

01
T(108)
C,3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
República de Guatemala, Centro América.

"EFECTO DEL CULTIVO DEL ALGODÓN EN ALGUNAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS IMPORTANTES
DE LOS SUELOS SERIE IXTÁN-ARCILLA"



T E S I S

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la
Facultad de Agronomía
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

por:

HÉCTOR GONZÁLEZ DÍAZ

En el acto de Investidura de

INGENIERO AGRÓNOMO
No. 69

Guatemala, Junio de 1969.

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano:	Ing. René Castañeda Paz
Vocal Primero:	Ing. Edgar Leonel Ibarra
Vocal Segundo:	Ing. Antonio Sandoval S.
Vocal Tercero:	Lic. Fernando Tirado B.
Vocal Cuarto:	Br. Emilio Escamilla
Vocal Quinto:	P.A. Oscar González
Secretario:	Ing. Fernando Luna O.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Eduardo D. Goyzueta
Examinador:	Ing. Otto Slowing H.
Examinador:	Ing. Edgar Leonel Ibarra
Examinador:	Ing. Marco Tulio Urizar M.
Secretario:	Ing. Leopoldo Sandoval V.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

6 de junio de 1969.

Señor Decano
de la Facultad de Agronomía
Ing. Agr. René Castañeda Paz
Ciudad Universitaria, Zona 12.
Ciudad de Guatemala.

Señor Decano:

Tengo el honor de dirigirme a usted para manifestarle que, en cumplimiento de la designación de que fui objeto por parte de esa Decanatura, he asesorado al Br. Héctor González Díaz en la elaboración de su tesis titulada "Efecto del Cultivo del Algodón en Algunas Características Físicas y Químicas Importantes de los Suelos Serie Ixtan-arcilla".

En vista del grave problema que representa para la economía de nuestro país el uso y manejo inadecuado de los suelos agrícolas de Guatemala, considero que el trabajo presentado por el Br. González Díaz viene a constituir un aporte valioso para iniciar la recuperación y aprovechamiento racional y técnico de dicho recurso.

Sin otro particular aprovecho la oportunidad para suscribirme de usted, con muestras de mi distinguida consideración, como su atento y seguro servidor.

(f) Ing. Agr. Rodolfo Perdomo M.

A s e s o r



HONORABLE JUNTA DIRECTIVA:

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

De conformidad con lo que establecen los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestro alto criterio y consideración el trabajo de tesis intitulado:

"EFECTO DEL CULTIVO DEL ALGODÓN EN ALGUNAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS IMPORTANTES
DE LOS SUELOS SERIE IXTÁN-ARCILLA"

Al presentarlo como requisito previo para optar al Título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero que merezca vuestra aprobación.

Aprovecho la oportunidad para presentaros mi respetuoso saludo con las muestras de mi consideración.

(f) Héctor González Díaz.

DEDICO ESTE ACTO:

.....

AL SUPREMO CREADOR DEL UNIVERSO

A mi padre:

RODRIGO GONZÁLEZ GUDIEL

A la memoria de mi madre:

ENRIQUETA DÍAZ DE GONZÁLEZ
(Q.E.P.D.)

A mi hija:

LIDIA E. GONZÁLEZ E.

A mis hermanos y familiares en general.

A mis excatadráticos y compañeros de promoción.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

A la División Forestal del Ministerio de Agricultura.

A todos los agricultores guatemaltecos.

A mi patria GUATEMALA.

DEDICO ESTA TESIS:

A mi recordada y amada madre, cuyo esfuerzo y abnegación me orientaron hacia los caminos del bien, logrando así culminar mis metas materiales y espirituales. Sintiendo su ausencia física, pero estando seguro de su presencia espiritual, ruego a nuestro Dios le conceda la paz y la felicidad eterna de su alma.

A mi padre, dejando aquí testimonio público de agradecimiento por sus esfuerzos y consejos, y sin cuyo apoyo moral y material me hubiera sido difícil terminar mi formación universitaria. Ha sido su ejemplo de hombre íntegro, recto y esforzado lo que me ha servido de guía para superarme en el camino de la vida. Mi gratitud imperecedera.

AGRADECIMIENTO:

Este trabajo fue posible realizarlo gracias a la colaboración de los laboratorios de suelos de las instituciones siguientes: Departamento de Estudios Detallados de Suelos de la División de Suelos de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables; Departamento de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y Departamento de Suelos de la Dirección General de Investigaciones del Ministerio de Agricultura. También colaboró en la realización del presente trabajo, la Sección de Estudios y Planificación del Departamento de Forestación de la División Forestal.

El autor desea dejar constancia de su agradecimiento al Ing. Rodolfo Perdomo por la revisión y asesoramiento de este trabajo, lo mismo que las valiosas sugerencias de los ingenieros agrónomos Salvador Castillo, Teófilo Alvarez y Edgar Leonel Ibarra. Así mismo, la colaboración del técnico Walter Cifuentes, el fotógrafo Luis Ferraté y la señora Rosa A. Cáceres de Prado.

A quienes hago público agradecimiento.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA	5
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	9
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	13
V.	RESULTADOS	21
	A. Tipos y Fases de Suelos	21
	B. Resumen de los Perfiles Típicos	23
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
	A. Discusión de los Perfiles Típicos	35
	B. Clases de Capacidad de la Tierra y Estudio de los Efectos del Cultivo del Algodón	47
	C. Fotografías, cuadros y mapas	
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	69

INTRODUCCIÓN

Es innegable la importancia que tiene para la economía de Guatemala el cultivo del algodón. La exportación de la fibra a mercados del exterior constituye un renglón de divisas muy importante, dando origen este cultivo a variadas actividades de trabajo para los diversos sectores sociales y económicos del país. Este cultivo se ha venido incrementando principalmente los últimos diez años y para el año agrícola 1968-1969 se sembró una superficie de 137,000 manzanas.

La expansión del cultivo del algodón se ha llevado a cabo principalmente en el plano costero sur. Grandes extensiones de tierra ubicadas en la faja del litoral del Pacífico se han descombrado para habilitar las tierras al cultivo mencionado. Se han suprimido las cubiertas naturales de bosque y monte alto, así como las cubiertas de pastos naturales y artificiales que protegían los suelos para dar paso al oro blanco.

La eliminación absoluta de la cubierta vegetal, el manipuleo mecánico continuo de los suelos durante varios años, no empleando para ello ningún método o sistema elemental de conservación de suelos; las características naturales morfológicas, físicas y químicas de los mismos; la topografía, el drenaje superficial, la susceptibilidad al proceso de erosión hídrica, el tipo de suelo, las características climáticas de la zona y la indiferencia de las personas que se dedican a dicho cultivo (la mayoría no son propietarios de las tierras); son factores que han coincidido en un aprovechamiento inadecuado y antitécnico de los suelos dedicados a este cultivo, principalmente en lo que se refiere a la región algodonera del Departamento de Retalhuleu, (series de suelos Ixtán-Arcilla y Champerico).

Para llevar a cabo el presente estudio, se seleccionó un área que se localiza al sur del Departamento de Retalhuleu, la cual es considerada como una de las más importantes para la producción económica del algodón. En algunas áreas de la región considerada, donde se ha venido cultivando algodón desde hace 18 años, se puede apreciar a simple vista los efectos de la degradación de los suelos sometidos constantemente a dicho cultivo. Las señales y huellas del proceso destructivo de la erosión hídrica se pueden apreciar en forma de cárcavas, las cuales se han venido formando en combinación con las formas de erosión laminar y en surcos. Estas cárcavas se han desarrollado sobre las vías de drenaje naturales expuestas, en los surcos de arado, caminos y entre los surcos del cultivo trazados en el sentido de la pendiente. En esta forma se vienen alterando aparentemente algunas características morfológicas y físico-químicas de los suelos, propiciándose así la degradación de los mismos.

El objetivo principal de este trabajo, es estudiar y evaluar los efectos del cultivo del algodón en algunas de las características físicas y químicas más importantes de los suelos serie Ixtán Arcilla y formular algunas recomendaciones para iniciar el mejoramiento y aprovechamiento racional de los mismos. Con esta finalidad fue necesario desarrollar trabajos de campo, laboratorio y gabinete. Las informaciones obtenidas de las investigaciones de laboratorio, observaciones de campo y estudio de gabinete, me han servido para proponer una clasificación agrológica de estos suelos orientada hacia su capacidad de uso y manejo. Esta clasificación ha sido la base para el estudio y evaluación de los efectos del cultivo mencionado, ya que en dicha clasificación se comparan las características físicas y químicas principales de aquellos suelos dedicados a dicho cultivo y de los suelos dedicados a pastos o bosques y monte alto de origen natural.

La clasificación agrológica obtenida y los principios generales sobre el uso y manejo adecuado de suelos, me han servido también de base para sugerir en forma general las medidas y prácticas de aprovechamiento y conservación de suelos que se deben tomar para obtener de dichos suelos un beneficio económico mayor y constante sin menoscabo de continuar con el uso actual a que se dedican la mayoría de estos suelos como lo es el cultivo del algodón.

Los estudios llevados a cabo en el presente trabajo relativos a las características físicas de topografía, erosión y drenaje de estos suelos y propiedades físicas y químicas de los mismos, sirvieron de base para la cartografía de suelos de la zona considerada, habiéndose elaborado los planos del uso actual de los suelos, reconocimiento semi-detallado de suelos, clasificación de capacidad de la tierra y drenajes superficiales. Se incluyen también los cuadros Nos. 1 y 2 donde se muestran las características físicas de campo de los perfiles estudiados y los análisis físico-mecánicos y químicos de perfiles.

El presente trabajo se puede calificar como un estudio preliminar y el mismo se ha desarrollado teniendo como base los estudios generales de suelos que existen, así como los trabajos de campo y laboratorio, observaciones prácticas del suscrito y estudio de la bibliografía consultada. También han sido muy valiosas las orientaciones del asesor del presente trabajo y de los ingenieros agrónomos y técnicos de suelos que se dedican especialmente al estudio e investigación de los suelos en la Universidad de San Carlos y en el Ministerio de Agricultura. Espero que el presente trabajo pueda contribuir en mínima parte a resolver y hacer frente al problema nacional del uso antitécnico e irracional que se hace de los suelos con fines agrícolas y pecuarios.

II. INFORMACIÓN GENERAL DE LA ZONA

Localización:

Este trabajo se efectuó en un área ubicada en el municipio de Retalhuleu, Departamento del mismo nombre. Geográficamente se localiza entre los límites $14^{\circ}24'21''$ y $14^{\circ}27'54''$ latitud norte y $91^{\circ}55'26''$ y $91^{\circ}59'24''$ longitud oeste del meridiano de Greenwich. El área considerada tiene una superficie de 2657.5 hectáreas entre las alturas de 18 y 40 metros s.n.m. El presente estudio comprendió las zonas siguientes: fracción de la algodонера "Arizona", totalidad de las algodoneas "El Piñón", "El Pilar", "Canaán", "San Pablo", "Las Victorias" y "Bélgica", rastrojo de algodонера "San Antonio" y área con pastos de la Hacienda "América" (Ver Mapa No. 1).

Clima y Ecología:

El clima de la región corresponde al cálido semi-seco, tiene las características siguientes: precipitación media anual 982.4 m.m.; temperaturas anuales máxima y mínima respectivamente 33.5 y 20.5°C .; días de lluvia en el año 57 y humedad relativa media anual de 85%. El carácter del clima de la región, según el sistema Thornthwaite (8) es cálido, sin estación fría bien definida semi-seco, con invierno seco.

De acuerdo con la clasificación ecológica de Guatemala, realizado por L.R. Holdrige et. al. (17) el área estudiada se encuentra dentro de la Zona Tropical Seca. Esta zona comprende todo el litoral del Pacífico de nuestro país. A esta región corresponde una vegetación boscosa, predominante, de tipo alto con numerosas especies maderables de valor comercial (caoba, cedro y otras), las cuales

ya han sido taladas casi en su totalidad y dedicadas las tierras a diversos cultivos agrícolas (algodón, banano, maíz y otros) y a explotaciones ganaderas (potreros).

Suelos:

Según la clasificación de suelos realizada por Charles S. Simmons et. al (11), el área estudiada se localiza dentro de las series de suelos Ixtán Arcilla y Champerico. Corresponde a la serie Ixtán Arcilla una superficie total de 212, 812 hectáreas.

Las series de suelos mencionadas se han agrupado dentro de los suelos del litoral del pacífico, estando incluidos los sub-grupos de suelos bien drenados de textura pesada y suelos mal drenados de textura pesada, respectivamente. Es decir, que las sub-divisiones de este grupo han sido consideradas en base a su drenaje y textura (11). La descripción general de la serie de suelos en estudio, se extracta a continuación:

"Los suelos Ixtán son profundos, moderadamente bien drenados, desarrollados sobre materiales de grano fino que parecen haber sido depositados en una terraza marina. Se encuentran en un clima cálido, húmedo-seco, en relieves casi planos a altitudes bajas en el suroeste de Guatemala. Están asociados con los suelos mal drenados de Champerico" (11).

