EFECTO DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL SUELO SOBRE LA PRODUCCION DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD 27—R

Tesis de grado

Magister Scientiae

Amilkar Alfredo Huertas Gómez

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Marzo, 1975

EFECTO DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL SUELO SOBRE LA PRODUCCION DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) VARIEDAD 27—R

Tesis de grado

Magister Scientiae

Amilkar Alfredo Huertas Gómez

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Marzo, 1975

Thesis
H887e

BIBLIOTECA
36648
Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola
IICA - CIDIA

EFECTO DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL SUELO SOBRE LA PRODUCCION DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*, L.) VARIEDAD 27-R

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA: _____ Consejero
Warren M. Forsythe, Ph.D.

_____ Comité
José Fargas, Ph.D.

_____ Comité
Iván Majica, Ph.D.

_____ Comité
Víctor Quiroga, Mag. Sc.

Marzo de 1975

DEDICATORIA

A mi madre
A mi esposa
A mis hijos

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

Dr. Warren M. Forsythe, Consejero Principal;

Dr. Iván Mojica, Dr. José Fargas e Ing. Víctor Quiroga, miembros del Comité;

Dr. Jorge Soria, Jefe del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales;

A mis hijos Carlos Mauricio y Alfredo Amilkar Huertas;

A los amigos: señora Kristin M. de Mojica, señores Jaime Cusicanqui, Hugo Zambrana, Humberto Jiménez, Alfredo Picado y señora Carmen Martín de Acuña;

Al Gobierno de Holanda, ICETEX, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas; y

Miembros de la Colonia Colombiana.

BIOGRAFIA

El autor es colombiano, Barrancas Zona Central del Departamento de la Goajira.

Comenzó el bachillerato en el Colegio Loperena de Valledupar y lo concluyó en el Liceo Celedón de Santa Marta.

Obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía de Palmira en 1961.

De 1962 a 1967 trabajó en Clasificación de Suelos en el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Hasta 1969 asesoró al Ingenio Río Paila en el campo de manejo y fertilidad de suelos. Desde la última fecha presta sus servicios en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Colombia en Palmira.

Ingresó en enero de 1973 a la Escuela para Graduados del IICA-CTEI, graduándose de Magister Scientiae en el campo de Física y Manejo de Suelos en abril 22 de 1975.

CONTENIDO

Página

Página

Página

Página

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUCCION

Uno de los grandes problemas que preocupa a la humanidad es que el incremento de la producción de alimentos es menor al incremento de la población. Con el objeto de lograr por lo menos un equilibrio entre la producción y el consumo de alimentos, todos los países del mundo realizan esfuerzos para desarrollar su propia tecnología agropecuaria con el mayor empeño. En la actualidad no sólo se hace necesario aumentar el rendimiento por unidad de superficie sino también mejorar la calidad de los alimentos producidos.

Se considera que los factores químicos, biológicos y físicos, entre otros, determinan el desarrollo y producción de las plantas. De los últimos tienen gran importancia en el suelo, la aireación, la succión total, la temperatura y la resistencia mecánica al desarrollo de las raíces, las cuales a su vez están influenciadas por propiedades físicas del suelo. La fertilidad y el ambiente químico del suelo son susceptibles a cambios benéficos mediante la aplicación adecuada de fertilizantes y enmiendas químicas, pero debido a las recientes alzas en los precios de fertilizantes, en muchos casos resulta antieconómico su empleo para fines agrícolas. De ahí la necesidad de establecer un buen manejo de los suelos para tratar de contrarrestar la falta de nutrimentos.

Algunos autores han encontrado que la compactación del suelo es uno de los factores físicos que restringe el crecimiento de las raíces y por lo tanto limita la producción en las plantas.

La investigación dirigida al estudio de la resistencia mecánica en suelos tropicales es muy escasa. La falta de mano de obra barata y

la mayor presión en el uso de la tierra, han traido como consecuencia la intensidad en el empleo de la maquinaria agrícola y ésta a su vez ha sido considerada como la causa de mayor incidencia en la compactación de los suelos, siendo necesario emprender estudios que provean las bases de un manejo del suelo más racional y eficiente.

Considerando que el frijol (Phaseolus vulgaris L.) es un producto esencial en la dieta de la población, especialmente en los países centroamericanos, en la presente investigación se han planteado los siguientes objetivos:

1. Evaluar el comportamiento y producción del frijol (Phaseolus vulgaris L.) cuando las plantas crecen bajo diferentes niveles de compactación simulada en el invernadero.
2. Determinar el efecto de la presión de uso de la tierra sobre la compactación en el experimento de sistemas de agricultura.
3. Observar el comportamiento del suelo serie Margot, cuando es sometido a compactaciones de 1,0 y 0,5 bar de presión a diferentes porcentajes de humedad en el laboratorio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Definición

Forsythe (36) define la compactación como la compresión de un suelo no saturado realizada mediante la expulsión del aire en los poros del suelo, para distinguir el término de la consolidación que la considera como la compresión de un suelo saturado realizada mediante la expulsión del agua en los poros del suelo. A su vez, Rivero (96) dice que la compactación es el incremento artificial de peso específico seco, logrado con la reducción de vacíos por aplicación de cargas transitorias y que la consolidación es un proceso en el cual el peso específico crece gradualmente bajo la acción natural de sobrecargas impuestas que provocan expulsión de agua por difusión.

2.2 Causas de compactación en los suelos

2.2.1 Compactación por maquinaria e implementos agrícolas

El efecto adverso que ocasiona la compactación en el crecimiento y producción de las cosechas ha sido expuesto en muchos ejemplos por Lutz (79). Los daños a causa de las maquinarias agrícolas y de otros implementos de trabajo sobre las características físicas de los suelos están demostrados claramente en trabajos de Jamison, Weaver y Reed (62), Klute y Jacob (66), Parker y Jenny (87), Reed (95), Rusell, Klute y Jacob (98), Stone y Williams (110), Weaver (128), Weaver y Jamison (129), y muchos otros investigadores.

Trouse y Humbert (119) informan que en la zona lluviosa de la costa de Hilo, Hawai, suelos que han sido dedicados al cultivo de la

caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) y sometidos al uso intenso de maquinarias e implementos pesados, mostraron en la primera capa superficial un incremento en la densidad aparente, así: 24 campos que no fueron cosechados mecánicamente tenían un promedio de densidad aparente de 0,49 gramos por centímetro cúbico (gms/c.c); 14 campos cosechados una vez mecánicamente, el promedio en la densidad aparente fue de 0,50 gms/c.c.; 17 campos cosechados dos veces mecánicamente mostraron un promedio de 0,52 gms/c.c. y 34 campos cosechados mecánicamente más de tres veces tenían un promedio de 0,60 gms/c.c. Este aumento en la densidad aparente se tradujo en un descenso en el rendimiento y tonelaje en más del 50 por ciento.

Al utilizar tractores de oruga en la tala y transporte de abetos, Youngberg (131) observó que los caminos por donde se efectuaba el tráfico de dichas máquinas eran sitios pobres en crecimiento y población de plantas coníferas, y atribuye las causas a la disminución de los macroporos del suelo, aumento en la densidad aparente y baja tasa de permeabilidad. Igualmente Flocker, Timm y Vomocil (43), informan que el tráfico simultáneo de equipos de labranza y cosechas sobre suelos saturados, resulta en un deterioro de la estructura del suelo, que se hace evidente por el incremento de la densidad aparente y la disminución en la tasa de infiltración.

En suelos de Tucumán (Noroeste Argentino), dedicados por largo tiempo al cultivo de la caña de azúcar y posteriormente al de trigo (Triticum sativum L.), Zuccardi y Fadda (132) hicieron observaciones sobre la presencia de una capa compactada producida por el laboreo y

que fue la causa del mal desarrollo y bajo rendimiento del trigo. Esto se debió a que dicha capa limitaba el desarrollo radicular, modificando así el balance hídrico en el suelo e induciendo escasez de asimilación de los nutrientes.

Elder (33), en un estudio realizado en los campos de algodón de Houston en suelos arcillosos, encontró que el uso continuado del cultivo u otro sistema de agricultura sin prácticas de conservación conducía a la formación de zonas compactadas, cuya presencia era común en el área y que se formaban rápidamente como resultado del mal manejo de los suelos. Vomocil, Fontaine y Reginato (126) muestran que la velocidad de operación de tractores de ruedas y de orugas pueden también influenciar en el grado de compactación que se incrementa al aumentar la fuerza o al reducir la velocidad. Además, encontraron que la humedad del suelo durante la compactación fue probablemente más importante que la velocidad. Otra evidencia importante lo constituye el trabajo de Flocker, Timm y Vomocil (43), quienes estudiaron los efectos de varios tratamientos de compactación en suelos muy productivos de la Universidad de California, Davis campus, observando que en el otoño, cuando la humedad es alta, el tráfico de la máquina cosechadora compactó el suelo, manifestándose en densidad aparente relativamente alta en las capas superiores que redujo la tasa de infiltración y presentó alto grado de impermeabilidad y terrón duro. Estos autores añaden que aunque el tomate, aparentemente no fue afectado, las papas bajaron en calidad y producción. Free (45), en sus estudios de Long Island, afirma que el tráfico del tractor por varios años en suelos dedicados a cultivos intensivos, aumentó la

densidad aparente y disminuyó la percolación del agua y el espacio aéreo. Según Söhne (103), la distribución de la presión bajo las llantas depende de la cantidad de carga que determina la presión total ejercida, del tamaño del área de contacto entre la llanta y el suelo, la que a su vez influye en la cantidad de presión por centímetro cuadrado sobre la distribución de ésta en el área de contacto, del contenido de humedad y densidad del suelo.

Gill y Reaves (48) observaron que las curvas de la distribución de presión en profundidad tienen forma de bulbo. Las líneas de igual esfuerzo son circulares en los suelos duros y secos, en los blandos son elípticas debido al flujo de suelo en los lados. La profundidad de las líneas de igual esfuerzo aumenta con el contenido de humedad del suelo. Los surcos profundos en suelos arcillosos y húmedos son consecuencia primordialmente del flujo plástico en lugar de la compactación del suelo en sí. Cuando las llantas se desplazan, una capa delgada de suelo se compacta como resultado de un frote que orienta las partículas en la superficie inmediata. La compactación del suelo es el resultado de las fuerzas horizontales y verticales creadas por el empuje producido por la carga. Alrededor del 10 por ciento de las presiones de compactación producidas por las llantas proceden de fuerzas horizontales.

Reaves y Cooper (94) estudiaron la distribución de esfuerzos bajo una oruga de 12 pulgadas de ancho y una llanta de dimensiones 13-38 de un tractor, cuando ambas sostenían una carga de 1.630 kilogramos (kg) y operaban bajo una tracción de 680 kg. La presión en el suelo fue de 6 libras por pulgada cuadrada (lbs/pulg^2) para la oruga y de 14 lbs/pulg^2

para la llanta. Esta diferencia se debió a la mayor longitud de contacto de la oruga sobre el suelo que fue de 1,52 metros (m), mientras que para la llanta fue de 61 centímetros (cm). Los esfuerzos máximos ocurrieron bajo el centro de ambas presiones a unas tres pulgadas y luego decrecieron lateral y verticalmente. Las operaciones posteriores a la arada, tales como la siembra, el deshierbe y las labores con cultivador, produjeron pisos de tránsito (capas compactas en el fondo de la zona de labranza). Aunque este tipo de compactación ocurre en el fondo de las líneas, restringe la penetración del agua y el desarrollo de la raíz. Esto fue comprobado en las huertas de California donde la compactación por máquinas agrícolas disminuyó notoriamente la infiltración del agua. Aunque el efecto perjudicial de los tractores fue mayor cuando el suelo fue labrado con humedad cercana a la capacidad de campo, se comprobó que en suelos secos también se produce la compactación (87).

Jamison, Weaver y Reed (62) señalan que las llantas del tractor causan considerable compactación superficial. La profundidad de los efectos de compactación aumentan con el contenido de humedad y el inicial aflojamiento del suelo. La compactación máxima ocurre cuando la humedad del suelo está próxima al límite plástico, que es precisamente la mejor condición para la labranza. Estos efectos perjudiciales pueden ser reducidos diseñando equipos de tracción que transmitan al suelo las mínimas presiones unitarias.

2.2.2 Compactación por tráfico animal

El tráfico de animales también es fuente de compactación del

suelo y puede ser más severa si ocurre inmediatamente después de la lluvia, cuando el suelo presenta su estado plástico. En los Estados Unidos de América, la compactación del suelo por el tráfico de animales ha sido muy investigada; dichos estudios han sido evaluados a través de la densidad aparente, la lectura de penetrómetros, la infiltración de agua y la tasa de difusión de gases. Las investigaciones revelan que las mejores pruebas físicas se presentaron en suelos de pastura que no concentran altos índices de pastoreo. Aunque las diferencias en el crecimiento de cosechas parecen que son consecuencias del tráfico animal, otras variables pueden influir en los resultados. Por ejemplo, si las medidas son efectuadas en suelos pastoreados y no pastoreados, las diferencias son probables visibles en el primero, por la pobreza de vegetación, que influye en la cantidad de infiltración de agua y en el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo. La cantidad de residuos de plantas que se devuelven al suelo por causas de las variaciones en el manejo pueden con el tiempo influir en los contenidos de material orgánico en los mismos, que a su vez influye en la estructura. Donde las reducciones de crecimiento de plantas han sido encontradas no es siempre seguro si parte de la reducción es causada por daño directo del animal a la planta.

Alderfer y Robinson (2) encontraron que las densidades aparentes a 2,5 cm de la superficie en suelos pastoreados de Pennsylvania y textura acrillo-limoso varió desde 1,54 a 1,91 gms/c.c. en sitios donde el pastoreo fue alto y de 1,09 a 1,51 para lugares sin pastoreo y ligeramente pastoreados. Gradwell (51) encontró en suelos aluviales de Nueva Zelandia muy mojados, que hay un incremento en la densidad aparente durante el pastoreo y

aumento del volumen de poros de drenaje a 50 milibares (m.b.) de succión. Más tarde el mismo autor (52) obtuvo una densidad aparente más alta y menos agua del suelo en muestras de succiones a un bar en aquellos suelos sobre pastoreados de textura arenoso en Kowhai y suelos sedimentarios en Manawater. El contenido de agua en la superficie, en pruebas de campo, muchas veces también fue más baja. Tanner y Mamaril (112) encontraron disminución acentuada en la permeabilidad de los suelos, mayor resistencia a la penetración, menor capacidad de aireación y menor porcentaje de porosidad total entre 0,0 y 7,6 cm de profundidad en suelos pastoreados y en pasturas bien manejadas en suelos arcillosos aluviales de Dubuque y Ontonogan en Wisconsin. En las mismas parcelas Frederer et al (46), observaron una reducción de 20 por ciento en las pasturas de campo con tráfico animal comparadas con aquellas parcelas que no estaban sometidas a pastoreo, pero no estableció si dicha reducción se debió a daños directos sobre las plantas o a la compactación del suelo.

Dreibelbis y Post (31) anotan la ocurrencia de máximas densidades aparentes en suelos arcillosos de aluviones situados en Keene y Muskingun en Ohio durante los períodos secos del fin del verano, mayores que en el invierno cuando los suelos son más susceptibles a la compactación. Lull (77) calculó que la presión estática del peso de las vacas sobre el suelo era de 1,7 kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), basado en pesos promedios de 1.350 libras y un área de sostén de 361 cm^2. De las ovejas como 0,64 kg/cm^2, basado en promedio de peso de 120 libras y área de sostén de 83 cm^2. Observó que durante el movimiento de los animales la presión es considerablemente mayor. Trabajando en suelos de Utah, Meeuwig (83)

observó, después de cuatro años previos a la conclusión del estudio, que los suelos bajo pastoreo presentaban pobre crecimiento de las plantas, poco material vegetativo de cobertura y disminución de la porosidad capilar. El promedio de la cobertura protectora fue significativamente menor en las parcelas bajo pastoreo que en las no pastoreadas. Los resultados, además, indican que la capacidad de infiltración está influenciada primordialmente por la densidad aparente y no por la porosidad capilar y que en segundo término depende del aumento de la cobertura protectora suministrada por las plantas. Asimismo, estableció que la estabilidad de los agregados del suelo dependen principalmente de la cobertura y en parte de la densidad aparente.

Steinbrenner (107), trabajando en fincas madereras del sur de Wisconsin, comparó seis parejas de fincas y el estudio condujo a expresar el efecto del pastoreo sobre seis suelos en explotación de bosques. Anota que la penetración del agua refleja el grado de compactación de los mismos. Los efectos se atribuyeron a la destrucción de la estructura del suelo debido a la acción del pisoteo o por las gotas de lluvia. Encontró grandes diferencias en permeabilidad, siendo ésta mayor en los campos no pastoreados, igualmente disminuyó el porcentaje de espacio aéreo, lo mismo que la estabilidad de los agregados y el contenido de materia orgánica. Al efectuar el análisis estadístico de su trabajo, Lodge (75) indica que no hubo diferencias significativas en el pH, humedad equivalente y contenido de materia orgánica cuando comparó campos pastoreados y sin pastoreo, pero sí hubo diferencias significativas entre tratamientos en la densidad aparente, fósforo aprovechable y contenido de humedad. Concluyó que los

resultados obtenidos mostraban que el pastoreo tiende a causar compactación y reduce la capacidad de almacenaje de agua en el suelo. A su vez, Langlands y Bennett (67), anotan que cuando las especies de pastos Phalaris tuberosa y Trifolium repens fueron sometidos continuamente a tasas de pastoreo que variaban de 2,5 a 37,1 ovejas por hectárea, a medida que se incrementaba la tasa de pastoreo declinabam la aprovechabilidad del pasto, el peso de las raíces, la cubierta vegetativa, los espacios porosos del suelo y la tasa de infiltración de agua, mientras que se incrementaba la densidad aparente del suelo y el contenido de nitrógeno y calcio en el pasto. Las causas del descenso en el contenido de espacios porosos y la tasa de infiltración de agua, lo mismo que el aumento en los valores de densidad aparente son causa, según los autores, del efecto de la compactación producida por la intensidad del pastoreo de las ovejas. Cuando se incrementó el pisoteo del ganado sobre el trébol blanco, Edmond (32) observó progresivas reducciones en las cosechas de la especie y encontró una relación linear entre la tasa de pisoteo y la producción. Añade además, que al ocurrir la compactación del suelo, se forma un pan (capa endurecida) de 4 a 6 cm de profundidad y que, añadido ésto a la cimentación de la superficie del suelo, se impedían el drenaje y la difusión de los gases.

2.3 Los procesos de compactación en el suelo

Según Harris (55), un cambio en el estado de compactación de un suelo, resulta en un cambio de volumen causado por fuerzas que pueden originarse en fuentes mecánicas, como las máquinas, animales o por fuentes

naturales como secamientos y humedecimientos. El mismo autor describe cuatro causas o factores posibles a los cuales se puede atribuir el cambio: 1) Compresión de las partículas sólidas, causada por una deformación de naturaleza elástica.- Flocker y Nielsen (42) opinan que un incremento en la densidad aparente produce cambios en la relación de humedad y el espacio aéreo, decreciendo la proporción de los espacios vacíos y modificando la distribución y el tamaño de los poros. 2) Compresión de líquidos y gases dentro de los poros.- Crawford, citado por Harris (55), describe así el fenómeno: si una unidad de volumen de líquido se somete a un incremento en presión ΔP, una reducción en volumen Δv ocurre. El radio de incremento en presión a reducción de volumen es definido como el módulo de masa de elasticidad K. 3) Un cambio en el contenido de líquido y gases en los poros.- Los contenidos de líquido y gas de un suelo son raramente estáticos, cuando la cantidad de líquido disminuye, el contenido de gas se incrementa. 4) Rearreglo de las partículas del suelo: un cambio de volumen bajo cargas que se aplican en un suelo afecta el estado de compactación del mismo y éste depende del movimiento de las fases líquidas, gaseosa o de ambas. El límite al cual las partículas de suelo pueden cambiar de posición por rodamiento o deslizamiento es el mayor factor en el cambio de volumen.

2.4 Métodos para determinar la compactación de suelos

Numerosos métodos han sido desarrollados y propuestos para medir compactación de suelos. Por ejemplo, Blake y Page (16), Kirkham (65), Lemon y Erickson (72), Raney (92), y Taylor (113) han propuesto métodos

para medir la compactación considerando el flujo y difusión de gases en el suelo. Otros investigadores como Low (76) y Russell (97), han utilizado la estructura de los suelos como caracerísticas que reflejan el estado de compactación en los mismos. La infiltración también ha sido usada por Diebold (27), Fisback y Duley (34), McIntire (82), y Vomocil, Fontaine y Reginato (126). El porcentaje de porosidad y otros tienen su relación con la compactación que ocurre en el campo, pero los datos son difíciles de interpolar en términos de la respuesta de las plantas. Sin embargo, los métodos para medir la compactación que se ajustan más adecuadamente y que han sido ampliamente usados, son la densidad aparente y la resistencia a la penetración por un penetrómetro.

2.4.1 La densidad aparente

La compactación del suelo ha sido a menudo expresada en términos de densidad aparente. De acuerdo a los principios que envuelven los métodos propuestos para medir esta propiedad, estos métodos pueden ser clasificados en dos grupos:

2.4.1.1 Métodos que requieren la extracción de la muestra del suelo sin disturbar, para conocer el volumen que ocupan las partículas sólidas.

Este método ha sido el más usual y conocido por los investigadores y ha tenido mucha aceptación por parte de Kelley, Hardman y Jennings (64), Lutz (78), Vehimeyer (121), y Vehimeyer y Hendrickson (122), y otros.

2.4.1.2 Métodos basados en la conducción de energía, Rayos X y Rayos Gamma para suelos *in situ*

Este método más sofisticado, ha sido aplicado por Watson y

Jeffries (127), Vomocil (123,124)y otros. Aunque el estado de compactación puede ser completamente especificado por la densidad aparente para un suelo dado, su empleo para predecir lo que ocurriría a un suelo sometido a una carga aplicada es muy difícil. Por lo tanto, este concepto debe ser referido a la porosidad y a la relación de espacios vacíos, que tiene más sentido en relación al comportamiento del suelo (104).

Si se observan los resultados obtenidos por muchos investigadores que han tomado como índice de compactación la densidad aparente, obtendremos como resultado que valores considerados como críticos en algunos suelos no tienen el mismo significado en otros. Así, Trouse y Humbert (119), en suelos latosólicos húmicos de Hawai encontraron que valores en densidad aparente de 0,60 gms/c.c. redujeron considerablemente la producción en tonelaje de caña de azúcar y producción de sacarosa. Por su parte, Wiersum (130), en sus investigaciones de suelos igualmente latosólicos húmicos, observó que la densidad aparente a la cual había restricción en el desarrollo de la raíz, correspondía a un valor de 1,80 gms/c.c., cuando 2,89 era la densidad de las partículas, pero cuando este valor correspondía a 2,92 la restricción sólo ocurría cuando la densidad aparente era de 1,05. Flocker y Menary (41), también anotan que hay restricción en la ramificación de la raíz del tomate cuando la superficie del suelo tiene valores de densidad aparente de 1,7 gms/c.c. y cuando hay una capa de 4 a 6 pulgadas con densidad aparente de 1,4 gms/c.c. en trabajos realizados en macetas. Trabajando con girasol (Helianthus annus), Vehimeyer y Hendrickson (122) observaron que las raíces de dichas plantas no penetraban cuando el suelo tenía densidad aparente de 1,9 gms/c.c., fue ocasionalmente

crítico el valor de 1,7 gms/c.c. para la penetración en arcillas y en suelo Aiken arcilloso 1,5 gms/c.c. fue suficientemente crítico para impedir dicho crecimiento. Los mismos autores (122) muestran que la penetración de las raíces a través del suelo es también determinada por la naturaleza del sustrato y que el límite de densidad aparente en las arenas al cual las raíces pueden desarrollarse es de 1,75 gms/c.c. y para las arcillas entre 1,46 y 1,63 gms/c.c. Asimismo, Forristal y Gessel (35) anotan que las raíces de algunas variedades de árboles forestales no podían penetrar a densidades aparentes de 1,3 gms/c.c. Taylor y Gardner (116) encontraron que el coeficiente de correlación entre el porcentaje de penetración de las raíces y la densidad aparente fue de -0,59 y entre el porcentaje de penetración y la succión de agua de -0,48. Todos estos resultados nos llevan a la conclusión de que el valor de la densidad aparente no es un buen índice para evaluar la compactación en los suelos. Pero puede usarse como índice de compactación en un suelo dado.

2.4.2 Resistencia a la penetración

La habilidad o capacidad de un suelo en particular, en una condición especial, a resistir o sostener una fuerza, se define como resistencia del suelo. El problema es medir y describir la resistencia del suelo de tal manera que se pueda asignar una serie definitiva de valores numéricos; este problema no ha sido resuelto satisfactoriamente hasta la fecha (104).

