

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**"Determinación del Punto Optimo de Humedad
para la Aradura con Arado de Discos de
Remolque en la Finca Bárcenas (I.T.A.),
Villa Nueva, Guatemala".**

TESIS

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

JORGE FELIX RAMOS RODRIGUEZ

al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

en el grado de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, noviembre de 1954
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

04
T(203)
c-3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. ROBERTO VALDEAVELLANO

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Vocal 1o.	— — — —
Vocal 2o.	Dr. Antonio Sandoval
Vocal 3o.	Ing. Sergio Mollinedo
Vocal 4o.	P.A. Carlos Leonardo L.
Vocal 5o.	P.A. Laureano Figueroa Q.
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (E.P.S.)

Decano	Ing. Agr. Carlos F. Estrada
Examinador	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Examinador	Ing. Agr. Baltasar Arévalo
Secretario	Ing. Agr. Oswaldo Porres G.

Guatemala, 19 de octubre de 1976.

Ingeniero
Rodolfo Estrada
Decano de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala,
Ciudad.

Señor Decano:

Por resolución de su despacho, asesoré el trabajo que sobre Mecanización Agrícola: "Determinación del Punto Optimo de Humedad para la Aradura con Arado de Discos", preparó el Bachiller Jorge Félix Ramos Rodríguez, para presentarlo como tesis para su examen de graduación profesional.

El trabajo realizado por el Bachiller Ramos Rodríguez, lo considero de gran importancia para el desarrollo agrícola del país, por tratarse de un tema de actualidad con proyección a la economía del sector agrícola, al sustituir sistemas tradicionales por el uso de equipo especializado.

Por lo anteriormente expuesto, me es grato recomendar a usted, tenga a bien aceptar el trabajo de tesis referido, para el fin al principio señalado.

Del señor Decano con toda consideración y aprecio, atento servidor.

Oswaldo Porres G.
Ingeniero Agrónomo

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, tengo el honor de someter a vuestro criterio, el Trabajo de Tesis intitulado:

*“DETERMINACION DEL PUNTO OPTIMO DE HUMEDAD
PARA LA ARADURA CON ARADO DE DISCOS DE
REMOLQUE EN LA FINCA BARCENAS (I.T.A.),
VILLA NUEVA, GUATEMALA”*

Esperando que el presente trabajo sea una contribución al mejor uso de la Maquinaria Agrícola y a la buena conservación de los suelos agrícolas. Al mismo tiempo, espero que sea merecedor de vuestra aceptación.

Atentamente,

Jorge Félix Ramos Rodríguez

IMPRIMASE:

Ing. Agr. RODOLFO ESTRADA
Decano de la Facultad de Agronomía

AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi agradecimiento:

A mi asesor

Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda

A mis consultores

Ing. Agr. Edgar L. Ibarra

P. Agr. Rafael Antonio de León

Por su valiosa colaboración al realizar acertadamente
este trabajo.

Al

Instituto Técnico de Agricultura

Por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo
de investigación.

DEDICO ESTE ACTO

A MI PADRE:

Manuel de Jesús Ramos Meza

A MI MADRE:

Cristina Rodríguez de Ramos

A MIS HERMANOS:

Manuel A. Ramos R.

Christabel Ramos R.

DEDICO ESTA TESIS

A MI ESPOSA:

María Evangelina

A MI HIJO:

Julio Ricardo

A MI HIJA:

Christabel

A LA

*Facultad de Agronomía de la Universidad
de San Carlos de Guatemala*

AL

Municipio de San Jerónimo Verapaz.

CONTENIDO

Presentación

Agradecimiento

Dedicatoria

	Pág.
I. Introducción	15
II. Revisión de Literatura	17
III. Materiales y Métodos	24
RESULTADOS	27
IV. Discusión de Resultados	46
V. Conclusiones	49
VI. Recomendaciones	51
Bibliografía	55

I. — INTRODUCCION

Uno de los principales problemas en la preparación de los suelos agrícolas, lo constituye la humedad que éstos posean al momento de hacer la labranza de los mismos. Esta humedad, debe estar en un porcentaje adecuado para que la resistencia y adherencia que el suelo pone al tiro del implemento sean bajas, y tanto el suelo como la maquinaria se conserven en buenas condiciones; sin embargo, este aspecto es considerado pocas veces por los agricultores u operarios de la maquinaria y consecuentemente, el resultado es la mala preparación de los suelos, el desgaste prematuro de la maquinaria, las pérdidas de tiempo, los bajos rendimientos, los altos costos de operación, etc. La mala preparación del suelo se origina por una aradura deficiente, ésta será cuando el suelo está o muy seco o muy húmedo; si el suelo está muy seco, la resistencia a la penetración del arado es excesivamente alta y en consecuencia, la labor será superficial quedando el terreno con mucho terrón y el equipo sufrirá mucho desgaste. Por el contrario, si la humedad está excesivamente alta, la resistencia a la penetración del arado baja considerablemente al extremo de favorecer en exceso la profundización de éste, dejando una labor pastosa; esa alta penetración del apero aumenta la resistencia al tiro y al estar la superficie del suelo muy húmeda, el tractor tendrá poca adherencia al suelo con lo que producirá un alto patinaje. El desgaste prematuro de la maquinaria, es consecuencia del uso inadecuado, pues trabajando en condiciones de baja o alta humedad del suelo, la maquinaria se ve obligada a trabajar en condiciones difíciles y se le fuerza, ocasionando por lo tanto, un desgaste extra en el tractor y en el apero; lo contrario sucede en condiciones óptimas de humedad en donde la labor de aradura es buena y el desgaste del equipo es el normal. Es aquí donde las pérdidas de tiempo se incrementan, pues al trabajar en condiciones de baja humedad, la labor es superficial y se trata de profundizar el arado, recurriendo a quitarle un cuerpo con todo y disco y, poniéndolo en la parte superior del arado para que sirva de peso, perdiendo tiempo en colocarlo y en consecuencia el ancho de corte o labor se reduce, y habrá que emplear mayor tiempo en terminar el trabajo de aradura. Trabajando en con-

diciones muy húmedas existe por consecuencia un excesivo patinaje, y muchas veces se atascan, los discos se llenan de tierra debido a la alta adherencia del suelo cuando está húmedo, perdiendo valioso tiempo a la vez que se deja mal preparado el terreno.

En consecuencia de lo anterior, los rendimientos son bajos ya que los tiempos perdidos aumentan, la operación de la aradura se realiza en mayor tiempo y el rendimiento es muy bajo. Por el contrario, cuando la humedad es adecuada la labor de aradura se hace en menor tiempo, quedando ésta bien hecha y siendo los rendimientos altos. Cuando se emplean en condiciones anormales, es decir, con baja o alta humedad, los costos de operación aumentan; ya que se emplea principalmente más combustible, aceites y grasas, pago adicional al operario debido a que utiliza más del tiempo necesario del que se llevaría en condiciones normales.

La humedad, entonces, provee al suelo una mayor o menor resistencia y adherencia, dependiendo del porcentaje que éste posea. A mayor contenido de agua en el suelo, la resistencia es menor pero la adherencia mayor, a menor contenido de agua la resistencia aumenta pero la adherencia disminuye; debe existir entonces, un cruce de estos dos factores en donde resistencia y adherencia sean adecuadas a la labranza, encontrándose ese porcentaje óptimo de humedad. La labranza será adecuada entonces para proveer una buena cama, donde además de otras prácticas, más tarde se colocará la semilla; es aquí donde principia el futuro éxito de la cosecha. Por tal motivo y por medio de un estudio cuidadoso y adecuado, se podrá encontrar ese punto óptimo de humedad en el suelo, en cuyo momento deberá hacerse la labor de aradura.

Fue necesario por lo tanto, hacer la presente investigación, sobre todo en Guatemala, por no haberse efectuado estudios de tal naturaleza en forma sistematizada y técnica. Esto es importante, dada la magnitud actual del empleo de la maquinaria agrícola, principalmente en regiones dedicadas a la agricultura; para poder así, posteriormente, poner en manos de los agricultores y operarios de maquinaria agrícola, los conocimientos básicos para encontrar ese punto óptimo de aradura y hacer más económica y eficiente esta labor.

El objetivo principal de esta investigación consistió en determinar el punto óptimo de humedad para efectuar la operación de aradura en los suelos de cultivo y efectuarla en épocas oportunas.

Otro objetivo del estudio fue proporcionar información útil para tecnificar el empleo de la maquinaria agrícola, contribuyendo con ello a que se haga un buen uso de la misma, dando como resultado un manejo adecuado de los suelos, principalmente en la práctica de la aradura.

II. — REVISION DE LITERATURA

Las máquinas de labranza tienen por finalidad construir la mejor estructura del suelo para favorecer la vida de las plantas, en cuya arquitectura se amplía el ambiente para que gocen de mayor capacidad los elementos del aire, agua, nutrientes del suelo, y puedan ser utilizados por las plantas de cultivo en la mejor forma.¹

En los países en desarrollo está cada vez más extendida la opinión expresada frecuentemente por los delegados en las conferencias de la FAO, de que cuando la mecanización agrícola pueda desarrollarse para hacer que contribuya al progreso económico general de un país, serán mayores las probabilidades de éxito, si el empleo técnico de ésta se extiende a más de una población.²

Es importante entonces, arar bien si se quiere preparar el suelo debidamente para la siembra. Un buen trabajo de aradura:

- Pone la superficie del suelo en condiciones de absorber la humedad con rapidez;
- Aumenta la capacidad del suelo para retener la humedad;
- Evita la erosión causada por el viento y el agua;
- Mezcla los fertilizantes y los residuos de plantas en la tierra, aumentando así su fertilidad;
- Destruye los insectos nocivos y evita los daños que causan;
- Mejora la estructura del suelo y proporciona una mejor superficie para la siembra;
- Aumenta la capacidad productiva del suelo;
- Facilita las operaciones posteriores;
- Propicia un mayor desarrollo en las raíces.³

Para obtener los factores anteriores es importante tener correctamente ajustado el arado:

- Un arado incorrectamente ajustado no puede lograr estos resultados;

- Un arado incorrectamente ajustado se desgasta más rápidamente, y sus partes pueden romperse con mayor frecuencia;
- Las puntas de las rejas o los discos también se desgastan con mayor rapidez;
- Los cojinetes de las ruedas y los discos también se desgastan más y las ruedas están propensas a sobrecargarse;
- El mecanismo hidráulico del tractor también sufre más desgaste;
- El ajuste correcto del arado, es una buena medida preventiva para mantenerlo en buenas condiciones.

Los arados y el trabajo de arada. Elección del arado:

- El tamaño del tractor es un factor importante que debe de considerarse al hacer la selección del tamaño del arado;
- El tamaño del arado es determinado por el número de discos o vertederas, también es determinado por el diámetro de los discos y el ancho de corte, tanto en el arado de discos como en el de vertederas.

Tipos de arados para tractor:

- Arados remolcados, tanto de discos como de vertederas, son usados con más frecuencia en los tamaños más grandes. Los controles de estos arados generalmente están en el mismo arado, excepto cuando el tractor está acondicionado con un sistema de levante hidráulico, en cuyo caso los controles se encuentran en el tractor;
- A los arados remolcados por tractor, se les denomina arados de tiro. Estas unidades constan de un bastidor que sostiene las diferentes partes del arado, bastidor que por lo general está sostenido totalmente por 3 ruedas. Una desurcadora o costanera, generalmente tiene una ligera convergencia hacia la tierra no arada lo cual le permite sostener en posición la parte delantera del arado; en cambio, la trasera tiene cierta divergencia o separación que sirve para contrarrestar la presión ejercida por los prismas de tierra sobre el arado. La rueda costanera, puede ajustarse para hacerla correr en línea recta.⁶
- Los arados integrales, es decir, acoplados al tractor, se usan generalmente en los tamaños más pequeños, o sean los de 1, 2 y 3 discos o vertederas (se pueden usar hasta de

4 ó 5 con sistemas hidráulicos en los tractores más potentes), los tamaños más grandes de arados se cargan sobre los brazos de tensión del tractor cuando se alzan;

- Los arados de ida y vuelta, llamados también reversibles, se usan para roturar y nivelar suelos irrigados y se recomiendan para suelos con pendientes.