Perfil del suelo: Ixtán arcilla

1. El suelo superficial, a una profundidad alrededor de 10 centímetros, es arcilla café muy oscura. El contenido de materia orgánica es relativamente bajo, alrededor del 3 por ciento. El suelo es muy plástico y pegajoso cuando está húmedo y duro cuando está seco. Se quie

- bra en agregados angulares de 2 a 3 mm. de espesor. En algunos lugares se encuentran concreciones suaves y negras de 2 a 3 mm. de diámetro. Durante la estación seca se desarrollan grietas de 2 a 3 milímetros de ancho y 50 centímetros de profundidad. La reacción es neutra, pH alrededor de 7.0.
2. El subsuelo, a una profundidad alrededor de 30 centímetros, es arcilla café a café oscura. El contenido de materia orgánica es moderadamente bajo, alrededor del 1.5 por ciento. Una estructura cúbica está bien desarrollada, siendo los agregados angulares firmes de 2 a 3 mm. de grueso. Aparecen algunas concreciones negras, pequeñas, suaves y redondas. Es plástico cuando está húmedo y duro cuando está seco. La reacción es neutra, pH alrededor de 7.0.
 3. El subsuelo, a una profundidad alrededor de 75 centímetros, es arcilla café rojiza. La estructura cúbica está bien desarrollada, siendo los agregados angulares firmes de 2 a 3 mm. de grueso. Es plástico cuando está húmedo y duro cuando está seco. La reacción es de neutra a ligeramente alcalina, pH alrededor de 7.0 a 7.5.
 4. El subsuelo más profundo, a una profundidad alrededor de un metro es arcilla café amarillenta moteada de café rojizo. Algunas vetas negras aparecen a lo largo de los planos del cruce. Es plástico cuando está húmedo y duro cuando está seco. La reacción es de neutra a ligeramente alcalina, pH alrededor de 7.0 a 7.5.

Variaciones e Inclusiones

La profundidad del suelo superficial varía de menos de un metro a aproximadamente un metro y medio. Includo

en esta clasificación se encuentran algunas áreas de la serie de suelos Champerico, las cuales son muy pequeñas en relación a toda el área que ocupa la serie Ixtán Arcilla.

Topografía, Localización y Extensión:

La serie Ixtán Arcilla se encuentra en el ancho plan costero del Pacífico donde la pendiente es alrededor del 1%. Estos suelos se desarrollaron sobre material volcánico que parece haber sido depositado en el fondo del mar o en alguna laguna costera.

"Se encuentran al suroeste de Guatemala en la parte oeste del Plan costero del Pacífico. La elevación máxima sobre el nivel del mar es alrededor de 150 metros. Son más extensas en Retalhuleu, donde comprenden 117,325 hectáreas pero también se encuentran en los departamentos de San Marcos, Quezaltenango y Suchitepéquez. Comprenden 212,812 hectáreas o sea 1.954 por ciento del área de la República en la Clasificación de Reconocimiento de Suelos" (11).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

Para desarrollar trabajos sobre estudios e investigaciones de suelos relacionados con diferentes finalidades tales como riego, fertilización, manejo de suelos o de índole similar; la información científica de que se dispone en Guatemala, relacionada con suelos es muy limitada. De la zona considerada solamente existe el estudio general de la clasificación de reconocimiento de los suelos de la República elaborado por Simmons y compañeros. En esta región no existe ningún estudio previo relativo al cultivo del algodón y sus efectos sobre estos suelos o de cualquier otro cultivo agrícola. El estudio de Simmons y compañeros, solamente nos brinda una información generalizada de los suelos, encontrándose estos clasificados hasta el nivel de series.

De la literatura revisada que se relaciona con el presente trabajo exponemos algunos criterios que se relacionan directa o indirectamente con los análisis, objetivos y finalidades del presente estudio.

Uno de los principales aspectos que se deben tomar en cuenta para aumentar la producción agropecuaria, es el establecimiento de prácticas intensivas de manejo de suelos para aprovechar al máximo su capacidad productiva; esto sólo es posible mediante el conocimiento de sus condiciones físico-químicas que determinan esa capacidad y a la vez proporcionan la información necesaria para orientar los planes a seguir para mejorar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas. (3).

El suelo puede agotarse por la pérdida de las sustancias minerales nutritivas o de la materia orgánica o de ambas. Un cultivo que agota el suelo es aquel que destruye

la materia orgánica o provoca la pérdida de minerales en exceso de lo que necesita para nutrirse. La materia orgánica se destruye por el exceso de labores de cultivo que la planta requiere y los minerales se pierden al quedar el suelo expuesto a la erosión. Todo cultivo extrae algo del suelo y en esta forma lo empobrece. El algodón y el maíz se consideran como plantas que agotan el suelo, sin embargo, desde el punto de vista de los elementos nutritivos extraídos del suelo, el algodón agota la tierra igual que cualquier clase de pasto.

El algodón y el maíz empobrecen el suelo porque lo dejan expuesto a la erosión (2). La cantidad de minerales que las plantas extraen del suelo es pequeña al compararse con la que se pierde por los efectos de la erosión.

La materia orgánica es esencial para el suelo. La destrucción de la materia orgánica se debe a un proceso de oxidación que sobreviene con el desarrollo de microorganismos. Este proceso se acelera con la ventilación del suelo, después de efectuadas las labores de cultivo. Cuanto más intenso es el cultivo, especialmente en regiones cálidas, mayor es la destrucción de la materia orgánica. Los cultivos que desgastan y conservan el suelo deben por lo tanto, estudiarse desde el punto de vista de sus efectos sobre la materia orgánica y los minerales que contiene (2).

El humus denota materia orgánica del suelo que ha sufrido intensa descomposición. El humus es marcadamente coloidal y químicamente actúa igual que la arcilla, caracterizándose por su elevada capacidad de intercambio catiónico. El humus del suelo es factor importante en el control de la aireación, capacidad de retención de agua y granulación en suelos de campo. Posee también otras propiedades físicas y físico-químicas que hacen de él un componente del suelo altamente valioso (6). La materia orgáni-

ca ayuda a la formación y conservación de una buena estructura, facilitando también las labores de labranza del suelo (6).

En general, la acumulación de materia orgánica es mayor en suelos comparativamente planos, que en suelos de topografía accidentada, particularmente si hay evidencia de erosión. La acumulación de materia orgánica en los horizontes superiores de suelos de topografía plana, se debe principalmente a un drenaje deficiente o bien a un manto acuífero superficial (6).

El cultivo excesivo o continuamente prolongado tiende a romper los gránulos, reduciendo la capacidad del suelo para absorber el agua. El suelo se "aprieta" o se dispersa y los poros se hacen mucho más pequeños. En tales casos se pierden las propiedades de la fácil penetración del agua, del aire y de las raíces de las plantas y la estructura del suelo queda destruida (5). El mínimo de manipuleo mecánico contribuirá a reducir la oxidación de la materia orgánica y el poder de fijación del fósforo y a mejorar el desarrollo estructural del suelo, aumentando a su vez la capacidad de retención de humedad y de fertilidad y reduciendo las pérdidas por erosión hídrica y eólica, así como por eluviación química (lixiviación) y eluviación mecánica (9).

El nivel de fertilidad del suelo y el sistema de cultivo que se utiliza determinarán la cantidad de nutrientes necesarios para la producción óptima del cultivo del algodón. Este no es un cultivo que drásticamente agote los nutrientes del suelo; sin embargo, muchas de las prácticas que se utilizan en la producción de la cosecha son de efectos inconvenientes para el suelo (5).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Se dá a continuación una descripción sucinta de las fases de trabajo realizado:

- a) Trabajos de gabinete para la planificación y ordenamiento de los trabajos de campo.
- b) Desarrollo de los trabajos de campo.
- c) Análisis en el laboratorio de las muestras obtenidas.
- d) Trabajos de gabinete relacionados con el cálculo, ordenamiento, estudio e interpretación de los resultados de laboratorio y descripción del estudio.

Los objetivos y descripción de cada una de estas fases desarrolladas son los siguientes:

- a) Trabajos de gabinete para la planificación y ordenamiento de los trabajos de campo.

La zona estudiada fue localizada y delimitada sobre la hoja de cartografía No. 1 859 III, a escala 1:50,000, luego fue trasladada al mapa de suelos (11) a escala 1:200,000 y comprobada su posición con respecto a la serie de suelos estudiada. El área considerada fue seleccionada en base a la ubicación de ésta con respecto a la explotación agrícola (cultivo del algodón) predominante en la región. Para la ejecución de los trabajos se usaron fotografías aéreas a escala 1:30,000 del Instituto Geográfico Nacional, tomadas en enero de 1967. Con estas fotografías fue elaborado un fotomosaico en el cual se delimitó la zona considerada. Por un estudio previo de fotointerpretación fue delimitado el uso actual de los suelos, el drenaje superficial y mecanización de los suelos.

También se localizaron sobre fotografía aérea, los puntos aproximados donde se perforaron las calicatas para el estudio de perfiles (unidades de trabajo) y muestreo de las características morfológicas y condiciones físicas principales de los suelos, tales como drenaje superficial, erosión, pendientes y uso actual de los suelos.

b) **Desarrollo de los trabajos de campo.**

Esta actividad comprendió en primer lugar, un reconocimiento a toda el área bajo estudio, para apreciar límites del área; vegetación natural, cultivos agrícolas, condiciones generales del estado actual de los suelos; con este reconocimiento se precisó una idea bastante clara de los suelos de la zona.

El trabajo de campo fue desarrollado por el suscrito, un técnico de suelos de la División respectiva del Ministerio de Agricultura y 26 peones. El equipo utilizado fue el siguiente: 1) aereofotoplano de la zona a escala 1:30,000; 2) mapa cartográfico a escala 1:50,000; 3) escala triangular; 4) 12 piochas y 6 palas; 5) 84 bolsas plásticas; 6) clinómetro; 7) cámara fotográfica; 8) canoa y un jeep.

Esencialmente esta fase consistió en el estudio de 15 perfiles en igual número de calicatas. Se efectuaron diversos caminamientos para localizar en definitiva los puntos donde se perforaron las calicatas y se hicieron diversos barrenamientos para localizar los diversos tipos de suelo. Los tipos comprendidos en la serie se distinguen nada más por diferencias de textura del horizonte superficial y éstas a la vez se dividen a veces de modo arbitrario en fases, tomando como referencia las variantes secundarias de los caracteres edafológi-

cos, como pedregosidad, declive, erosión y otros (12). Las calicatas fueron abiertas con las dimensiones de 1 x 1.5 x 1.5 mts. para examinar las diferentes capas y horizontes del suelo.

La clasificación agrológica que se propone fue delimitada en forma preliminar sobre fotografía aérea en base a las observaciones directas del paisaje natural, información de campo y de algunas características morfológicas y físicas calificadas en el campo.

Las muestras se tomaron por cada horizonte genético, habiéndose obtenido en 12 perfiles tres muestras para cada uno y en tres perfiles dos muestras para cada uno. Estas muestras se depositaron en bolsas plásticas, las cuales una vez rotuladas se enviaron a los laboratorios de suelos de Recursos Naturales, del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía y Departamento de Suelos del Instituto Agropecuario Nacional.

Del estudio de los perfiles se anotaron las siguientes características para cada horizonte: (Ver Cuadro No. 1).

Profundidad: La profundidad del suelo para nuestro estudio se referirá a la profundidad afectiva a la cual pueden penetrar las raíces de las plantas dentro del horizonte A y B, o hasta alguna capa del suelo que restrinja el movimiento de raíces, agua o aire. Se mapeará según método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (D.A.E.U.)

Textura: Fue determinada en el campo dentro de los tres límites texturales, según el método del Servicio de Conservación de Suelos del D.A.E.U.

Estructura: Su designación incluyó el tamaño, tipo y gra-

cos, como pedregosidad, declive, erosión y otros (12). Las calicatas fueron abiertas con las dimensiones de 1 x 1.5 x 1.5 mts. para examinar las diferentes capas y horizontes del suelo.

La clasificación agrológica que se propone fue delimitada en forma preliminar sobre fotografía aérea en base a las observaciones directas del paisaje natural, información de campo y de algunas características morfológicas y físicas calificadas en el campo.

Las muestras se tomaron por cada horizonte genético, habiéndose obtenido en 12 perfiles tres muestras para cada uno y en tres perfiles dos muestras para cada uno. Estas muestras se depositaron en bolsas plásticas, las cuales una vez rotuladas se enviaron a los laboratorios de suelos de Recursos Naturales, del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía y Departamento de Suelos del Instituto Agropecuario Nacional.

Del estudio de los perfiles se anotaron las siguientes características para cada horizonte: (Ver Cuadro No. 1).

Profundidad: La profundidad del suelo para nuestro estudio se referirá a la profundidad afectiva a la cual pueden penetrar las raíces de las plantas dentro del horizonte A y B, o hasta alguna capa del suelo que restrinja el movimiento de raíces, agua o aire. Se mapeará según método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (D.A.E.U.)

Textura: Fue determinada en el campo dentro de los tres límites texturales, según el método del Servicio de Conservación de Suelos del D.A.E.U.

Estructura: Su designación incluyó el tamaño, tipo y gra-

do de estabilidad y desarrollo, siguiendo el método del manual 18 (14).

Consistencia: La determinación de la consistencia del suelo en el campo, se efectuó bajo una base cualitativa, según método del Servicio de Conservación de Suelos del D.A.E.U. Se hizo bajo condiciones húmeda y seca para la totalidad de horizontes genéticos delimitados en cada ca licata.

Permeabilidad: Esta característica importante se determinó por medio de la identificación de los grupos estructurales, tamaño de partículas secundarias, grado de estabilidad y desarrollo de los agregados y porcentajes de traslape.