Los penetrómetros han sido usados frecuentemente para obtener evaluaciones paramétricas de compactación o densidad en el suelo. Cuando

el contenido de agua se incrementa en un suelo sujeto a una cantidad de energía de contracción, se obtiene la máxima densidad después de la cual la densidad declina progresivamente. La interpretación de las lecturas del penetrómetro, en términos de otros parámetros de resistencia del suelo más transferibles, es un problema que aún no ha sido solucionado en su totalidad. Sin embargo, el penetrómetro ha sido empleado para medidas comparativas de la resistencia del suelo (23).

Taylor y Gardner (116) destacan que el efecto del agua en el suelo sobre el crecimiento de las raíces es notado por los cambios de la resistencia del suelo. Normalmente, mientras más seco esté el suelo mayor es la fuerza que opone al desarrollo de la raíz. En este mismo estudio, los autores (116) midieron el efecto de la compactación del suelo por la resistencia que oponía a la penetración de un penetrómetro estático y la densidad aparente, tomando como base de su trabajo plantas de algodón (Gossipium hirsutum), encontraron que el coeficiente de correlación entre el porcentaje de penetración de las raíces y la densidad aparente fue sólo de -0,59 y entre el porcentaje de penetración y la succión del agua de -0,48. Mientras que hubo un alto coeficiente lineal entre la resistencia del suelo a la penetración y el porcentaje de penetración de las raíces, siendo el valor de -0,96.

La aguja del penetrómetro comprime el suelo como la raíz cuando es aplicado al suelo (5). Cuando Hensath y Mazurak (57) mezclaron arcilla y arena fina en proporciones variables y utilizaron plantas de sorgo (Sorghum bicolor L.) en sus experiencias, encontraron que a una resistencia al penetrómetro de 19,6 bares o más ningún crecimiento de las raíces

fue observado en las mezclas, y el mayor coeficiente de correlación negativa (r = -0,65) se encontró entre la elongación de las raíces y la succión matrical. Este factor fue considerado como el que más afectaba la longitud de las raíces, pero el coeficiente de correlación para resistencia al penetrómetro indicó una correlación más cercana a la succión matrical que la densidad aparente o el contenido de arcilla.

Los penetrómetros han sido usados para medir la compactación en los suelos (22,63), para localizar capas compactas (87), para estimar la fuerza de la barra de tracción en la labranza (110), y aún para medir las condiciones de humedad en los suelos (3). Shaw y sus colaboradores (101) usaron un tipo de penetrómetro en sus estudios de compactación de suelos por algunos años y concluyeron que el instrumento fue útil en las investigaciones de campo, además anotaron que la humedad del suelo era el factor que más influía en la fuerza necesaria para penetrar en un tipo dado de suelo. Cuando Keen y Cashen (63) usaron un penetrómetro de impacto para medir la compactación por pisadas de ovejas en un suelo liviano y arenoso de Inglaterra, encontraron que la compactación fue evidente a una profundidad de 10 cm, lo que indica que eran capaces de localizar zonas compactadas. Culpin (22) encontró una correlación negativa entre las lecturas de penetrómetro y la emergencia de plantitas de avena. Empleando el penetrómetro de impacto Klute y Jacobs (66) establecieron que la compactación por rociadores y tractores de llantas afectó la penetración de un suelo Sassafrás residual en una capa de 0 a 5 pulgadas, pero no fueron afectadas las capas que se encontraban de 6 a 9 pulgadas de profundidad. Taylor y Burnett (115), en algunas investigaciones de campo,

encontraron que cuando el suelo presentaba condiciones de humedad a la capacidad de campo la penetración de un penetrómetro con un pistón de 5 milímetros (mm) de diámetro requería un esfuerzo de 25 a 30 bares para ser introducido 5 mm. En estas condiciones existía un factor limitante que se oponía a la penetración de las raíces en los cultivos de algodón (G. hirsutum), Sésamo (Sesamum indicum), Guar (Cyamopsis tetragonobolus), Sesbania (Sebania exaltata), frijol (Phaseolus aurens), Caupí (Vigna sinensis) y sorgo (Sorghum vulgare). Además, observaron que no había diferencias de penetrabilidad entre las especies estudiadas. Al relacionar la resistencia a la penetración medida con un penetrómetro, el contenido de humedad y la emergencia de semillas de sorgo (S. vulgare), Parker y Taylor (88) señalan que al aumentar la resistencia a la penetración disminuyó la emergencia de las plantas, que una presión de 3,0 bares aumentó la emergencia de plántulas en los suelos, atribuyéndolo al contacto que es necesario entre el suelo húmedo y la semilla; pero que si se aumentaba la resistencia a la penetración por encima de 3,0 bares disminuía progresivamente la emergencia. Cuando en 5 de 6 suelos usados se llevó la resistencia a la penetración a 18,0 bares, cesó la emergencia de las semillas de sorgo. Wiersum (130) muestra que las raíces pueden penetrar en las capas de alta resistencia si un poro o una grieta es mayor que el diámetro de la raíz en referencia. Si no existiera tal vacío, las raíces pueden penetrar en los volúmenes de suelo forzando a un lado los materiales de baja resistencia como las ceras. Aunque los espacios vacíos no son necesarios para la entrada de las raíces sí lo son para el suplemento de agua y aire para sostener la elongación de las raíces (47).

La resistencia del suelo usualmente se incrementa cuando la densidad aparente del suelo se incrementa o cuando un suelo coherente pierde agua. Taylor, Robertson y Parker (118) realizaron estudios para investigar los efectos de la resistencia del suelo a la entrada de las raíces de algodón (G. hirsutum) en anillos con suelos de texturas gruesa y mediana a cinco niveles de densidad aparente y a más de tres succiones de agua. Midieron la resistencia del suelo a la penetración con un penetrómetro estático con un diámetro de la punta cilíndrica de 0,5 cm y forzado 0,5 cm dentro del suelo. Más del 60 por ciento de las raíces primarias penetraban en los suelos donde la resistencia al penetrómetro fue de 5,0 bares, pero sólo fue de 35 por ciento cuando la resistencia era de 10,0 bares, cesó enteramente a una resistencia de 22,0 bares. Solamente diferencias pequeñas existían entre los cuatro suelos estudiados al relacionar la resistencia al penetrómetro y el porcentaje de penetración de las raíces. En una investigación independiente, Camp y Lund, citados por Taylor y Burnett (115) encontraron efectos similares de resistencia del suelo a la penetración en el crecimiento de las raíces de algodón (G. hirsutum), trabajando con tres clases de suelos. Los efectos de capas de suelos compactados o de alta resistencia en la producción de las cosechas parece que depende de los niveles de tensión a la cual la planta puede obtener agua o nutriente. Si hay un incremento en la proliferación de raíces causadas por la labranza y se reduce sustancialmente el nivel de tensión a la cual la planta puede obtener agua o nutriente, los productos de la cosecha serán incrementados (19).

Cosechas de materiales secos de sorgo (S. vulgare, Pers.) (117) y césped resembrado extensivamente (7) eran las más altas cuando no existían capas duras en los primeros 20 cm de un suelo arenoso y las cosechas descendieron cuando la resistencia al penetrómetro de la capa superficial del suelo se incrementó hasta 25,0 bares; incrementos de los niveles en resistencia a penetración por encima de 25,0 bares no causaron más reducciones en las cosechas.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Taylor y Bruce (114), en dos suelos fertilizados trabajando con remolacha azucarera, cuando la producción mostraba resultados inconsistentes con relación a la resistencia a la penetración medida con un penetrómetro, los investigadores explican en diferentes formas lo ocurrido:

1. El penetrómetro es una prueba rígida más grande en diámetro que la penetración de las raíces. La raíz de la planta puede crecer en grietas o espacios vacíos del suelo que no son adecuadamente probadas por las medidas del penetrómetro.

2. Puede ser que el producto de la cosecha no tenga una correlación muy cercana con el crecimiento de las raíces. Las funciones primarias de la raíz consisten en proveer a la planta entera de agua y nutrimentos necesarios, si el suplemento de agua o nutrimentos no es un factor limitante en las cosechas, entonces un volumen reducido de suelo que es explorado por las raíces no va a afectar la producción.

Forsythe (37) opina que la resistencia de un suelo al penetrómetro es una medida cuyo uso tiene un buen porvenir porque representa

la resistencia mecánica que experimenta una raíz. El penetrómetro es un aparato sencillo y portátil que se podría utilizar para caracterizar la resistencia mecánica en trabajos de rutina. La Figura 1, del mismo autor (37), muestra la relación que existe entre las propiedades físicas del suelo y la resistencia mecánica.

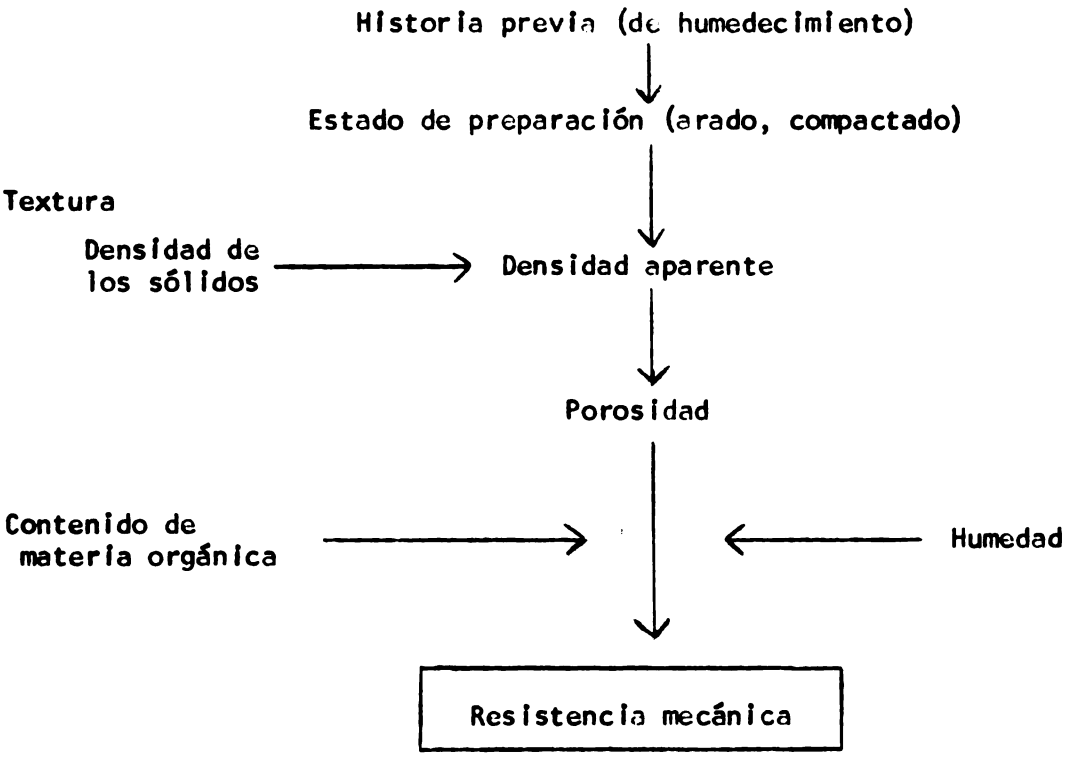


Fig. 1. Relación entre las propiedades físicas y la resistencia mecánica del suelo.

2.5 El efecto de la compactación sobre las propiedades físicas de los suelos

Mucha de la investigación aplicada a los estudios de compactación ha sido dirigida hacia los problemas de capas duras inducidas, pobre penetración de agua en los suelos, disminución de los espacios porosos, terrones grandes y duros, y otros problemas de esta naturaleza causados por equipos de labranza.

Raney, Edminster y Allaway (93) sugieren que el empaquetamiento cerrado del suelo reduce la penetración de agua y limita la capacidad de almacenamiento. Steinbrenner y Gessel (107) anotan que una pérdida de 93 por ciento en la permeabilidad, incrementó un 15 por ciento en la densidad aparente y una pérdida de los espacios macroscópicos de los poros en caminos de arrastre para trozas con tractor. Cuando dichas áreas fueron comparadas con otras adyacentes y se usaron como testigos, las áreas que habían sido taladas, excluyendo la de los caminos de los tractores, mostraban un descenso de 35 por ciento en la permeabilidad, un incremento de 2,4 por ciento en la densidad aparente y reducción del 10 por ciento en el espacio macroscópico de los poros, en comparación al área testigo.

Russell et al (99) y Klute y Jacob (66) encontraron una densidad más alta en el centro de la huella que dejaba la llanta de una máquina rociadora, y que era menor la compactación cuando el contenido de materia orgánica era mayor. Hill y Summer (58) midieron el contenido de agua a succiones entre 0,1 y 15,0 bares de succión para suelos, con un rango variable en el tamaño de las partículas, que fueron

compactadas a varios niveles de densidades aparentes. Al incrementar la densidad aparente en suelos arenosos se incrementó el contenido de agua a una succión dada. La magnitud de este incremento fue menor al aumentar la succión, es decir, el efecto de la densidad aparente fue menor a 15,0 bares que a 0,1 bar. Además, observaron que la compactación reduce el tamaño de los grandes espacios vacíos en suelos arenosos; los pequeños espacios vacíos formados pueden retener agua a succiones por encima de 0,1 bar. Cuando se incrementó la densidad aparente, en los suelos arcillosos, también se incrementó el agua retenida, pero en éstos la magnitud del incremento fue mayor cuando se incrementó la succión. En suelos arcillosos plásticos al incrementarse la densidad aparente resulta una disminución en la retención de agua a succión baja, pero ésta se incrementa a succión alta. El punto en el cual se establece la diferencia está cerca de 2,0 bares de succión. Los resultados obtenidos por Box y Taylor (13), en suelo arcilloso plástico, son cualitativamente similares al resultado obtenido en suelos arcillo-arenosos plásticos. Densidades aparentes entre 1,1 y 1,5 gms/c.c. tienen poca influencia en la succión, pero cuando los valores corresponden a un rango entre 1,5 y 1,7 gms/c.c. resultan succiones más bajas.

Según Doneen y Henderson (28), la reducción en la velocidad de infiltración del agua en el suelo depende del número de pases que efectúe el tractor sobre el suelo. Resultados similares fueron obtenidos por Meredith y Patric (84). La compactación inducida, producida por las llantas del tractor en la labranza excesiva, alteró el porcentaje total de los espacios porosos (11).

2.6 La difusión del oxígeno en los suelos

Luxmoore, Stolzy y Letey (30) afirman que las células de las plantas consumen oxígeno durante la fosforización oxidativa, un proceso en el cual el oxígeno es reducido enzimáticamente a agua. Como consecuencia, un gradiente de la concentración de oxígeno existe entre la atmósfera y las células de las plantas. Las raíces de las plantas creciendo en el campo pueden recibir oxígeno por difusión a través del suelo y la pared de la raíz (aireación del suelo) y alternativamente por difusión de la atmósfera mediante los espacios que contienen gases presentes entre las células dentro de la planta (aireación de la planta). Flocker, Vomocil y Howard (44) anotan que cuando los espacios de aire en el suelo son reducidos por compresión, el crecimiento de la planta es afectado. La influencia de la compactación del suelo se manifiesta de muchas maneras por las relaciones suelo-agua-planta. El resultado final de estas interacciones es un retardo general en los procesos metabólicos del crecimiento de la planta sin ningún síntoma aislado o específico. Estas reducciones en el crecimiento pueden ser atribuídas a uno o a la combinación de los siguientes factores: pobre utilización del agua, restricción en la disponibilidad de los nutrientes, falta de oxígeno, acumulación de dióxido de carbono, impedimento de las raíces y otras causas.

Bertrand y Kohnke (10) encontraron que la compactación del subsuelo retardaba significativamente la difusión de los gases del suelo, la cual redujo el crecimiento de las plantas de maíz (*Zea mays*). En adición, las velocidades de difusión de oxígeno están relacionadas tanto a los espacios de aire en el suelo como en el crecimiento de la

planta (16,113). Otros investigadores han demostrado el efecto de un abastecimiento reducido de oxígeno en el crecimiento y la absorción de nutrientes para muchas cosechas diferentes (9, 53, 59, 70, 102).

Al estudiar la interacción entre la compactación del suelo y el contenido de oxígeno en el suelo, relacionándolos con la penetración de las raíces en plantas de algodón (G. hirsutum) en un suelo arcillo-arenoso plástico, Tackett y Pearson (111) mostraron que una alta densidad aparente del suelo restringió la penetración de la raíz sin importar el contenido de oxígeno. A densidades aparentes bajas la penetración de la raíz fue impedida cuando la concentración de oxígeno fue de 5 por ciento o menos, pero la penetración fue todavía considerablemente más alta que en las muestras de alta compactación y alto contenido de oxígeno.

Las medidas de la tasa de difusión de oxígeno (R.D.O.) con el electrodo de platino da un nuevo parámetro para caracterizar la aireación del suelo, el problema sería si este parámetro es significante con respecto a la respuesta de la planta.

Stolzy y Letey (108,109) revisaron la literatura sobre las respuestas de la planta a las medidas de R.D.O. En general, observaron que los investigadores estaban de acuerdo sobre la relación del R.D.O. y el crecimiento de la raíz. Las raíces de muchas especies no crecen en un ambiente donde el R.D.O. es menor o cerca de 0,20 gramos por centímetro cuadrado por minuto (gms. cm^{-2} min-1). El electrodo de platino no mide el contenido de CO_2 y ésto pone en duda el hecho de que bajo ciertas circunstancias el CO_2 puede llegar a concentraciones detrimentales, aunque los valores de R.D.O. sean suficientemente altas. Grable y Danielson

(49, 50) condujeron un estudio extenso sobre el efecto del CO_2 en la germinación y crecimiento de plantitas de soya (Glaucine max.). Concentraciones bajas de CO_2 estimularon el crecimiento sobre el tratamiento regular de aire. Los factores que influyen en la difusión del oxígeno también influyen en la difusión del gas carbónico. Es muy dudoso que el gas carbónicoppueda acumularse a niveles tóxicos bajo condiciones que también permitan adecuada velocidad del CO_2. Letey, Stolzy y Lunt (74) muestran que bajo contenido de oxígeno es más detrimental para el crecimiento de las plantas durante temperaturas altas de suelo o de aire que a temperaturas bajas. Cuando trabajaron con girasol (Helianthus annus) y algodón (G. hirsutum), a concentraciones de 1 - 2 - 5 y 21 por ciento, medidas hechas con el microelectrodo de platino a temperaturas de 23°C y 31°C, confirmaron la teoría de que incrementos de temperatura bajo condiciones similares debe resultar en un incremento entre velocidad de difusión de oxígeno en la superficie de la raíz causada por un coeficiente de difusión más alto.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Trabajo de Invernadero

3.1.1 Localización del experimento

La investigación se realizó en un invernadero situado a 60 m al Norte del laboratorio de Física de Suelos del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado a 602 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), a 9°53' latitud Norte y 83°39' longitud Occidental. Según el Sistema de Clasificación de Zonas de Vidas de Holdridge (60), la zona está considerada como Bosque Muy Húmedo Premontano, con una precipitación promedio anual de 2.600 mm y temperatura media anual de 22,5°C. El período seco está comprendido entre los meses de febrero, marzo y abril. El reso del año se considera lluvioso y húmedo, ya que según Hardy (54) la lluvia excede a la evapotranspiración.

3.1.2 Condiciones climáticas dentro del invernadero

Dentro del invernadero se instaló un Hidrotermógrafo, marca The Instruments Corporation, Baltimore, Maryland, E.UA., modelo 252 Ua, serie 31104 en el que se hicieron registros de temperatura (máxima y mínima) y humedad relativa (máxima y mínima) durante todo el ciclo del cultivo.

3.1.3 Las macetas

Se utilizaron macetas de hierro negro, de gran resistencia a la presión con un grosor de 1,5 mm, rectangulares, capacidad 26 litros y de fondo plano. Tenían las siguientes dimensiones: longitud 50 cm, altura

30 cm y 20 cm de ancho interno. En el interior se eles aplicó pintura negra asfáltica e inerte para protegerlas de la oxidación y reducir las posibles contaminaciones; por fuera se les aplicó, igualmente, pintura de color verde que las protegía y les daba mejor presentación. Fueron agrupadas en cuatro repeticiones y distribuídas al azar sobre cuatro mesas con las dimensiones: largo 3,0 m; ancho 1,10 m y altura 1,0 m.

3.1.4 El suelo

Para realizar el experimento se escogió el suelo de la serie "La Margot", fase normal, colectado en una área plana, utilizados en cultivo de cacao y supuestamente no fertilizados. La ubicación del sitio se muestra en la Fig. 2.

Hardy (54) considera los suelos en referencia como uno de los más productivos de la zona. Aguirre (1) clasificó estos suelos según la Séptima Aproximación (120), así: Orden Inseptisol; suborden, Tropepts; gran grupo, Dystropepts; subgrupo, Typic Dystropepts; familia, Fine, mixed, isohypertermic. Dondoli y Torres (29) afirman que son de origen lacustre, que descansan directamente sobre aglomerados del Plioceno inferior. Recogido el suelo para el estudio, se depositó en un recipiente especial de concreto en donde fue fumigado por 24 horas con Dow Fume MC2 (Bromuro de metilo), con el fin de destruir algunos organismos presentes en el suelo y que son nocivos para las plantas. Posteriormente, en estado húmedo, fue tamizado en mallas de 5 mm y se homogeneizó para los tratamientos correspondientes. En estas condiciones, se hicieron determinaciones físicas y químicas mostradas en el Cuadro 1.

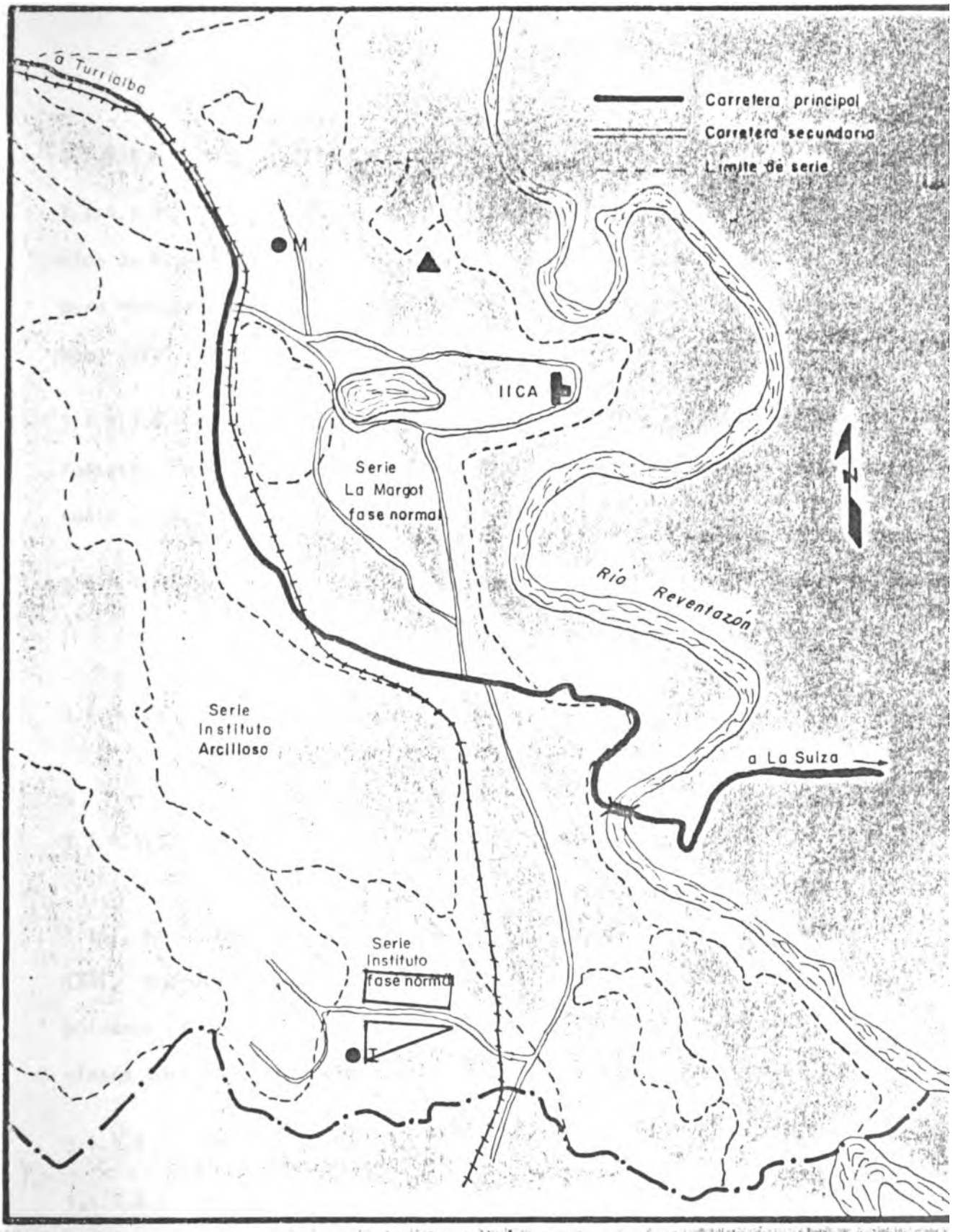


Figura No 2 .- Ubicación de los lugares donde se realizaron los estudios.