Arados de discos y vertederas:

Arado de vertedera: Consta principalmente de reja, vertedera, costanera o dental, talón, paleta o cama, timón, cuchilla o rueda de corte.

El arado de vertedera consiste en dos superficies distintas que forman una cuña de aspecto irregular.

Uno de los lados o fondo de esa cuña, es más o menos abierto y recto, mientras que el lado superior tiene una superficie curva que levanta prismas de suelo y los arroja a un lado, a una distancia equivalente a la anchura de un arado.

Estas fajas que el arado levanta y arroja hacia un lado, son los prismas de tierra, y el espacio o zanja dejado después de que el prisma ha sido levantado es el surco. La profundidad y anchura de éste, depende del tamaño del arado.

Las compañías manufactureras de maquinaria agrícola fabrican arados de vertedera de formas diferentes, que permiten su adaptación a los diversos tipos de suelos. Hay arados cuya curvatura es muy pequeña, y son adaptables para roturar praderas. Existen otros cuya curvatura es bastante pronunciada especialmente hacia la parte superior y trasera de la vertedera, y son más apropiados para suelos franco-arenosos. Por último, hay algunos arados cuya superficie es medianamente curva y se les denomina de propósito general, porque pueden utilizarse satisfactoriamente en muchos suelos de tipos diferentes.⁶

Los arados de vertedera cubren la hojarasca y residuos completamente, y pueden preparar mejor el suelo para la siembra; pero, tienen que estar en muy buenas condiciones de funcionamiento y estar bien ajustados para rendir buenos resultados, así como los suelos deben estar perfectamente habilitados a la labranza.

Ajuste del arado de vertedera:

- Los puntos de unión de la reja y costanera deben de quedar

parejos, pues si la unión es dispareja, la tierra no se despegará de la costanera.

- El gancho de resorte del mecanismo alzador, deberá mantenerse en tensión para que obligue a mantenerse en su sitio a la palanca alzadora.
- El timón con cuchilla circular deberá quedar separado de la punta de la reja en línea con la misma $1\frac{1}{2}$ (3.8 cm.).
- Tornillo para regular la altura del talón de la costanera; al apretar el tornillo el arado sube, al aflojar el arado baja.
- El timón con vertedera deberá quedar 19 mm. (3.4"), separada de la cuchilla circular.⁷

Los arados de discos:

Los arados de discos pueden usarse cuando las condiciones son tales, que el arado de vertedera no puede penetrar el suelo, ya sea debido a la dureza del terreno, a su sequedad, a que tenga muchas piedras, o a que sea muy plástico o pegajoso; los arados de discos funcionan aun cuando estén muy mal ajustados.

La parte de los arados de discos que voltea el suelo, consiste en una pieza redonda de acero de alto carbono de forma acopada. El diámetro o tamaño de los discos varía de 57 a 97 cm. (22.5" a 38"), pero el tamaño más popular es de 60 a 70 cm. (23.5"). Los discos van montados en un soporte suspendido de un fuerte bastidor y giran al ser arrastrados hacia adelante. Los arados más modernos tienen cojinetes de bolas o de rodillos para facilitar el movimiento de los discos y evitar el desgaste causado por la fricción de las piezas. El soporte está construido en tal forma que el borde cortante de los discos puede ajustarse en grado mayor o menor, horizontalmente para cortar suelos secos y duros, y verticalmente para los suelos francos cuya penetración es menos difícil. Al igual que los arados de vertedera, los discos están fabricados para utilizarse a remolque o montados en el tractor.

Como los arados de discos se emplean con mayor frecuencia para romper suelos secos y duros, su construcción es más fuerte y pesada, con el objeto de que resistan mayor tensión y para dar mayor peso a la fuerza de penetración en la tierra. Las ruedas surcadoras posteriores, generalmente llevan un lastre adicional para impedir que se salgan del surco por la presión de los prismas de tierra sobre los discos.

Cuando el suelo es excesivamente duro, a los arados se les puede agregar lastre de sacos llenos de tierra, rocas, piedras o trozos de hierro.⁶

Partes del arado de discos:

- Disco, masa del disco, portadiscos, limpiadores de los discos, sostenes de los limpiadores; partes del bastidor: enganche, rueda delantera de surco, rueda de tierra, mecanismo de levante, resortes del alzador, control de profundidad y control de nivelación, rueda delantera de surco, enganche normal a la barra de tiro.

Ajuste del arado de discos:

- El ángulo de corte de los discos debe modificarse cuando se aran suelos muy duros y suelos muy blandos.
- Los tornillos para dar tensión a los resortes alzadores, deben de apretarse si se notara que la rueda de tierra se desliza y que el mecanismo alzador no acciona bien; a estos resortes, debe dárseles la misma tensión con los 4 tornillos; para modificar el ángulo del timón, sirve el tornillo superior y para esta operación, deberán de aflojarse los pernos que sujetan el timón principal.⁷

Tanto en los arados de vertedera como en el arado de discos, la lubricación es uno de los puntos más importantes. Para conservar estos arados, lubríquense en forma abundante cada cuatro horas de trabajo, use lubricantes de buena calidad, esto ahorrará dinero en repuestos y conservará estas herramientas en buenas condiciones. Al terminar la tarea de arada, limpie los discos y vertederas, y cúbranse con una capa de grasa.⁷

Los arados de discos de mayor diámetro se usan para suelos arenosos, con hojarasca o hierbas. Los de menor diámetro se usan para suelos duros.

- Concavidad: se le llama concavidad al "fondo" del disco y ésta depende principalmente del diámetro, ya que entre más grande sea corresponderá mayor cavidad. Los discos de menor concavidad tienen mayor penetración, la concavidad suele ser de 8.57 a 11.43 cms.
- Filo: el de biselado ancho en la parte exterior, penetra menos, pero se mantiene afilado durante más tiempo. El de biselado angosto en la parte interior tiene mayor penetración, pero pierde su filo con mayor facilidad.

Graduación del arado de disco de remolque:

El punto de resistencia de cada disco se encuentra un poco abajo de la superficie del surco y un poco hacia la izquierda del centro del disco.

Colocar el tractor en posición de funcionamiento con la rueda trasera derecha en el surco.

- Enganchar el arado al tractor, haciendo avanzar a la máquina lo suficiente para que el arado quede alineado detrás del tractor, medir el ancho de corte del disco delantero.
- Si el disco delantero corta menos que los otros discos, se mueve hacia la derecha el enganche del frente del arado. Si por el contrario, corta más, el enganche se mueve hacia la izquierda: con un ajuste correcto el disco delantero debe cortar el mismo ancho que los demás discos.
- Una vez que el disco delantero da un corte del ancho deseado y el tractor esté colocado correctamente en el surco, se pasa un cordón desde el centro de tiro del tractor, hasta el centro de resistencia del arado, se colocan las barras de tiro y de enganche sobre esta línea de tiro, para disminuir los efectos del tiro lateral.
- Se ajusta el brazo guía de la rueda de surco delantera para que la rueda camine paralela al surco o con una ligera desviación hacia adentro.

Angulación de los discos o ángulo de incidencia o penetración:

Los discos pueden desplazarse en forma vertical sobre el timón o el propio timón puede angularse en varias posiciones distintas. La mayoría de las diferentes marcas de arados, traen tres posiciones que pueden denominarse como vertical, intermedia y horizontal. Cada posición debe de utilizarse para las condiciones en que se encuentra el suelo; ya que, cuando se emplea incorrectamente, puede suceder que no penetre el arado o que el tiro aumente considerablemente. El ángulo de incidencia varía de 15 a 25 grados y se determina por la línea vertical y la cara del disco.

La mayoría de los manuales del operador, recomienda se utilice la posición vertical a 15 grados para los suelos duros secos. En esta posición, el disco se encuentra casi vertical

pudiendo así, penetrar más fácil. En algunas ocasiones al trabajar suelos arcillosos secos, los arados no penetran al suelo aun en la posición vertical, desplazándose hacia la izquierda por el mismo efecto de rotación de los discos, en éstos casos, debe añadirse peso para evitar que se deslice. Con esta posición, se obtiene mayor penetración, pero menos volteo.

Cuando se trabaja un terreno que está a punto de arar, es decir, que la humedad es la ideal para esta operación, la posición de los discos recomendada es la intermedia o sea de 20 grados. La posición horizontal se utiliza para los suelos húmedos o sueltos; en los primeros, los discos por formar un ángulo con respecto al suelo tienden a cortarlo aunque a menor profundidad. En los suelos arenosos o sueltos es indispensable evitar una mayor penetración, ya que se requerirá mayor potencia.

Por medio de este ángulo, el arado penetra menos siendo el volteo de tierra mayor que en las posiciones anteriores. Cuando se utiliza la posición vertical o intermedia en un suelo arcilloso húmedo, la tierra se pega al disco o la misma consistencia al suelo evita un corte del mismo, dando casi siempre por resultado un desplazamiento lateral izquierdo.⁸

Ajuste del limpiador del disco:

- El filo del limpiador debe de estar a una distancia de 1/8" de la superficie del disco.
- El limpiador debe de levantarse para lograr una mejor pulverización del suelo.

DESCRIPCION DE LOS SUELOS DE BARCENAS

- I. Suelos de la altiplanicie central: La sección de la altiplanicie central constituye más del 90% del área del departamento de Guatemala, se caracteriza por pendientes escarpadas con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados. Casi todos los suelos son poco profundos y no se adaptan a la producción de cultivos limpios intensivos. Como gran parte del área se ha usado para la producción de maíz y otros productos con métodos de cultivo rudimentarios, se ha desarrollado una erosión seria.
- IB. En el subgrupo B, suelos profundos sobre materiales volcánicos a mediana altitud, están los suelos Cauqué, Guatemala y Morán; difieren principalmente en su elevación

y en el relieve. Todos se han desarrollado sobre ceniza volcánica pomácea, débilmente cementada. Están bien adaptados a la producción de productos alimenticios y forrajes.⁴

La estructura es una de las características de mayor importancia. Se refiere a la forma como se unen y ordenan las partículas primarias del suelo (arena-limo-arcilla), y determina en gran parte la facilidad para trabajar los terrenos, la permeabilidad de éstos al agua y su resistencia a la erosión, lo mismo que las condiciones que ofrecen para el crecimiento de las raíces de las plantas. Los suelos con mala estructura son siempre de baja productividad.