Color del suelo: Su determinación se hizo en el campo por medio de la Escala Internacional Munssell, para identificación del color del suelo, según método del manual 18 (14).

Contenido de Materia Orgánica: Se calculó cuantitativamente en el laboratorio; sin embargo, en el campo se efectuó una estimación aproximada de la naturaleza general y la cantidad de materia orgánica existente en el perfil del suelo.

Zona de Alimentación de Raíces: Se anotaron las profundidades máximas de penetración de raíces en el perfil del suelo, el grosor aproximado promedio de las raíces y su dis tribución en el perfil.

Factores Inhibitorios: Son aquellos factores que interfieren con las prácticas culturales del suelo o que inhiben el normal crecimiento de las plantas, tales como pedregosidad, salinidad, inundaciones frecuentes y otros. Estos factores se determinaron para cada tipo de suelo estudiado.

Presencia de Concreciones: Se anotaron y especificaron la cantidad de concreciones en el perfil del suelo, para posteriormente efectuar las comprobaciones de laboratorio que sean necesarias.

Drenaje Superficial e Interno: Se anotó y especificó la clase de drenaje superficial que tiene el suelo y se describió así mismo, el drenaje interno del suelo. No se observaron presencia de capas freáticas.

Declive: Para cada punto de calicata se mapeó el declive del terreno, utilizando un nivel Abney de mano. Se siguió el método del Servicio de Conservación de Suelos del D.A.E.U. Los cambios de declive dentro de un tipo de suelo fueron marcados con una línea.

Erosión Histórica: La erosión histórica en el campo se determinó comparando el perfil del suelo de que se trata, con otro del mismo tipo de suelo, pero que no ha estado sujeto a la erosión. En esta forma se puede determinar aproximadamente el grado de erosión que existe en determinado suelo.

Uso actual de los suelos: En el campo se ratificó la delimitación del uso actual de los suelos efectuada sobre fotografía aérea.

c) Trabajos de Laboratorio:

Todas las muestras de suelo correspondientes a los perfiles estudiados, después de clasificadas fueron aireadas y tamizadas a 2 mm., y luego sometidas a los análisis físico-químicos, con el objeto de conocer sus propiedades más importantes relacionadas con el uso actual que se les dan a los suelos y apreciar así el nivel de fertilidad de los mismos.

El análisis de los suelos se hizo de acuerdo con la metodología siguiente:

De orden Físico-mecánico:

Humedad en base seca: Estufa a 110° C., durante 24 horas.

Análisis Mecánico: Método de hidrómetro de Boyoucos.
Distribución de partículas según el tamaño (diámetro).

Humedad equivalente: Método de centrifugación y se expresa en porcentaje.

Coefficiente Higroscópico: Cámara con humedad relativa de 99.8% y temperatura de 25°C.

Densidad aparente y verdadera: Relación de peso y volumen por el método de probeta.

Agua en cm. por 30.5 cm. de profundidad: Método de Bloodworth.

De Orden Químico:

Conductividad eléctrica del extracto: Con el puente de conductividad.

Materia Orgánica: Método de combustión húmeda o dicromático (Wackley-Black).

pH: Por medio del potenciómetro con electrodos de vidrio.

Porcentaje total de Sales: En base a la conductividad eléctrica por medio de monogramas y gráficos del Departamento de Suelos (Whitney y Means 1897), Manual 60 USDA.

Capacidad total de intercambio: Extracción con acetato de amonio pH.7.

Sodio y Potasio Intercambiables: Con el fotómetro de llama.

Calcio y Magnesio Intercambiables: Determinación por titulación con EDTA disódico.

Hidrógeno intercambiable: Por diferencia.

Carbonatos: Por efervescencia con ácido clorhídrico diluido.

Nitrógeno, Fósforo y Potasio asimilables: Método de Carolina del Norte, usando la solución extractora de Melich.

Nitrógeno total: Fue determinado en función de la materia orgánica, con la relación: Porcentaje de nitrógeno total igual a materia orgánica por la constante de 0.0505.

Carbono orgánico: En función de la materia orgánica por la relación: Porcentaje de carbono igual al porcentaje de materia orgánica, sobre la constante 1.724. Se determinó también la relación carbono-nitrógeno para el primer horizonte de los perfiles estudiados.

d) Trabajos de gabinete posteriores:

Consistieron en ordenar y calcular los análisis de laboratorio y luego efectuar el estudio e interpretación de todos los datos y medidas obtenidos. La clasificación agrológica propuesta en definitiva y en los diferentes efectos del cultivo del algodón que han tenido acción sobre estos suelos, se estudiaron en base a los datos suministrados por las investigaciones de laboratorio y observaciones en el campo.

El estudio y discusión de las características físicas más importantes como lo son la topografía, drenaje, erosión hídrica y uso actual de los suelos, y el estado actual de algunas propiedades físico-químicas importantes de los suelos dedicados a bosques naturales y pastos, fue la base de comparación para poder discutir y llegar a conclusiones teórico prácticas sobre los efectos del cultivo del algodón en las mismas características y propiedades físico-químicas de los demás suelos.

V. RESULTADOS

Se localizaron dos tipos y veintiuna fases de suelos (Mapa No. 2). Los perfiles estudiados y los barrenamientos efectuados sirvieron para delimitar los tipos de suelos y para localizar las fases se consideraron esencialmente la topografía y el grado de erosión actual. La permeabilidad de los suelos únicamente fue localizada y calificada en los perfiles estudiados (Cuadro No. 1).

Debido a la finalidad de este trabajo, el mapa de reconocimiento de los suelos elaborados es a nivel de semi-detalle.

A. TIPOS Y FASES DE SUELOS:

Los dos tipos de suelos localizados corresponden a la serie de suelos Ixtán Arcilla. Las fases de suelo correspondientes a estos tipos, localizadas en base a topografía y grado de erosión, son las siguientes: suelos de textura franco-arcillosa, en pendientes muy suaves, fase ligeramente erosionada, ocupan una área de 182.5 hectáreas que corresponden al 6.86% de la superficie estudiada. Suelos de textura franco-arcillosa en pendientes suavemente onduladas, fase ligeramente erosionada ocupan un área de 100.7 hectáreas que corresponde al 3.79% de toda el área. El tipo franco-arcilloso en pendientes suavemente onduladas, fase moderadamente erosionada, ocupan una superficie de 19.0 hectáreas que corresponde al 0.71% del área estudiada. Suelos franco-arcillosos, en pendiente suavemente ondulada, fase de erosión moderadamente severa, ocupan un área de 354.5 hectáreas que representa el 13.35% de toda el área. El tipo franco-arcilloso, suavemente ondulado, fase severamente erosionada, ocupa una superficie de 254.7 hectáreas que corresponde al 9.59% del área es-

tudiada. El tipo franco-arcilloso en pendiente ondulada, fase moderadamente severa, ocupa una superficie de 39.9 hectáreas que corresponde al 1.5% del área estudiada. El tipo franco-arcilloso en pendientes onduladas, fase severamente erosionada, ocupa una superficie de 31.4 hectáreas que corresponde al 1.18% del área total. Suelos franco-arcillosos, en pendiente ondulada, con áreas erosionadas en cárcavas moderadas, ocupan un área de 113.1 hectárea que representan el 4.25% de toda el área estudiada. Suelo franco-arcilloso en pendientes onduladas con áreas severamente erosionadas en cárcavas, ocupan una superficie de 77.0 hectáreas que representa el 2.90% de toda el área.

Los suelos de textura arcillosa en pendientes suavemente onduladas con una fase de erosión imperceptible, ocupan una superficie de 63.7 hectáreas que corresponde al 2.40% del área total estudiada. El tipo arcilloso en pendiente suavemente ondulada, fase ligeramente erosionada, ocupa un área de 193.9 hectáreas que corresponde al 7.30% de toda el área bajo estudio. Suelos arcillosos en pendiente suavemente ondulada, fase moderadamente erosionada abarcan 184.4 hectáreas que representan el 6.93% del área total. Suelos arcillosos en pendiente suavemente ondulada, fase de erosión moderadamente severa, ocupan 194.8 hectáreas que representan el 7.35% de toda el área. Tipo de suelos arcillosos en pendiente suavemente ondulada, fase severamente erosionada, ocupan 123.6 hectáreas correspondiente al 4.65% del área total. Suelos arcillosos en pendiente suavemente ondulada, con erosión en cárcavas moderadas, ocupa una superficie de 43.7 hectáreas que representan el 1.64% del área total. Suelos arcillosos en pendientes onduladas con una fase de erosión imperceptible abarcan una superficie de 15.2 hectáreas correspondiente al 0.57% del área bajo estudio. Suelos arcillosos en pendientes onduladas, fase ligeramente erosionada, ocupan 54.2 hectáreas que representan el 2.04% del área to-

tal. El tipo arcilloso en pendiente ondulada, fase moderadamente erosionada ocupa 37.1 hectáreas o sea el 1.39% del área total. Suelos arcillosos en pendiente ondulada, fase severamente erosionada, ocupan 15.2 hectáreas que representan el 0.57% del área total. El tipo arcilloso sobre pendiente ondulada, fase de erosión severa con cárcavas moderadas, abarca 33.3 hectáreas que corresponde al 1.25% de toda el área. El tipo arcilloso en pendientes onduladas con área severamente erosionada con cárcavas, ocupa 26.6 hectáreas que representa el 1.00% del área bajo estudio. El área comprendida por las cuencas de los ríos, lagunas y otros, ocupa una superficie de 499.07 hectáreas lo que representa el 18.78% del área estudiada.

B. RESUMEN DE LOS PERFILES TÍPICOS

Clase Agrológica II

Perfil No. 2

Localización: Algodonera "San Antonio", punto situado a 2,400 mts. en la dirección Norte-Oeste del casco de la Algodonera "Arizona"

Relieve: Suavemente ondulado; Declive: 2%

Grado de erosión: Muy leve

Uso: Malezas y monte bajo.

Características del Perfil:

0-33 cm. Arcilloso, estructura en bloques sub-angulares, mediana, moderadamente desarrollada; pardo (10YR 4/3) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo. Ligeramen-

te duro en seco y friable en húmedo. Alto en materia orgánica. pH: 6.30 suavemente ácido.

33-73 cm. Arcilloso, prismática, mediana, fuertemente desarrollada; pardo rojiza (5YR 5/4) en seco, pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Muy duro en seco y muy firme en húmedo. Mediano contenido de materia orgánica. pH: 6.40 suavemente ácido.

73-150 cm. Arcilloso, prismas, medianos, fuertemente desarrollados; pardo (7.5YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo. Muy duro en seco y muy firme en húmedo. Bajo contenido en materia orgánica. pH: 6.50 suavemente ácido.

El material original de estos suelos es ceniza volcánica cementada de color claro (aluvión) (11). La zona de alimentación de raíces se pudo apreciar hasta 130 cm. El drenaje superficial es normal y el interno deficiente. Se estima que algunas características físicas de este perfil aún no han sido alteradas significativamente, por lo cual, estos suelos pueden compararse a un perfil natural de la serie estudiada.

Perfil No. 5

Localización: Potreros "El Raicero", punto situado aproximadamente a 1,200 mts. en la dirección N-NE del casco de la Hacienda "América".

Relieve: Suavemente ondulado; Declive: 2.5%

Grado de erosión: Moderadamente severa

Uso: Pastos (*Panicum maximun* L. y *Andropogon* sp.)

Características del Perfil:

- 0-12 cm. Franco arcilloso, granular, mediano, moderadamente desarrollado. Gris oscuro (10YR 4/1) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo. Suave en seco y friable en húmedo; muy alto en materia orgánica. pH: 6.30 suavemente ácido.
- 12-35 cm. Arcilloso, bloques sub-angulares medianos, fuertemente desarrollados. Pardo oscuro (7.5YR 4/2) en seco y pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Alto en materia orgánica. pH: 6.40 suavemente ácido.
- 15-150 cm. Arcilloso, prismas, medianos, fuertemente desarrollados. Pardo (7.5YR 5/4) en seco y pardo amarillento (5YR 4/6) en húmedo. Muy duro en seco y muy firme en húmedo. Bajo contenido en materia orgánica. pH: 6.85 neutro.

El material madre de estos suelos es ceniza volcánica cementada de color claro (aluvión) (11). Se observan raíces hasta 125 cm. de profundidad. El factor limitante de estos suelos es la arcilla pesada aproximadamente a 35 cm. Mantienen la condición de lentamente permeables, con un drenaje superficial normal y el interno deficiente. Debido a que son dedicados a pastos, tienen una buena estabilidad estructural y alto contenido de materia orgánica a través del perfil. Una diferencia significativa de este perfil con respecto a todos los demás perfiles estudiados, es el adecuado contenido de fósforo asimilable en el horizonte superior.

Perfil No. 7

Localización: Algodonera "Bélgica centro", a 1650 mts. aproximadamente, dirección N-NW del casco de la finca "Bélgica".

Relieve: Suavemente ondulado; Declive: 2.5%

Grado de erosión: Moderada

Uso: Cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum*).