▲ Sitio donde se colectó el suelo para el tra de invernadero y laboratorio

Sitio donde se hizo el trabajo de campo.

3.1.4.1 Análisis físicos

3.1.4.1.1 Densidad aparente de la fase sólida del suelo, según la técnica de Blake (15) que utiliza un cilindro metálico de volumen conocido para obtener muestras de suelo no alterados y se obtiene dividiendo la masa total de los sólidos por el volumen total de los mismos.

3.1.4.1.2 Densidad de partículas, según la técnica recomendada por Forsythe (38), midiendo el volumen desplazado por una masa conocida de suelo en un frasco volumétrico utilizando Kerosene.

3.1.4.1.3 Porosidad total, de acuerdo a la fórmula (38):

$$\text{Porosidad total} = 1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad de sólidos}} \times 100 \qquad [1]$$

3.1.4.1.4 Espacio aéreo, por la fórmula (38):

$$\text{Espacio aéreo} = \text{Porosidad total} - \text{Humedad volumétrica} \qquad [2]$$

3.1.4.1.5 Análisis del tamaño de partículas

Se siguió el método originalmente propuesto por Boyoucos (14), modificado más tarde por Day (25) y complementado por Forsythe (38). Fue utilizado el sistema internacional (8) para clasificar los porcentajes calculados para cada una de las fracciones de suelo y las clases texturales se definieron mediante el triángulo de textura (85).

3.1.4.2 Análisis químicos

3.1.4.2.1 Reacción del suelo (pH)

Se siguió la técnica descrita por Peech (89); se determinó

el pH en agua (relación suelo/líquido 1:1) y en solución de $CaCl_2$ 0,01 M (relación suelo/líquido 1:2). Las medidas se hicieron usando un potenciómetro de Beckman de electrodo de vidrio, modelo 96.

3.1.4.2.2 Materia orgánica

Se determinó de acuerdo con la técnica descrita por Saíz del Río y Bornemisza (100), basada en el método de Walkley y Black.

3.1.4.2.3 Nitrógeno total

La determinación del nitrógeno total se hizo por el método semimicro Kjeldahl de Bremmer (18), utilizada en los laboratorios del CATIE.

3.1.4.2.4 Capacidad de intercambio de cationes

Se hizo por el método de Bower et al (12), modificado por Díaz-Romeu y Balerdi (26).

Las lecturas se efectuaron en espectofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer, modelo 303).

3.1.4.2.5 Fósforo disponible

Se determinó por el método de Bray I (17) modificado por Saíz del Río y Bornemisza (100).

3.1.5 Material vegetativo empleado

La variedad de frijol (Phaseolus vulgaris L.), que fue utilizada fue la 27-R (línea RH-51102) de color café y crecimiento indeterminado.

3.1.6 Diseño experimental y tratamientos

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar, con 16 tratamientos y 4 repeticiones.

Se sembraron 128 plantas de frijol, que corresponden a 8 plantas por tratamiento y 4 repeticiones, 2 por maceta. Una distancia de 0,10 m entre plantas y 0,50 m entre surcos fue establecida.

3.1.7 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en someter el suelo a varias presiones para así compactarlo y llevarlo a cinco niveles de resistencia a la penetración, cuando el contenido de humedad correspondió a la capacidad de campo (52%). Los niveles en bares son: 2,0; 3,6; 6,5; 11,7 y 21,0, tomando como factor multiplicador, 1,8.

Los tratamientos fueron aplicados en todo el espesor de las macetas, las dos primeras o las dos últimas capas según el arreglo que se muestra an la Fig. 3.

3.1.8 Establecimiento del experimento

El suelo se depositó en las macetas sólo hasta una altura de 25 cm, quedando en esta forma 5 cm libres, necesarios para la aplicación del agua a las plantas. Convencionalmente la altura señalada se dividió en cuatro capas u horizontes de 6,25 cm cada uno (Fig. 11).

3.1.8.1 Técnica empleada para la compactación de los cuatro horizontes

Dentro de las macetas se depositaba el suelo con un contenido

de humedad que varió desde 35 hasta 38 por ciento y en capas de 15 cm. Con una prensa hidráulica, que muestra la Fig. 4, especialmente acondicionada, marca Fred S. Carver, Engineer Hydraulic Equipment y con un manómetro de escala 0,0 a 1.600 lbs de presión por pulgada cuadrada, fueron compactados con la resistencia a la penetración requerida para cada tratamiento. Las Figuras 5, 6 y 7 indican la presión y el tiempo requeridos para conseguir cada uno de los tratamientos propuestos. En la compresión el suelo perdía volumen lo que hizo necesario añadir nuevas cantidades hasta alcanzar la altura establecida.

El cálculo de la presión que fue necesario aplicar a la prensa hidráulica, para alcanzar en las macetas la resistencia en bares para los tratamientos observados.

Por definición: $\text{Presión} = \dfrac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$ [3]

$$\text{Presión aplicada al pistón de la prensa hidráulica} = \frac{\text{Fuerza aplicada al pistón}}{\text{Area del pistón}}$$

$$\text{Fuerza aplicada al pistón de la prensa hidráulica} = \text{Presión aplicada al pistón} \times \text{área del pistón}$$

$$\text{Fuerza aplicada sobre el suelo de la maceta} = \text{Presión aplicada al pistón} \times \text{área del pistón} \quad [4]$$

$$\text{Presión aplicada al suelo de la maceta} = \frac{\text{Fuerza sobre la maceta}}{\text{Area de la plataforma de compactación}} \quad [5]$$

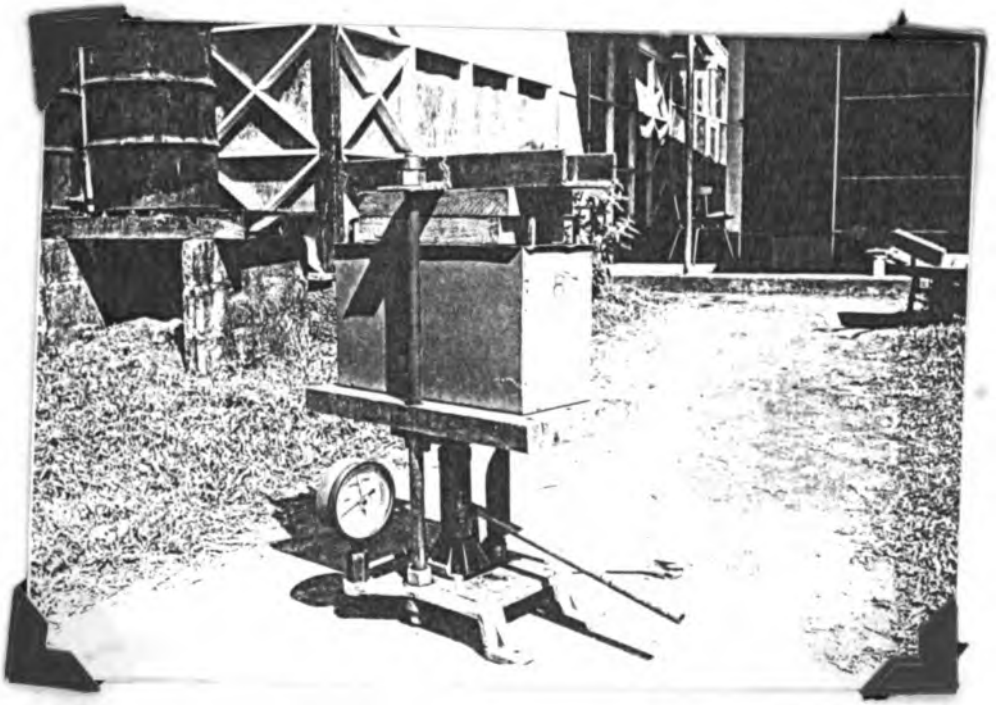


Fig. 4. Prensa hidráulica utilizada en la compactación del suelo para el trabajo de campo y de laboratorio.

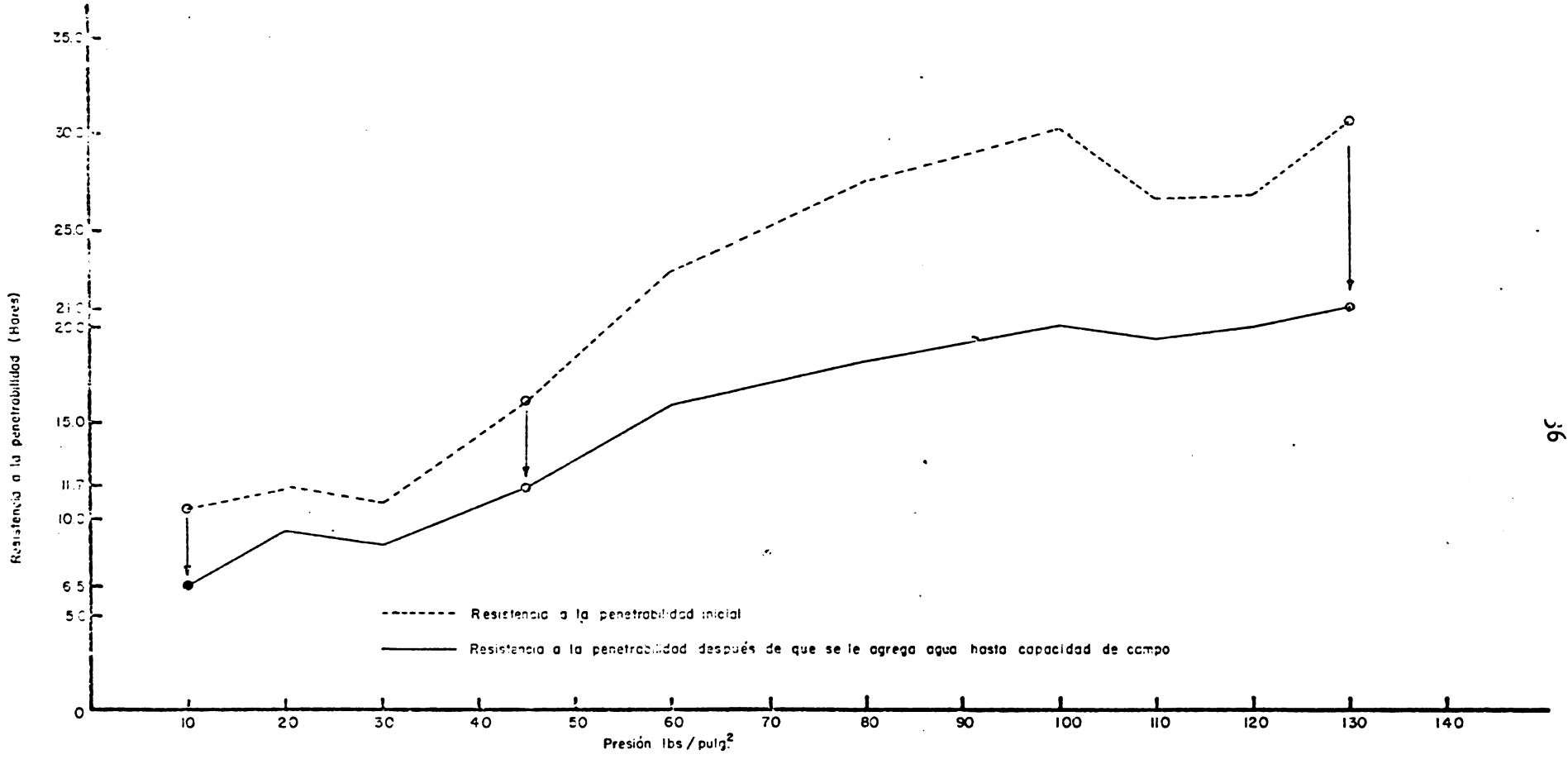


Fig. 5. Comportamiento del suelo serie "La Margot", cuando se somete a diferentes presiones, contenido de humedad entre 35 y 38 % durante 30 minutos

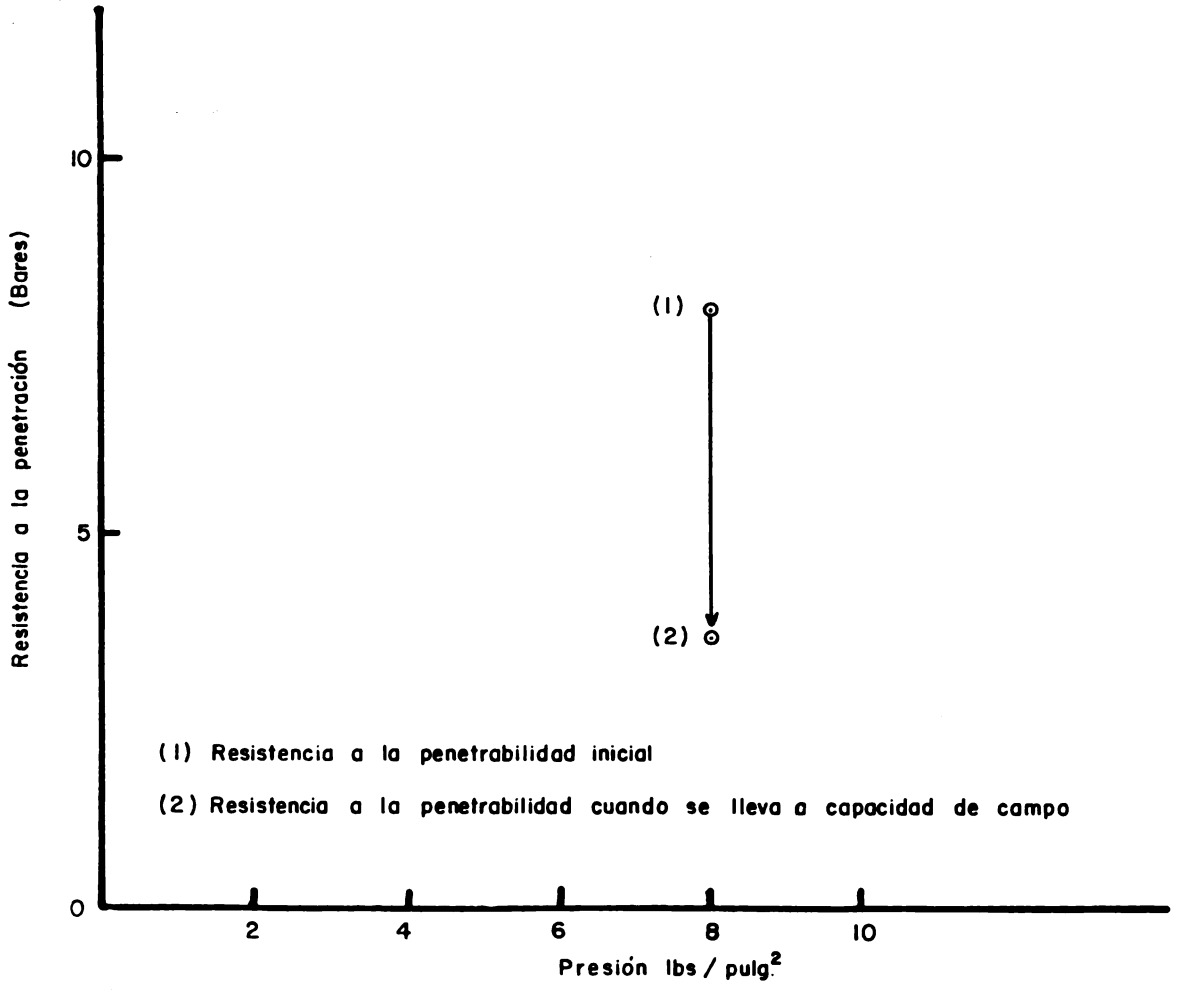


Fig. 6. Comportamiento del suelo "La Margot", cuando es compactado a 35 - 38% de humedad durante 15 minutos

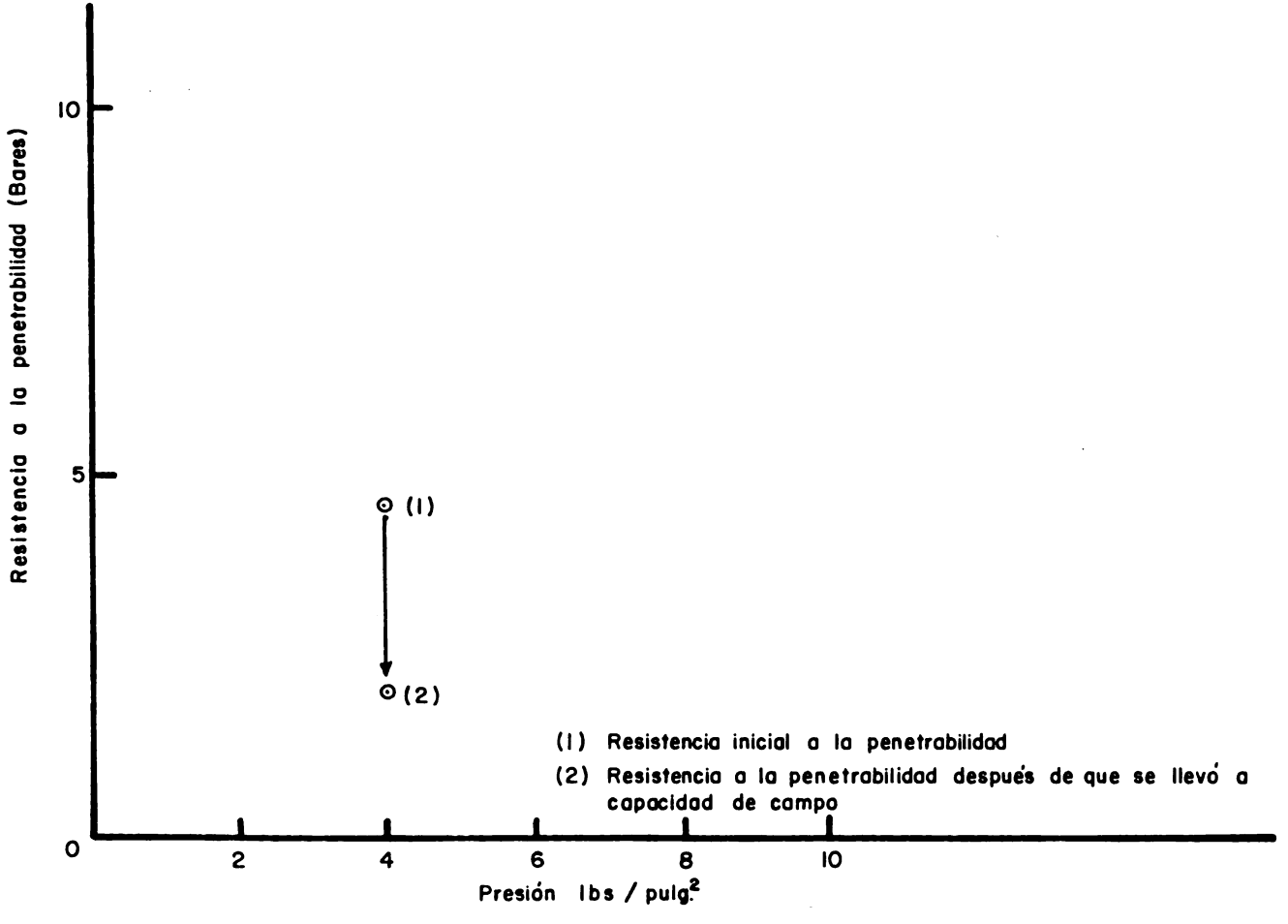


Fig. 7. Comportamiento del suelo serie "La Margot", cuando se compacta con humedad de 35 - 38 % durante 10 minutos

14.5

Sustituyendo [4] en [5], se tiene:

Presión sobre el área de la maceta =

$$\frac{\text{Presión aplicada al pistón x área del pistón}}{\text{Area de la plataforma de compactación}} \qquad [6]$$

Area de la plataforma de compactación = 18,8 pulg x 7,5 pulg = 141,0 $pulg^2$

Area del pistón de la prensa:

Diámetro del pistón = 1,9 pulg

Radio del pistón = 1,9 pulg dividido por 2 = 0,95 pulg

Area del pistón = πr^2 = 3,1416 x 0,90 pulg = 2,8274 $pulg^2$ ≈ 2,83 $pulg^2$

Así: presión aplicada sobre el área de la maceta =

$$\frac{\text{Presión aplicada al pistón x 2,83 pulg}^2}{\text{141,0 pulg}^2}$$

Presión aplicada al suelo dentro de la maceta = presión aplicada al pistón lbs x 0,02 $pulg^2$

Para conseguir:

1. 2 bares de resistencia a la penetración (bares) fue necesario aplicar:

   presión aplicada al suelo = 200 lbs x 0,02 $pulg^2$ = 4 lbs/$pulg^2$ durante 10 minutos

2. Para 3,6 bares:

   presión aplicada al suelo = 400 lbs x 0,02 $pulg^2$ = 8 lbs/$pulg^2$ durante 15 minutos

3. Para 6,5 bares:

presión aplicada al suelo = 500 lbs x 0,02 pulg^2 =

10 lbs/pulg^2 durante 30 minutos

4. Para 11,7 bares:

presión aplicada al suelo = 2.250 lbs x 0,02 pulg^2 =

45 lbs/pulg^2 durante 30 minutos

5. Para 21,0 bares:

presión aplicada al suelo = 6.500 lbs x 0,02 pulg^2 =

130 lbs/pulg^2 durante 30 minutos

3.1.8.2 Compactación en las dos capas del fondo de la maceta

Se siguió la misma técnica descrita para el caso de los cuatro horizontes, pero sólo se agregaba suelo hasta una altura de 12,5 cm. Los 12,5 cm superiores fueron suplidos con suelo disturbado libre de compactación.

3.1.8.3 Compactación en los dos horizontes superiores

Dentro de una de las macetas tomada como patrón, se introdujo un aditamento especial, Fig. 8, que permitía extraer el suelo compactado en forma de bloque. Para permitir un mejor deslizamiento en la extracción del bloque compactado con la altura y resistencia a la penetración requeridas, antes de añadir el suelo para ser compactado, las paredes internas de las macetas se cubrían con retazos de plástico húmedo. La Fig. 9 muestra la forma como se extraía el bloque compactado para el tratamiento respectivo. Obtenido el bloque de suelo, como se ve en la Fig. 10, se colocaban dentro de la maceta correspondiente encima de 12,5 cm

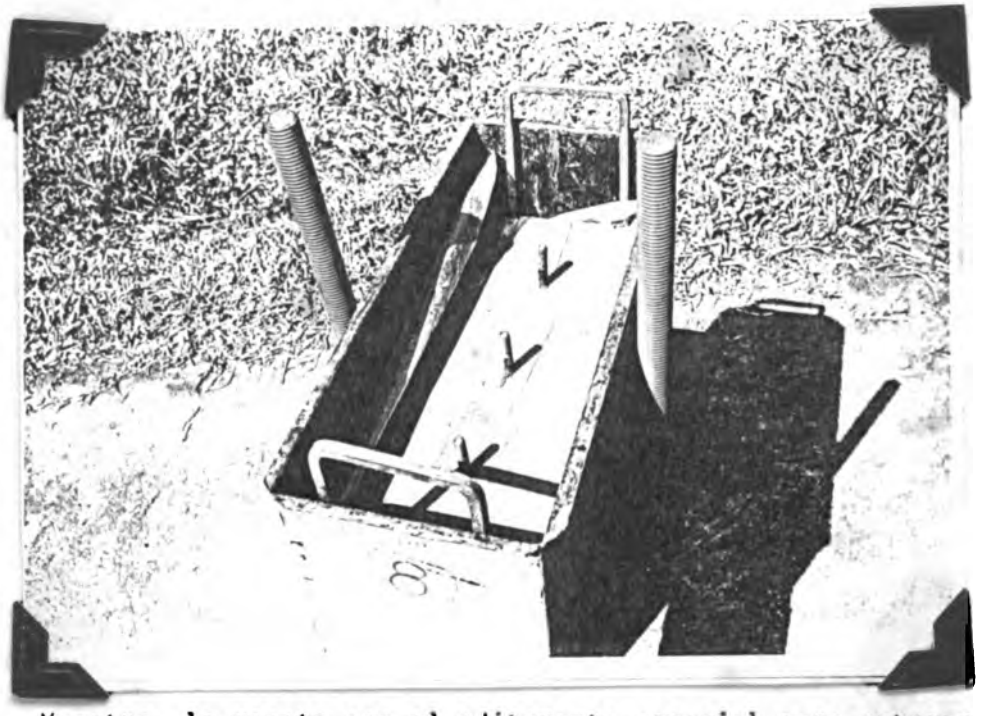


Fig. 8. Muestra la maceta con el aditamento especial para extraer el bloque de suelo compactado.