Generalmente, es más difícil mejorar la estructura que la fertilidad de un terreno. Por medio de un manejo inapropiado, pueden en cambio destruirse con relativa rapidez las buenas condiciones estructurales. La arada de algunos terrenos cuando están muy secos o muy húmedos, puede causar este perjuicio por un lapso más o menos largo; el crecimiento continuado de algunas plantas, tales como el sorgo, produce un efecto similar, en tanto que las leguminosas son benéficas, pues propician la formación de migajones y gránulos que constituyen la estructura más adecuada.⁵

ANALISIS MECANICO DE SUELOS

INTERESADO: Jorge F. Ramos

PROCEDENCIA: Bárcena

No. de Ingreso	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural
88	40.36	26.28	33.36	Franco-Arcilloso
89	38.36	27.28	34.36	Franco-Arcilloso

III. - MATERIALES Y METODOS

MATERIALES:

1. Tractor Steyer 280 AZ 88 HP - 57.2 HP en la barra de tiro;
2. Arado de cinco discos estándar de remolque;

3. Medidor de resistencia a la penetración (penetrómetro);
4. Medidor de la resistencia al tiro (tensiómetro);
5. Estacas para medir los lotes de trabajo del diseño;
6. Pita para medir los lotes;
7. Cinta métrica para medir los lotes y el patinaje;
8. Cronómetro para medir tiempo;
9. Varillas de metal para marcar distancias;
10. Barreta pequeña para muestrear;
11. Frascos para recoger las muestras de suelo;
12. Balanza para pesar las muestras;
13. Equipo de laboratorio para determinar la humedad del suelo.

MÉTODOS

En el campo:

Antes de iniciar los trabajos en los lotes, se procedió a graduar el arado, se midió el ancho de corte del primer disco y también los cuatro restantes; el disco delantero tenía que cortar igual que los demás, de lo contrario el enganche delantero del arado se tenía que mover a la izquierda si cortaba más o a la derecha si cortaba menos que los demás discos, hasta que cortara igual que ellos. Lo permitido en cuanto a diferencia de corte es de 3 cms. más o menos del primer disco respecto de los demás discos. Al estar ya el primer disco cortando igual ancho de corte, se procedió a graduar las posiciones vertical y horizontal del arado, por medio de palancas ubicadas en el mismo arado; bien nivelado el arado, los cinco discos tienen que voltear la misma cantidad de tierra y a la misma profundidad de corte.

Realizadas estas dos operaciones, se llevó el tractor con el arado al lote correspondiente y hacer los pasos establecidos.

Pasos:

1er. paso: Se pasó el arado una vez, para dejar surco abierto;

- 2o. paso: Se graduó el arado horizontalmente en el nuevo surco;
- 3er. paso: Se midió la resistencia a la penetración, se introdujo la púa dinamométrica (penetrómetro) en el suelo, y en una tarjeta previamente colocada en el aparato registraba dicha resistencia;
- 4o. paso: Se midió el ancho de corte en la parte central y abajo del tractor en el filo del surco se midieron tres metros de tierra no trabajada y se marcó con una varilla de metal, se pasó el arado y nuevamente se midió del filo del nuevo surco hacia la varilla y la diferencia fue el ancho que cortaban en ese momento los cinco discos;
- 5o. paso: Se midió el porcentaje de patinaje, se hizo una seña a la rueda derecha de atrás y se contaron tres vueltas de la misma y se procedió a medir la distancia recorrida por el tractor con el arado sin trabajar, luego se repitió la operación pero esta vez con el arado trabajando y se midió el porcentaje de patinaje que sale de la fórmula siguiente:

$$\frac{A - B}{A} \times 100$$

A es igual a distancia sin trabajar, B igual a distancia trabajada;

- 6o. paso: Se midió la velocidad, desde el momento en que el arado en posición de trabajo y el tractor en movimiento hasta que el último disco pasó el límite del lote, se midió el tiempo necesario para recorrerlo. Se hizo dos veces para obtener un promedio de velocidad;
- 7o. paso: Se midió la resistencia al tiro, se colocó el tensiómetro entre el arado y el enganche del tractor, y durante el trabajo del arado se registró en el reloj del aparato la resistencia al tiro;
- 8o. paso: Se midió la profundidad de corte con una regla en forma horizontal y al fondo del surco. Estos datos, se efectuaron y anotaron en cada tratamiento.

DISEÑO EXPERIMENTAL
BLOQUES AL AZAR

6
5
1
7
3
8
4
2

I

4
3
8
2
1
6
7
5

II

7
2
6
4
8
5
3
1

III

5
4
7
3
6
1
2
8

IV

CUADRO No. 1

VALORES MEDIOS DE LAS VARIABLES QUE SE INDICAN							
Tratamiento	% de humedad	Resistencia a la penetración	% de patinaje	Profundidad de corte	Resistencia al tiro	Velocidad	Ancho de labor
	%	Kg./cm ²	%	Pulgadas	Kg.	Mts./Seg.	Mts.
1	5.0 - 7.5	25.00	6.13	3.65	550	13.74	1.28
2	7.6 - 10.1	24.50	17.53	3.95	500	12.51	1.28
3	10.2 - 12.7	23.13	19.32	4.80	480	14.37	1.23
4	12.8 - 15.3	8.75	22.76	7.25	420	13.46	1.18
5	15.4 - 17.9	8.13	21.65	8.50	350	12.99	1.13
6	18.0 - 20.5	8.63	24.39	8.63	395	13.70	1.13
7	20.6 - 23.1	9.00	21.90	8.50	270	11.81	1.18
8	23.2 - 25.7	9.25	25.67	8.00	447	15.37	1.13
Minima Diferencia Significativa M.D.S.		+ — 1.27	+ — 0.38	+ — 0.73	+ — 2.74	+ — 0.29	

IV. — RESULTADOS

CUADRO No. 2

COMPONENTES DE VARIANZA DE LAS VARIABLES QUE SE INDICAN						
Fuente	Grados de libertad	Resistencia al corte (X_1)	% de patinaje (X_2)	Profundidad de corte (X_3)	Resistencia al tiro (X_4)	Velocidad (X_5)
Total	31					
Repeticiones	3	0.51	0.67	0.15	19.79	0.23
Tratamientos	7	257.52**	151.14**	18.65**	31620.98**	4.83**
Error	21	3.24	0.29	0.06	15.03	0.17
** Diferencia Significativo 0.01						

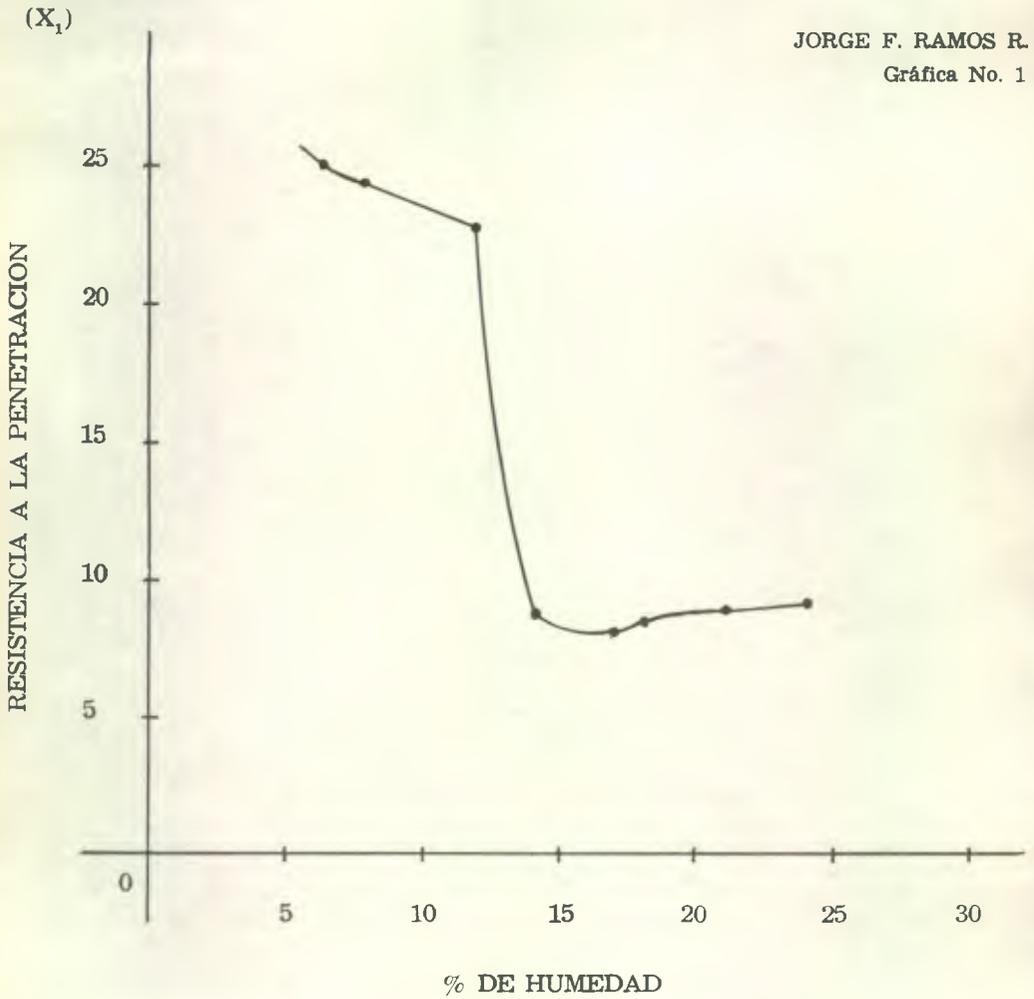
CUADRO No. 3
COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE PARES DE VARIABLES

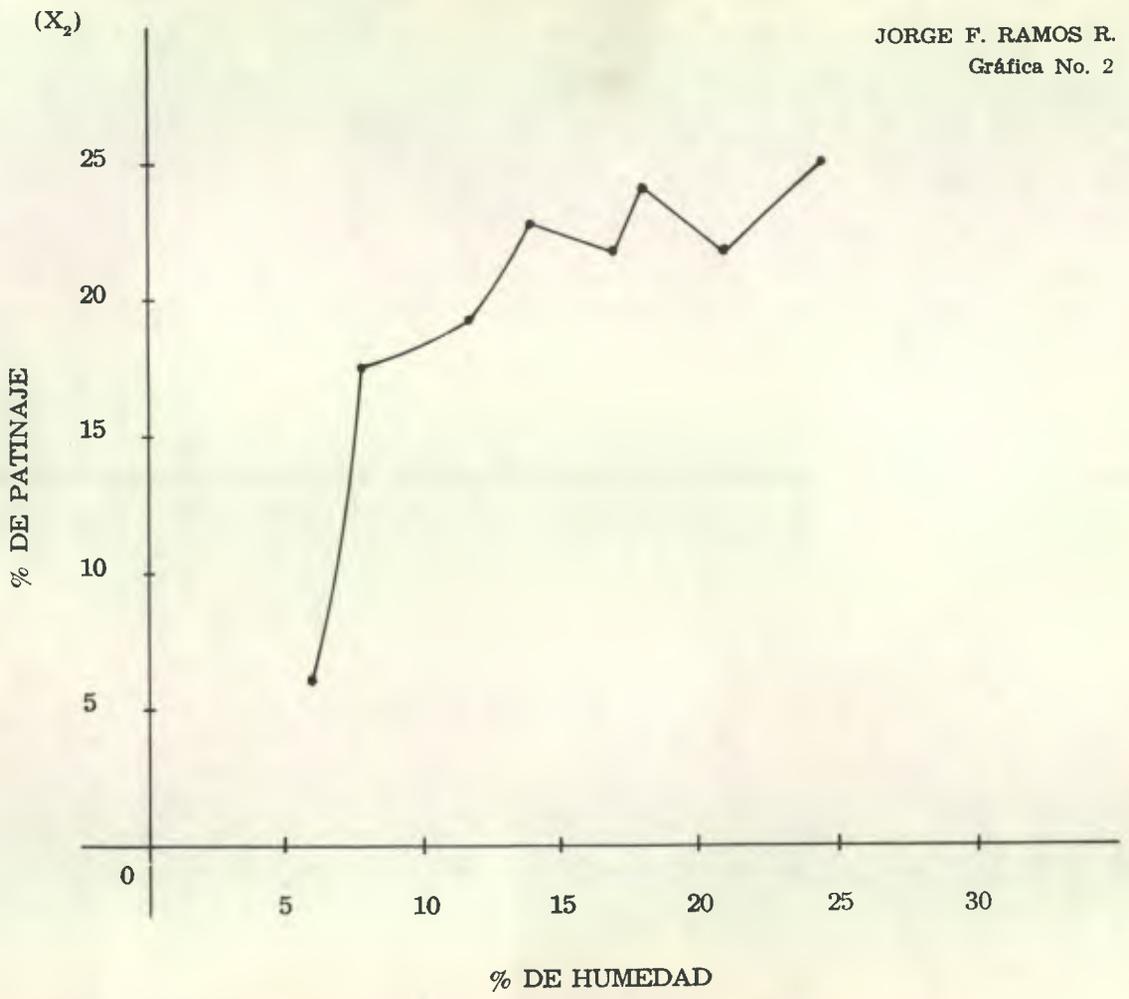
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1		0.62	- 0.86 *	0.86 *	0.26	0.84 *
X_2			0.73 *	- 0.57	0.21	- 0.77 *
X_3				- 0.89 *	- 0.21	- 0.80 *
X_4					0.48	0.73 *
X_5						- 0.10