Características del Perfil:

- 0-17 cm. Arcilloso, bloques sub-angulares, medianos, moderadamente desarrollados. Pardo claro (7.5YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7.5YR 3/2) en húmedo. Duro en seco y ligeramente firme en húmedo; lentamente permeable. Mediano en materia orgánica. pH: 6.45 suavemente ácido.
- 17-70 cms. Arcilloso, prismas, medianos, fuertemente desarrollados. Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco y pardo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Muy duro en seco y muy firme en húmedo. Lentamente permeable. Bajo en materia orgánica. pH: 6.40 suavemente ácido.
- 70-150 cm. Arcilloso, prismas medianos, fuertemente desarrollados. Pardo fuerte (7.5YR 5/6) en seco y pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo. Lentamente permeable. Muy duro en seco y muy firme en húmedo. Muy bajo en materia orgánica. pH: 6.30 suavemente ácido.

El material de estos suelos es ceniza volcánica cemen

tada de color claro (alución) (11). El factor limitante en estos suelos es arcilla pesada a 17 cm. La zona de alimentación de raíces se observa hasta 57 cm. Estos suelos han sido sometidos al cultivo del algodón durante 8 años.

Perfil No. 14

Localización: Hacienda "América", a 750 mts. en la dirección N-NE del casco de esta Hacienda.

Relieve: Suavemente ondulado. Declive: 2.5%

Grado de erosión: Ligera

Uso: Maíz (*Zea mays*).

Características del Perfil:

- 0-20 cm. Arcilloso. Granular, pequeño, débilmente desarrollado, gris oscuro (5YR 4/2) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) en húmedo. Suave en seco y friable en húmedo. Lentamente permeable. Alto en materia orgánica. pH: 6.90 neutro.
- 20-85 cm. Arcilloso. Prismas, medianos, fuertemente desarrollados. Pardo amarillento (10YR 5/6) en seco y pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Lentamente permeable. Muy bajo en materia orgánica. pH: 6.40 suavemente ácido.
- 85-150 cm. Arcilloso. Prismas, medianos, fuertemente desarrollados. Pardo (7.5YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Lentamente permeable. Muy bajo en materia orgánica.

pH: 6.50 suavemente ácido.

El material madre de estos suelos es similar al de los perfiles anteriores. Se observa una distribución de raíces hasta los 60 cms. El factor inhibitorio lo constituye la arcilla pesada a 20 cms.

Clase Agrológica III

Perfil No. 1

Localización: Algodonera "Arizona", punto situado a 1,200 mts. en la dirección N-W del casco de esta algodonera.

Relieve: Suavemente ondulado. Declive: 3%

Grado de erosión: Severa

Uso: Cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum*).

Características del Perfil:

0-8 cm. Franco arcilloso. Granular, mediana, moderadamente desarrollada. Gris oscuro (5YR 4/1) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) en húmedo. Suave en seco y friable en húmedo, lentamente permeable. Muy alto en materia orgánica. pH: 6.70 neutro.

8-30 cm. Arcilloso, bloques sub-angulares, medianos, moderadamente desarrollados. Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Ligeramente duro en seco y ligeramente friable en húmedo. Lentamente permeable. Bajo en materia orgánica. pH: 6.70 neutro.

35-150 cm. Arcilloso. Prismas, pequeños, débilmente desarrollados. Gris rojizo oscuro (5YR 4/2) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Lentamente permeable. Mediano contenido de materia orgánica. pH: 6.80 neutro.

El material original de estos suelos sigue siendo el mismo ya descrito para los perfiles anteriores. Los suelos de esta algodонера han sido cultivados intensivamente durante un período de 15 a 18 años, quedando algunas áreas con el horizonte "A" muy reducido por los efectos de la erosión en cárcavas y surcos. Esta situación se observa fácilmente en las áreas del drenaje natural en las que se aprecia con frecuencia que el horizonte "A" ha desaparecido totalmente. En las áreas más erosionadas se puede observar un pobre crecimiento del algodón.

Perfil No. 9

Localización: Algodonera "San Pablo", situada en la dirección N-NW a 1,710 mts. del casco de la Finca "Amberes".

Relieve: Suavemente ondulado. Declive: 3%

Grado de erosión: Severa

Uso: Algodón (*Gossypium hirsutum*).

Características del Perfil:

0-8 cm. Franco arcilloso. Granular, pequeña, débilmente desarrollada. Gris rojizo oscuro (5YR 4/2) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) en húmedo. Suave en seco y friable en húmedo. Muy lentamente permeable. Alto contenido de materia orgánica. pH: 6.62 neutro.

- 8-30 cm. Franco arcilloso. Bloques sub-angulares, medianos, fuertemente desarrollados. Gris rojizo oscuro (5YR 4/2) en seco y firme en húmedo. Muy lentamente permeable. Alto contenido de materia orgánica. pH: 6.72 neutro.
- 30-150 cm. Arcilloso. Prismas, medianos, muy fuertemente desarrollados. Rojo amarillento (5YR 4/6) en seco e igual color en húmedo. Extremadamente duro en seco y extremadamente firme en húmedo. Muy lentamente permeable. Bajo contenido de materia orgánica. pH: 6.5 suavemente ácido.

El material madre es igual al de los perfiles anteriores. Se observó una distribución de raíces hasta los 30 cms. Aparentemente este perfil solamente tiene horizontes A y B, pero existe una diferencia significativa en la estructura de los horizontes superiores, así como en el nivel de fertilidad en lo que se refiere al nitrógeno asimilable. También la consistencia de los horizontes superiores es diferente por lo cual se proponen los horizontes A y A₂. El factor limitante de estos suelos siempre lo constituye la arcilla densa a los 30 cms. de profundidad.

Perfil No. 12

Localización: Algodonera Bélgica sur, a 600 mts. en la dirección S-W del caso de la Finca Bélgica.

Relieve: Suavemente ondulado. Declive: 2.8%

Grado de erosión: Moderadamente severa

Uso: Algodón (*Gossypium hirsutum*).

Características del Perfil:

- 0-15 cm. Franco arcilloso. Bloques sub-angulares, medianos, moderadamente desarrollados. Pardo rojizo (5YR 5/3) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo. Ligeramente duro en seco y friable en húmedo. Muy lentamente permeable. Mediano contenido de materia orgánica. pH: 8.00 moderadamente alcalino.
- 15-33 cm. Arcilloso. Bloques sub-angulares, medianos, fuertemente desarrollados. Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Duro en seco y friable en húmedo. Muy lentamente permeable. Bajo en materia orgánica. pH: 7.10 neutro.
- 33-150 cm. Arcilloso, prismas, medianos, muy fuertemente desarrollados. Pardo fuerte (5YR 4/6) en seco y pardo amarillento (5YR 4/6) en húmedo. Extremadamente duro en seco y extremadamente firme en húmedo. Muy lentamente permeable. Muy bajo en materia orgánica. pH: 6.85 neutro.

Material parental similar a los perfiles anteriores. La distribución de raíces se observó hasta los 33 cms. y como factor limitante también se encuentra a la misma profundidad la arcilla densa. El drenaje superficial al igual que en los demás perfiles es normal y el interno es deficiente. La mayor parte de los suelos que representan esta clase, se localizan dentro de las áreas que forman los drenajes naturales con pendientes hasta del 4%.

Clase Agrológica IV

Perfil No. 10

Localización: Algodonera Bélgica centro, a 660 mts. en dirección N-NE del casco de la Finca Bélgica.

Relieve: Ondulado. Declive: 10%

Grado de erosión: Moderadamente severa

Uso: Algodón.

Características del Perfil:

- 0-15 cm. Franco arcilloso. Granular, mediana, moderadamente desarrollada. Gris oscuro (10YR 4/1) en seco y negro (10YR 2/2) en húmedo. Ligeramente suave en seco y friable en húmedo. Muy lentamente permeable. Muy alto en materia orgánica. pH: 6.90 neutro.
- 15-80 cm. Arcilloso. Prismas, pequeños, fuertemente desarrollados. Pardo (7.5YR 5/4) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Muy lentamente permeable. Bajo en materia orgánica. pH: 6.55 suavemente ácido.
- 80-150 cm. Arcilloso. Bloques sub-angulares, medianos, moderadamente desarrollados. Pardo claro (7.5YR 6/4) en seco y pardo oscuro (7.5YR 4/2) en húmedo. Muy duro en seco y firme en húmedo. Muy lentamente permeable. Muy bajo en materia orgánica. pH: 6.40 suavemente ácido.

El material parental es similar a los anteriores.

ÁREAS FORESTALES

Perfil No. 8

Localización: Reserva Forestal en Hacienda "América", a 840 mts. en la dirección S-SW del casco de esta finca.

Relieve: Ondulado. Declive: 8.5%

Grado de erosión: Ligera a ninguna.

Uso: Bosque alto (diversas especies de hoja ancha), guamil y monte bajo.

Características del Perfil:

- 0-33 cm. Arcilloso. Granular, mediano, moderadamente desarrollado. Gris rojizo oscuro (5YR 4/2) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo. Suave en seco y friable en húmedo. Permeable. Alto en materia orgánica. pH: 6.50 suavemente ácido.
- 33-76 cm. Arcilloso. Prismas pequeños, moderadamente desarrollados. Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco y pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Permeable. Bajo en materia orgánica. pH: 5.52 ácido fuerte.
- 76-150 cm. Arcilloso. Bloques sub-angulares, medianos, fuertemente desarrollados. Pardo (7.5YR 5/4) en seco y pardo oscuro (7.5YR 4/4) en húmedo. Duro en seco y firme en húmedo. Muy bajo en materia orgánica. pH: 5.75 medianamente ácido.

El material madre es igual a los anteriores. A través del perfil no se encontró ningún factor inhibitorio. La zona de alimentación de raíces se localiza hasta los 105 cms. de profundidad. Las pendientes de estos suelos varían desde 4% hasta el 10%, localizándose en gran parte en las zonas más húmedas o inundables. Son suelos permeables. La susceptibilidad a la erosión hídrica es mínima, de acuerdo con el uso actual. El contenido de materia orgánica se encuentra distribuido en el perfil.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. DISCUSIÓN DE LOS PERFILES TÍPICOS

Los suelos representados por el Perfil No. 2 corresponden al tipo arcilloso en pendiente suavemente ondulada, con una fase de erosión casi imperceptible y lentamente permeables. Este perfil representa a los suelos que han sido cultivados con algodón durante pocos años (3 a 5 años) y que no han sido sometidos al manipuleo mecánico.

El espacio poroso varió de 49.03 a 35.86 por ciento. El espacio poroso total es mayor en el primer horizonte, debido al alto contenido de materia orgánica.

La capacidad de retención de humedad es alta para el primer horizonte y muy alta para los demás horizontes. Esta retención de humedad varía de 6.76 cm. a 7.95 cm. muy alta en los horizontes donde existe mayor cantidad de arcilla y menor cantidad de materia orgánica.

El pH del suelo varió de 6.30 a 6.50 o sea suavemente ácido en todo el perfil. El nitrógeno disponible se considera mediano para los tres horizontes, mayor de 16 p.p.m. El fósforo disponible es muy bajo para los tres horizontes, de 2.6 a 3.8 p.p.m. y el potasio disponible se encuentra adecuado para el primer horizonte, mayor de 78 p.p.m. y bajo para los demás horizontes, menor de 35 p.p.m. El contenido de materia orgánica es alto para el primer horizonte, mediano para el segundo horizonte y bajo para el tercer horizonte. Esto se debe al desarrollo de las raíces y abundantes residuos vegetales en la superficie y además con anterioridad, estos suelos fueron dedicados a potreros. El nitrógeno total se encuentra mediano (0.27% a 0.06%) disminuyendo conforme baja el contenido de materia orgánica y carbono orgánico. La relación de carbono-nitrógeno es amplia 11:1.

La capacidad total de intercambio varía de 13.98 a 17.03 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. En consecuencia, se considera baja la capacidad de retención de fertilidad. El contenido de calcio y magnesio intercambiables es adecuado, con una relación aproximadamente normal. El sodio se encuentra en cantidades bajas y el potasio intercambiable es adecuado solamente para el primer horizonte. El porcentaje de saturación de bases para todo el perfil resultó mayor de 100 y la concentración total de iones de hidrógeno intercambiables resultó negativa. Este resultado se estima que posiblemente se debe a que los cationes de Ca y Mg se encuentran libres con exceso en la solución del suelo y que para evitar la interferencia de los mismos en el análisis del complejo de intercambio, dicho exceso debió haberse eliminado previamente.

Los suelos dedicados a pastos naturales y artificiales, están representados por el Perfil No. 5. Este perfil puede considerarse representativo de los suelos que aún no han sido mecanizados para el cultivo del algodón o cualquier otro cultivo. Debido a una estructura favorecida por el desarrollo de las raíces de los pastos, la aireación y la humedad disponible para las plantas es favorable para el desarrollo de las mismas y probablemente existe una adecuada conductividad hidráulica. La capacidad de retención de estos suelos varió de 6.63 a 7.64 cm. de agua por pie de profundidad, predominando una alta capacidad de retención de humedad.