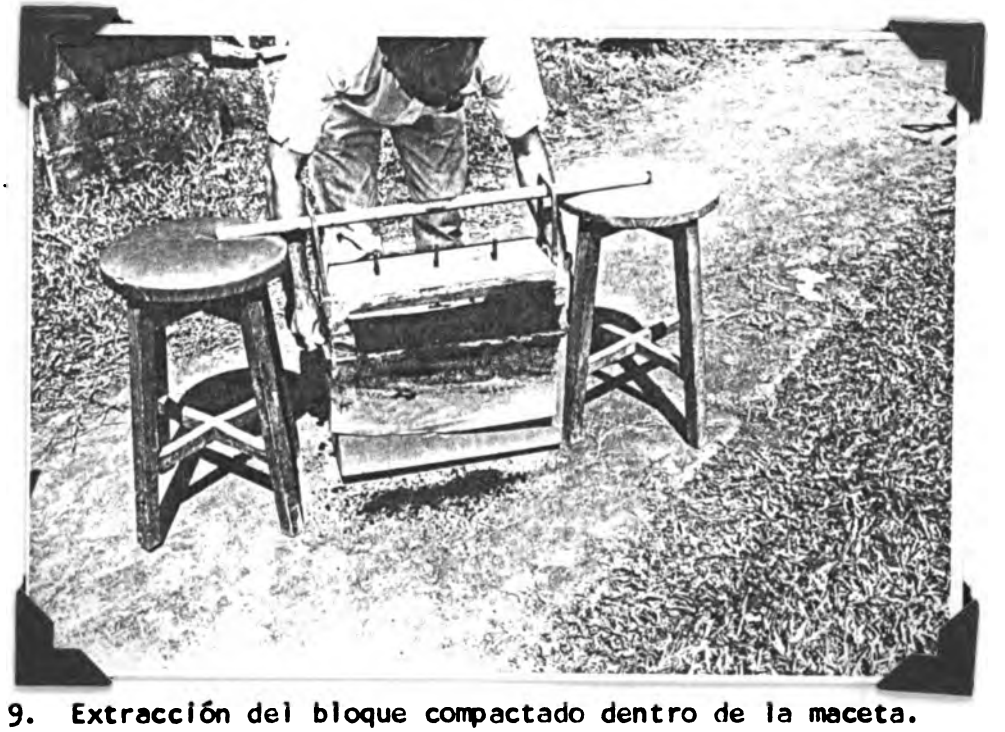


Fig. 9. Extracción del bloque compactado dentro de la maceta.

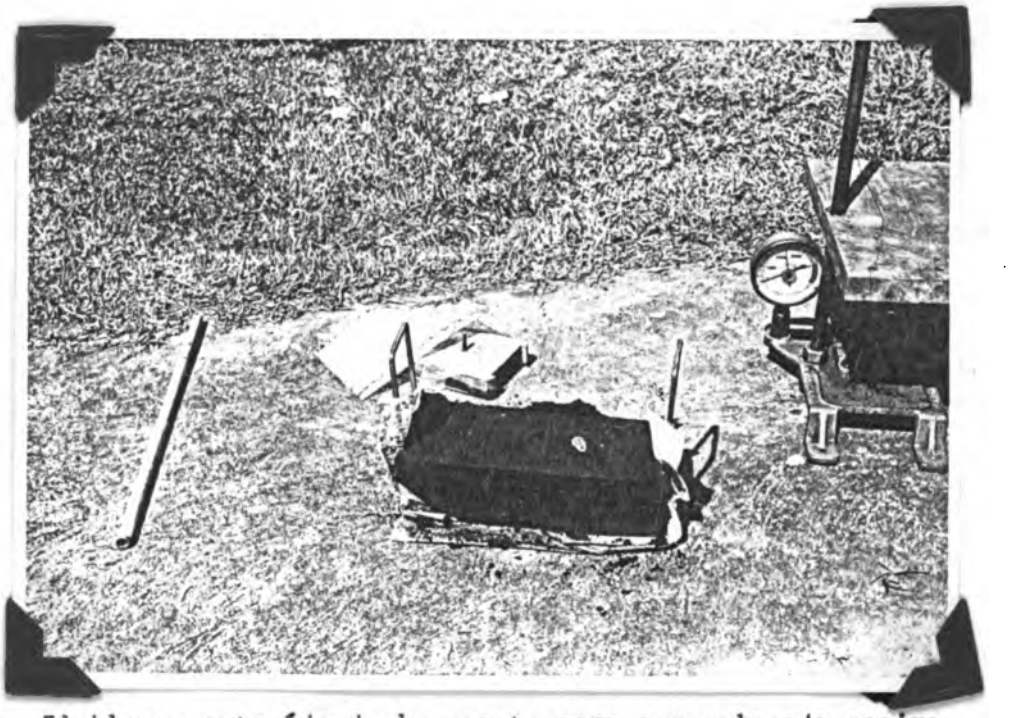


Fig. 10. El bloque extraído de la maceta para ser colocado encima de las dos capas inferiores no compactadas.

de suelo alterado y sin compactar.

Un penetrómetro estático marca Chatillon con pistón de acero inoxidable de 5 mm de diámetro y marcado a 5 mm de altura, Cat. N° 719-40 MRPFR se utilizó para medir la resistencia a la penetración.

3.1.8.4 Germinación de las semillas

Previamente a la germinación de las semillas, fueron desinfectadas durante un minuto en una solución "Clorox" (Hipoclorito de Sodio) al 5 por ciento, diluído 1:1.000. Sobre hojas de polietileno negro de dimensiones 18x18 cm se colocaba un papel absorvente de igual dimensión y sobre éste se colocaban dos hileras de diez semillas cada una. Se enrrollaba en forma de cilindro y se introducían en recipientes de vidrio de 130 mililitros (ml) de capacidad, que contenía solución Hoagland al 25 por ciento. Arregladas en esta forma se colocaba el material dentro de una estufa calibrada a 30°C de temperatura. Dos días después, cuando todas las semillas habían germinado, fueron sembradas en las macetas del ensayo.

3.1.8.5 Trasplante

Para efectuar la siembra se perforaron hoyos de 2,0 cm de diámetro y 4,5 cm de profundidad. En dicha cavidad se introducía una semilla pre-germinada colocada en tal forma que la radícula quedaba a un lado y en dirección de crecimiento hacia abajo. Un espacio libre de 2 cm quedaba entre la superficie del suelo y la semilla, el cual se llenaba con suelo tamizado.

3.1.8.6 Instalación de equipos en las macetas

Para el control en la aplicación del riego se instalaron

tensiómetros con medidor de vacío de reloj, tipo N° 2700 B, Soil Moisture Equipment (105) a profundidad de 15 cm. Según los resultados obtenidos por Legarda (71), trabajando con frijol de la misma variedad y en condiciones de invernadero, la producción fue mayor cuando la succión máxima del agua se mantenía en 80 centibares de succión a cinco centímetros de profundidad y a 60 centibares a 15 cm de profundidad. En este experimento la succión se mantuvo entre 10 y 80 centibares de succión.

En medio de las plantas de cada maceta se colocaron alambres metálicos de 15 cm de longitud y de igual grosor al de los microelectrodos empleados en las mediciones de la tasa de difusión de oxígeno (R.D.O.). Los alambres terminaban en punta y se pintaron con pintura asfáltica negra para evitar la corrosión. Al momento de hacer las lecturas se extraían y en el orificio que dejaban se colocaban los microelectrodos de platino.

3.1.9 Manejo del experimento en el invernadero

3.1.9.1 Fertilización

Obtenida la compactación deseada para cada uno de los tratamientos y antes de efectuar la siembra, se procedió a fertilizar el suelo. Teniendo en cuenta que 200.000 plantas tienen cabida en una hectárea, cuando la distancia de siembra entre plantas es de 10 cm y entre surcos de 50 cm, se hizo el cálculo de la cantidad que debía aplicarse de fuentes de fertilizantes para cada maceta, siguiendo la técnica de Martini (81) y modificada por Legarda (71). El Cuadro 2 en el Apéndice resume la información. Se emplearon reactivos, en la mayoría de los casos, por su mayor solubilidad y menor impurezas. El nitrógeno se aplicó como urea; el fósforo como

fosfato monocálcico; el potasio como cloruro de potasio; el calcio y el magnesio como carbonatos; el azufre como sulfato de sodio; el cobre, zinc y manganeso, como cloruros; el hierro como citrato; el molibdeno como molibdato de sodio y el boro como borato de sodio (borax). Todos fueron aplicados en solución uniformemente sobre la superficie del suelo. El calcio y magnesio fueron agregados tres días después de los restantes para evitar la formación de fosfatos de dichos elementos. Cinco días después de esta práctica, al considerar que ya existía un equilibrio entre los elementos aplicados y el suelo, se procedió a la siembra.

El agua aplicada a cada maceta, durante todo el ciclo del cultivo fue colectada de los techos del invernadero cuando llovía y almacenada en depósitos cubiertos internamente con pintura asfáltica para evitar contaminaciones.

3.1.10 Variables analizadas

3.1.10.1 Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento observados fueron:

Peso total de semillas cosechadas (rendimiento)

Número de vainas por planta

Número de semillas por vaina

Peso de una semilla

En cada tratamiento se pesó el componente producido por planta y se obtuvo un promedio para cada uno de ellos. Tanto el pesto total de las semillas producidas como el peso de una semilla fue corregido al 13 por ciento de humedad para establecer las comparaciones respectivas,

y se hizo según la fórmula citada por Armenta (4):

$$Pf = \frac{Po\ (100 - Ho)}{87} \qquad [7]$$

donde: Pf = Peso de las semillas corregido al 13 por ciento de humedad

Po = Peso de las semillas en el momento de la cosecha

Ho = Porcentaje de humedad de las semillas en el momento de la cosecha

87 = Constante igual a 100 - 13

El porcentaje de humedad de las semillas en el momento de la cosecha (Ho) se determinó según la fórmula:

$$Ho = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100 \qquad [8]$$

donde:

Ho = Humedad de las semillas expresada en porcentaje

Ph = Peso seco de la semilla en el momento de la cosecha

Ps = Peso seco de las semillas, luego de permanecer en estufa a 70°C durante 72 horas

3.1.10.2 Materia seca

Se obtuvo conjuntamente el peso de tallos, hojas y vainas de cada planta al final del ciclo vegetativo. Todo el material se secó en estufa a 70°C hasta peso constante.

3.1.10.3 Area foliar

Se determinó el área foliar al final del ensayo, utilizando la ecuación desarrollada por Chávez (24), modificada por Furlan (40) y

aplicada por Quintero (91):

$$Y = 2,94X^{1,855374} \qquad [9]$$

donde:

Y = Area foliar

2,94 = Constante

X = Ancho máximo del foliolo central

1,855374 = Constante

3.1.10.4 Altura de las plantas

Con el fin de determinar la influencia de los tratamientos sobre el crecimiento de las plantas, semanalmente y a partir de la segunda semana se midió la altura de ellas, desde la base del tallo hasta el último par de hojas.

3.1.10.5 Densidad de las raíces en el suelo

Para observar la posición de las raíces en cada una de las macetas, se disectó el suelo en bloques rectangulares de 10 cm de lado y 5 cm de altura, según se muestra en la Fig. 11. Se disgregaba el suelo en agua para que se separaran las raíces y se pasaba por tamices de 2,0 y 1,0 mm, se secaban sobre papel absorvente, se fotografiaban dos de cada cuatro repeticiones y se colocaban en estufa a 70°C hasta peso constante.

3.1.10.6 Determinación de la tasa de difusión de oxígeno (R.D.O.)

Para tratar de separar el efecto puramente mecánico de aquél relacionado con la presencia de oxígeno necesario para las funciones fisiológicas de las plantas, se midió la tasa de difusión de oxígeno. Como

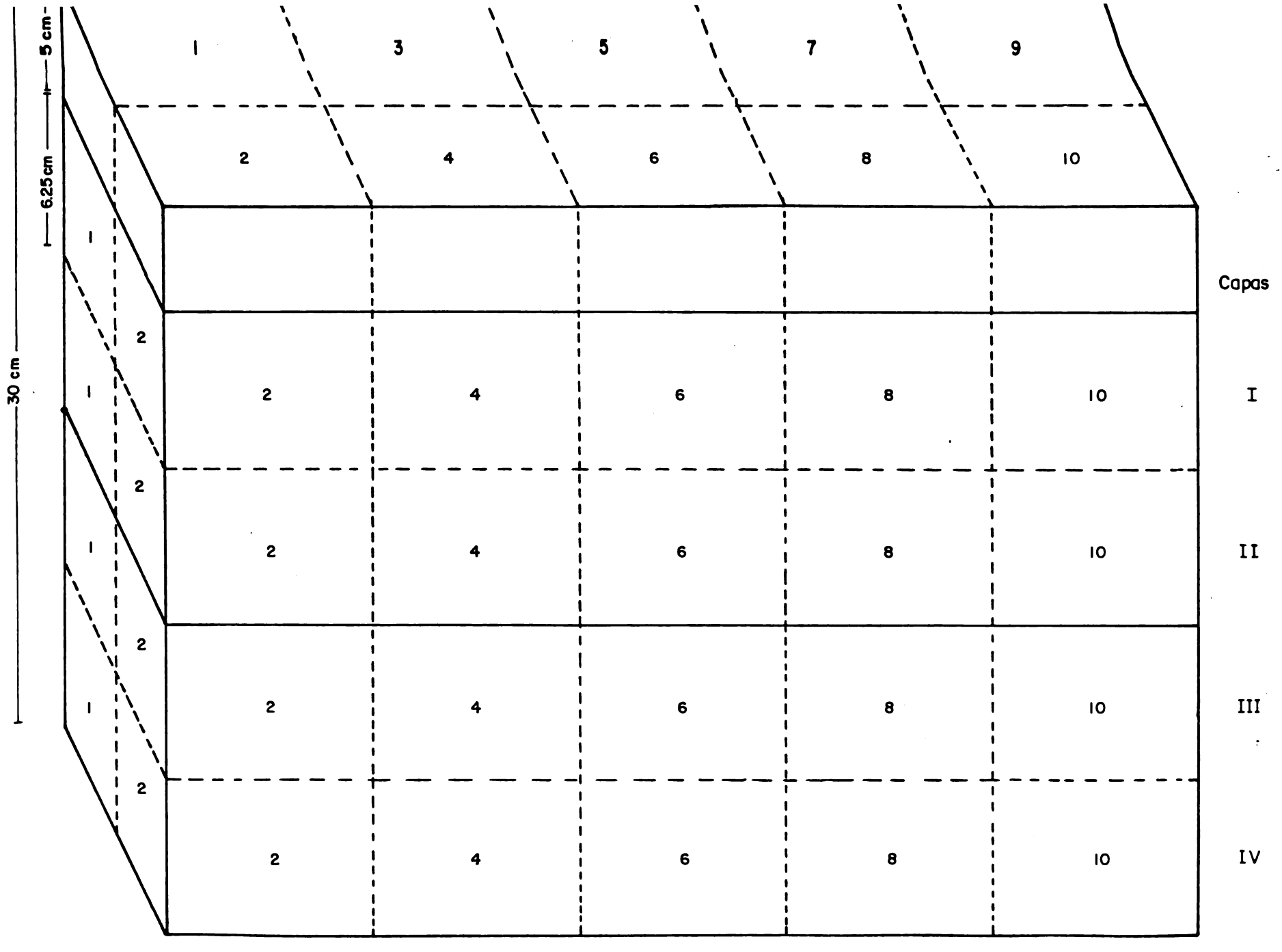


Fig. 11. Forma en que se fraccionó el suelo dentro de las macetas para la extracción de las raíces

elemento sensible fueron utilizados microelectrodos de platino tipo YWE 14656 (Dicks Machine Shop, Lansing, Michigan, E.U.A.). El aparato completo consta de 10 microelectrodos, un juego de líneas para los microelectrodos, caja de control, batería de dos voltios de corriente directa y una celda de referencia que contiene un electrodo de plata en una solución de potasio con un conducto transparente plástico unido a un envase de cerámica lleno con la solución que sirve como un puente de sal. Para el manejo del equipo se siguieron las normas de Letey y Stolzy (73).

Las lecturas se hacían cada dos semanas a partir de la segunda después de la siembra introduciendo los electrodos a 15 cm de profundidad. Con base a las lecturas de intensidad de la corriente mostrada en el tablero de control, se procedió a calcular la R.D.O.

La relación entre la intensidad de corriente y la tasa de flujo de oxígeno en la superficie del electrodo, viene dada por la siguiente expresión (73):

$$i = (10^{-6}) = n\,FAf \qquad [10]$$

donde: i = Intensidad de corriente eléctica en microamperios

n = Número de electrones requeridos para la reducción de una molécula de oxígeno, y es de 4.

F = Constante de Faraday

A = Area de exposición del electrodo de platino en cm^2

f = Flujo o tasa de difusión de oxígeno en la superficie del electrodo en número de moles de oxígeno/ seg/cm^2

El cálculo de R.D.O. se efectuó de acuerdo con la fórmula que

presentan Letey y Stolzy (73):

$$R.D.O. = \frac{i \times 10^{-6} \times 60 \times 32 \times 10^{-8}}{4 \times 96.500 \times A} \qquad [11]$$

donde:

R.D.O. = Tasa de difusión de oxígeno en gms de oxígeno x $10^{-8}/cm^2/min$

i = Intensidad de corriente eléctrica en microamperios

A = Area del electrodo de platino en cm^2

La expresión R.D.O. = $\frac{i}{A}$ 0,4974 reduce la fórmula anterior.

3.1.10.7 Análisis estadístico de la información

Se hizo análisis de varianza usando la prueba de Fisher para detectar diferencia significativa entre tratamientos; posteriormente, mediante comparaciones no orotogonales (Duncan) y usando las mismas varianzas se separaron los mejores tratamientos y su significancia.

Para estimar el crecimiento en función del tiempo se ajustaron los valores reales mediante la función de crecimiento:

$$Y = \frac{\beta_o}{1 + \beta_1 e^{-\beta_2 X}} \qquad [12]$$

donde: Y = Crecimiento esperado

β_o, β_1, β_2 = Coeficientes a estimar

X = Edad de la planta en semanas

Los resultados de rendimiento tanto de producción como de materia seca y resistencia a la penetración, se analizaron mediante el modelo

de regresión cuadrática; en igual forma se analizó el peso seco de las raíces en función de la densidad aparente:

$$Y = \beta_o + \beta_{1X} + \beta_{2X^2} \qquad [13]$$

donde: Y = Rendimiento, materia seca, o peso de raíces

X = Resistencia a la penetración

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Coeficientes a estimar

Para analizar el peso seco de raíces en función de la resistencia a la penetración y el rendimiento con la densidad aparente, se usó la función Gamma:

$$Y = \beta_o e^{-\beta_1 X} X^{\beta_2} \qquad [14]$$

donde: Y = Peso de raíces o de rendimiento

X = Resistencia a la penetración en bares

$\beta_o, \beta_1, \beta_2$ = Coeficientes a estimar

Para relacionar la resistencia a la penetración y el porcentaje de porosidad se usó un modelo de regresión lineal:

$$Y = \beta_o + \beta_{1X} \qquad [15]$$

donde:

Y = Porcentaje de porosidad

X = Resistencia a la penetración

β_o, β_1 = Coeficientes a estimar

Se usaron otros modelos de ajuste en el análisis de regresión:

$$Y = \beta_o X^{\beta_1} \qquad [16]$$

$$Y = \beta_o \beta_1^X \qquad [17]$$

$$Y = \beta_o + \beta_1 X + \beta_2 X^2 \qquad [18]$$

$$Y = \beta_o + \beta_{1X1} + \beta_{2X2} + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{12X1X2} \qquad [19]$$

Todos los resultados experimentales fueron procesados en la computadora IBM-1130 del IICA.

3.2 Trabajo de campo

3.2.1 Localización

En suelos de la serie "Instituto", campo de investigación en "Sistemas de Agricultura" cuya localización se presenta en la Fig. 1.

3.2.2 Tratamientos

En 10 parcelas del ensayo "Sistemas de Agricultura" (Fig. 12), que están distribuídas al azar y 10 parcelas distribuídas en forma aleatorizadas, se hizo la evaluación de la presión de uso de la tierra sobre la resistencia del suelo a la penetración. Las pruebas se hicieron en la hilera y entre hileras de las cuatro subparcelas de cada parcela, en sitios de 0,30x0,30 m de lado y a profundidades de 0; 10; 20 y 30 cm. Estimando a cada profundidad la humedad del suelo correspondiente.

3.2.3 Características a estudiar

En sitios de cada parcela que se delimitó previamente, y en los que se evitó el tránsito de máquinas y humanos, salvo en estos últimos, los necesarios para efectuar labores que implican el mantenimiento

Centro A[illegible]mico Tropical de Investigación [illegible]eñanza
Depar[illegible]nento de Cultivos y Suelos Tropic[illegible]s
Turrialba, Costa Rica

AGROSISTEMA DE PRODUCCION

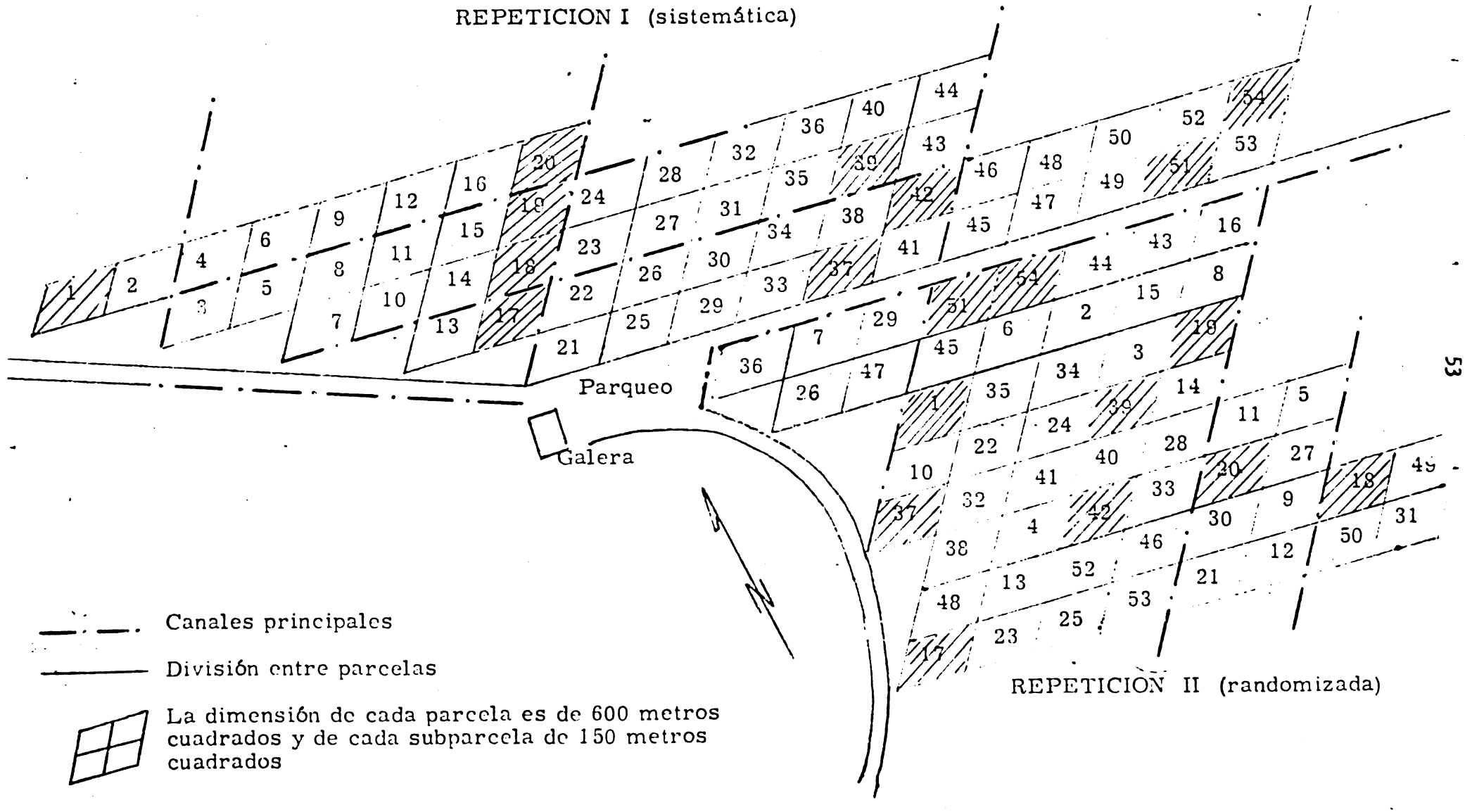


Fig. 12. Parcelas donde se hizo el trabajo de campo.

Noviembre, 1973

y cuidado del cultivo, se hicieron medidas de resistencia a la penetración, al iniciarse el ciclo de la primera siembra y después de un año de ocupación. Se establecieron las diferencias que ocurrieron entre las dos medidas.