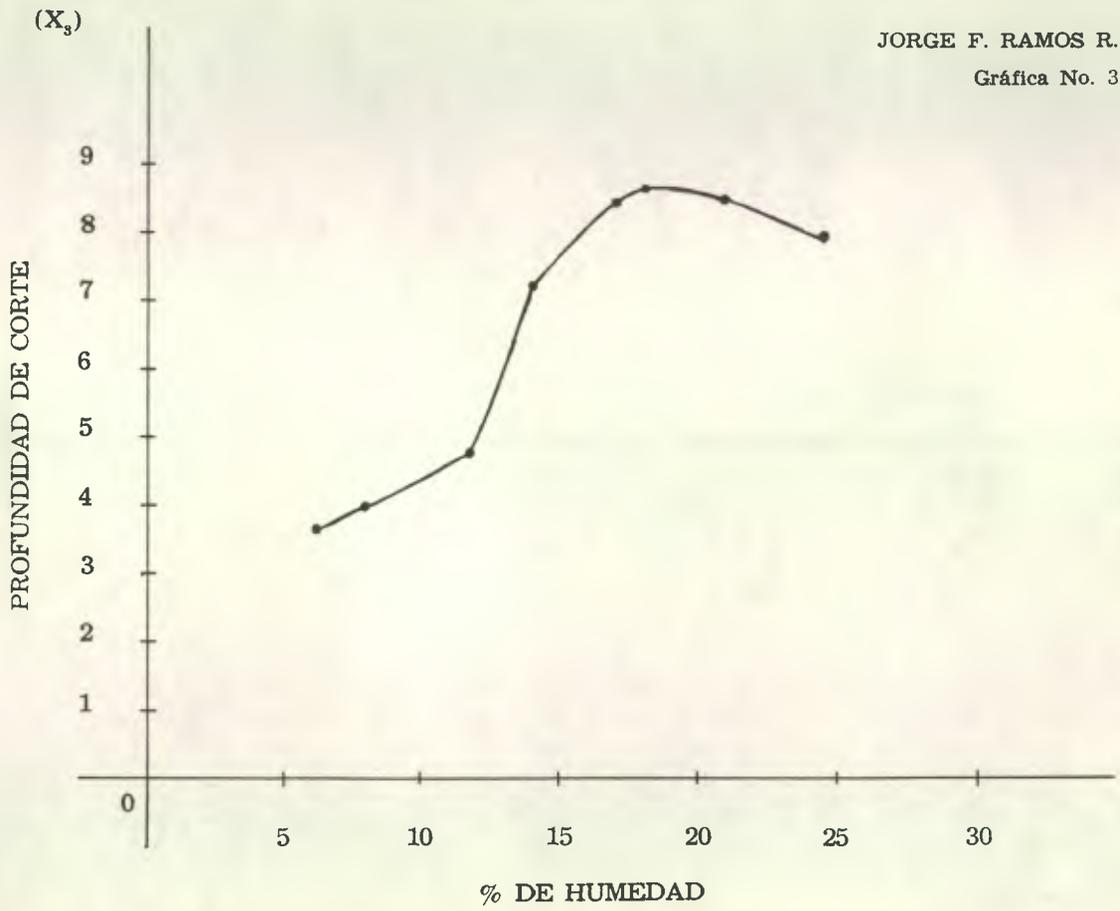
* Correlación significativa.

JORGE F. RAMOS R.

Gráfica No. 1

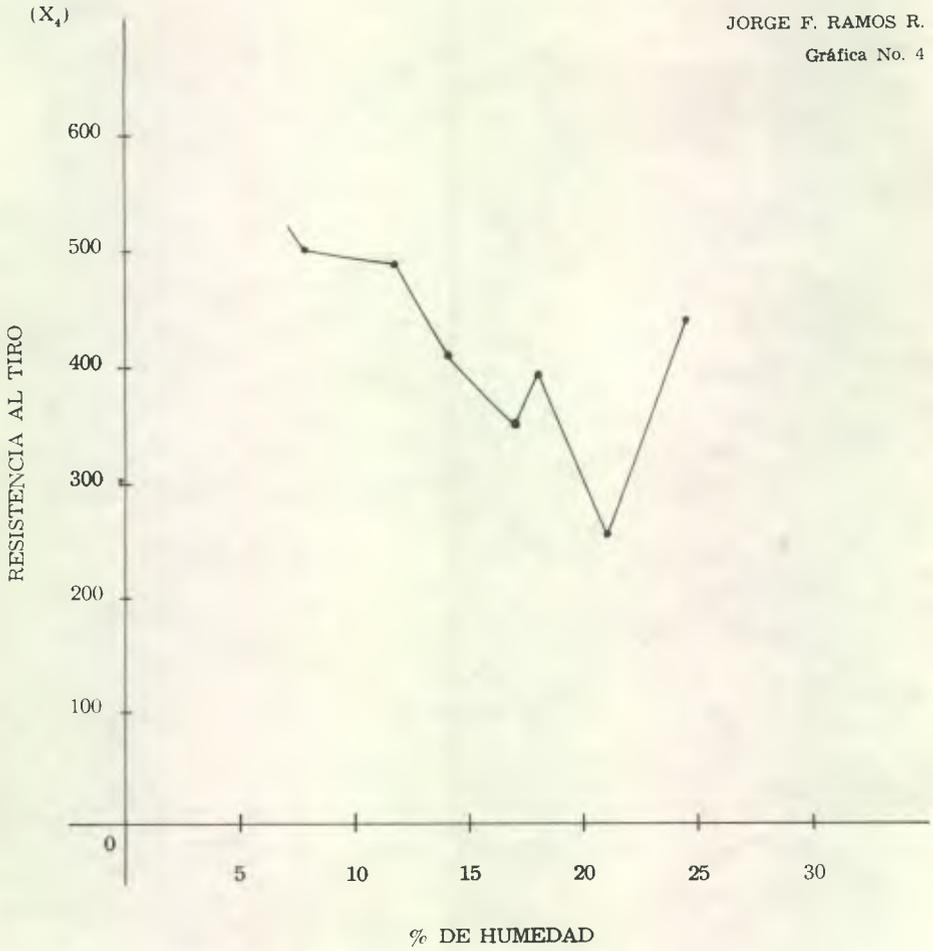


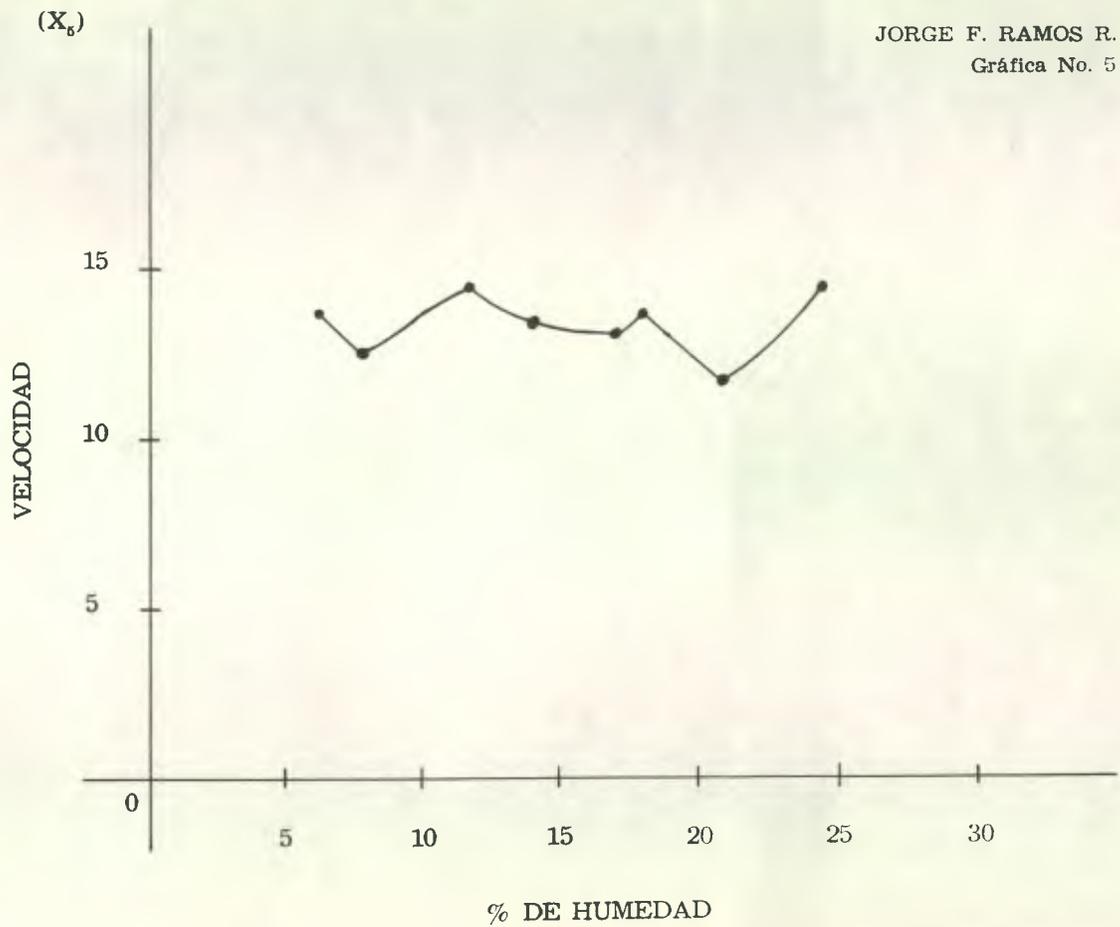




JORGE F. RAMOS R.