El pH de estos suelos varía entre 6.30 y 6.85 o sea de ligeramente ácido a neutro. La reducción de acidez de la capa arable hacia el subsuelo, probablemente se debe al movimiento descendente de sales básicas por eluviación (lixiviación) química. De los cationes asimilables, el contenido de nitrógeno es mediano para el primer horizonte,

mayor de 16 p.p.m. y bajo para los demás horizontes, menor de 16 p.p.m. El fósforo disponible es adecuado para el primer horizonte, mayor de 25 p.p.m. y bajo para los horizontes, menor de 19 p.p.m. El potasio es adecuado para los dos primeros horizontes, mayor de 78 p.p.m. y mediano para el último, mayor de 35 p.p.m. Cabe resaltar el contenido adecuado de fósforo para el horizonte superior y el potasio para los tres horizontes. El contenido de materia orgánica es muy alto para el primer horizonte, alto para el segundo y bajo para el horizonte inferior. La cantidad elemental de materia orgánica en los horizontes superiores se debe al abundante desarrollo de las raíces de los pastos y a la incorporación constante de residuos orgánicos (residuos vegetales y estiércol de bovinos). El nitrógeno total se encuentra de adecuado a mediano (0.34 a 0.06%) disminuyendo con el contenido de materia orgánica y carbono orgánico con la profundidad del perfil. La relación del carbono-nitrógeno es amplia 11:1.

La capacidad total de intercambio oscila entre 13.01 a 20.51 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. Esta capacidad disminuye conforme aumenta el porcentaje de partículas de arcilla de la superficie hacia abajo, siendo también probable que se deba a que la materia orgánica se reduce con la profundidad. De lo anterior se deduce que la capacidad de retención de fertilidad disminuye y se considera baja de la superficie hacia abajo. El contenido de calcio y magnesio intercambiables es adecuado y alto respectivamente, no guardando la relación adecuada. Se observa un aumento moderado del catión magnesio hacia la profundidad del perfil. El sodio se encuentra en cantidades bajas y el potasio intercambiable es adecuado para el primer horizonte y bajo para los demás horizontes. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor de 100 para los tres horizontes y la concentración de iones de hidrógeno intercambiables resultó negativa. Este

resultado es probable que esté influenciado directamente por el calcio y el magnesio libres en la solución del suelo.

Los suelos cultivados con algodón durante un período de 8 a 10 años, están representados por el Perfil No. 7. Estos suelos han sido sometidos anualmente a labores de cultivo mecanizadas. El perfil No. 7 corresponde al tipo arcilloso en pendiente suavemente ondulada, fase moderadamente erosionada, lentamente permeable (localización del perfil en el Mapa No. 2).

El pH de estos suelos varió entre 6.30 y 6.45 siendo suavemente ácido para todo el perfil. El nitrógeno disponible es mediano para el horizonte superior mayor de 16 p.p.m. y menor para los otros dos horizontes, menos de 16 p.p.m. El fósforo disponible es muy bajo para los tres horizontes, menos de 19 p.p.m. y el potasio disponible es adecuado para el primer horizonte, mayor de 78 p.p.m. y bajo para los demás horizontes, menor de 35 p.p.m. El contenido de materia orgánica es mediano para el primer horizonte, bajo y muy bajo para el segundo y tercer horizonte, respectivamente. El nitrógeno total se encuentra mediano bajo para el perfil, encontrándose más bajo en los horizontes donde hay menos cantidad de materia orgánica. La relación del carbono-nitrógeno es amplia 11:1. Es notoria la disminución del contenido de materia orgánica hacia la profundidad del perfil y posiblemente esto se debe al laboreo y cultivo continuo de estos suelos con algodón.

La capacidad total de intercambio oscila entre 11.24 y 15.40 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. Se estima que es baja la capacidad de retención de fertilidad. El contenido de calcio y magnesio intercambiables es bajo y adecuado respectivamente, siendo este último poco elevado para el primer horizonte. Estos no guardan la relación adecuada. El contenido de so-

dio y potasio intercambiables es bajo. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor del 100 por ciento para los dos primeros horizontes y la concentración de iones de hidrógeno intercambiables es negativa. Para el tercer horizonte el porcentaje de saturación de bases resultó menor del 100 por ciento y una concentración de iones de hidrógeno intercambiables de 0.81 mil equivalentes por 100 gramos. La respuesta a la sobresaturación de bases y ausencia de hidrógenos intercambiables posiblemente se debe a las causas ya vistas en los perfiles anteriores.

El Perfil No. 14 representa a los suelos utilizados para los cultivos limpios que aún no han sido sometidos al manipuleo mecánico. Este perfil corresponde al tipo arcilloso, en pendiente suavemente ondulada, fase ligeramente erosionada lentamente permeable. Los suelos de este perfil se han cultivado manualmente con maíz solamente por dos años, por lo que también estimo que se asemejan bastante a un perfil no disturbado de la serie estudiada.

El espacio poroso total varió de 43.36 a 27.06 por ciento, siendo mayor en el primer horizonte y menor en el tercer horizonte. La capacidad de retención de humedad de estos suelos varió de 13.31 a 4.14 cm. de agua por pie de profundidad del primero al tercer horizonte. En este perfil la capacidad de retención de humedad resultó muy alta para el primer horizonte, el cual tiene menos cantidad de arcilla.

El pH oscila entre 6.90 y 6.50 siendo de neutro a suavemente ácido de la superficie hacia lo profundo del perfil. La neutralidad en el horizonte superior posiblemente se debe a la existencia de bases del suelo. El nitrógeno disponible es mediano de 16 a 32 p.p.m. El fósforo disponible es adecuado para el horizonte superior mayor de 78 p.p.m. y bajo para los demás horizontes, menos de 35 p.p.m.

El contenido de materia orgánica es alto para el primer horizonte y muy bajo para los demás horizontes. El alto contenido de materia orgánica en el horizonte superior se debe a la descomposición de las raíces de los troncos de árboles no arrancados del suelo, rastrojos de maíz, malezas, estiércol y otros. El nitrógeno total se encuentra mediano (0.27 a 0.02 por ciento) para el perfil, en relación directa al contenido de materia orgánica. La relación de carbono-nitrógeno es amplia 11:1.

La capacidad total de intercambio varió entre 15.24 y 14.75 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. Se estima en consecuencia que es baja la capacidad de retención de fertilidad. El contenido de calcio es adecuado para el primer horizonte y bajo para los demás y el magnesio es adecuado, guardando la relación adecuada solamente para el primer horizonte. El contenido de sodio intercambiable es bajo y el potasio es adecuado solamente para el primer horizonte. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor de 100 para el primer horizonte y la concentración de iones de hidrógeno intercambiables resultó negativa para el mismo horizonte. Esta respuesta posiblemente se debe a la situación ya descrita para los perfiles anteriores.

El Perfil No. 1 representa a los suelos manipulados - mecánicamente para el cultivo del algodón durante un período de 15 a 18 años consecutivamente. Este perfil se localizó en el tipo franco arcilloso, en pendiente suavemente ondulada, fase severamente erosionada, lentamente permeable.

El espacio poroso total varió de 48.80 a 39.41 por ciento, siendo mayor para el segundo horizonte y menor para el tercer horizonte. En este caso el espacio poroso resultó mayor para el horizonte que tiene menos cantidad de

materia orgánica y más cantidad de arcilla. La capacidad de retención de agua de estos suelos varió de 6.55 a 7.08 cm. por pie de profundidad. Esta se considera alta para los primeros horizontes.

El pH osciló entre 6.7 y 6.8 manteniéndose neutro para todo el perfil. La neutralidad de estos suelos se debe posiblemente a la falta de lixiviación de las sales básicas, en el complejo de intercambio.

El nitrógeno disponible se encuentra mediano, mayor de 16 p.p.m. El fósforo disponible es mediano para el primer horizonte, mayor de 19 p.p.m. y el potasio disponible es adecuado para el primer horizonte y mediano para los demás horizontes.

El contenido de materia orgánica es muy alto para el primer horizonte, bajo y mediano contenido para el segundo y tercer horizontes. En general se puede observar que en casi todos los suelos cultivados con algodón, tienen alto contenido de materia orgánica (Ver Cuadro No. 1). Esto se debe en parte a la incorporación de los rastrojos de algodón al suelo y como la siembra del algodón se practica después de un mes de lluvia (julio), dichos rastrojos tienen suficiente tiempo para descomponerse e incorporarse al suelo como materia orgánica. El nitrógeno total se encuentra mediano (0.32 a 0.08 por ciento) disminuyendo conforme el contenido de materia orgánica, siendo amplia la relación carbono-nitrógeno.

La capacidad total de intercambio varió de 13.79 a 16.75 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. Se estima baja la capacidad de retención de fertilidad. El contenido de calcio y magnesio intercambiables es adecuado, guardando una relación aproximadamente normal. El contenido de sodio es bajo y el potasio

intercambiable es adecuado solamente para el primer horizonte. El porcentaje de saturación de bases resultó igual que los anteriores perfiles, mayor del 100 por ciento, estimándose que esto se deba a las causas ya descritas con anterioridad.

El Perfil No. 9 corresponde a suelos dedicados al cultivo del algodón durante un período de 6 a 8 años. Estos suelos que han sido manipulados mecánicamente en forma constante, se localizan en el tipo franco arcilloso, en pendiente suavemente ondulada, fase severamente erosionada, muy lentamente permeable.

El espacio poroso total varió de 40.42 a 48.69 por ciento, siendo mayor en el tercer horizonte, el cual tiene más cantidad de arcilla y menor cantidad de materia orgánica. La capacidad de retención de humedad varió de 5.43 a 3.71 cm. por pie de profundidad, siendo menor en el tercer horizonte y mayor en los horizontes superiores.

El pH varió de 6.72 a 6.50 siendo neutro para los horizontes superiores y suavemente ácido para el horizonte inferior. Esto se debe posiblemente a una lixiviación relativa de las sales básicas en el complejo de intercambio. El nitrógeno disponible es mediano (de 16 a 32 p.p.m.). El fósforo se encuentra bajo, menos de 19 p.p.m. y el potasio está adecuado para los horizontes superiores, mayor de 78 p.p.m. y bajo para el tercer horizonte, menos de 35 p.p.m. El contenido de materia orgánica es alto para los dos horizontes superiores y bajo para el tercero. Estimo posiblemente que los altos contenidos de materia orgánica para los horizontes superiores se deba a las causas ya descritas para los perfiles anteriores, cuyos suelos se dedican al algodón. El nitrógeno total se encuentra mediano (0.25 a 0.05 por ciento) guardando la relación directa con el contenido de materia orgánica. La relación carbono-nitrógeno es alta 11:1.

La capacidad total de intercambio varió de 13.84 a 15.83 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. El contenido de calcio y magnesio intercambiables es normal, siendo bajo el calcio solamente para el tercer horizonte. Ambos elementos se encuentran en relación adecuada para los dos primeros horizontes.

El contenido de sodio y potasio intercambiables es bajo. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor del 100 por ciento para los dos primeros horizontes y el hidrógeno intercambiable resultó negativo. Para el tercer horizonte, el porcentaje de saturación de bases resultó moderadamente alto y bajo el contenido de hidrógeno intercambiables. Al igual que en los perfiles anteriores se estima que los resultados de una sobresaturación de bases se deben al exceso de calcio y magnesio libres en la solución del suelo.

Los suelos cultivados con algodón durante un período de 10 a 12 años, están representados por el Perfil No. 12. Este perfil, cuyos suelos han sido laborados mecánicamente, se localiza en el tipo franco arcilloso, en pendiente suavemente ondulada, fase de erosión moderadamente severa, muy lentamente permeables.

El espacio poroso total varió de 41.40 a 34.67 por ciento del horizonte superior. La capacidad de retención de humedad varió de 15.97 a 4.75 cm. en 30 cm. de profundidad de la superficie hacia lo profundo del perfil. Esta retención es muy alta para el primer horizonte y mediana para los demás horizontes.

El pH varió de 8.00 a 6.85 o sea de moderadamente alcalino a neutro, de arriba hacia abajo en el perfil. La alcalinidad moderada y neutralidad de estos suelos posiblemente se debe al contenido de sales básicas en el comple-

jo de intercambio, las cuales no se han lixiviado. De los cationes asimilables, el nitrógeno se encuentra mediano, mayor de 16 p.p.m.; el fósforo bajo, menos de 19 p.p.m. y el potasio adecuado para el primer horizonte, mayor de 78 p.p.m., mediano para el segundo, mayor de 35 y bajo para el tercer horizonte, menor de 45 p.p.m. El contenido de materia orgánica es mediano, bajo y muy bajo para el primero, segundo y tercer horizontes respectivamente. Se puede apreciar que los contenidos de materia orgánica variaron en relación a los dos perfiles anteriores considerados en la clase agrológica III. El nitrógeno total se encuentra de mediano a bajo (0.16 a 0.03 por ciento), guardando la relación adecuada con el contenido de materia orgánica. La relación carbono-nitrógeno es alta 12:1.

La capacidad total de intercambio varió de 12.64 a 14.15 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, siendo bajo. El calcio intercambiable se encuentra normal en el primer horizonte y bajo en los demás horizontes. El magnesio intercambiable se encuentra normal en todo el perfil. No guardan la relación adecuada. El contenido de sodio y potasio intercambiables se encuentra bajo. El porcentaje de saturación de bases resultó sobresaturado al 100 por ciento y el contenido de hidrógenos intercambiables es negativo. Esta situación se estima que tiene las mismas causas ya apuntadas para los perfiles anteriores.

Los suelos de relieve ondulado en pendientes del 3 al 10 por ciento que han sido manipulados mecánicamente para el cultivo del algodón durante un período de 8 a 10 años están representados por el Perfil No. 10. Este perfil se localizó en el tipo franco-arcilloso, fase de erosión moderadamente severa, muy lentamente permeables.