Las parcelas en las cuales se hicieron las lecturas estuvieron bajo los siguientes cultivos:

Repetición	Parcela	Subparcela	Cultivo
I	1	1	Vegetación natural
		2	Vegetación con chapia
		3	Pasto
		4	Sin vegetación
	17	1	Frijol
		2	Frijol
		3	Frijol
		4	Frijol
	18	1	Arroz
		2	Arroz
		3	Arroz
		4	Arroz
	19	1	Maíz
		2	Maíz
		3	Maíz
		4	Maíz
	20	1	Camote
		2	Camote
		3	Camote
		4	Camote
	37	1	Frijol-Maíz-Arroz
		2	Frijol-Maíz-Arroz
		3	Frijol-Arroz-Maíz
		4	Frijol-Maíz-Arroz

Repetición	Parcela	Subparcela	Cultivo
I	39	1	Frijol-Maíz-Camote
		2	Frijol-Camote-Maíz
		3	Frijol-Maíz-Camote
		4	Frijol-Camote-Maíz
	42	1	Yuca-Frijol-Maíz
		2	Yuca-Frijol-Maíz
		3	Yuca-Frijol-Maíz
		4	Yuca-Frijol-Maíz
	51	1	Frijol-Maíz-Arroz-Camote
		2	Frijol-Maíz-Arroz-Camote
		3	Frijol-Maíz-Arroz-Camote
		4	Frijol-Maíz-Arroz-Camote
	54	1	Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz
		2	Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz
		3	Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz
		4	Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz
II	1	1	
(Aparecen los cultivos como en la Repetición I en cada subparcela)		2	
		3	
		4	
	17	1	
		2	
		3	
		4	
	18	1	
		2	
		3	
		4	

Repetición	Parcela	Subparcela	Cultivo
II	19	1	
		2	
(Aparecen los cultivos como en la Repetición I en cada subparcela)		3	
		4	
	20	1	
		2	
		3	
		4	
	37	1	
		2	
		3	
		4	
	39	1	
		2	
		3	
		4	
	42	1	
		2	
		3	
		4	
	51	1	
		2	
		3	
		4	
	54	1	
		2	
		3	
		4	

3.3 Trabajo de laboratorio

3.3.1 Tratamientos

Los tratamientos que se aplicaron fueron:

3.3.1.1 Dos presiones: 0,5 y 1,0 bar, durante 1 minuto

3.3.1.2 Cinco niveles de humedad con cinco repeticiones

3.3.1.2.1 Límite plástico = 68 por ciento de humedad

3.3.1.2.2 Entre el límite plástico y la capacidad de campo = 60 por ciento de humedad

3.3.1.2.3 Capacidad de campo = 52 por ciento de humedad

3.3.1.2.4 Por debajo de la capacidad de campo = 44 por ciento de humedad

3.3.1.2.5 Humedad inferior a la anterior = 36 por ciento de humedad

3.3.1.3 Dos condiciones del suelo: sin alterar y alterado

3.3.2 El suelo

Se empleó en el estudio suelo de la serie "La Margot". Las pruebas se hicieron en condiciones originales de campo (sin disturbar) y en condiciones alteradas (disturbado), tamizado en húmedo a través de una malla de 5 mm.

3.3.3 Técnica de la compactación

3.3.3.1 Información básica

Para aplicar la presión establecida de cada tratamiento se empleó una prensa hidráulica de fabricación Norteamericana marca Fred S. Carver, Engineer Hydraulic Equipment, y equipada con un manómetro de escala entre 0 y 60 libras por pulgada cuadrada (Fig. 13).

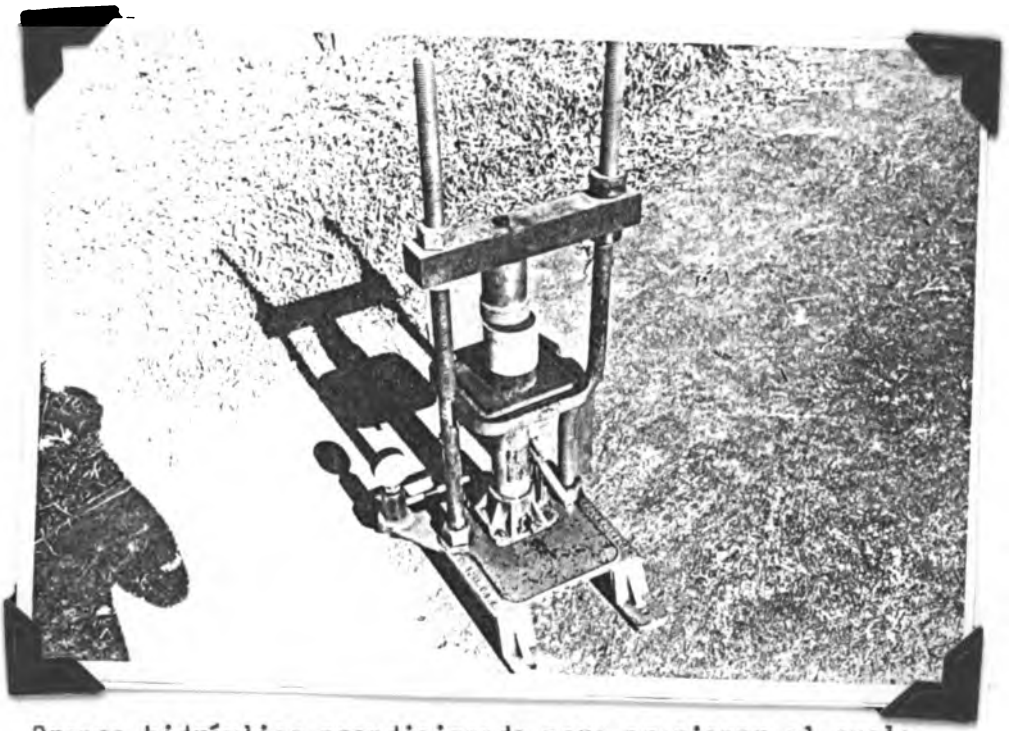


Fig. 13. Prensa hidráulica acondicionada para presionar el suelo, confinado dentro de los anillos, a 0,5 y 1,0 bar durante 1 minuto. Obsérvese el manómetro utilizado.

Cálculo para lograr la presión de 1,0 y 0,5 bar en el suelo confinado dentro de los anillos:

Area del pistón de compactación superior que presiona el suelo dentro del anillo:

Diámetro: 2,91 pulg

Radio: $\frac{2,91}{2} = 1,46$ pulg ; $(1,46 \text{ pulg})^2 = 2,13 \text{ pulg}^2$

Area: $\pi r^2 = 3,1416 \times 2,13 \text{ pulg}^2 = 6,7 \text{ pulg}^2$

Area del pistón de la prensa:

Diámetro: 1,9 pulg ; radio = $\frac{1,9 \text{ pulg}}{2} = 0,95$ pulg

$r^2 = (0,95 \text{ pulg})^2 = 0,90 \text{ pulg}^2$

Area: $3,1416 \times 0,90 = 2,8274 \text{ pulg}^2 = 2,83 \text{ pulg}^2$

Presión aplicada al suelo = presión aplicada al pistón de compactación (lbs)/pulg^2.

Cálculo de presión del manómetro para una presión de compactación de 1,0 bar:

1 bar = 14,5 lbs/pulg^2 = presión de compactación [20]

$14,5 \text{ lbs/pulg}^2$ = presión pistón x $\frac{2,83 \text{ pulg}^2}{6,7 \text{ pulg}^2}$ [21]

Presión pistón de la prensa = $\frac{14,5 \text{ lbs/pulg}^2}{0,4224} = 34,33 \text{ lbs/pulg}^2$

es la presión que hay que aplicar al pistón de la prensa para conseguir una presión sobre el suelo de 1,0 bar.

Pero el manómetro marca la presión en kg/cm^2.

$$Kg/cm^2 = \frac{34,33\ lbs \times 1\ kg \times 1\ pulg^2}{pulg^2 \times 2,20/lbs \times 6,45\ cm^2} = \frac{34,33\ kg}{2,20 \times 6,45\ cm^2} =$$

$$\frac{34,33\ kg}{14,19\ cm^2} = 2,42\ kg/cm^2$$

Cálculo de presión del manómetro para una presión de compactación de 0,5 bar:

$0,5\ bar = 7,25\ lbs/pulg^2$

$7,25\ lbs/pulg^2$ = Presión del pistón de la prensa x 0,4224

$$\text{Presión del pistón de la prensa} = \frac{7,25\ lbs/pulg^2}{0,4224}$$

$$\text{Presión del pistón de la prensa} = \frac{7,25\ lbs/pulg^2}{0,4224} = 17,1638\ lbs/pulg^2$$

$$\text{en } kg/cm^2 = \frac{17,1638}{14,19} = 1,21\ kg/cm^2$$

El manómetro utilizado fue chequeado con un manómetro de presión Master test, tipo 200-C y de marca Marsh Instrument.

Para conseguir la humedad deseada en cada tratamiento se empleó la fórmula recomendada por Forsythe (38):

$$Ms = \frac{M}{1 + \frac{H}{100}} \qquad [22]$$

donde: Ms = Masa de sólidos o masa del suelo secado al horno

M = Masa del suelo con humedad

H = % de la humedad gravimétrica del suelo

Cuando el suelo presentó exceso de humedad, se sometió a secamiento muy lento bajo sombra, en sitios protegidos de corrientes de aire. Se hicieron pruebas preliminares para conseguir que la humedad requerida fuera uniforme y se encontró que dejando los anillos durante cinco días de protección se obtendrían buenos resultados (Cuadro 3). Cuando hubo defecto de humedad se aplicó la cantidad de agua necesaria para conseguir la humedad deseada y se dejaron cinco días para conseguir un equilibrio entre el agua y el suelo.

3.3.4 Características a estudiar

3.3.4.1 Resistencia a la penetración

Después de aplicar la presión, se hicieron lecturas de resistencia a la penetración a la humedad correspondiente y luego el suelo se llevó nuevamente a la capacidad de campo (Fig. 14).

3.3.4.2 Succión

Después de aplicar la presión se hicieron lecturas de succión igualmente cuando las muestras fueron llevadas a capacidad de campo; para ello se utilizó un tensiómetro de reloj de tipo ajustable a punto nulo, modelo 2900 del Soil Moisture Equipment Co., Santa Barbara, California, E.U.A. (Fig. 15).

3.3.4.3 Densidad aparente

Cuando todos los anillos estuvieron en humedad correspondiente

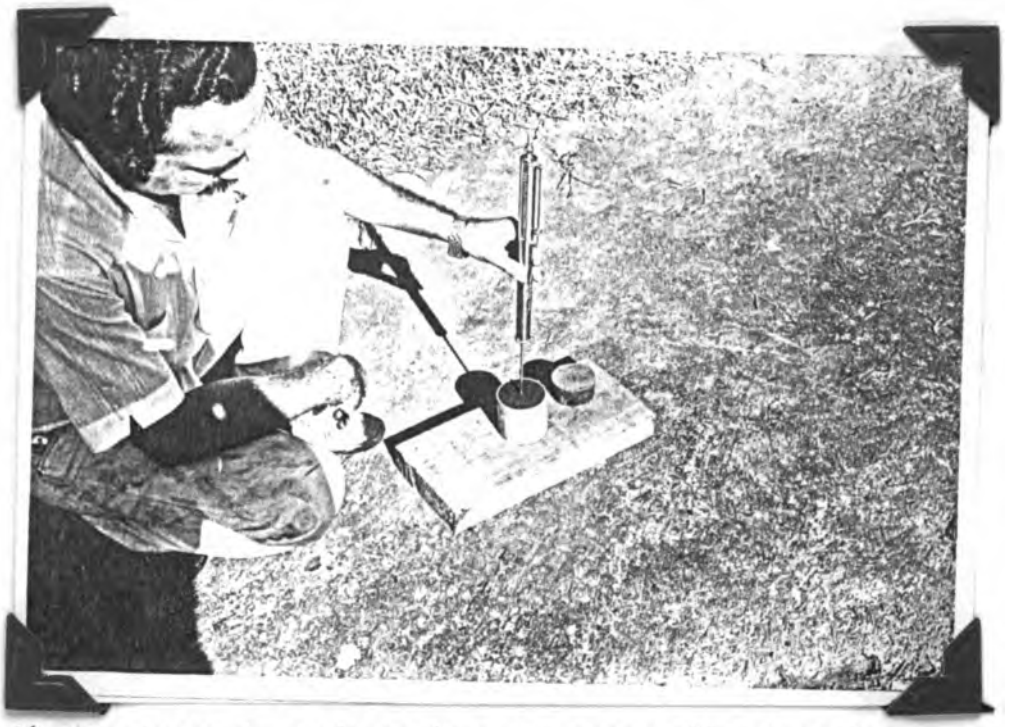


Fig. 14. Lecturas de resistencia a la penetración al suelo confinado dentro de los anillos.

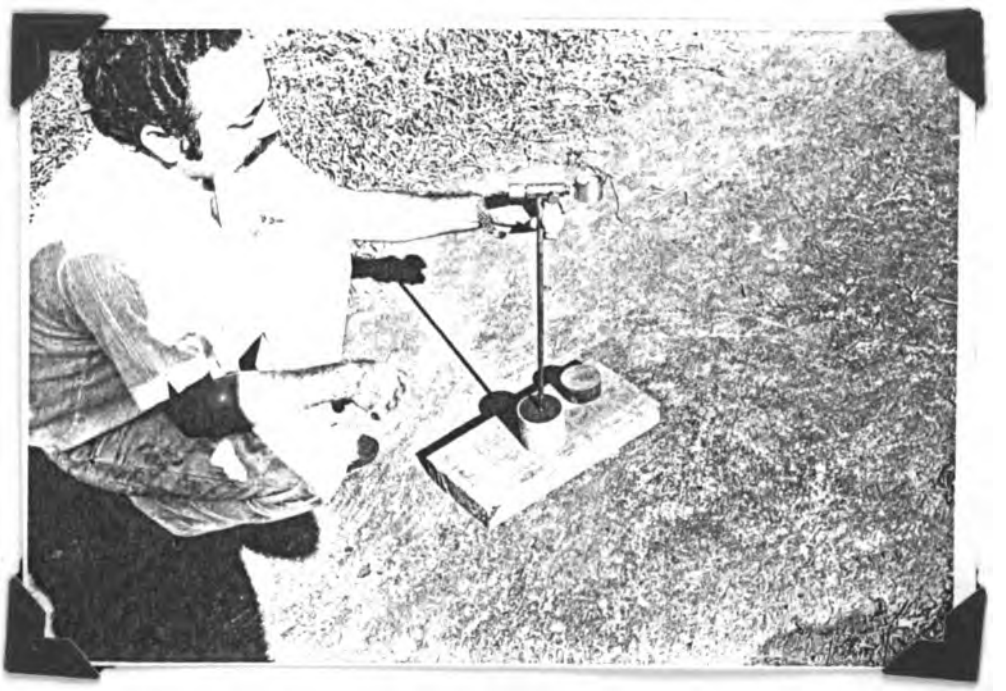


Fig. 15. Lecturas de succión al suelo confinado dentro de los anillos.

a la capacidad de campo, se determinó la densidad aparente siguiendo la técnica de Blake (15), fundamentado en la utilización de un cilindo metálico de volumen conocido para obtener muestras de suelo no alterados.

3.3.4.4 Humedad gravimétrica

Se determinó la humedad gravimétrica a capacidad de campo, por la fórmula (38):

$$\text{\% de la humedad gravimétrica} = \frac{M\ (\text{suelo}) - M\ (\text{suelo secado al horno})}{M\ (\text{suelo secado al horno})} \times 100 \qquad [23]$$

donde: M = Masa

3.3.4.5 Porosidad total

Se calculó la porosidad total a capacidad de campo, por la fórmula (38):

$$\text{Porosidad total} = 1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad de sólidos}} \times 100 \qquad [24]$$

3.3.4.6 Espacio aéreo

Se estimó el espacio aéreo del suelo a capacidad de campo, mediante la fórmula (38):

$$\text{Espacio aéreo} = \text{Porosidad total} - \text{Humedad gravimétrica} \qquad [25]$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Invernadero

4.1.1 Resultados

4.1.1.1 Condiciones climáticas dentro del invernadero

Las condiciones climáticas registradas, temperatura y humedad relativa, durante el ciclo del cultivo (setiembre 11 a noviembre 27 de 1974) se presentan en el Cuadro 4 del Apéndice. Las condiciones ocurridas se consideran adecuadas para la variedad del cultivo utilizada.

4.1.1.2 Aspectos generales del cultivo

Tres días después de la siembra emergieron las plantas en la mayoría de los tratamientos, observándose que aquéllas en donde la resistencia a la penetración era de 21,0 bares en las primeras capas (T6 y T16) la emergencia ocurrió cinco días después de la siembra.

Durante el ciclo vegetativo de las plantas no se detectaron síntomas de deficiencias nutritivas.

Quince días después de la siembra apareció una enfermedad en el cuello de algunas plantas que por la sintomatología presentada parecía ser Fusarium (Fusarium solani f. phaseoli); para combatirla se aplicó Benlate, polvo mojable (Benonmyl Metil-1-butil carbamil-2-bencimidazal carbamato 50%) en concentraciones de 1 gm disuelto en 1,6 litros de agua.

Dos días después del control anterior fue necesario fumigar contra Mildew (Erysiphe polygoni Dc ex Merat). Se empleó Azufral (Azufre elemental mojable) en concentraciones de 15 gm en dos litros. Transcurridos 25 días del ciclo del cultivo se aplicó el insecticida Elocron

(Dioxacarb 2-(1,3-Dioxolan-2VI) Fenil-V-Metil carbamato) para combatir el ataque del insecto Diabrotica sp. Por último, 40 días después del transplante, apareció una enfermedad que se manifestaba en la hoja, inicialmente se marchitaba lentamente hasta que finalmente se secaba. Por el aspecto parecía ser de origen bacterial; para su control y prevención se aplicó por cuatro veces y a intervalos de cuatro días Sulfato de Streptomicina a razón de 63,9 miligramos (mg) del producto en 1 litro de agua. Este tratamiento fue benéfico en los resultados.

En las Figuras 16 y 17 se puede observar el buen estado del cultivo. Para evitar el vuelco de las plantas se ataban con una cuerda a un soporte de madera colocado encima como se muestra en las figuras ya citadas.

4.1.1.3 Componentes del rendimiento

4.1.1.3.1 Peso total de semillas (rendimiento)

El resultado del rendimiento corregido a 13 por ciento de humedad se muestra en el Cuadro 5; en él puede notarse que el rendimiento máximo promedio por planta fue de 13,90 gm y el rendimiento promedio mínimo de 4,21 gm. El análisis de varianza, Cuadro 6, indica que la resistencia a la penetración influye en el rendimiento del frijol con una significancia del 5 por ciento de probabilidad. En la prueba de Duncan, Cuadro 7, los tratamientos 11 y 16 tuvieron rendimientos significativamente diferentes a los demás. La prueba de Duncan, Cuadro 8, efectuada para establecer comparaciones entre tratamientos con las dos capas superiores compactadas revela que el tratamiento 3 (compactación de 3,6 bares), no tuvo diferencia significativa con el tratamiento 2 (2,0 bares),

Fig. 16. Aspecto del cultivo en el invernadero.

Fig. 17. Aspecto del cultivo en el invernadero. Obsérvese la estructura desde la cual pendían las cuerdas que ataban las plantas para evitar el vuelco.

pero sí fue superior significativamente a los tratamientos 4 (6,5 bares), 5 (11,7 bares) y 6 (21,0 bares). Al comparar los tratamientos con las dos capas inferiores compactadas, la prueba de Duncan, Cuadro 9, muestra que el tratamiento T11 (21,0 bares) fue significativamente menor a los tratamientos 7 (2,0), 9 (6,5) y 10 (11,7). Pero no hubo diferencias entre los tratamientos 11 (21,0) y el 8 (3,6 bar).

En la prueba de Duncan, Cuadro 10, que compara los tratamientos compactados en las cuatro capas de la maceta, muestra que el tratamiento 16 (21,0 bares) fue inferior significativamente a los demás y no hubo diferencias significativas entre tratamientos con la resistencia a la penetración menor de 21,0 bares.

En los tratamientos con las dos capas superiores compactadas, el rendimiento tiene un comportamiento que no se ajusta a ninguna ecuación en el análisis de regresión (R^2 máximo = 10,35 para una ecuación cuadrática de mayor coeficiente), Fig. 18. Según el Cuadro 11 y la Fig. 18, se muestra que el rendimiento decrece con la compactación. En la misma figura y el mismo cuadro se observa que cuando la compactación ocurre en las capas inferiores, el rendimiento se incrementa al aumentar la resistencia a la penetración hasta 10,0 bares, punto desde el cual decrece. El rendimiento siguió un modelo cuadrático con un R^2 = 61,04. Asimismo, se observa que en los tratamientos totalmente compactados el mejor rendimiento se consiguió con 8,09 bares de compactación, modelo cuadrático y un R^2 = 63,33, y el menor rendimiento se obtuvo con 21,0 bares de resistencia a la penetración.

La Fig. 19 muestra la relación entre el rendimiento y la

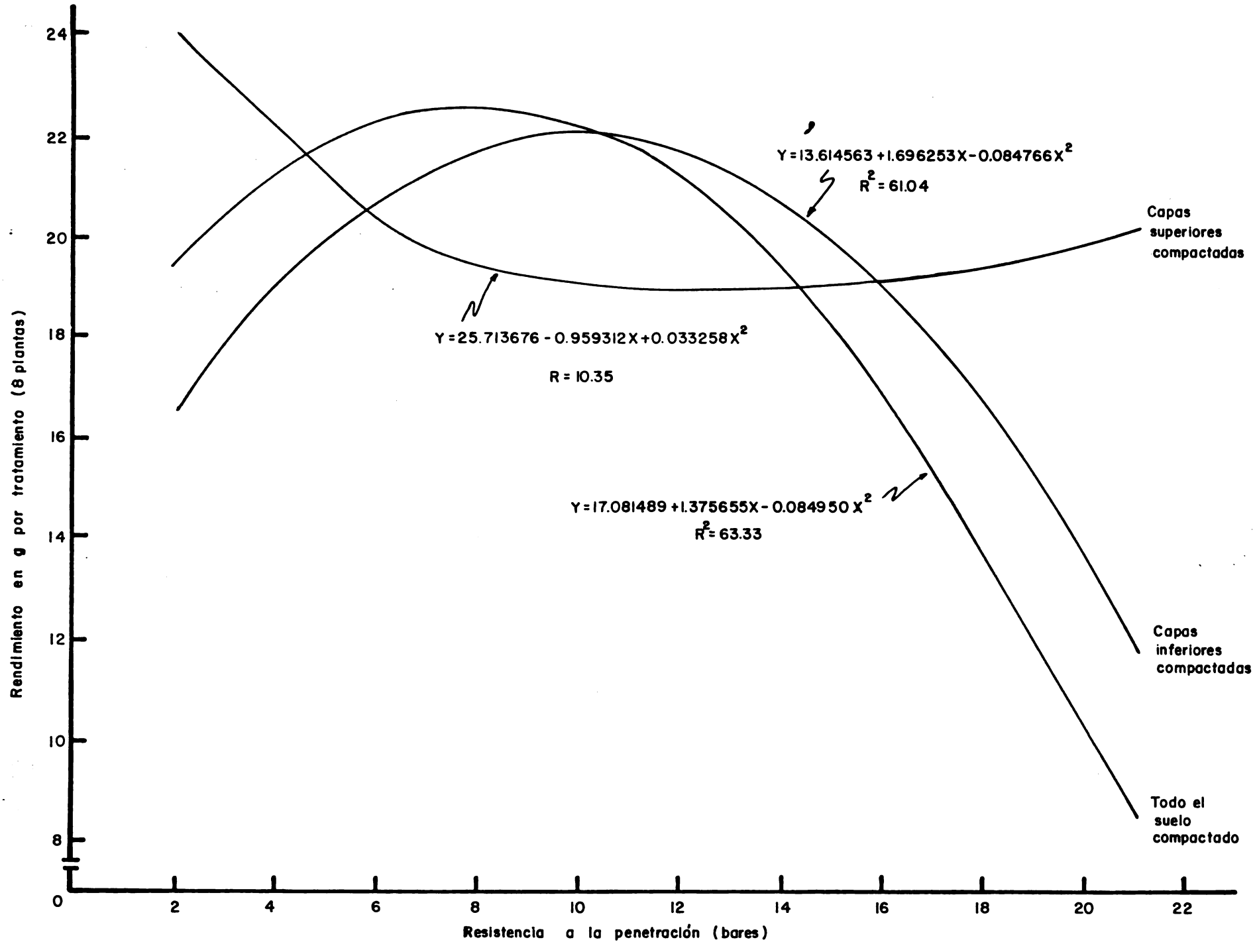


Fig. 18. Función cuadrática entre el rendimiento y la resistencia a la penetración en todos los tratamientos

