del Al^{3+} con 6 moléculas de agua.
 Este proceso provoca la liberación de protones al medio.



a). Mecanismo de adsorción no selectiva. Los cationes de la sal sustituyen a iones H^+ , los cuales pasan a la solución y bajan el pH.



b). En óxidos y materia orgánica, los cationes de la sal sustituyen a H^+ , por lo que aumenta la CIC y baja el pH.



c). Arcillas con Al^{3+} . Los cationes de la sal provocan que el Al^{3+} pase a la solución, aumentando la acidéz.

Figura 12 Efecto de la presencia de sales en el equilibrio.

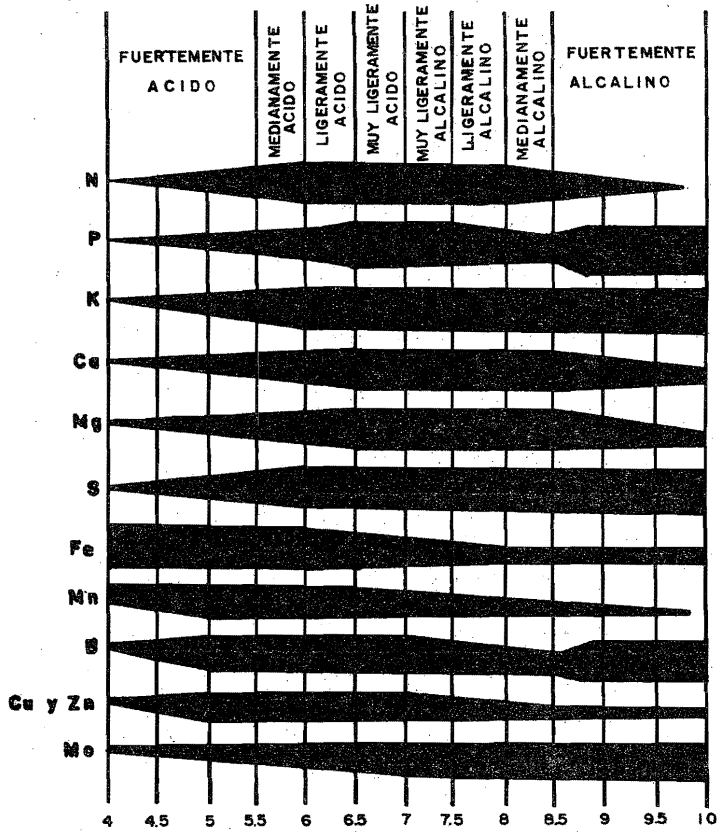


FIG. 13

Efecto del pH sobre la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. La anchura de las bandas horizontales representa la solubilidad del nutriente (de Bidwell, 1979, p. 271).