El espacio poroso total varió de 42.01 a 37.98 por ciento, siendo mayor en el horizonte superior y menor en el horizonte intermedio. La capacidad de retención de humedad varió de 6.14 a 8.17 cm. por pie de profundidad, siendo menor y mayor en el primer y tercer horizontes respectivamente. Esta retención se estima alta para todo el perfil.

El pH varió de 6.9 a 6.4 o sea de neutro a suavemente ácido del horizonte superior al horizonte inferior; posiblemente esta condición se deba a una lixiviación moderada de las sales básicas. De los cationes asimilables, el nitrógeno es mediano, el fósforo se encuentra bajo y el potasio es adecuado. El contenido de materia orgánica resultó muy alto, bajo y muy bajo para el primero, segundo y tercer horizonte, respectivamente. Estimo que el contenido muy alto de materia orgánica para el horizonte superior se debe a las causas ya descritas para los perfiles anteriores (suelos cultivados con algodón). El nitrógeno total se encuentra de adecuado a mediano (0.32 a 0.03 por ciento). La relación carbono-nitrógeno siempre es alta.

La capacidad total de intercambio varió de 17.64 a 16.06 mil equivalentes por 100 gramos de suelo, considerándose baja. El contenido de calcio intercambiable es adecuado solamente para el primer horizonte. El magnesio intercambiable es adecuado para todo el perfil, guardando la relación normal con el calcio solamente en el primer horizonte. El sodio intercambiable es bajo y el potasio es adecuado solamente para el primer horizonte. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor del 100 por ciento para el primer horizonte y el contenido de hidrógeno intercambiable resultó negativo. Para el segundo y tercer horizonte la saturación de bases resultó elevada y el contenido de hidrógenos intercambiables es bajo.

Los suelos cubiertos con bosques y guamiles de origen

tra moderadamente bajo en todo el perfil y el magnesio resultó muy alto para el primer horizonte y adecuado para los demás horizontes. No guardan la relación normal. El sodio y el potasio intercambiables se encuentran bajos. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor del 100 por ciento para los dos primeros horizontes y elevado para el tercer horizonte. La concentración de iones de hidrógeno intercambiables resultó negativa para los dos primeros horizontes y muy baja para el tercero. En este caso al igual que en casi todos los perfiles estudiados, se supone que la sobresaturación de bases en el complejo de intercambio se deba a que los cationes de calcio y magnesio se encuentran libres con exceso en la solución del suelo.

B. CLASES DE CAPACIDAD DE LA TIERRA Y ESTUDIO DE LOS EFECTOS DEL CULTIVO DEL ALGODÓN

Entre los objetivos más importantes del agrupamiento de suelos por clases de capacidad, tenemos que ésta clasificación está diseñada para hacer factible las generalizaciones basadas en las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo (4). Esta clasificación pone a todos los suelos en ocho clases de capacidad. Los riesgos de daños al suelo o limitaciones en su uso, se hace progresivamente mayor de la Clase I a la Clase VIII. La clasificación agrológica se hace con la agrupación de los varios tipos y fases de suelos que tienen capacidades y limitaciones similares en su uso y manejo (9).

En el mapa de las clases agrológicas (Mapa No. 4), puede observarse la localización, superficie y leyendas de las tres clases de capacidad de tierra aptas para propósitos agrícolas de acuerdo con las limitaciones que poseen. Como ya se mencionó, los efectos del cultivo del algodón sobre las principales características físico-químicas de los suelos se estudian dentro de cada clase de capacidad de tierra.

Además de las clases consideradas, se estudian aparte los suelos que todavía se encuentran protegidos con vegetación forestal alta, guamil y monte bajo. Estos suelos se agruparon bajo el título de Areas Forestales. Hago ver que estos suelos se han considerado aparte de la clasificación de capacidad, por motivo de que en el presente estudio, los mismos han servido como patrón de comparación al evaluar los efectos del cultivo del algodón sobre los demás suelos.

Clase de Capacidad de Tierra II

Los suelos agrupados en esta clase, ocupan una superficie de 1188.4 hectáreas que representan el 44.72 por ciento del área total estudiada. Se encuentran localizados en la mayor parte de la algodonera "San Pablo", norte y centro de la algodonera "Bélgica", algodonera "Canaán", mayor parte de áreas con pastos y maíz en la Hacienda "América", parte del rastrojo de algodonera "San Antonio" y mayor parte de algodonera "El Piñón".

Esta clase de tierras agrupa los suelos con algunas limitaciones que requieren prácticas de conservación de suelos y de manejo moderadas y cuidadosas. Las limitaciones reducen la elección de plantas considerándose estos suelos de un potencial agrícola mediano. Entre las limitaciones más importantes para los suelos agrupados en esta clase tenemos que las pendientes de las mismas son suaves o complejas onduladas, susceptibilidad moderada a la erosión hídrica, el exceso de humedad se puede corregir con drenaje, capacidad de retención de humedad y fertilidad limitada, capacidad de laboreo limitada, no siendo difícil la corrección de fertilidad. Estos suelos requieren cuidado en su manejo para prevenir su deterioro estructural y agotamiento de la materia orgánica, así como para evitar (9) la eluviación química (lixiviación) y mecánica y las pér-

das de suelo por erosión hídrica.

Como se puede apreciar en la localización de esta clase, la mayor parte de estos suelos, están dedicados al cultivo del algodón, siguiéndoles en extensión los que se encuentran dedicados a pastos y por último los suelos cultivados con maíz y otros cultivos.

De los siete perfiles estudiados que representan esta clase, vemos que predominan los suelos de textura arcillosa sobre pendientes muy suaves a suavemente onduladas. Los suelos cultivados con algodón por un período de 3 a 10 años que han sido sometidos anualmente al manipuleo mecánico, presentan una estructura en bloques y prismas de mediano a un fuerte desarrollo a través del perfil. La consistencia es de dura a muy dura en seco y de firme a muy firme en húmedo. El grado de erosión va de ligero a moderado predominando el tipo de erosión laminar. El drenaje superficial se consideró normal y el drenaje interno deficiente. El espacio poroso es más bajo en el Perfil No. 7 que representa los suelos cultivados con algodón en forma mecanizada, estimando que los espacios microporosos predominan sobre los macroporosos. La capacidad de retención de humedad resultó mediana para los dos primeros horizontes.

Los suelos dedicados a pastos y los que se cultivan con maíz y algodón en forma manual, se asemejan bastante al perfil natural de la serie estudiada, por motivo de que aún no han sido manipulados mecánicamente. En relación a las características físicas descritas anteriormente, en los suelos dedicados a pastos, las mismas presentan las condiciones siguientes: estructura granular mediana, moderadamente desarrollada en los horizontes superiores y en bloques, y prismática de mediana a fuertemente desarrollada para los horizontes inferiores. La consistencia va de suave

a ligeramente duro en seco y friable en húmedo. El grado de erosión es de ligero a moderadamente severo, predominando siempre el tipo laminar. El drenaje es igual que para los suelos anteriores. El espacio poroso es mayor en los horizontes superiores donde es mayor el contenido de materia orgánica y menor el contenido de arcilla, estimándose que predominan moderadamente los espacios macroporosos sobre los microporosos del suelo. La capacidad de retención de humedad resultó alta para los primeros horizontes, muy alta para los horizontes con más cantidad de arcilla. Con respecto al pH, éste es de neutro a ligeramente ácido en los suelos cultivados con pastos y maíz, y el pH en los suelos dedicados al cultivo del algodón se mantiene suavemente ácido para todo el perfil, estimándose que esto último se debe a un moderado movimiento descendente de sales básicas por eluviación (lixiviación) química.

El contenido de materia orgánica para los suelos que no están manipulados mecánicamente, resultó de alto a muy alto para los horizontes superiores, pudiéndose observar que dicho contenido se encuentra bien distribuido a través del perfil. Los suelos cultivados con algodón presentan un mediano contenido de materia orgánica en el horizonte superior y muy bajo contenido en los horizontes inferiores, teniendo en consecuencia una distribución inadecuada en el perfil.

Del estudio de las características químicas obtenemos lo siguiente: en relación a los principales elementos asimilables para los suelos dedicados a pastos, maíz y otros cultivos, el nivel de nitrógeno es mediano, encontrándose el contenido más alto en los suelos con pastos; el fósforo se encuentra muy bajo para todos los suelos a diferentes profundidades, resultando un nivel adecuado solamente para los horizontes superiores de los suelos dedicados a pastos. El potasio se encuentra adecuado para los primeros ho

rizontes y mediano, y bajo para los inferiores, estando mejor distribuido en los suelos con pastizales. Los suelos cultivados mecánicamente con algodón, presentan contenidos similares de nitrógeno y fósforo, siendo el potasio adecuado solamente para el primer horizonte. Para todos los perfiles de suelos agrupados en esta clase, algunas características químicas dieron respuestas casi iguales. Entre éstas características tenemos la capacidad total de intercambio, la cual resultó baja y en consecuencia se considera baja la capacidad de retención de fertilidad. Para los suelos no laboreados mecánicamente (pastos y maíz), el contenido de calcio intercambiable resultó adecuado. El magnesio se encuentra adecuado siendo más elevado el contenido en los suelos con pastos. Los suelos mecanizados (algodón) presentan un contenido moderadamente bajo de calcio y contenido adecuado de magnesio. El contenido de sodio es bajo para todos los perfiles representativos de esta clase y el contenido de potasio es adecuado en el primer horizonte solamente para los suelos no manipulados mecánicamente. El porcentaje de saturación de bases resultó mayor del 100 por ciento y la concentración de iones de hidrógeno intercambiables es de escasa a nula. Las probables causas de este resultado se exponen en la discusión de los perfiles típicos.

Clase de Capacidad de Tierra III

Los suelos comprendidos dentro de esta clase se encuentran localizados en un 25 por ciento del área que ocupa la algodonera "San Pablo", parte sur de la algodonera "Bélgica", un 50 por ciento del área que ocupa la algodonera "Las Victorias", parte de la algodonera "El Piñón", mayor parte de algodonera "El Pilar", un 40 por ciento del área que ocupa la algodonera "Arizona" y parte de rastrojo de algodonera "San Antonio". Esta clase de capacidad ocupa una superficie aproximada de 474.6 hectáreas que representan el 17.89 % del área total.

Los suelos agrupados dentro de esta clase pueden ser utilizados para cultivos agronómicos, pastos, bosques, pastoreo extensivo, vida silvestre y cubierta vegetal (4). Estos suelos tienen severas limitaciones que reducen la selección de plantas y requieren para su uso prácticas especiales de conservación de suelos que en la mayoría de los casos son difíciles de aplicar y mantener. Los factores limitantes más importantes en este caso son la topografía que tiene relieves de suavemente ondulados a ondulados, con declives hasta del 8% y el grado de erosión hídrica que va desde moderadamente severa hasta severa. Por supuesto dentro de esta clase existen pequeñas áreas con un grado de erosión ligero y moderado. Las limitaciones de los suelos en la Clase III pueden incluir los efectos siguientes solo o combinados: baja capacidad de retención de humedad, inundaciones frecuentes con daños a los cultivos; potencial agrícola bajo; capacidad de laboreo muy limitada y las condiciones de sobresaturación de humedad pueden subsistir después de haber efectuado el drenaje.

Estos suelos presentan texturas franco arcillosas y arcillosas, estimándose que predominan los suelos de textura arcillosa sobre las pendientes ya descritas anteriormente. De acuerdo con el uso actual, todos los suelos agrupados en esta clase se encuentran cultivados con algodón. Los mismos han sido sometidos a constantes labores de cultivo mecanizadas por un período que va desde 6 a 18 años, presentando las características físicas siguientes: estructura de los horizontes superiores es granular mediana de moderada a débilmente desarrollada y bloques sub-angulares moderadamente desarrollados, predominando aparentemente la estructura granular. En los horizontes inferiores la estructura es en bloques y prismas medianos a fuertemente desarrollados. La consistencia en lo que se refiere al horizonte superior, es suave en seco y friable en húmedo. Con respecto a los demás horizontes es de dura a extremadamente

dura en seco y de firme a extremadamente firme en seco. Aparentemente existen diferencias entre la consistencia del horizonte superior de estos suelos y el mismo horizonte de los suelos agrupados en la Clase II cultivados con algodón. El drenaje superficial es deficiente y normal, y el interno se encuentra deficiente; en general, se puede afirmar que el drenaje superficial es más rápido que en los suelos de la Clase II. El espacio poroso es alto para la mayoría de los suelos de esta clase, pero estimo que posiblemente predominan los espacios microporosos sobre los macroporosos del suelo. La capacidad de retención de humedad es alta para todos los perfiles de esta clase. Respecto al contenido de materia orgánica, éste se encuentra de mediano a muy alto para el primer horizonte, teniendo una distribución inadecuada a través del perfil del suelo. Esta condición es semejante para la mayoría de los suelos cultivados con algodón, agrupados en las tres clases de capacidad.