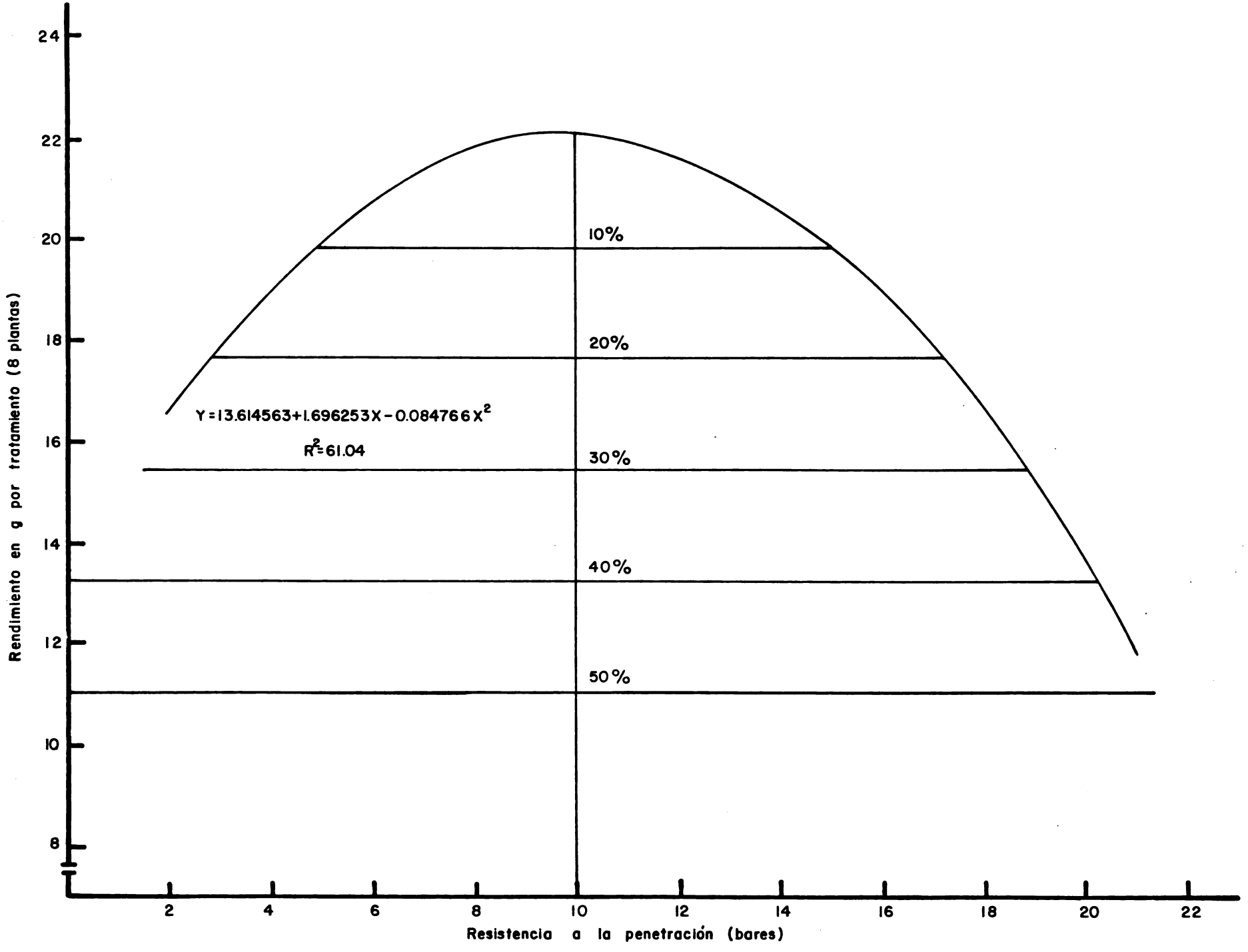


Fig. 19 Relación entre el rendimiento y la compactación en las dos capas inferiores.
Porcentaje de pérdida del rendimiento máximo estimado con relación a la resistencia de la penetración

resistencia a la penetración en las dos capas inferiores. Se nota que el rendimiento máximo estimado es de 22,1 gm y que se consigue cuando la compactación es de 10,0 bares, decrece un 40 por ciento cuando la compactación es de 19,1 bares y 50 por ciento cuando es de 21,4 bares. La Fig. 20 indica la relación entre el rendimiento y la resistencia a la penetración en todo el perfil. Se destaca que el rendimiento máximo estimado se obtiene con una compactación de 8,09 bares, decrece 40 por ciento cuando es de 18,0 bares y 50 por ciento cuando es de 19,5 bares.

4.1.1.3.2 Número de vainas por planta

El Cuadro 12 muestra el número de vainas por dos plantas y el promedio para cada tratamiento. El Cuadro 13 presenta el análisis de varianza del número de vainas por dos plantas para cada tratamiento. Se observa en él que hay diferencia significativa entre ellos. Según el Cuadro 14, que muestra la prueba de Duncan, se nota que los tratamientos 11 y 16 produjeron el menor número de vainas, mientras que con el tratamiento 3 se consiguió el mejor resultado.

4.1.1.3.3 Número de semillas por vaina

En el Cuadro 15 se anotan los valores que corresponden al número de semillas por vaina en dos plantas y el promedio para cada tratamiento. Contiene el Cuadro 16 el análisis de varianza para el número de semillas por vaina. Se observa que hay diferencia significativa entre los tratamientos. La prueba de Duncan, Cuadro 17, establece el grado de significancia entre las diferencias, así: el mayor número de semillas por vaina se obtuvo con el tratamiento 3, éste último tratamiento fue el de

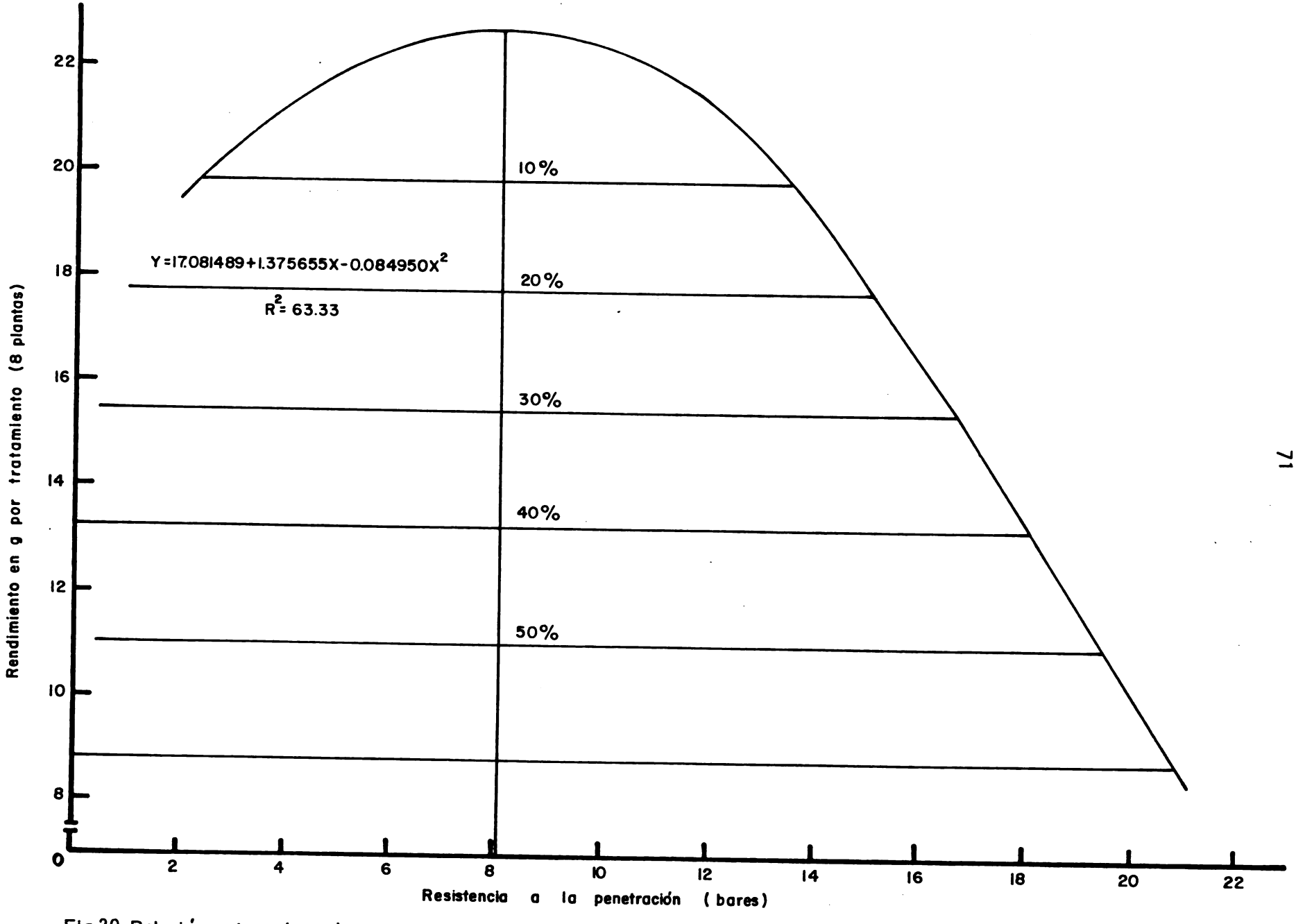


Fig.20. Relación entre el rendimiento y la compactación en todo el perfil considerado.
Porcentaje de pérdida del rendimiento máximo estimado con relación a la resistencia a la penetración

mejor rendimiento en peso de semillas y en materia seca; el menor número de semillas por vaina conseguido fue con el tratamiento 16.

4.1.1.3.4 Peso de una semilla

En el Cuadro 18 se consignan los valores correspondientes al peso de una semilla promedio para cada tratamiento. En el Cuadro 19 aparece el análisis de varianza para el peso de una semilla. No se observan diferencias significativas entre tratamientos lo que hizo innecesario la prueba de Duncan.

4.1.1.4 Biomasa aérea (materia seca)

El Cuadro 20 muestra el rendimiento de materia seca promedio para cada planta y tratamiento. En el Cuadro 21 se muestra el análisis de varianza y en él se observa que hay diferencias significativas entre tratamientos. La prueba de Duncan, Cuadro 22, hace notar que la mayor producción de materia seca al igual que el mayor rendimiento la obtuvo el tratamiento 3 y el menor contenido se consiguió con el tratamiento 16.

Al comparar la materia seca obtenida en los tratamientos con las capas superiores compactadas, pero ninguna compactación en las inferiores. La prueba de Duncan, Cuadro 23, muestra que el tratamiento 3 produjo diferencia significativa en el peso de la materia seca con los restantes, pero entre éstos no se establecieron diferencias.

En el Cuadro 24 se comparan los diferentes tratamientos que fueron compactados sólo en las capas inferiores; muestra que el tratamiento 7 fue el de mayor contenido de materia seca, mientras que el de menor contenido lo mostró el tratamiento 11.

Al comparar los tratamientos en donde todas las capas fueron compactadas, Cuadro 25, se observa que el tratamiento 16 tiene menor peso de materia seca, y mostró diferencias significativas con los demás tratamientos.

La Fig. 21, en la que se presentan los rendimientos de materia seca en función de todos los tratamientos, se ve que cuando la compactación se hizo en las capas superiores la producción de materia seca no presenta una dependencia definida producida por la resistencia a la penetración a una ecuación cuadrática que fue la de mejor ajuste (R^2 = 22,39). Cuando la compactación aparece en las capas inferiores el modelo cuadrático fue el que más se ajustó al fenómeno, con un R^2 = 59,71. El rendimiento máximo estimado en materia seca es de 22,19 gm para una resistencia a la penetración de 8,04 bares y cuando la compactación se produjo en todas las capas, igualmente fue el modelo cuadrático el de mayor ajuste con un R^2 = 97,22 y en este caso el rendimiento en materia seca máximo estimado fue de 22,89 gm con una resistencia a la penetración de 2,72 bares. Los Cuadros 26, 27 y 28 contienen los rendimientos reales y estimados para todos los tratamientos.

En la Fig. 22, donde se muestra que el rendimiento máximo de materia seca estimado en las capas inferiores compactadas, se consiguió con una resistencia a la penetración de 8,04 bares con 22,19 gm, también señala que el rendimiento decrece en 40 por ciento cuando la compactación es de 18,3 bares. Asimismo, la Fig. 23 indica que el rendimiento máximo estimado de materia seca es de 22,89 gm cuando todas las capas están compactadas, se consigue dicho valor con una resistencia a la penetración de

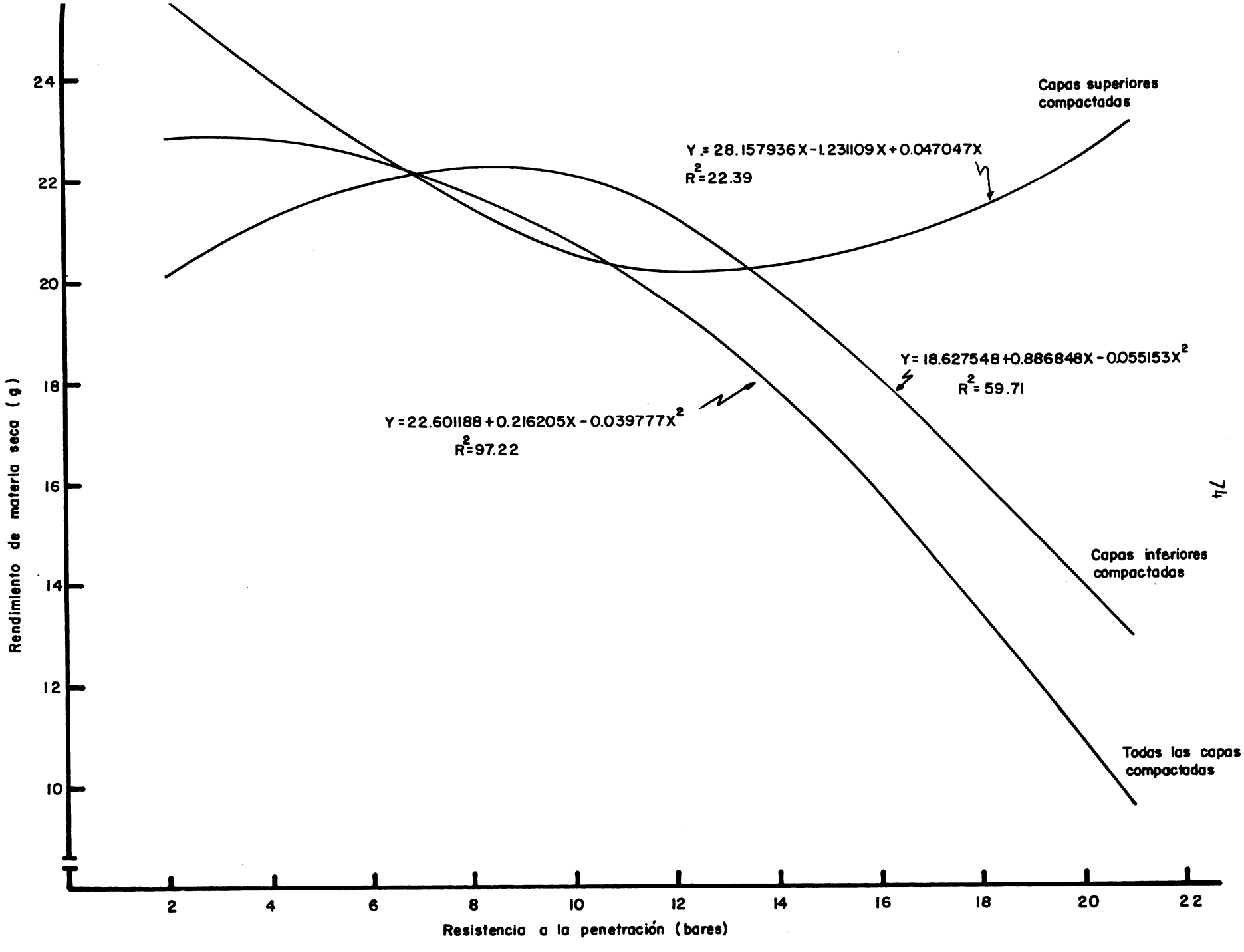
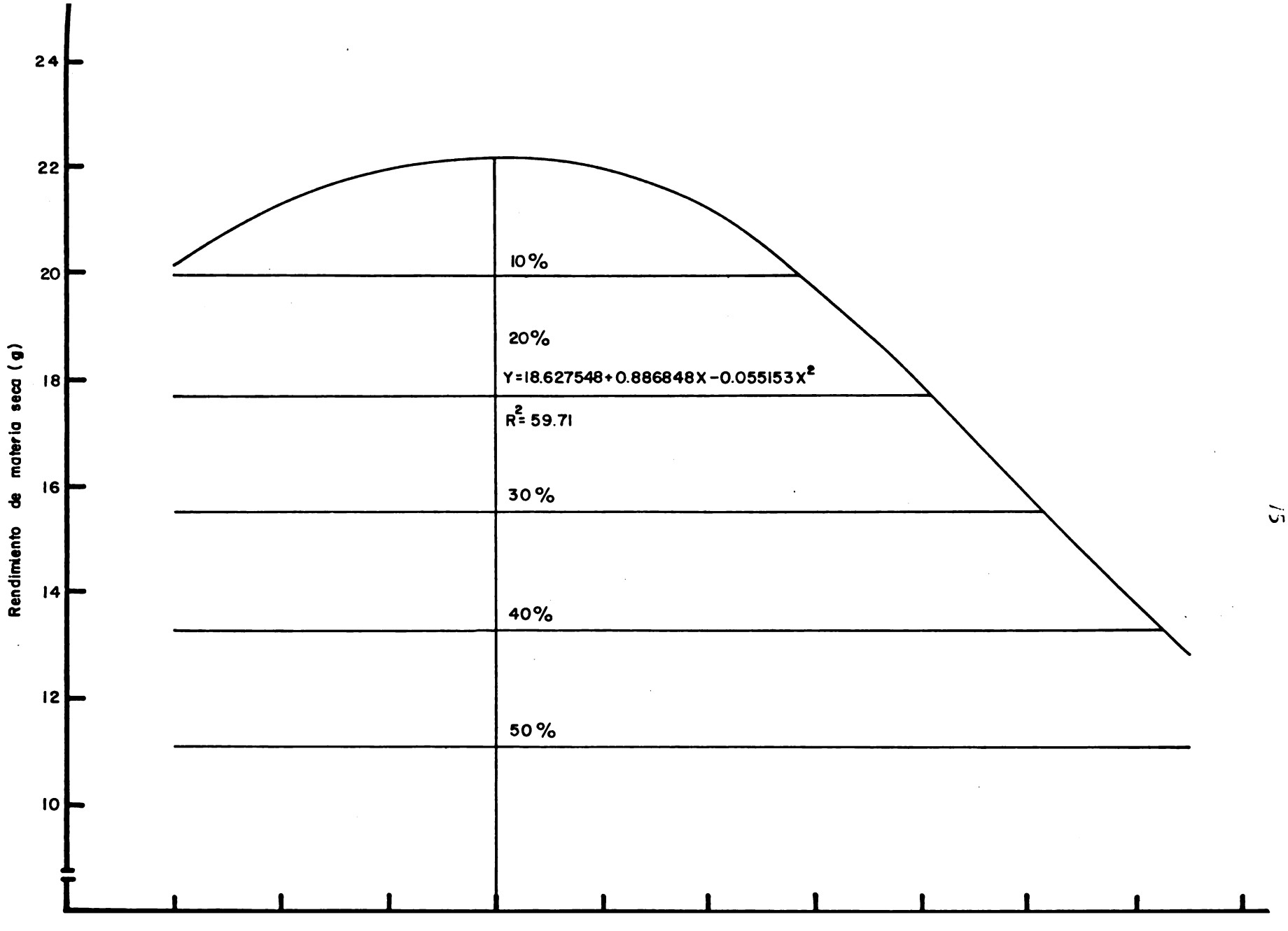


Fig.21. Relación entre la materia seca y la resistencia a la penetración a diferentes niveles en las capas de todos los tratamientos


Rendimiento de materia seca (g)
24
22
20
18
16
14
12
10
10%
20%
Y=18.627548+0.886848X-0.055153X²
R²= 59.71
30%
40%
50%

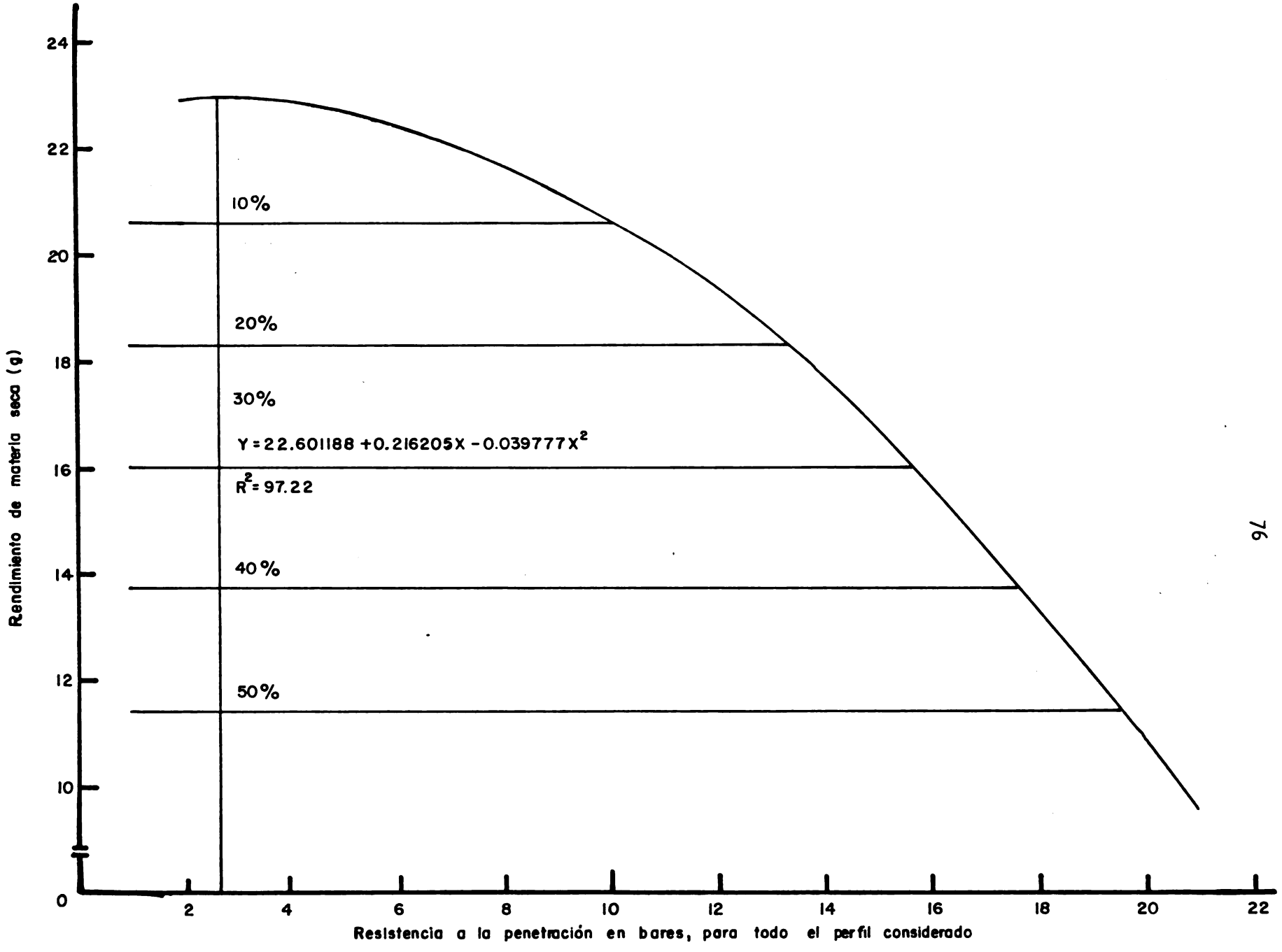


Fig. 23. Relación entre la materia seca y la resistencia a la penetración a diferentes niveles en todo el perfil. Porcentaje de pérdida de la materia seca considerando la máxima estimada con relación a la resistencia a la penetración

2,72 bares. El porcentaje de pérdida de materia seca es de 50% cuando la compactación es de 19,5 bares.

4.1.1.5 Area foliar

El Cuadro 29 muestra el área foliar promedio para todos los tratamientos. El análisis de varianza mostrado en el Cuadro 30 indica que hay diferencias significativas entre tratamientos. El Cuadro 31, en donde aparece la prueba de Duncan, se aprecia que el tratamiento 3 superó en área foliar a todos los tratamientos exceptuando los 2 y 13. El menor área foliar la presentan los tratamientos 11 y 16.