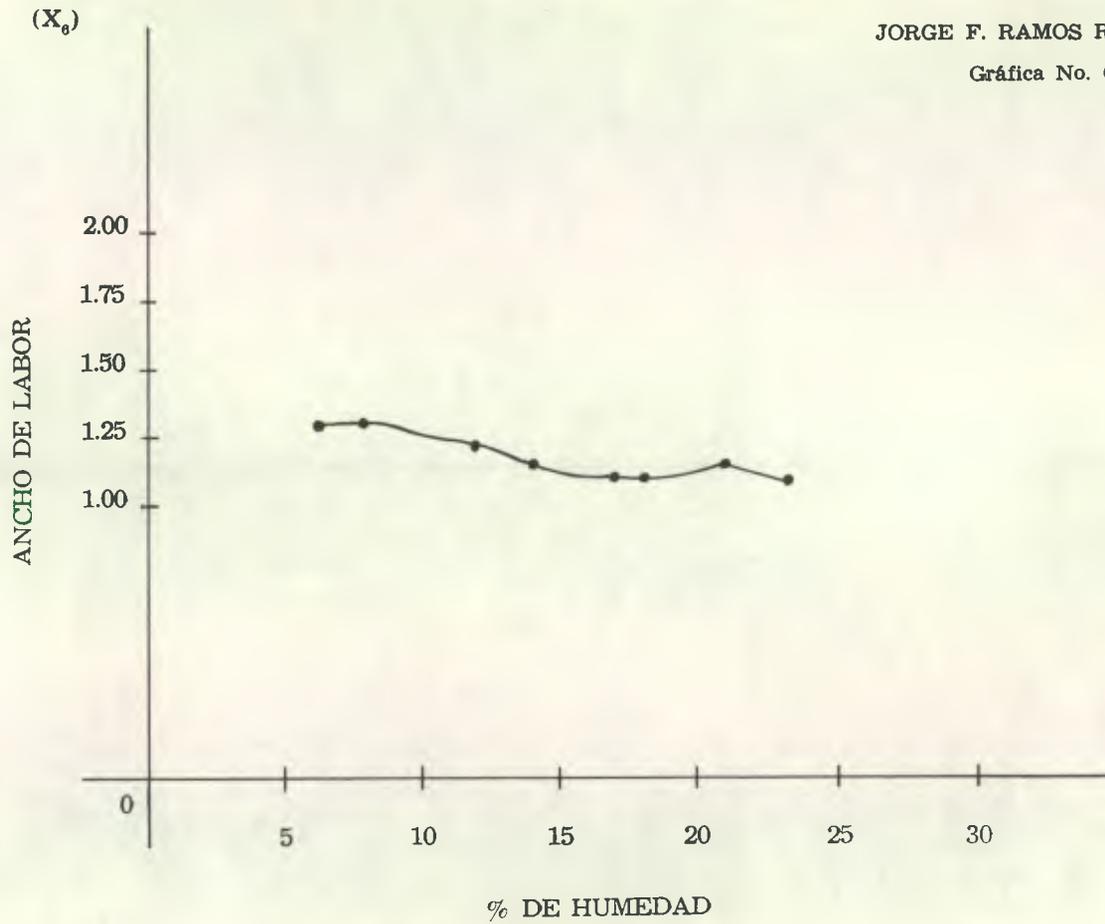
Gráfica No. 4

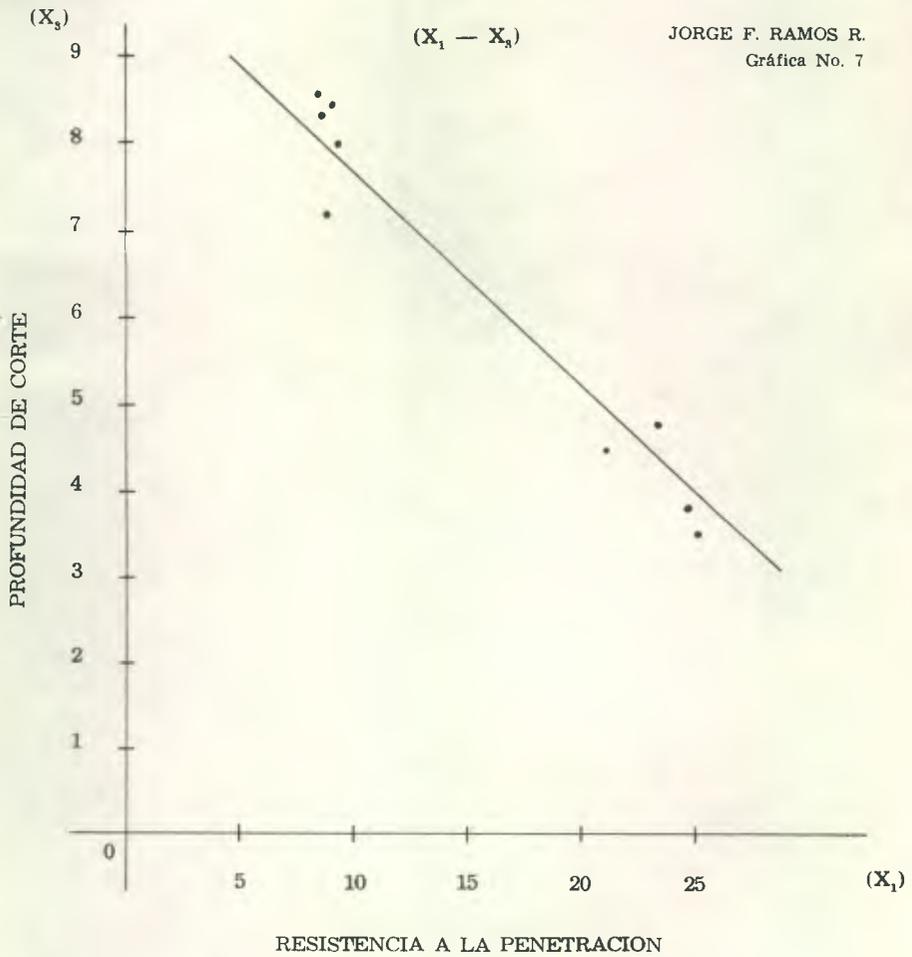


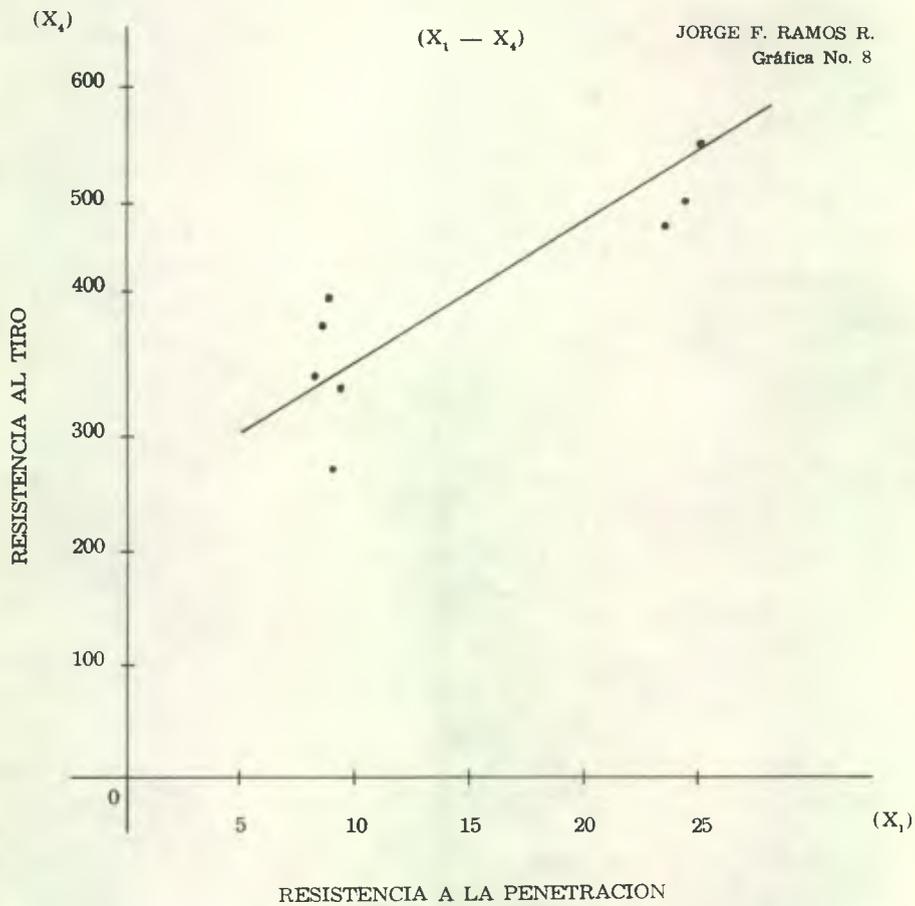


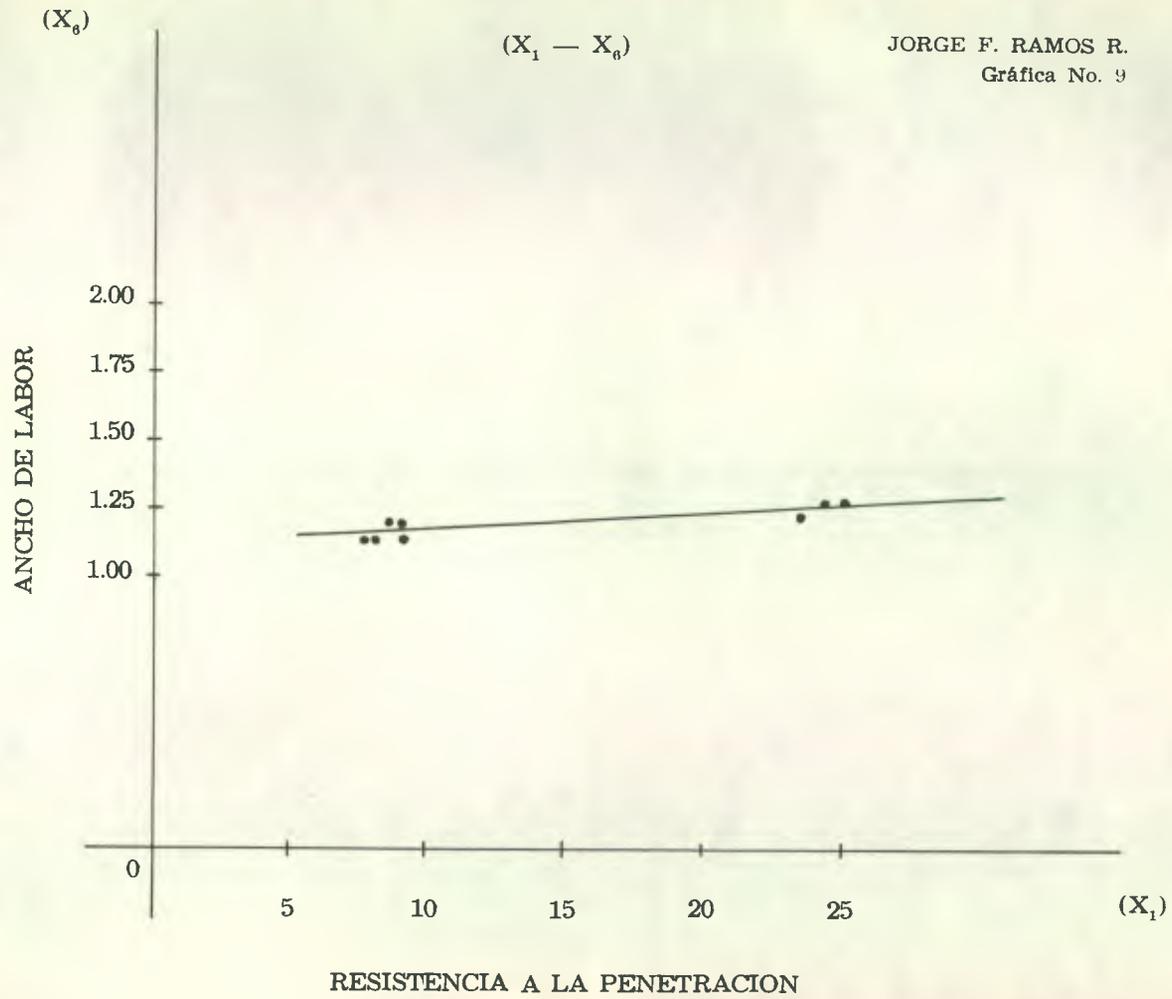
JORGE F. RAMOS R.