Con relación a las principales características químicas que aparentemente no han sido modificadas por la extracción constante de nutrientes por el cultivo del algodón, tenemos las siguientes: el pH se encuentra de moderadamente alcalino a neutro del horizonte superior a los horizontes inferiores, con algunas excepciones en donde al profundizar en el suelo se vuelve suavemente ácido. Esta condición es semejante a los suelos cultivados con maíz y pastos agrupados en la Clase II. Con respecto a la disponibilidad de elementos asimilables, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, se encuentran muy semejantes a los niveles de los suelos cultivados con algodón agrupados en la Clase II. Las demás características químicas consideradas son también muy semejantes a las características de los suelos agrupados en la Clase II, explotados con el cultivo del algodón. Entre estas características tenemos la capacidad total de intercambio que se considera baja, siendo en consecuencia baja la capacidad de retención de fertilidad. El

contenido de calcio y magnesio intercambiables es adecuado guardando una relación aproximadamente normal. La saturación de bases y la concentración de iones de hidrógeno intercambiables, tuvo las mismas respuestas que para los suelos de la Clase II. El contenido de sodio y potasio intercambiables es bajo.

Clase de Capacidad de Tierra IV

Los suelos agrupados en esta clase comprenden en porcentaje aproximados de superficie, las algodonerías siguientes: 50 por ciento de "Las Victorias", 25 por ciento de "Bélgica", 60 por ciento de "Arizona" y 25 por ciento de "El Pilar". Esta clase de capacidad ocupa una superficie aproximada de 436.7 hectáreas, lo que representa el 16.43 por ciento del área total.

Estos suelos se caracterizan por tener limitaciones muy severas que restringen la selección de plantas y requieren laboreo muy cuidadoso.

Lo mismo que para los suelos de la Clase III, estos necesitan cuidadosas prácticas de trabajo y de conservación de suelos difíciles de aplicar y mantener. Las limitaciones de esta clase pueden incluir los efectos siguientes solos o combinados: baja capacidad de retención de humedad, inundaciones frecuentes con severos daños a los cultivos, potencial agrícola bajo o muy bajo, casi no tienen capacidad de laboreo y pueden tener problemas por el exceso de humedad aún después del drenaje. Los factores limitantes más importantes en este caso continúan siendo la topografía que tiene relieves ondulados con declives hasta del 10 por ciento y el grado de erosión hídrica que va de moderadamente severo hasta erosión severa con cárcavas. Estos suelos se han cultivado con algodón durante un período de 10 a 15 años consecutivamente y actualmente algu-

nas áreas han dejado de trabajarse por motivo de que éstas se encuentran erosionadas con cárcavas muy grandes que impiden su manipuleo con maquinaria agrícola. El perfil representativo de esta clase, tiene suelos de textura franco arcillosa en el horizonte superior, estimándose que posiblemente la mayoría de los suelos agrupados en esta clase tengan textura arcillosa.

De las principales características físico-químicas sobre las cuales ha ejercido su acción el constante laboreo mecánico del suelo y la extracción de nutrientes por el cultivo del algodón, están las siguientes: la estructura que es granular, mediana, moderadamente desarrollada para el primer horizonte y estructuras fuertes en prismas y bloques para los horizontes inferiores. Esta condición es similar para los suelos de la Clase III y suelos con pastos de la Clase II. La consistencia de los horizontes superiores es ligeramente suave en seco y friable en húmedo y de dura a muy dura en seco y firme en húmedo para los horizontes inferiores. Estos resultados son semejantes para los suelos de la Clase III. El drenaje superficial e interno tiene condiciones iguales a los suelos de la Clase II. Se estima que posiblemente al igual que en los demás suelos que se han manipulado mecánicamente, los espacios microporosos predominan relativamente sobre los macroporosos. La capacidad de retención de humedad también resultó alta. Del contenido de materia orgánica, este resultó alto con una distribución inadecuada en el perfil seleccionado. Las causas de este contenido de materia orgánica son las mismas que fueron ya discutidas para los suelos cultivados con algodón.

El pH se encuentra de neutro a suavemente ácido, debiéndose esto posiblemente, como ya se dijo, a una lixiviación moderada de las sales básicas, lo cual ha sido favorecida por el constante manipuleo mecánico del suelo.

Los elementos disponibles nitrógeno, fósforo y potasio, se encuentran en las mismas proporciones que para los suelos cultivados con algodón de las Clases II y III, estando presente en mayores cantidades los niveles de potasio. La capacidad total de intercambio se encuentra baja y por lo tanto, también es baja la capacidad de retención de fertilidad. Las demás características químicas de los suelos cultivados con algodón en esta Clase, son bastante similares a las ya descritas para los demás suelos sometidos a dicho cultivo, siendo dichas características relativas a los cationes intercambiables y saturación de bases.

AREAS FORESTALES

Las áreas de bosques naturales y monte alto se localizan principalmente en las cuencas de las lagunas y riberas de los ríos. En gran parte son áreas con drenaje superficial deficiente y que generalmente se inundan. Ocupan una superficie de 542.9 hectáreas que representan el 20.43 por ciento del área total estudiada (Ver Mapa No. 4).

Dentro de la clasificación por capacidad de tierra, los suelos de las Clases II, III y IV, son también adecuados para el establecimiento de bosques (4). Como ya se dijo, el análisis del perfil representativo de estas áreas, ha servido como patrón de comparación para evaluar los efectos del cultivo del algodón sobre los demás suelos.

La topografía de estas áreas va de suavemente ondulada a ondulada, predominando el relieve ondulado con declives hasta del 10 por ciento. En general, se puede decir que estos suelos tienen un grado de erosión casi imperceptible como consecuencia de la vegetación permanente que aún los protege. Presentan texturas arcillosas y franco arcillosas.

Del estudio y análisis de las principales características físicas de los suelos cubiertos con bosques, pastos, algodón y otros cultivos dentro de las clases de capacidad propuestas, se obtuvo la siguiente: la estructura granular mediana moderadamente desarrollada para el primer horizonte y las estructuras moderadas a fuertemente desarrolladas para los horizontes inferiores, es una característica física que resultó muy semejante para los suelos agrupados en las Clases II, III y IV, y para los suelos con bosques y pastos. La consistencia de los suelos cubiertos con bosques es suave en seco y friable en húmedo en el horizonte superior y en los horizontes inferiores es duro en seco y firme en húmedo. Esta misma característica en los demás suelos estudiados es bastante semejante. En general, la consistencia de los suelos se hace más dura en seco en aquellos suelos donde predomina mayor porcentaje de arcilla. El drenaje superficial en las áreas forestales tienen las mismas condiciones que en los demás suelos estudiados (Ver Mapa No. 3), sin embargo, se puede apreciar que la acción de la erosión hídrica causada sobre las vías del drenaje superficial es de grado muy leve en las áreas forestales. Considero que en los suelos cubiertos de bosques y pastos, existe un predominio moderado de los espacios macroporosos y en los suelos donde se ha prolongado excesivamente el cultivo del algodón, los espacios microporosos predominan relativamente sobre los macroporosos, principalmente en las Clases III y IV. Con relación a la capacidad de retención de humedad, ésta resultó baja-mediana para los dos primeros horizontes y alta para el tercer horizonte. Esta capacidad es notoriamente baja en comparación a la capacidad de las áreas cultivadas con algodón y las dedicadas a pastos.

Con relación al contenido de materia orgánica, este es elevado para el primer horizonte y luego varía bruscamente hacia los horizontes inferiores. La misma distribu-

ción inadecuada existe para los suelos que se cultivan con algodón mecánicamente. El contenido de materia orgánica presenta una distribución adecuada solamente para el perfil de los suelos cultivados con pastos.

Del estudio de las principales características químicas se obtuvieron los resultados siguientes: el pH de estos suelos se encuentra un poco más ácido que el de los suelos cultivados con algodón. Estimo posiblemente que por falta de manipuleo mecánico, el moderado contenido de bases que existe en el horizonte superior no se ha lixiviado. Con relación a los principales elementos asimilables, estos se encuentran casi en iguales cantidades que en los demás suelos estudiados, siendo un poco menor el contenido de potasio.

La capacidad total de intercambio resultó moderadamente baja. Al igual que en la mayoría de los suelos cultivados con algodón, la capacidad de intercambio es mayor cuando existe menor cantidad de arcilla y mayor cantidad de materia orgánica. En consecuencia, dicha capacidad es mayor para los primeros horizontes. Se deduce que la capacidad natural de retención de fertilidad es baja para todos los suelos considerados. El contenido de calcio resultó moderadamente bajo comparativamente a las áreas cultivadas con algodón, pastos y otros cultivos. Con respecto al nivel del magnesio intercambiable, éste se encuentra más elevado en las áreas con bosques y pastos. En casi todos los suelos estudiados, el calcio y el magnesio intercambiables no guardan la proporción adecuada de 2:1. El sodio y el potasio intercambiables se encuentran bajos en todos los suelos estudiados. El potasio se encuentra adecuado solamente para los primeros horizontes de los suelos dedicados a pastos y otros cultivos no mecanizados. El porcentaje de saturación de bases y el contenido de hidrógeno intercambiable se encuentra en condiciones muy si-

milares a las de los suelos de las clases de capacidad propuestas.

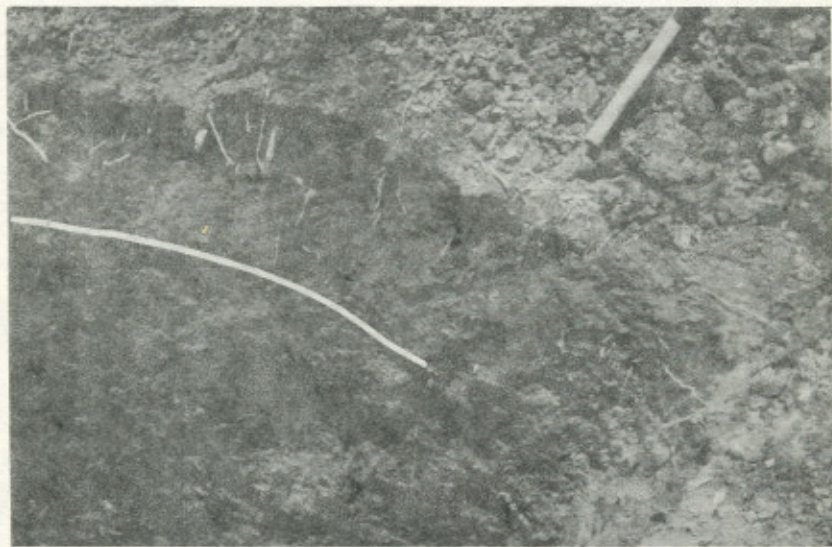
**AEREOFOTOPLANO DE LA ZONA
ESTUDIADA**

Superficie Aproximada: 2657.5 Has.





Fotografía No. 1.—Clase de capacidad de tierra II con algodón. Obsérvese la siembra del algodón en surcos a lo largo de la pendiente.



Fotografía No. 2.—Perfil del suelo típico de la clase de capacidad de tierra II. Suelo cultivado con algodón, puede observarse la concentración de residuos orgánicos en el horizonte "A" (parte superior de línea blanca); sin embargo, el horizonte "B" está casi totalmente desprovisto de estos residuos.



Fotografía No. 3.—Clase de capacidad de tierra III al frente y IV al fondo. Obsérvese los surcos de algodón a lo largo de la pendiente en ambas clases, que ya han producido fuerte erosión por cárcavas en la Clase IV.



Fotografía No. 4.—Vista detallada de la clase de tierra IV con cárcavas de más de 50 centímetros de profundidad. Nótese el horizonte "B" al fondo de la cárcava y los surcos de algodón a lo largo de la pendiente.



Fotografía No. 5.—Clase de capacidad de tierra II en pastos cultivados y naturales. La estructura de estos suelos no ha sido degradada en lo relativo a su tamaño y grado de desarrollo. Se pudo observar cierto grado de compactación ocasionado por el pisoteo del ganado.



Fotografía No. 6.—Vista representativa de las áreas forestales de la zona estudiada. Obsérvese el crecimiento denso y alto de la vegetación.

ILUSTRACIONES Y ANEXOS, CONSULTAR
UNICAMENTE EN TESIS FISICA

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1o. El tipo de estructura de los suelos cultivados con algodón no ha sido variado en relación con los suelos bajo pastos y bosques; sin embargo, el tamaño y grado de desarrollo de la estructura de estos suelos sí se observó que ha variado, encontrándose tamaños más grandes y grados de desarrollo más fuertes. Esta situación está contribuyendo a una más lenta absorción y permeabilidad al agua y al aire.
- 2o. La característica física de la erosión hídrica se ha desarrollado con mayor intensidad sobre los suelos de las clases III y IV. Generalizando se puede decir que la topografía, el tipo de suelo (2), la clase de cultivo, permeabilidad lenta del suelo y la intensidad de las lluvias, son los factores principales que están propiciando el adelgazamiento de los horizontes superiores. Esto trae como consecuencia el arrastre del material orgánico y en algunos casos está inutilizando permanentemente los terrenos para el uso de maquinaria agrícola (cárcavas), principalmente en las áreas que forman las vías del drenaje superficial. (Clase IV).
- 3o. Estimo que en los suelos cultivados con algodón existe predominio de los espacios microporosos sobre los macroporosos. Esto se debe principalmente al manipuleo mecánico continuo del suelo, el cual tiende a aumentar los contenidos de arcilla en los horizontes superiores (eluviación mecánica) y también a compactar el suelo por el uso constante de la maquinaria agrícola. De lo anterior podemos deducir que con el cultivo mencionado se están propiciando condiciones desfavorables para la conductividad hidráulica del suelo y

para la permeabilidad del mismo, principalmente en las Clases III y IV.