4.1.1.6 Altura de las plantas

La Fig. 24 muestra la diferencia en crecimiento durante el ciclo del cultivo para los tratamientos 3, el cual alcanzó la máxima altura de 86,59 cm y el tratamiento 16 que presentó la menor de 63,8 cm. En ambos tratamientos el crecimiento se estabiliza alrededor de la séptima semana. En el Cuadro 32 se aprecian los valores del crecimiento promedio semanal de todos los tratamientos. En el Cuadro 33 se anotan los parámetros estimados del crecimiento promedio semanal en función del tiempo.

4.1.1.7 Peso por capas de las raíces en los tratamientos

El Cuadro 34 muestra el peso seco promedio de las raíces en cada una de las cuatro capas en cada tratamiento. El análisis de varianza, Cuadro 35, indica que hay diferencia significativa entre tratamientos, entre capas y entre posiciones dentro de las capas. Se nota, además, en

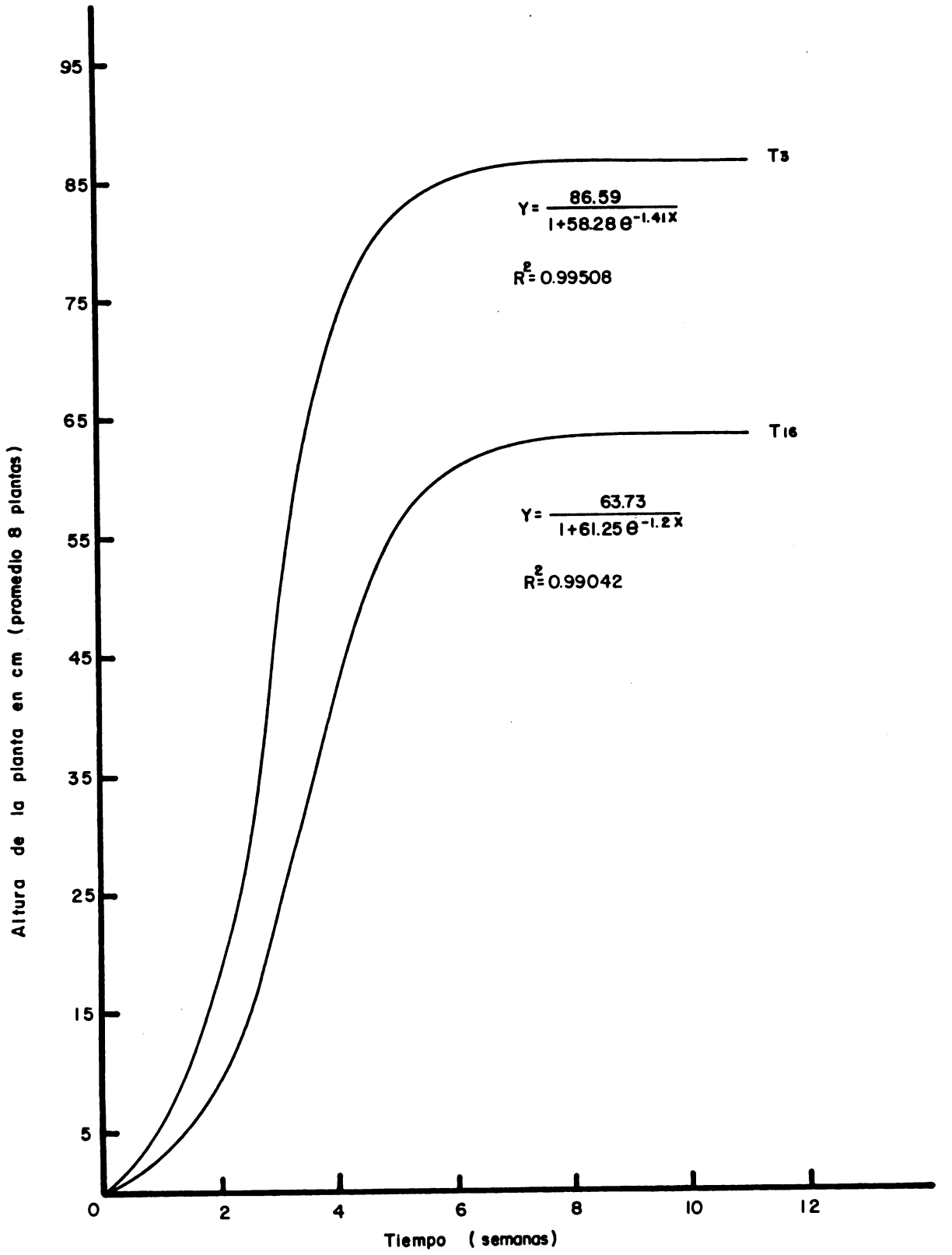


Fig.24. Crecimiento del frijol a diferentes niveles de compactación en el suelo y en el ciclo del cultivo.
Tratamiento Nº 3 de optima producción
Tratamiento Nº 16 de producción más baja

dicho análisis, que la interacción tratamiento por capa y tratamiento por posición no tienen significancia, por lo tanto, no se aplica la prueba de Duncan para capas y posiciones en cada tratamiento. La interacción capa por posición tienen significancia estadística y esto se debe a que por separado también la presentan.

El Cuadro 36 es el resultado de la prueba de Duncan para el peso seco de las raíces dentro de cada tratamiento. Analizando, se observa que sólo hay diferencias significativas entre los tratamientos 3, 4 y 9 contra el tratamiento 16 que presentó el peso más bajo. Los demás tratamientos no muestran diferencias.

En el Cuadro 37 aparece la prueba de Duncan para el peso de las raíces en las capas de todos los tratamientos. El peso de las raíces en la primera capa fue superior al peso que muestran las capas restantes y entre éstas no hubo diferencias significativas. En el Cuadro 38, prueba de Duncan para el peso de las raíces dentro de las columnas verticales para todas las capas y en todos los tratamientos, revela que las posiciones 5 y 6, sitio donde fueron colocadas las plantas, mostraron peso de raíces estadísticamente superior al resto de las posiciones.

La Fig. 25 muestra las tendencias del peso de las raíces en función de los niveles de resistencia a la penetración y los valores reales y estimados se dan en los Cuadros 39 a 45. En general, las curvas muestran que a partir de 2,0 bares de resistencia a la penetración, los pesos de las raíces se incrementan, consiguiendo los valores máximos a un rango comprendido entre 4,0 y 9,0 bares de compactación, luego sufren descensos al seguir aumentando la resistencia mecánica del suelo; aunque

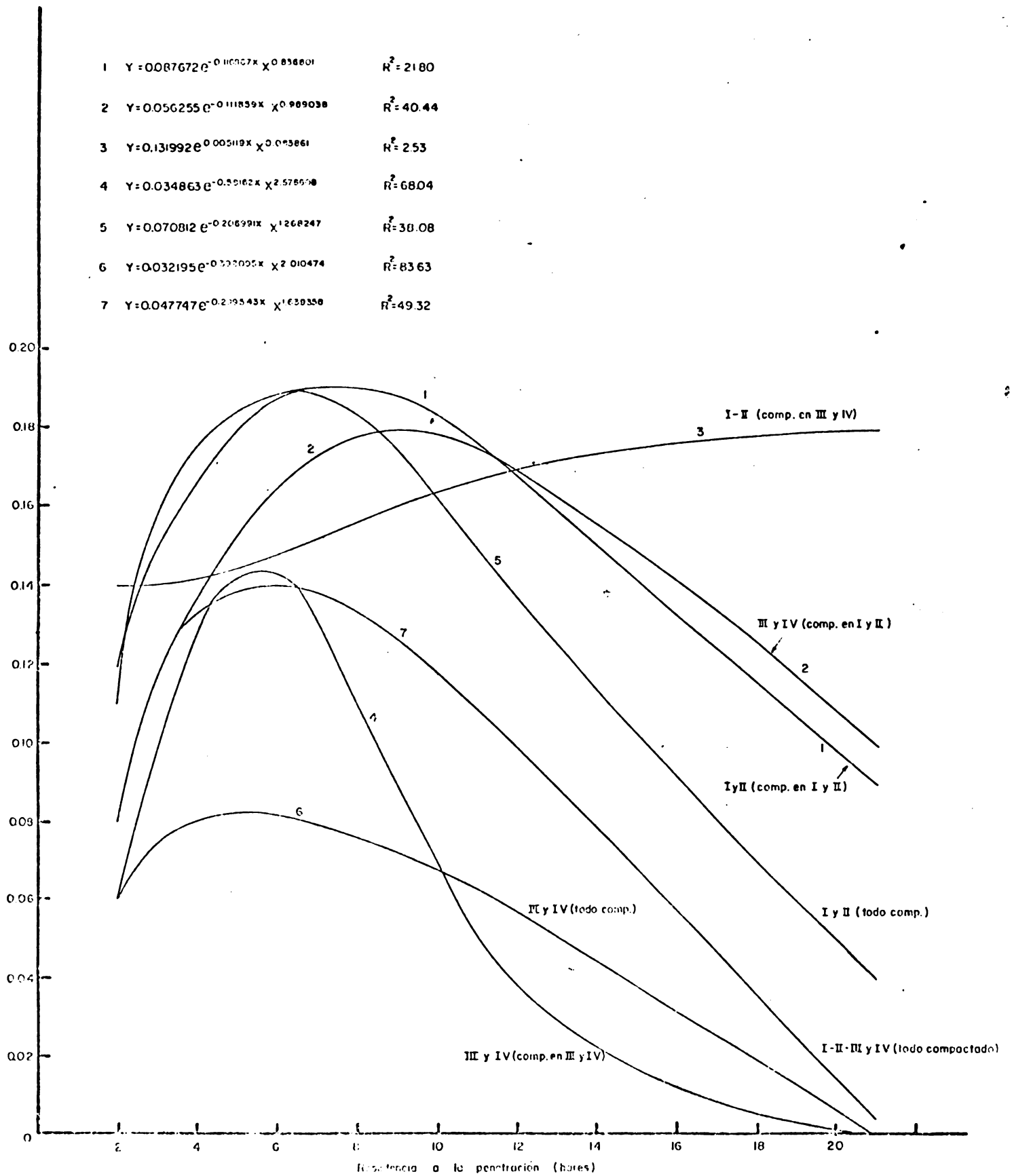


Fig. 25 Relación entre el peso seco de las raíces en gramos y los niveles de resistencia a la penetración, analizando pares de capas

los coeficientes de correlación en algunos casos han sido bajos. Se nota además que hay mayor descenso cuando la compactación se presenta en las capas inferiores, mientras que cuando la compactación ocurre en las capas superiores el decremento que se produce es menor. Asimismo, los rendimientos máximos en peso seco de raíces en estos últimos casos son superiores a aquellos tratamientos compactados en las dos últimas capas. Cuando la compactación es total, el mayor peso de las raíces aparece en las dos capas superiores.

Para un mismo nivel de resistencia a la penetración (21,0 bares), los rendimientos máximos estimados del peso de las raíces en las capas inferiores compactadas fueron menores en los tratamientos del perfil todo compactado.

4.1.1.8 Tasa de difusión de oxígeno

En el Cuadro 46 se consignan los valores de tasa de difusión de oxígeno, efectuados durante cinco semanas; las lecturas se hicieron cada dos semanas a partir de la siembra de las plantas. En ese mismo cuadro se anotan además los valores máximos y mínimos absolutos obtenidos.

El análisis de varianza, Cuadro 47, se encontró que hay diferencias significativas entre los tratamientos. Considerando que los valores mínimos encontrados en ningún caso son menores a 20 gm x 10^{-8} x cm^{-1}, cifra por debajo de la cual dichos valores son considerados críticos para muchos cultivos, motivó no hacer la prueba de significancia de Duncan.

4.1.1.9 Densidad aparente y resistencia a la penetración

Analizando los Cuadros 48 y 49, se encontró que cuando los valores de resistencia a la penetración aumentan, igualmente los valores de densidad aparente también aumentan y decrece la porosidad total en las cuatro capas de los 16 tratamientos. Esto motivó el que se efectuara un análisis de correlación entre las características antes mencionadas. Los coeficientes de correlación que resultaron fueron altos y aparecen en el Cuadro 50. En el Cuadro 51 son anotados los valores reales y estimados para la densidad aparente en función de la resistencia a la penetración, y en la Fig. 26 el gráfico de esta relación con su respectiva ecuación. La Fig. 27 relaciona la densidad aparente y el rendimiento.

El Cuadro 52 indica los valores reales y estimados de la porosidad total en función de la resistencia a la penetración, y la Fig. 28 muestra la forma de dicha relación y la ecuación resultante.

Cuando se hicieron los análisis de regresión para el peso de las raíces en función de la densidad aparente, ninguno de los modelos utilizados se ajustó al fenómeno. Sin embargo, en el Cuadro 53 aparece la ecuación cuadrática, para todas las capas en los tratamientos, considerada como el mejor modelo.

4.1.2 Discusión

4.1.2.1 Componentes del rendimiento

4.1.2.1.1 Peso total de las semillas

Se ha comprobado que el rendimiento de las plantas de frijol responden a diferentes niveles de resistencia a la penetración, medida

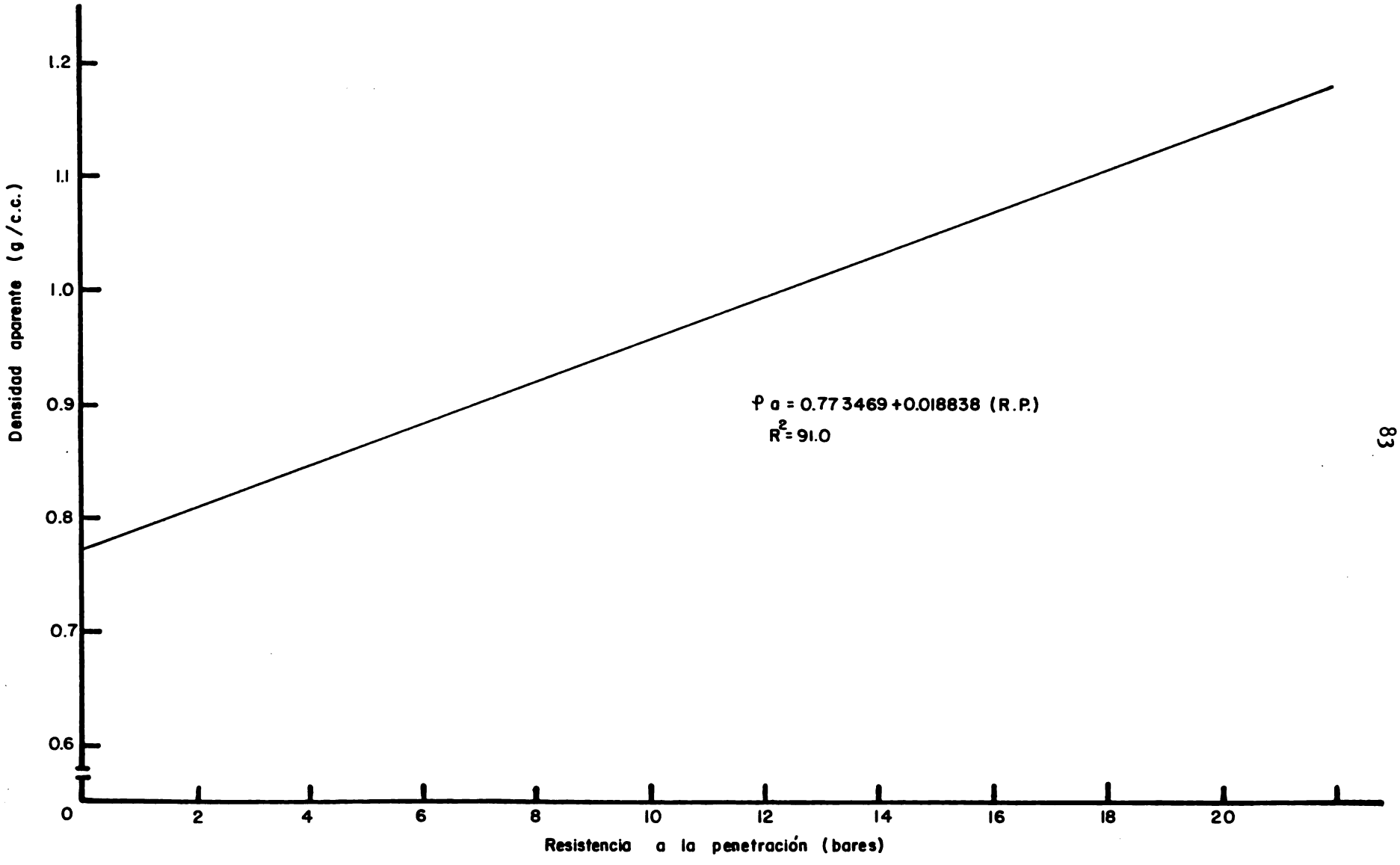


Fig.26 Relación entre resistencia a la penetración y densidad aparente, para todas las capas de todos los tratamientos

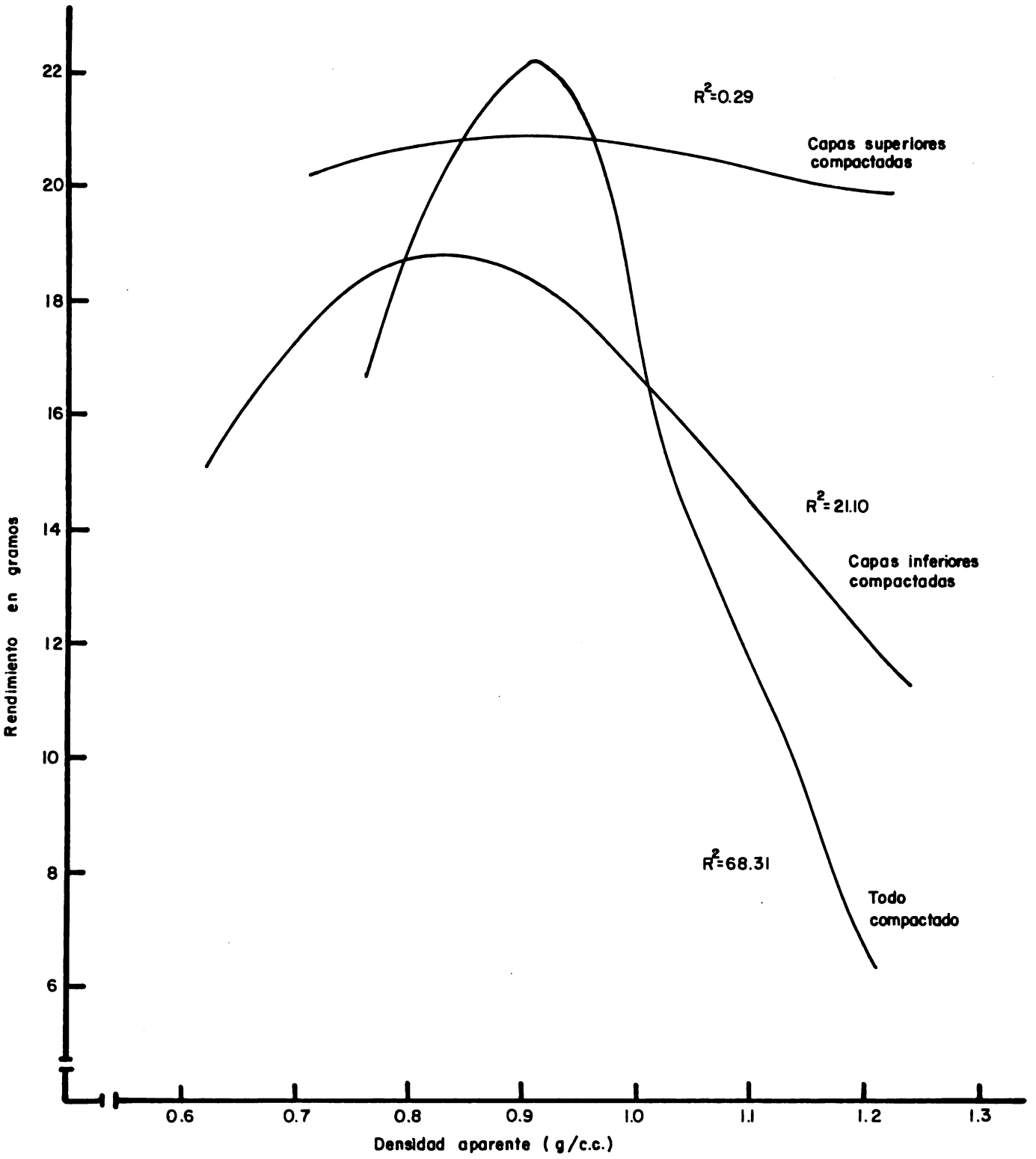


Fig. 27. Relación entre la densidad aparente y el rendimiento en los tratamientos compactados en las capas superiores, inferiores y en todo el perfil

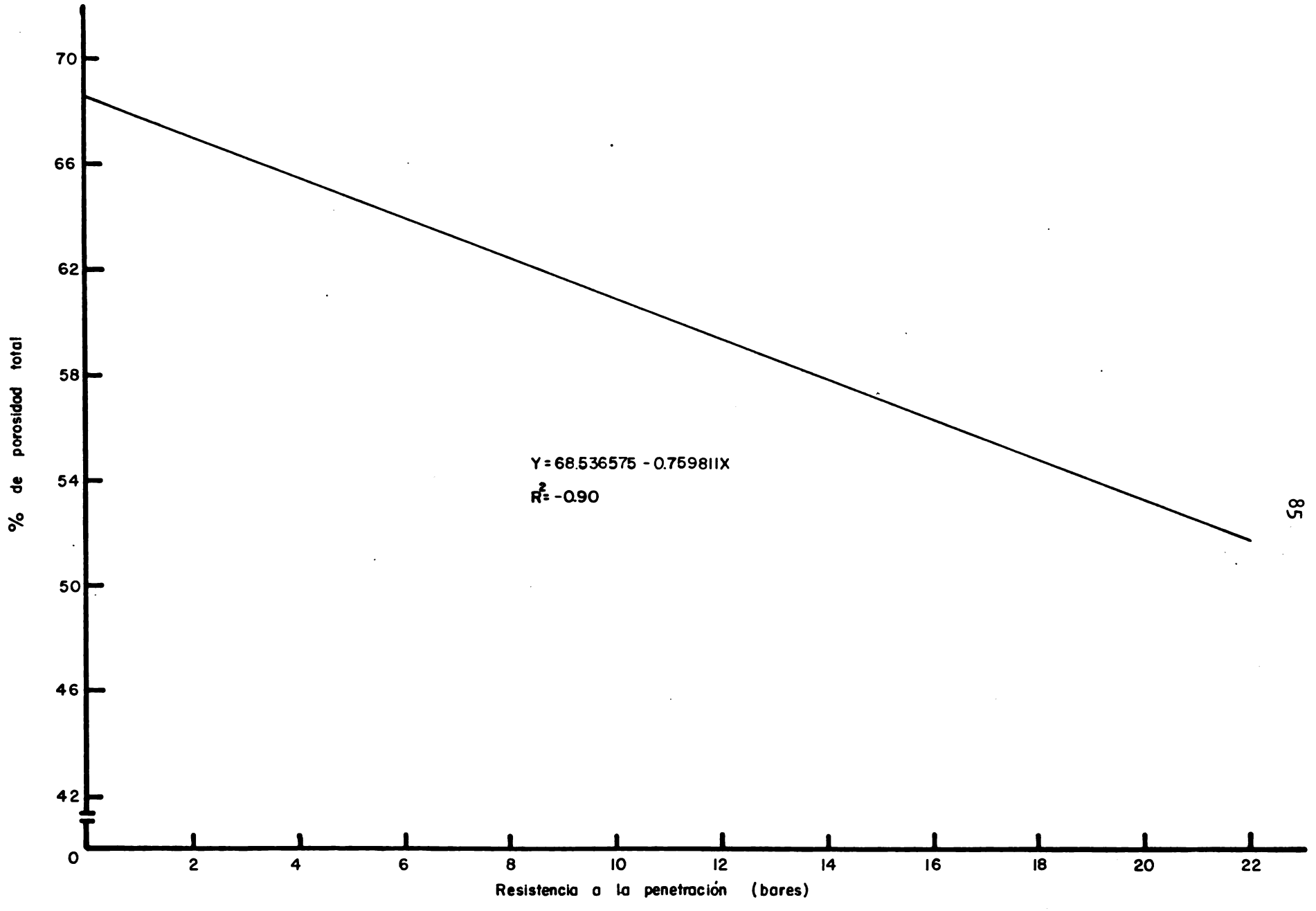


Fig.28. Relación entre la resistencia a la penetración y el porcentaje de porosidad total para todas las capas y todos los tratamientos

con un penetrómetro estático, con una significancia del 5 por ciento. En el presente estudio se encontró que hay diferencias significativas entre los tratamientos cuando la compactación ocurre tanto en las capas superiores, como en las inferiores o en todo el perfil.