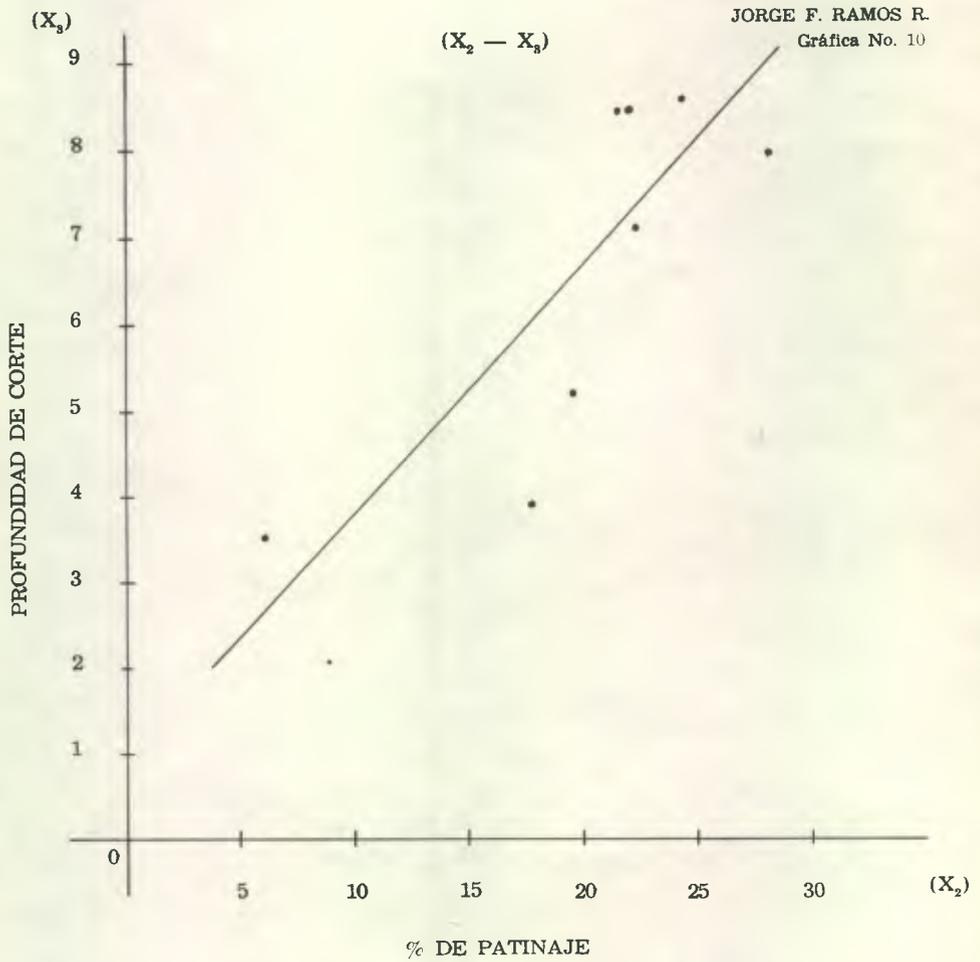
Gráfica No. 6









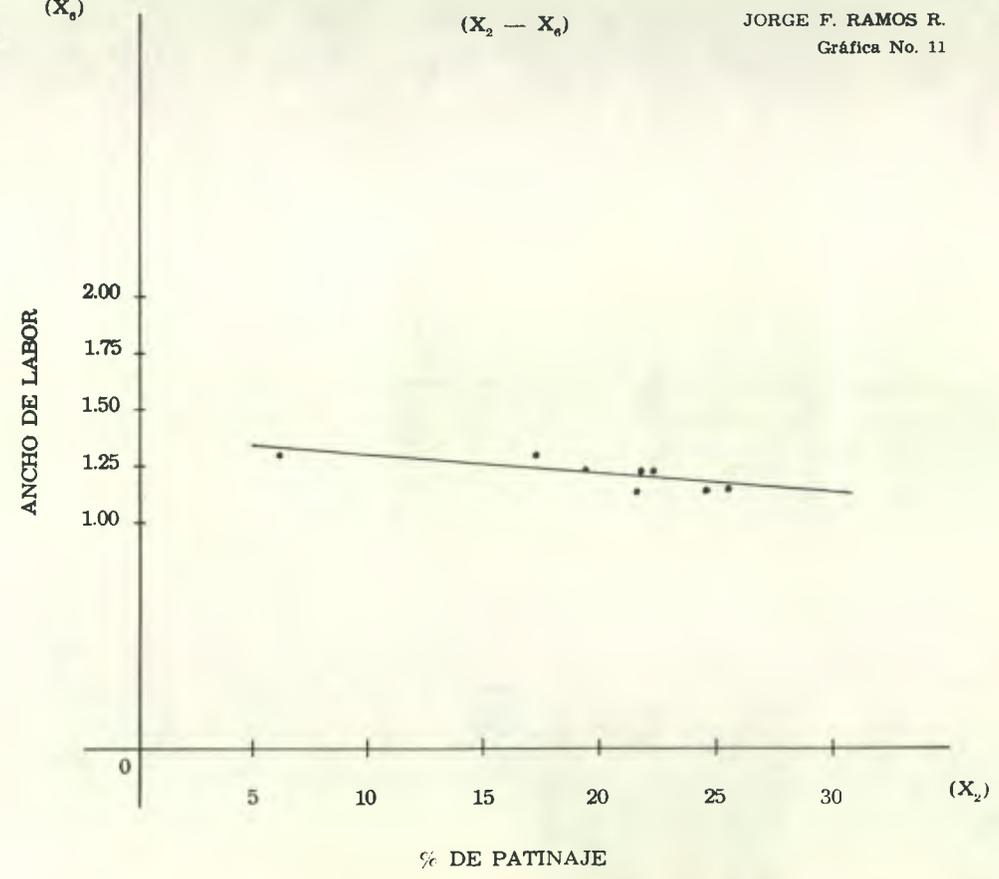


(X_0)

$(X_2 - X_0)$

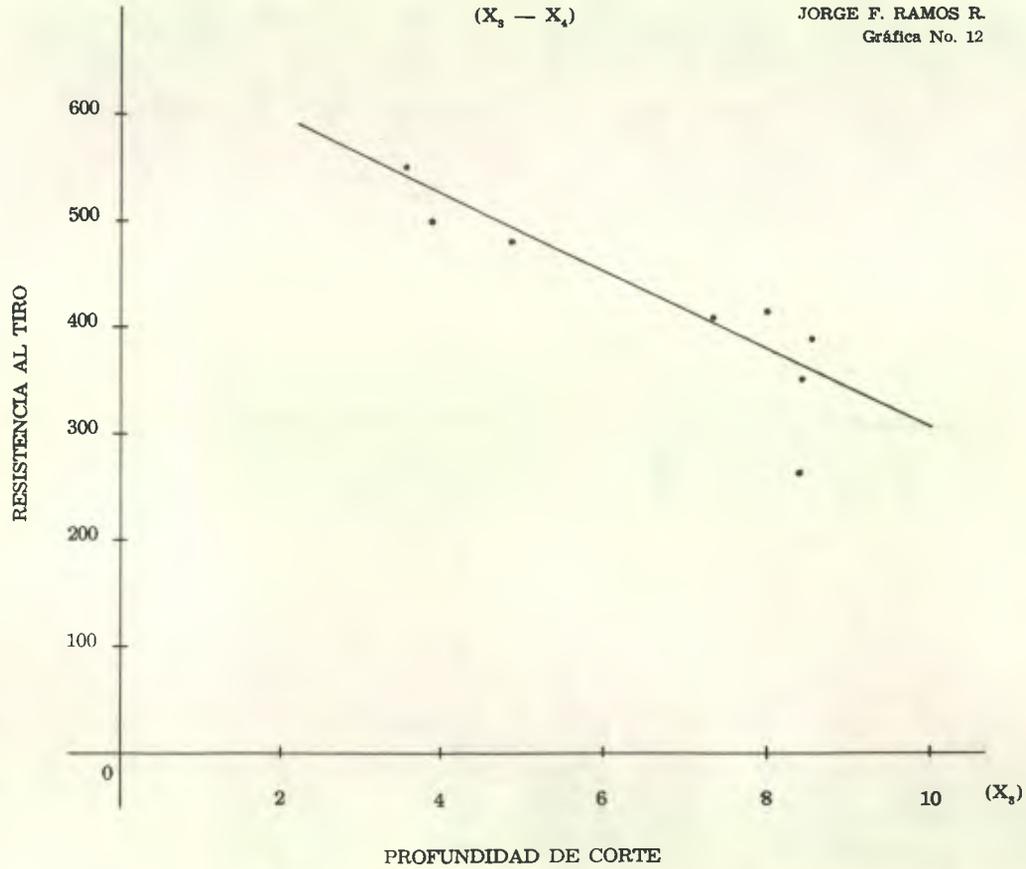
JORGE F. RAMOS R.