- 4o. El contenido de materia orgánica en el horizonte superior de todos los suelos estudiados es alto. Los suelos cultivados con algodón, mantienen contenidos adecuados de materia orgánica, debido principalmente a la incorporación de los residuos de cosechas en forma mecanizada. La aradura e incorporación de los residuos se hace con suficiente tiempo de anticipación a la siembra, lo cual permite una intensa aireación y una acción favorable de la lluvia, factores importantes que contribuyen a iniciar el desdoblamiento del complejo coloidal orgánico. Estimo que estas circunstancias se hacen más favorables en los suelos de las Clases II y III. La disminución brusca de los altos contenidos de materia orgánica de la superficie hacia abajo, posiblemente se deban a un drenaje deficiente y lento del subsuelo. También influye en esto el manipuleo continuo del suelo, el cual tiende a remover los contenidos de arcilla del subsuelo hacia la superficie (iluvitación mecánica) con las consiguientes limitaciones que producen estas arcillas sobre la materia orgánica.
- 5o. La capacidad de retención de humedad se puede considerar alta para todos los suelos cultivados con algodón. En relación a la capacidad de retención de humedad de los suelos cubiertos con bosques, estimo que el mencionado cultivo ha contribuido a elevar dicha capacidad. Debido a que ésta aumentó al aumentar los contenidos de arcilla y disminuir los contenidos de materia orgánica, estimo que dicha capacidad ha sido modificada por el cultivo del algodón, debido al manipuleo mecánico continuo del suelo, el cual tiende a aumentar los contenidos de arcilla de los horizontes

- superiores y a compactar el suelo por el uso constante de maquinaria agrícola.
- 6o. Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio asimilables de los suelos dedicados a pastos y de los que aún conservan vegetación forestal, nos demuestran que los efectos prolongados del cultivo del algodón en estos suelos en lo que se refiere a la extracción de dichos elementos, no ha sido de mayor significancia; sin embargo, se necesita investigar con mayor profundidad estos suelos. Estos suelos se encuentran medianos en nitrógeno, muy bajos en fósforo y adecuados en potasio.
 - 7o. La capacidad total de intercambio estimo que no ha sido alterada significativamente por el cultivo del algodón. Debido al mantenimiento adecuado de los contenidos de materia orgánica en los horizontes superiores, la capacidad de intercambio se ha mantenido dentro de sus niveles naturales. Es decir, que dicho cultivo no ha contribuido a disminuir o aumentar sustancialmente dicha capacidad. Posiblemente esto se deba a la alta capacidad de intercambio catiónico que tiene el complejo coloidal de la materia orgánica en comparación a la baja capacidad de intercambio catiónico que tienen estos minerales de arcilla.
 - 8o. De los efectos del cultivo del algodón sobre el complejo de intercambio catiónico, aparentemente solo se ha modificado significativamente el contenido de magnesio. Los suelos que todavía no se encuentran manipulados mecánicamente (bosques y pastos), presentan mayores contenidos de magnesio intercambiable. El calcio que se encuentra adecuado para la mayoría de los horizontes superiores, aparentemente no ha sido alterado significativamente por la extracción constante

de nutrientes por parte del algodón. Con respecto al potasio intercambiable, estimo que sí ha variado el contenido de los horizontes superiores por efecto del cultivo en cuestión y respecto al sodio intercambiable éste se ha mantenido invariable.

- 9o. De acuerdo con las limitaciones del uso y manejo, y en base a las características de topografía, grado de erosión actual, pH y contenido de materia orgánica y uniformidad de otras características físicas y químicas de los suelos estudiados, así como también de acuerdo con la importancia económica que tiene el continuar con el cultivo en cuestión, estimo que las clases de capacidad II y III pueden seguir siendo explotadas en forma intensiva con el cultivo del algodón, siempre y cuando se planifiquen y lleven a la práctica medidas, sistemas y métodos adecuados de cultivo y conservación de suelos. Esto por supuesto no contradice a que el uso más adecuado de estos suelos debería ser las cubiertas de pastos naturales y artificiales, el reestablecimiento de los bosques maderables de valor económico o el establecimiento de otros cultivos agrícolas económicos que propicien la conservación de los suelos.
- 10o. Gran parte de las áreas clasificadas en la Clase IV no deben continuar explotándose con el cultivo en cuestión, por encontrarse ya dichas áreas bajo las consecuencias graves del proceso de la erosión hídrica, y tener otras características físicas adversas. Esto hace que dichas áreas se clasifiquen como marginales para explotarse con dicho cultivo. Estas áreas deben recuperarse con trabajos especiales y cuidadosos de conservación de suelos, considerando que dichos trabajos puedan resultar incompatibles con el cultivo del algodón.

- 11o. En conclusión, los efectos del cultivo mencionado han sido de mayor significancia sobre algunas de las principales características físicas como son: la erosión hídrica, el espacio macroporoso reducido, la estructura, la capacidad de retención de humedad. Estimo que desde el punto de vista químico, las plantas de algodón propiamente, como extractoras de nutrientes, no están agotando en forma significativa el contenido mineral de estos suelos. Sin embargo, investigaciones posteriores servirán de guías adicionales para el mejor manejo y uso de estos suelos.
- 12o. Si con el cultivo del algodón se está propiciando la erosión hídrica, hasta el punto de inutilizar permanentemente algunas áreas (cárcavas y zanjas), esto se debe esencialmente a las malas labores de cultivos mecanizadas que se practican sin tomar en cuenta los factores esenciales que contribuyen a la erosión hídrica. El algodón es un cultivo que sí puede llegar a empobrecer el suelo, si éste no se usa y maneja adecuadamente.

RECOMENDACIONES

- X 1o. En los suelos de las Clases II y III donde se concluyó que sí puede continuarse con el cultivo anual del algodón, se deberán ejecutar prácticas intensivas de conservación de suelos. Estimo que las prácticas adecuadas a estos suelos pueden resultar suficientes, siendo éstas principalmente la siembra del cultivo en contorno, para lo cual la labranza mecánica del suelo debe también ejecutarse en curvas a nivel. También pueden establecerse barreras vivas, las cuales deben sembrarse en contorno con determinada distancia horizontal y a través de la pendiente. Sería ideal para la

mejor conservación de estos suelos el establecimiento de la rotación de cultivos, la siembra en fajas y la incorporación de abonos verdes.

2o. En los suelos de la Clase III se deben establecer las mismas prácticas culturales y agronómicas mencionadas para la Clase II, completadas con las prácticas mecánicas siguientes: canales de desviación y terrazas de desagüe. Del establecimiento de terrazas resultaría la práctica mecánica más importante y costosa, y su construcción dependería de la pendiente del terreno y otras características físicas del suelo, debiéndose tomar muy en cuenta la intensidad de las lluvias en esta región. Es también muy importante proteger con vegetación permanente de gramíneas u otra adecuada las desembocaduras de los drenajes naturales y los desagües de las obras mecánicas de conservación de suelos a construirse.

3o. Para las áreas de la Clase IV que podrían cultivarse con algodón, las prácticas de conservación de suelos a ejecutarse deben ser las mismas anteriormente citadas, pero en forma más intensiva. La rotación de cultivos, las plantas de cobertura y los abonos verdes, son las prácticas culturales y agronómicas más recomendables. Estas prácticas también deben ser completadas con prácticas mecánicas cuidadosamente seleccionadas. Las demás áreas de la Clase IV que comprenden los suelos más erosionados en zanjas y cárcavas, requieren trabajos especiales de conservación, tales como nivelación de declives, movimiento de tierras para rellenos y represas para su control. El uso más adecuado para estas áreas, será el establecimiento de una vegetación que puede ser pastos o bosques.

4o. En estos suelos las labores mecanizadas de cultivo de-

ben efectuarse con bastante cuidado, para evitar la mezcla de arcilla del subsuelo con los horizontes superiores. Las labores de labranza deben efectuarse cuando las condiciones de humedad sean correctas para no favorecer la compactación y degradación de la estructura.

- ① 50. Es recomendable conservar y proteger las cubiertas de pastos y bosques que aún tienen algunos suelos. Se debe ejercer un control del pastoreo excesivo en aquellos suelos que tienen características físicas muy favorables para el desarrollo del proceso de la erosión hídrica. Las reservas forestales es muy importante conservarlas por motivo de que además de la protección permanente que le brindan al suelo, están protegiendo los diversos recursos hídricos (ríos, lagunas y nacimientos de agua), siendo también fuente de varios productos forestales y albergue de la fauna silvestre.
60. Deben llevarse a cabo estudios más detenidos de suelos en otras áreas de la serie Ixtán-Arcilla, con el objeto de completar la evaluación de los efectos del cultivo del algodón sobre todas las características físicas y químicas de esta serie. En las áreas que se seleccionen para llevar a cabo dichos estudios, deben practicarse muestreos de campo más intensivos, con el objeto de elaborar mapas detallados de suelos y obtener conclusiones más precisas principalmente en el aspecto de las características químicas.
70. Se deben llevar a cabo estudios y demostraciones sobre las prácticas de conservación y manejo de suelos que más convienen a esta zona. Estos trabajos deben ser realizados por el Departamento de Conservación de Suelos. Hasta la fecha no se tiene ningún conocimiento o experiencia sobre cuáles son las prácticas de

- conservación de suelos que dan mejores resultados en esta región.
- 3 8o. Es urgente que el Ministerio de Agricultura emita las disposiciones sobre conservación de suelos, relativas al cultivo del algodón. Estas disposiciones deberán estar de acuerdo con la ley vigente del cultivo en cuestión. Se deben ejercer medidas de carácter legal para hacer que se cumpla con las mismas.

Guatemala, Junio de 1969.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. BLOODWORTH, M.E. Some principles and practices in the irrigation of Texas soils. Texas, Sand M.P. (Boletín 9-37). 'S.F.'
2. EE.UU. de América. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS. Manual de Conservación de Suelos; cultivos que agotan, conservan o rehabilitan el suelo. México, Centro Regional de Ayuda Técnica (AID), 1966. pp. 181-183.
3. HERRARTE M., MANUEL E. Estudio preliminar de las condiciones químicas de fertilidad de los Suelos del Valle de Asunción Mita. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1967. p. 3.
4. KLINGEBIEL, A.A. y MONTGOMERY, P.H. Clasificación por capacidad de uso de las tierras. Trad. de F.J. Valencia. 3a. ed. México, D. F., Abeja, S. A., 1965. p. 7 (Manual No. 210).
5. LOZANO, M.J. Cultivo moderno del algodón; el suelo y sus características físicas. Publicación de Agricultura de las Américas, Kansas City, E.U.A.,
6. MAZARIEGOS ANLEU, FRANCISCO J. Estudio de las constantes físicas de los suelos del Valle de Asunción Mita, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1966. p. 53.
7. MILLAR, C.E., TURK, L.M. y FOTH, H.D. Fundamentos de la ciencia del suelo, materia orgánica del

- suelo. 3a. ed. Trad. por Angel Reinos Füller. Ed. México, D. F. Continental, 1961. pp. 319, 323, 331.
8. OBIOLS DEL CID, R. Clasificación preliminar de climas en la República de Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1966. p. 49.
 9. PERDOMO, RODOLFO. Estudio de la génesis, morfología, propiedades físicas, químicas y mineralógicas, y cartografía de suelos de la Finca Sabana Grande, Escuintla. Guatemala, Universidad de San Carlos e Instituto Geográfico Nacional, 1968. pp. 14, 40, 45.
 10. PERDOMO, RODOLFO. Reconocimiento general de suelos de la finca del Ministerio de Agricultura en las Sabanas, Petén. Guatemala, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, División de Suelos, 1965. p. 32.
 11. SIMMONS, CHARLES S., TÁRANO, JOSÉ M. y PINTO, J. HUMBERTO. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Educación Pública, José de Pineda Ibarra, 1959. pp. 790-791.
 12. STEPHENS, C.G. Reconocimientos edafológicos para la habilitación de tierras. Roma, FAO, 1954. p. 123.
 13. SUÁREZ DE CASTRO, FERNANDO. Conservación de suelos, sistemas de conservación de suelos. Barcelona, Salvat, S.A., 1956. pp. 102-103.

14. VENEZUELA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y -
GRÍA. DIRECCIÓN DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES. Manual del Levantamiento de sue-
los. Traducción del libro "Soil survey manual"
U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 18
por Juan B. Castillo. Caracas, Grafos, 1965. pp.
334, 337, 383.
15. WOODING, R. GILBERT. Los suelos, su origen, cons-
titución y clasificación; materia orgánica del
suelo. 3a. ed. Barcelona, Omega, S. A., 1960.
pp. 189, 199, 201.
16. WORTHEN, E. L., y ALDRICH, S. R. Suelos agríco-
las, su conservación y fertilidad. 5a. ed. Trad.
por José Luis de la Loma. Ed. española. México,
Hispano Americano, 1959. pp. 161, 234.
17. HOLDRIDGE, L. R., LAMB BRUCE y MASON BERTELL.
Los Bosques de Guatemala. INFOP de Guatemala
e IICA, Turrialba, Costa Rica. 1950.

Bo. Bo.

Palmira R. de Quan
Bibliotecaria.

(f) HÉCTOR GONZÁLEZ DÍAZ.

Vo. Bo.

(f) Ing. Agr. Rodolfo Perdomo M.
A s e s o r .

IMPRÍMASE:

(f) Ing. Agr. Julio René Castañeda P.
D e c a n o