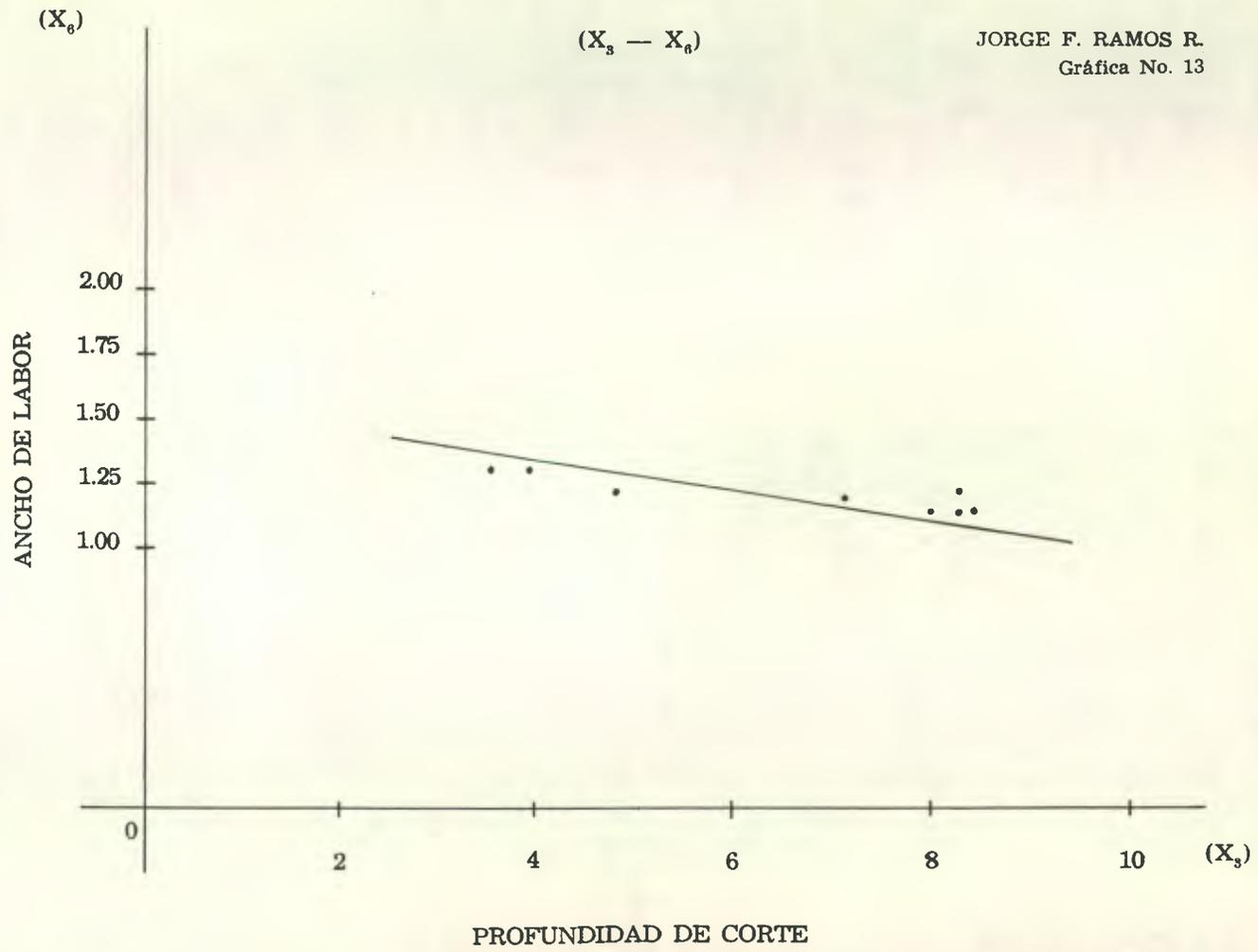
Gráfica No. 11

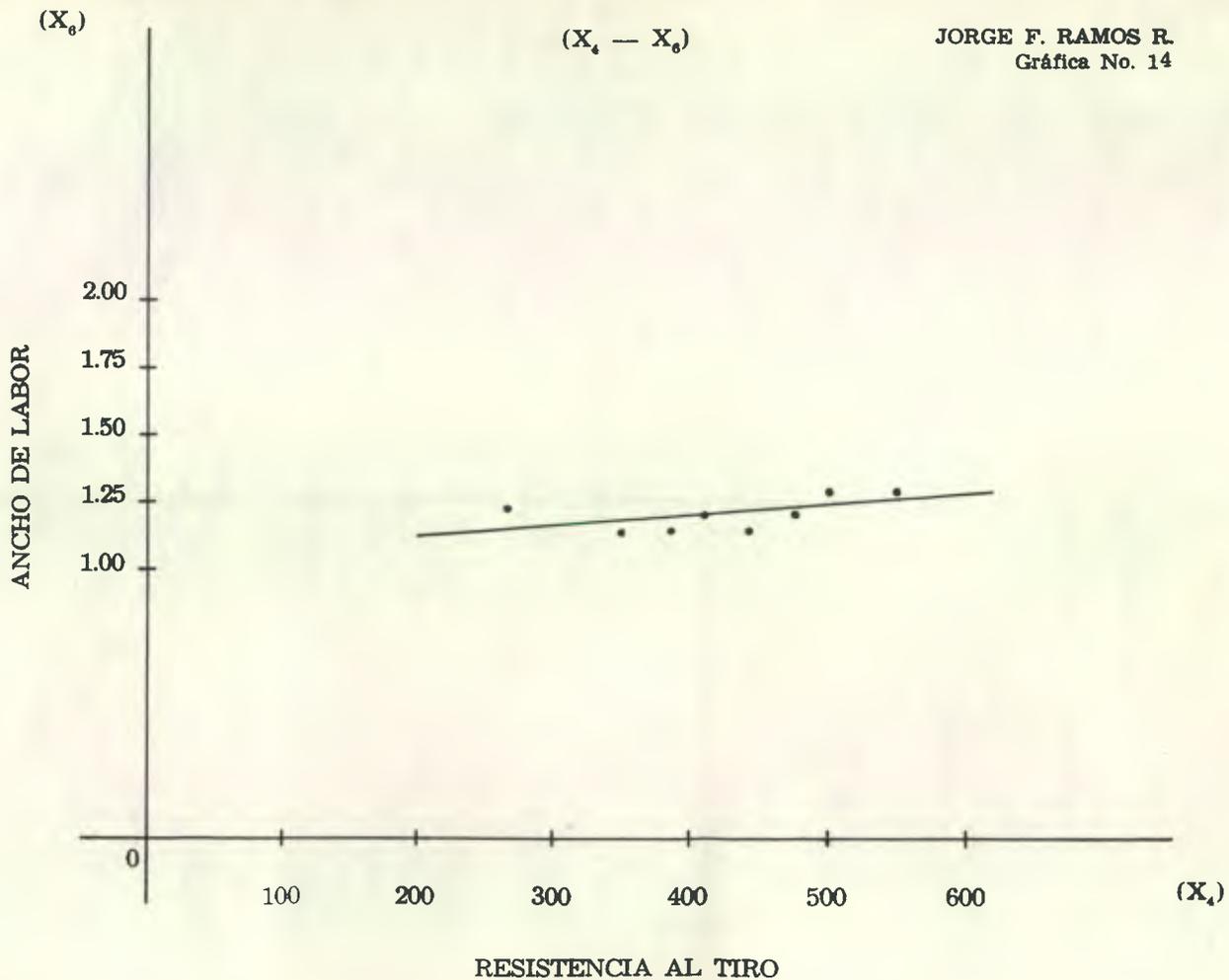


$(X_3 - X_4)$

JORGE F. RAMOS R.
Gráfica No. 12







En el laboratorio:

Aquí se determinaron los porcentajes de humedad, previo a esto, se trajeron del campo las muestras de suelo en botes. Para ello se excavó a una profundidad de 8 pulgadas promedio de profundidad de corte en aradura. Del fondo se recogió una buena cantidad de suelo y se depositó en frasquitos que fueron llevados al laboratorio bien tapados.

Las muestras fueron analizadas en promedio de 20 minutos cada una. Los aparatos usados fueron un balón, una probeta, una serpentina de condensación, un mechero, aceite de motor 30, un pedestal para detener el balón.

El método empleado fue el de Brown and Duvell, su principio es el de las distintas temperaturas de ebullición del aceite y del agua; el primero de ellos, para ebullicir y pasar al estado gaseoso es arriba de los 300 grados centígrados, mientras que el agua su punto de ebullición empieza a los 95 grados centígrados. En el balón se echan 100 gramos de tierra y se le agrega el aceite hasta que se cubra la tierra, luego se le acopla la serpentina que va a dar a una probeta graduada, y se enciende el mechero bajo del balón, para que empiece a calentar el aceite y el agua contenida en la tierra; la cual, subió en forma de vapor por la serpentina, cayendo gota a gota en la probeta hasta que el vapor desapareció del balón, quedando completamente claro donde se miraba hirviendo el aceite. En este momento, se quitó el fuego y el termómetro llegaba a los 250 grados aproximadamente. Se leyó en la probeta la cantidad de agua caída y éste era el porcentaje de humedad presente, el suelo encontrado rápidamente y en forma sencilla durante aproximadamente 20 minutos. La toma de la muestra de suelo en el campo se efectuó a las 8 de la mañana en cada tratamiento y se volvió del laboratorio al campo a trabajar a las 10 de la mañana. La duración del trabajo de campo tardó aproximadamente 2.5 horas, con la ayuda de los tractoristas y de los alumnos del último año de la Escuela de Agricultura, I.T.A.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones y ocho tratamientos, las características estudiadas fueron porcentaje de patinaje, velocidad de operación, ancho de labor, profundidad de corte, resistencia al tiro y resistencia a la penetración.

Porcentajes de humedad fueron tomados desde el 5 hasta un 25%. Cada tratamiento tenía de diferencia con el siguiente 2.5%, el primer tratamiento era de 5.0% al 7.5% y el último iba del 22.5 al 25.0%.

La diferencia de 2.5% de humedad en cada tratamiento se contempló debido a que en estudios realizados anteriormente por catedráticos y alumnos de mecanización agrícola del I.T.A., se vio que el % de humedad no variaba en más de 1.0 al 1.5% de humedad en un día, esto fue comprobado por el autor; ya que se tomaban días seguidos las muestras y éstas no variaban sustancialmente de las tomadas el día o días anteriores, manteniéndose en el rango del mismo tratamiento ya trabajado.

IV. — DISCUSION DE RESULTADOS

Se interpretan los cuadros y las gráficas.

Cuadro No. 1: “Valores medios de las variables que se indican”.

Las variables estudiadas fueron: 1) Resistencia a la penetración del implemento, 2) % de patinaje, 3) profundidad de corte, 4) resistencia al tiro, 5) velocidad de operación, y 6) ancho de corte o labor; como lo indica el cuadro, se pusieron los valores medios de las cuatro repeticiones en cada tratamiento, que se obtuvieron de los trabajos realizados en el campo.

Cuadro No. 2: “Componentes de varianza de las variables que se indican”.

Se ve que existe diferencia significativa al nivel de 0.01 de probabilidad en las variables estudiadas, a excepción de la variable “ancho de labor”, debido a que entre tratamientos sí existió diferencia entre repeticiones de cada tratamiento, no lo hubo, no teniendo estadísticamente error por lo que no se pudo sacar análisis de varianza.

Cuadro No. 3: “Coeficiente de correlación entre pares de variables”.

Se nota que existe correlación significativa entre los pares $X_1 - X_3$, $X_1 - X_4$, $X_1 - X_6$, $X_2 - X_3$, $X_2 - X_6$, $X_3 - X_4$, $X_3 - X_6$, $X_5 - X_6$. Según el coeficiente de Sperman, igual o mayor a 0.643.

Interpretación de las gráficas. Correlación de cada variable entre otras variables graficadas:

Variable X_1 : (Resistencia a la penetración): Gráfica No .1:

Vemos que respecto a la humedad, se puede observar que a menor humedad hay mayor resistencia a la penetración. La gráfica muestra un aumento aparente de resistencia cuando llega a humedades altas, esto fue debido a la fuerza con que se introdujo el penetrómetro, pero la realidad es que cuando la humedad aumenta arriba del 8% en adelante, la resistencia fue disminuyendo de modo que, a mayor humedad menor resistencia. Es una relación de tipo inverso.

X_1 correlacionada con X_3 (profundidad de corte): se nota que existe una relación inversa entre ellas, a menor resistencia a la penetración mayor profundidad de corte (gráfica No. 7).

X_1 correlacionada con X_4 (resistencia al tiro): Se nota en la gráfica que existe una relación directa, a menor resistencia a la penetración menor resistencia al tiro (gráfica 8).

X_1 correlacionada con X_6 (ancho de labor): Se nota en la gráfica una relación directa moderada, a mayor resistencia a la penetración, mayor ancho de labor (gráfica 9).

Variable X_2 : (% de patinaje): Gráfica No. 2:

Vemos que respecto de la humedad, a menor humedad menor patinaje. La gráfica se ve así, debido a que el trabajo de campo se llevaba a cabo a las 10 a.m. La superficie a esa hora se encontraba seca o mojada, dependiendo del tiempo que no hubiere llovido o la cantidad de sol recibida; de manera que esto daba lugar a que el porcentaje de patinaje variara. De 7 a 8" de profundidad la humedad permanecía por un tiempo en el mismo porcentaje del tratamiento a trabajar. Se vio en la práctica que a mayor humedad aumenta el porcentaje de patinaje.

X_2 correlacionada con X_3 (profundidad de corte): Se nota en la gráfica una relación directa, a menor porcentaje de patinaje, menor profundidad de corte.

X_2 correlacionada con X_6 (ancho de labor): Se nota que existe en la gráfica una relación inversa moderada, a menor porcentaje de patinaje mayor ancho de labor.

Variable X_3 : (profundidad de corte): Gráfica No. 3:

Vemos que respecto de la humedad, a menor humedad menor profundidad de corte. La curva muestra un aumento hasta un 18% y disminuye un poco hacia los 25% de humedad.

X_3 correlacionada con X_4 (resistencia al tiro): Se nota en la gráfica que existe una relación inversa, a menor profundidad de corte, mayor resistencia al tiro.

X_3 correlacionada con X_6 (ancho de labor): Se nota en la gráfica que existe una relación inversa moderada, a menor profundidad de corte, mayor ancho de labor.

Variable X_4 : (resistencia al tiro): Gráfica No. 4:

Vemos que respecto de la humedad, a menor porcentaje de humedad, mayor resistencia al tiro. En la gráfica vemos dos momentos que se nos sube la resistencia, debido al aumento de profundidad de corte y a la resistencia a la penetración.

X_4 correlacionada con X_6 (ancho de labor): Se nota en la gráfica que existe una relación directa moderada, a menor resistencia al tiro, menor ancho de labor.

Entre los tratamientos 4 y 6, en ese rango que va de 12.8 a 20.5% de humedad, se aprecia que las características que ayudan a una buena labor de aradura es donde se encuentran en mejor forma, ya que cuando se trabajó en los distintos tratamientos, se observó un mejor trabajo en ese tratamiento 4, 5 y 6. Se puede apreciar en otros tratamientos que alguna de las variables presenta mejor resultado, pero el resto de variables no dan el resultado esperado en el mismo tratamiento; por eso se analizó variable por variable en cada tratamiento determinado y se concluyó que los tratamientos 4, 5 y 6 presentaban una mejor combinación entre las variables, dando por resultado una mejor preparación de terrenos y buscando el punto óptimo para proceder a hacer la preparación del terreno en su fase de aradura en suelos de textura franco-arcillosa y, en base a los resultados es el tratamiento No. 5, que va de 15.4 a 17.9% de humedad lo que da 2.5% de humedad es mantenido por el suelo por más de 24 horas, después de la última lluvia o riego recibido.

Las gráficas que se correlacionaron por ser significativas entre sí, fueron 8: Resistencia a la penetración con: 1) resistencia al tiro, 2) ancho de labor, y 3) profundidad de corte.

Porcentaje de patinaje con: 1) profundidad de corte, y 2) ancho de labor.

Resistencia al tiro con: 1) ancho de labor.

En la gráfica 8: Cuando el suelo ofrecía menor resistencia a la penetración, debido a su porcentaje de humedad, este ofrecía menor resistencia al tiro y había mayor profundidad de corte.

En la gráfica 9: A menor resistencia a la penetración, mayor profundidad de corte, debido también a un adecuado porcentaje de humedad.

En la gráfica 7: Igual a los resultados de la gráfica No. 9.

En la gráfica 10: A menor porcentaje de patinaje, menor profundidad de corte con muy bajo porcentaje de humedad, más resistencia a la penetración y mayor resistencia al tiro.

En la gráfica 11: A menor porcentaje de patinaje, mayor ancho de labor, debido a que existe poca profundidad de corte, alta resistencia al tiro y a la penetración, por lo que el implemento se abre más produciendo un ancho de labor mayor.

En la gráfica 12: A menor profundidad de corte, mayor resistencia al tiro, igual a la gráfica No. 9.

En la gráfica 13: A menor profundidad de corte, mayor ancho de labor. Tiene mucha relación con la gráfica 11.

En la gráfica 14: A menor resistencia al tiro, menor ancho de labor y menor resistencia a la penetración, mayor profundidad de corte.

V. – CONCLUSIONES

1. De lo interpretado en los cuadros y gráficas del trabajo, se observan en cada uno de los tratamientos y entre las variables, los resultados más adecuados a la buena labor de la aradura que éstos presentaron: Una menor resistencia al tiro, menor resistencia a la penetración del implemento, menor adherencia, menor porcentaje de patinaje, buena profundidad de corte, velocidad adecuada y ancho de labor.

Se ve en los cuadros, que en los distintos tratamientos no todas las variables coinciden como las mejores buscadas, de-

pendiendo del porcentaje de humedad se buscó en qué tratamiento se encontraban las variables que superaban a las demás, en cuanto a lo que se esperaba; siendo el tratamiento número 5 (15.5-17.9%) de humedad, el punto óptimo de humedad buscado.

2. Los promedios de las variables en conjunto, eran los mejores, buscando un rango entre los tratamientos en donde la labor de aradura fuera la mayor en estos tipos de suelo y estudiando las variables arriba indicadas, se estableció que este rango quedaba entre los tratamientos 4, 5 y 6; los cuales, permiten al agricultor tener un tiempo bastante grande en el cual poder hacer la labor de aradura en mejor forma y conservando los suelos con esta práctica. Hubo algunos errores en la toma de las muestras, los cuales se ven en las gráficas, pero no fueron tan graves y no alteran los resultados. Estos errores, son los que se tomaron en cuenta desde un principio, debido sobre todo a que los instrumentos usados daban mayor lugar a distinto manejo.

3. Se observa que sí se justificó la hipótesis de que hasta un cierto grado de humedad de la labor de aradura se realizaría, dejándola en buenas condiciones de poder continuar con los restantes pasos para poder llegar a la siembra.

4. La experiencia indica que una buena labor de aradura se hace cuando el contenido de humedad es adecuado; para establecer esto, normalmente el suelo se presenta con un color oscuro, su consistencia no es dura y en la mayoría de los suelos, al apretarlos con la mano éstos toman la forma de la empuñadura y pueden ser desmenuzados fácilmente. Este es el momento de efectuar la operación, visto esto en tratamientos 4, 5 y 6.

5. Una buena señal de que la humedad está adecuada, es que al momento del volteo de los prismas, éstos no forman terrones aislados y duros, sino una masa continua; el prisma resulta casi desmenuzado, quedando en condiciones óptimas para el rastreo posterior, el cual resultará fácil y rápido.

6. La humedad en los suelos arcillosos se conserva sin que exista aumento de agua por espacio de uno a dos días; cuando se haya alcanzado la humedad adecuada, aquella que permita que pueda introducir un metal fácilmente en el suelo y dejando que la parte superficial seque, se podrá efectuar la labor de aradura.

El trabajo fue difícil, debido a que el invierno fue irregular. Se tomaron muchas muestras del suelo para determinar el porcentaje de humedad y ver si coincidían éstos entre nuestros tratamientos y si debían de ser trabajados.

Nos demostró este trabajo la importancia de ver la humedad adecuada, ya que variando ésta, la labor de aradura se apreciaba de diferente forma. Con una adecuada humedad, la labor de aradura presentaba una excelente calidad, buena profundidad, adecuado ancho de corte, el volteo era bueno y no dejaba nada de terrón, ya que el prisma era desmenuzado al voltear y caer, la adherencia en este tipo de suelo y hasta el grado de humedad que se estudió no dio problema, ya que era baja aun en los últimos tratamientos.

Nos enseñó este trabajo que con la humedad adecuada el trabajo se realiza rápida y eficazmente, y el equipo responde mejor, conservándose en mejor forma y alargándole la vida útil de trabajo.

VI. — RECOMENDACIONES

Como se dijo al principio del trabajo la idea de realizarlo era poner en manos de los propietarios de maquinaria agrícola y de agricultores en general, un estudio que les diera la forma apropiada de manejar sus suelos en las labores de aradura; las recomendaciones para que este trabajo sea utilizado por mayor número de agricultores, se darán recomendaciones específicas al tipo de suelo estudiado en base a los resultados y de tipo general para toda clase de suelos, ya que la experiencia indica que la observación de determinada humedad, va de acuerdo al tipo de suelo para hacer una buena labor de aradura.

Donde se efectuó el trabajo, el tipo de suelo según el análisis, es de una textura franco-arcillosa, por ser suelos pesados y muy difíciles de trabajar; en Guatemala, hay abundancia de ellos. En condiciones secas y muy húmedas, la labor de aradura se hace imposible; de ahí, la necesidad de encontrar un punto óptimo de humedad para efectuar la operación y un rango adecuado en la que la labor de aradura se pudiera prolongar por un lapso prudencial, tiempo en que el contenido de humedad se mantiene dependiendo de la lluvia en 2 a 10 días, tiempo suficiente para que dicha labor se efectúe tanto en extensiones pequeñas como en grandes.

1. En terrenos de textura franco-arcillosa efectuar la labor de aradura cuando su porcentaje de humedad se encuentre entre 15.5 a 17.9, para así obtener un excelente trabajo.
2. Para lograr hacer una labor de aradura en mejor forma en suelos franco-arcillosos, se debe de hacer cuando la humedad esté comprendida entre los 12.6 y 20.0%, debido a que en este rango de humedad la labor de aradura se manifiesta en buena forma.
3. No arar cuando el suelo esté demasiado seco, pues aumentará el tiro y el prisma volteado dará terrones demasiado grandes y difíciles de romper.
4. No arar cuando el terreno se encuentre demasiado húmedo, porque provoca elevado porcentaje de patinaje y se corre el riesgo de cambiar la estructura del suelo.
5. En los suelos arcillosos en general, la superficie al estar mojada produce patinaje en el tractor; se recomienda dejar un tiempo prudencial para que la humedad baje lo suficiente para efectuar la labor, ya que se comprobó que abajo de 3 pulgadas de la superficie la humedad deseada se mantiene y el trabajo no se dificulta.

Las características ideales que se deben de buscar en aradura están:

- Profundidad de aradura uniforme;
- No dejar surcos o bordes y tratar que la superficie del suelo quede lo mejor nivelado posible;
- Ajustar debidamente el implemento y utilizar el método de aradura más adecuado para no dejar franjas o pedazos sin trabajar (crudos);
- Al trabajar con arados de varios cuerpos la tierra que voltear al cuerpo delantero deja un surco que deberá ser cubierto totalmente por el cuerpo siguiente;
- El último corte realizado por el cuerpo trasero, debe de ser un corte limpio;
- La profundidad de aradura, debe ser de acuerdo para el tipo de suelo y cultivo. Es perjudicial efectuar una ara-

dura profunda en un suelo con un subsuelo superficial, ya que se corre el peligro de revolverlos, así como de realizar una aradura superficial para una planta de sistema radicular pivotante.

El agricultor necesita obtener el máximo rendimiento posible en la unidad de superficie de aradura, al realizar sus preparaciones, entre mayor sea el rendimiento, más rápidamente amortizará el capital invertido en equipo.

Desde el punto de vista agronómico es muy importante que el trabajo realizado, la aradura, sea de la mejor calidad, a fin de lograr un buen inicio para las siembras futuras. Una mala preparación puede ser un factor importante en el rendimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Barañao, Teófilo V. Maquinaria Agrícola, Barcelona, Salvat Editores, S. A. 1955. 608 p.
2. Lonnemark, H. El Empleo Multipredial de la Maquinaria Agrícola. Roma, Tipografía Castilde, 1967. 122 p. Ediciones de Fomento Agropecuario, F. A. O. No. 85.
3. Hoff, Paul R. Mantenimiento, Operación y Ajustes de Maquinaria Agrícola. México, RTAC/AID, 1959. 107 p.
4. Simmons, C. S., Tarano, J. M. y Pinto J. H. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala, Guatemala, Ministerio de Educación Pública, Editorial "José de Pineda Ibarra" y Ministerio de Agricultura, IAN-SCIDA, 1959, p.p. 44-45.
5. Suárez de Castro, Fernando. Conservación de Suelos. Barcelona, Salvat Editores, S. A., 1956. p. 16.
6. Losano, Miguel J. Los Suelos y su Manejo, Missouri, Agricultura de las Américas, 1966. p.p. 180-187.
7. De León, Rafael A. Mecánica, Maquinaria y Mecanización Agrícolas. 2a. Ed. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura, 1974. 289 p. (Mimeografiado).