Cuando se compactan las capas superiores el mayor rendimiento se obtuvo con 3,6 bares que fue también el máximo entre todos los tratamientos sometidos a prueba. En los tratamientos donde las capas superiores están compactadas se encontró en el análisis de regresión, probando seis modelos, que con el modelo cuadrático se obtuvo el mayor R^2 que fue de 10,35. Este valor indica que ninguno de los modelos utilizados tuvieron ajuste al fenómeno analizado. También hay que agregar que los valores reales no coinciden con los estimados. De lo anterior se infiere que el rendimiento no depende del grado de compactación del suelo, cuando ocurre en las capas superiores. Estos resultados pueden atribuirse al hecho de que las raíces fueron capaces de atravesar las capas superiores compactadas, y que al hacerlo encontraron un ambiente favorable para desarrollarse en las capas inferiores libres de compactación. Al observar el porcentaje de espacio aéreo en las capas inferiores (Cuadro 57), se nota que siempre los valores están por encima de 24 por ciento, considerado como óptimo por Legarda (71), cuando trabajó con la misma variedad y el mismo suelo utilizados en este trabajo. Por otra parte, Vomocil y Flocker (125) estiman que una variación del espacio aéreo entre 10 y 15 por ciento se puede considerar adecuado para un gran número de cultivos. A lo anterior se añade que los valores de tasa de difusión de oxígeno en ninguno de los casos aparecen como limitantes.

El rendimiento máximo que se obtuvo con el tratamiento 3, puede atribuirse a que con el nivel de 3,6 bares de compactación en las capas superiores, las raíces de las plantas consiguieron un contacto más adecuado con el suelo y ésto les permitió extraer el agua y los nutrientes más eficientemente. Este resultado se ajusta al encontrado por Parker y Taylor (88) quienes anotan que a 3,0 bares de resistencia a la penetración hubo mayor emergencia de plántulas y mayor desarrollo radicular. Por otra parte, Keen y Cashen (63) indican que compactando el suelo alrededor de las raíces, las plantas obtienen más fácilmente y aprovechan mejor el agua; y que además, se consigue un mejor afianzamiento de ellas. Heat (56) también encontró que el crecimiento y el desarrollo del algodonero en suelos compactados fue más rápido que en suelos sin compactar. En otro caso (61), el apisonamiento del suelo en el semillero provocó ventajas en la retención de humedad, en la velocidad de emergencia de las semillas, en el crecimiento de las plantas, en la adaptación, en la distribución lateral de las raíces y en la ocurrencia de pelos radiculares cerca de la superficie.

Cuando se compactan las capas inferiores en el presente estudio se observó que el rendimiento aumentó progresivamente desde 2,0 bares hasta 10,0 bares de resistencia a la penetración, valor a partir del cual decrece. En el análisis de regresión se encontró que el rendimiento depende en gran parte de la compactación de las capas inferiores (R^2 = 61,04). A excepción del tratamiento 11 (21,0 bares), el cual tiene un bajo rendimiento, el resto de los tratamientos no muestran diferencias significativas entre ellos. Se destaca que en estas condiciones el

rendimiento decrece en un 40 por ciento del máximo estimado cuando la resistencia cambia de 10,0 a 20,0 bares y en un 50 por ciento cuando alcanza el valor de 22,0 bares. Se hace notar que el espacio aéreo se redujo considerablemente (Cuadro 57) y, aunque la tasa de difusión de oxígeno no parece limitante, es posible que en los casos de menor tensión del agua cuando se efectuaron los riegos, el contenido de oxígeno haya podido reducirse, e incrementarse el contenido de CO_2. Sin embargo, es más probable que el descenso en el rendimiento se deba en gran parte a la resistencia mecánica del suelo.

Es común encontrar en muchos suelos una capa compacta en el fondo de la zona de labranza, llamada piso de arado; se supone que esta capa se forma por una combinación de arada y otras operaciones culturales. Como la zona por encima de esta capa es arada y labrada con regularidad, la compactación se observa debajo de la capa mullida. Esta compactación es notablemente perjudicial cuando la profundidad de arada es constante, por cuanto según anota Cooper (21), las raíces no penetran fácilmente en una capa dura de suelo cuando están creciendo en una de menor resistencia. A su vez, Zuccardi y Fadda (132) también encontraron que en estas condiciones el rendimiento del trigo disminuyó. Laws (69) comunica que los productos de cosecha en las tierras negras de Texas han declinado en 40 a 50 por ciento durante los últimos 50 ó 100 años y que los fertilizantes no mejoraron los rendimientos. Agrega que el descenso es debido a la formación de una capa dura en el suelo como resultado de labranzas corrientes en el campo.

Cuando se compactan todas las capas del perfil el comportamiento

es similar al anterior, pero el rendimiento máximo estimado se obtiene con una compactación menor (8,09 bares); éste decrece un 40 por ciento cuando la resistencia a la penetración es de 18,0 bares y 50 por ciento cuando es de 19,6 bares. El menor rendimiento real se obtuvo con el tratamiento 16 (21,0 bares) y hay diferencias significativas con los demás tratamientos, mientras que estos últimos no son diferentes significativamente. En este caso el análisis de regresión indica que el rendimiento depende en alto grado de la resistencia mecánica del suelo (R^2 = 63,33). Nuevamente puede atribuirse el bajo rendimiento a la alta compactación que ofrece el suelo para el desarrollo de la planta y aunque, como en el caso de las dos capas inferiores compactadas, la tasa de difusión de oxígeno no es limitante, el porcentaje de espacio aéreo aparece muy bajo en todo el perfil (menor del 5%). Los trabajos de Carter y sus colaboradores (20), muestran que la cosecha de semillas de algodón decreció linealmente desde 3.600 kg/ha, donde la resistencia a la penetración --medida con un penetrómetro de cono-- fue de 3,0 bares hasta 1.450 kg/ha, donde la resistencia fue de 40,0 bares. Por su parte, Phillips y Kirkhan (90), indican que las reducciones en las cosechas de maíz causadas por la compactación pueden ser debidas al impedimento mecánico del suelo cuando el nivel de oxígeno fue adecuado.

4.1.2.1.2 Número de vainas por planta y número de semillas por vaina

Otros componentes del rendimiento, el número de vainas por planta y el número de semillas por vaina, mostraron diferencias significativas entre tratamientos. En estos casos se presentó igualmente el

hecho de que los tratamientos con las mayores compactaciones (21,0 bares) en las capas inferiores y aquéllos en que estaba compactado todo el perfil, presentaron los promedios más bajos. Esto puede atribuirse a lo explicado por Flocker, Vomocil y Howard (44), quienes afirman que al reducirse los espacios porosos por la compactación, la interacción de las relaciones planta-aire-agua-suelo produce un progreso lento en los procesos metabólicos de la planta con síntomas que pueden ser aislados o específicos. Así, puede afirmarse que el efecto mecánico del suelo indujo a la planta a mostrar reducciones en los componentes del rendimiento a que se hace referencia.

4.1.2.1.3 Peso de una semilla

En cuando al peso de una semilla, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, y esto puede atribuirse a que es una característica de la variedad afectada muy poco por factores externos.

4.1.2.2 Materia seca de la biomasa aérea,

Los resultados muestran diferencias significativas en el peso de la materia seca entre los tratamientos y, al igual que en los componentes del rendimiento, la mayor producción se otuvo en el 3, mientras que las más bajas se obtuvieron con los tratamientos 11 y 16.

Se hace necesario destacar que en los tratamientos 4 y 8 se alteraron los resultados, debido a que en diferentes macetas en el primero de ellos tres de ocho plantas tenían apariencia muy delgada y endeble, lo mismo que dos de ocho plantas en el segundo. Dichas plantas

mostraron un aspecto muy diferente al que exhibieron sus compañeras de macetas.

4.1.2.3 Area foliar

Como quedó anotado anteriormente, el área foliar también fue afectada por la compactación correspondiendo la menor área a los tratamientos 11 y 16 y la mayor a los 2, 3 y 13. La explicación para este resultado puede ser el mismo que hicieron Flocker, Vomocil y Howard (44) para características de las plantas que se ven afectadas por la compactación y que ya fueron señaladas en el aparte 4.1.2.1.2.

4.1.2.4 Altura de las plantas

La compactación de 21,0 bares, especialmente cuando es en todo el perfil, reduce la altura de las plantas (Cuadro 32). Varios investigadores han hecho esta observación en suelos compactados. Así por ejemplo, Larson y Allmares (68) señalan que la compactación puede cambiar la estructura y la geometría interna del suelo suficientemente para modificar el flujo de calor, aire y agua; un cambio que ocurre en cualquiera de los factores anteriores puede retardar el crecimiento de la planta y disminuir su altura. Asimismo, Doneen y Henderson (28) tienen anotado que la compactación algunas veces limita el desarrollo de la raíz y reduce el crecimiento y la altura de la planta. A su vez, Steinbrenner y Gesel, citados por Lull (77) profundizan más la explicación de la reducción del crecimiento al indicar que el mayor efecto de la compactación en el suelo es la disminución de los espacios macroscópicos.

4.1.2.5 Peso seco de raíces

4.1.2.5.1 Peso seco de las raíces en todo el perfil

El comportamiento del peso seco de las raíces cuando en el perfil sólo aparecen las dos capas superiores compactadas, es similar al del rendimiento. En la prueba de regresión para el peso seco, probando seis modelos, la ecuación Gamma mostró el mayor coeficiente de correlación (R^2 = 2,53). En estos casos las raíces lograron desarrollarse en las capas inferiores, pero el peso total en todo el perfil fue menor (no significativo) en los más compactados (Cuadro 34). Los mayores coeficientes se consiguieron cuando la compactación ocurre en las capas inferiores y en todo el perfil. Tales valores son en la primera situación R^2 = 68,14 y en la segunda R^2 = 87,72. Esto demuestra la influencia de la resistencia mecánica del suelo al desarrollo y proliferación de las raíces. Asimismo, el peso seco de las raíces decrece con el incremento de la resistencia a la penetración a partir de 9,0 bares. Los mayores pesos totales de raíces se consiguieron con los tratamientos 3, 4 y 9 y el menor con el 16 (compactación de 21,0 bares).

La elongación de la raíz tiende a variar inversamente con la resistencia a la penetración y puede detenerse cuando la resistencia excede a la presión disponible del crecimiento de las raíces para vencerla (6, 118). Taylor y Burnett (115), en investigaciones de campo, encontraron que a una resistencia al penetrómetro idéntico al utilizado en la presente investigación, de 25 a 30 bares, la resistencia mecánica del suelo se opuso a la penetración de las raíces de varios cultivos, y que no hubo diferencias en la penetración entre las especies estudiadas

por ellos. Taylor, Robertson y Parker (118) anotan que las raíces primarias del algodonero penetraron más del 60 por ciento cuando la resistencia al penetrómetro fue de 5,0 bares, de sólo 35 por ciento cuando fue de 10,0 bares y que cesó enteramente a un valor de 22,0 bares; en los cuatro suelos estudiados encontraron sólo pequeñas diferencias. Camp y Lund, citados por Taylor y Burnett (115), encontraron efectos similares.

4.1.2.5.2 Peso seco de las raíces entre las capas del perfil

La prueba de Duncan para establecer las comparacioned de peso seco de raíces entre las cuatro capas de todos los tratamientos (Cuadro 37), indica que la primera capa tiene un peso diferente significativamente a las tres restantes, pero entre éstas no hubo diferencia significativa. Esto es de esperarse, pués se ha encontrado que los cultivos tienden a desarrollar sus raíces en la primera capa del suelo. En el presente estudio el tratamiento 6 (compactado arriba con 21,0 bares de resistencia a la penetración), muestra mayor peso seco de las raíces en las capas inferiores, pero esta diferencia no fue significativa.

4.1.2.5.3 Peso seco de las raíces entre las columnas verticales

Cuando se compararon los pesos secos entre columnas verticales, por medio de la prueba de Duncan (Cuadro 38), se encontraron diferencias significativas en los pesos secos de las raíces entre las columnas 5 y 6 y las demás (Fig.11); esto se explica por cuanto la siembra se efectuó en las posiciones 5 y 6 y en ellas las raíces eran más gruesas y abundantes.

4.1.2.6 Densidad aparente y resistencia a la penetración

Se estimó el rendimiento obtenido con relación a la densidad aparente y la resistencia a la penetración máxima; de la comparación resultó que aplicando la ecuación de la Fig. 26, los valores máximos del rendimiento se encuentran en 8,09 bares de resistencia a la penetración cuando todo el perfil aparece compactado (Fig. 18), que corresponde a 0,92 gms/c.c. de densidad aparente en todo el perfil compactado (Fig. 27). Sin embargo, al analizar el Cuadro 54 y la Fig. 27, se observa que en los casos donde la compactación se presenta en las capas superiores o en las inferiores los coeficientes de correlación (R^2) para la densidad aparente son menores a los obtenidos cuando se relaciona el rendimiento con la resistencia a la penetración (Cuadro 11 y Figura 18), lo cual indica que la densidad aparente es un índice de menor confianza, en estos casos, para evaluar el rendimiento.

4.1.2.7 Relación entre la resistencia a la penetración con el porcentaje de porosidad total y la densidad aparente en el suelo que conteñían las macetas, después de la cosecha del cultivo

4.1.2.7.1 Resistencia a la penetración y el porcentaje de porosidad total

El alto coeficiente de correlación (negativo) que aparece en el Cuadro 50 y el análisis de regresión, Fig. 28, indica que el porcentaje de porosidad total decrece con el incremento de la resistencia a la penetración (bares).

4.1.2.7.2 Resistencia a la penetración y la densidad aparente

En la Fig. 26 y el Cuadro 50, aparecen el análisis de regresión y el coeficiente de correlación, respectivamente, entre la densidad aparente (gms/c.c.) y la resistencia a la penetración (bares). Se observa que al incrementarse la resistencia a la penetración se incrementa igualmente la densidad aparente.

4.2 Trabajo de laboratorio

4.2.1 Resultados del trabajo de laboratorio

En el Cuadro 55 aparecen los porcentajes promedios para la humedad gravimétrica en la consistencia a humedad de campo y los porcentajes de humedad gravimétrica para la capacidad de campo en el suelo serie "La Margot", fase normal. En el Cuadro 3 se muestran los resultados de las pruebas preliminares para conseguir la humedad uniforme del suelo dentro de los anillos de 7,5 cm de profundidad, en condiciones de confinamiento protegidos de las corrientes de aire.

4.2.1.1 Suelo sin alterar

En el Cuadro 56 aparecen los promedios de resistencia a la penetración y succión obtenidos a 68 por ciento de humedad gravimétrica (límite plástico) después de que el suelo ha sido compactado a 0,5 bar (7,25 lbs/pulg^2) y 1,0 bar (14,5 lbs/pulg^2) de presión durante un minuto.

En el mismo cuadro (N°56) aparecen además los valores promedios de resistencia a la penetración, succión, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo, cuando el contenido de humedad cambia del límite plástico (68% de humedad) a capacidad de campo (48% de humedad).

En el Cuadro 57 se anotan los valores promedios de resistencia a la penetración y succión obtenidos a 60 por ciento de humedad gravimétrica (entre el límite inferior de plasticidad y la capacidad de campo), después de que el suelo ha sido compactado a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto. Además, se incluyen los valores de resistencia

a la penetración, succión, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo cuando cambia la humedad de 60 por ciento a capacidad de campo (48%).

En el Cuadro 58 aparecen los valores promedios de resistencia a la penetración, succión, humedad gravimétrica, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo, cuando el suelo está a capacidad de campo (48% de humedad).

El Cuadro 59 contiene los datos promedios de resistencia a la penetración y succión cuando el contenido de humedad en el suelo es de 44 por ciento y se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión, durante un minuto. También aparecen los promedios de succión, humedad gravimétrica, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo cuando el contenido de humedad del suelo se cambia de 44 por ciento a capacidad de campo (48%).

En el Cuadro 60 se consignan los valores promedios de resistencia a la penetración y succión cuando el contenido de humedad del suelo es de 36 por ciento y el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto. Además, se anotan los valores promedios de resistencia a la penetración, succión, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo cuando el contenido de humedad cambia de 36 por ciento a capacidad de campo (48%).

La Fig. 29 muestra la relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la resistencia a la penetración, en todos los tratamientos, cuando el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

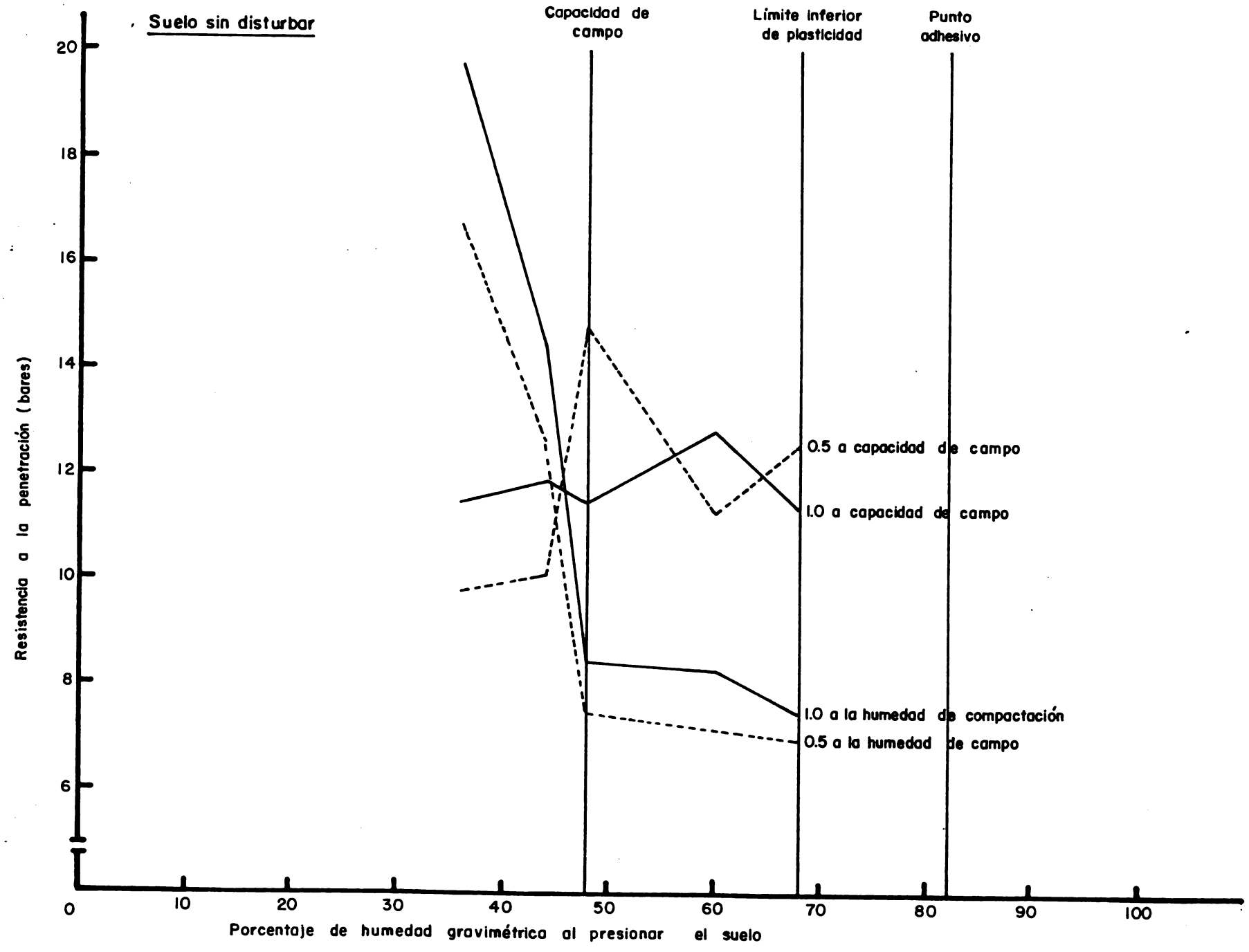


Fig. 29 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la resistencia a la penetración, cuando el suelo se compacta a 0.5 y 1.0 bar de presión durante 1 minuto

En la Fig. 30 se relacionan la succión (centibares) al compactar el suelo y la resistencia a la penetración, en todos los tratamientos cuando el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

En la Fig. 31 se muestra la relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de porosidad total, en todos los tratamientos, cuando el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

En la Fig. 32 se relacionan el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de espacio aéreo, en todos los tratamientos, cuando el suelo se presiona a 0,5 y 1,0 bar, durante un minuto.

En la Fig. 33 se muestra la relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la densidad aparente, en todos los tratamientos, cuando el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

La Fig. 34 muestra la relación entre la resistencia a la penetración antes de llevar el suelo a la capacidad de campo y la densidad aparente, en todos los tratamientos, cuando el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

4.2.1.2 Suelo alterado

En el Cuadro 61 aparecen los promedios de resistencia a la penetración y succión obtenidos a 68 por ciento de humedad gravimétrica (límite plástico) después de que el suelo ha sido compactado a 0,5 y 1,0

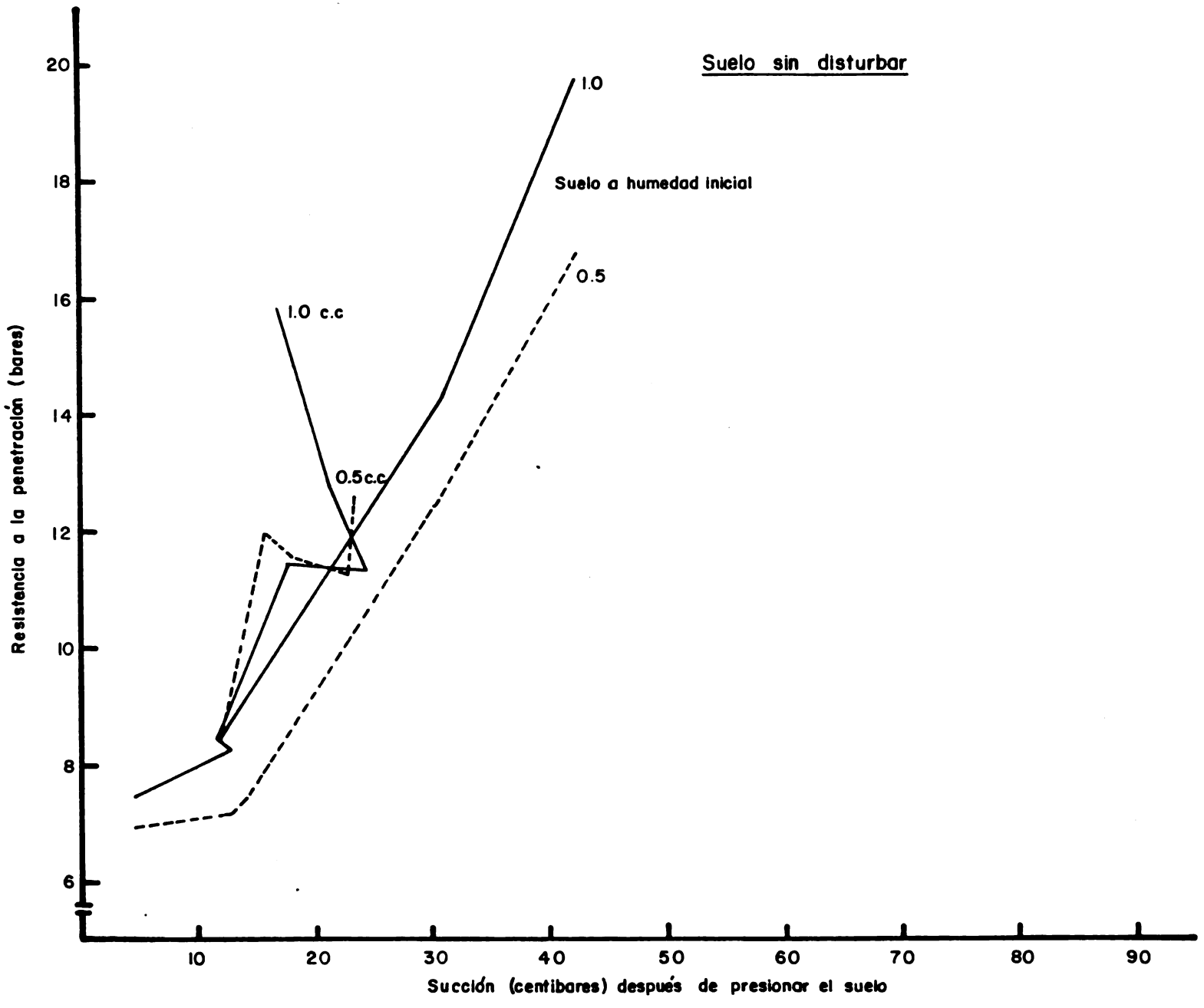


Fig. 30 Relación entre la succión después de compactar el suelo y la resistencia a la penetración cuando el suelo se somete a 0.5 y 1.0 bar de presión, durante 1 minuto

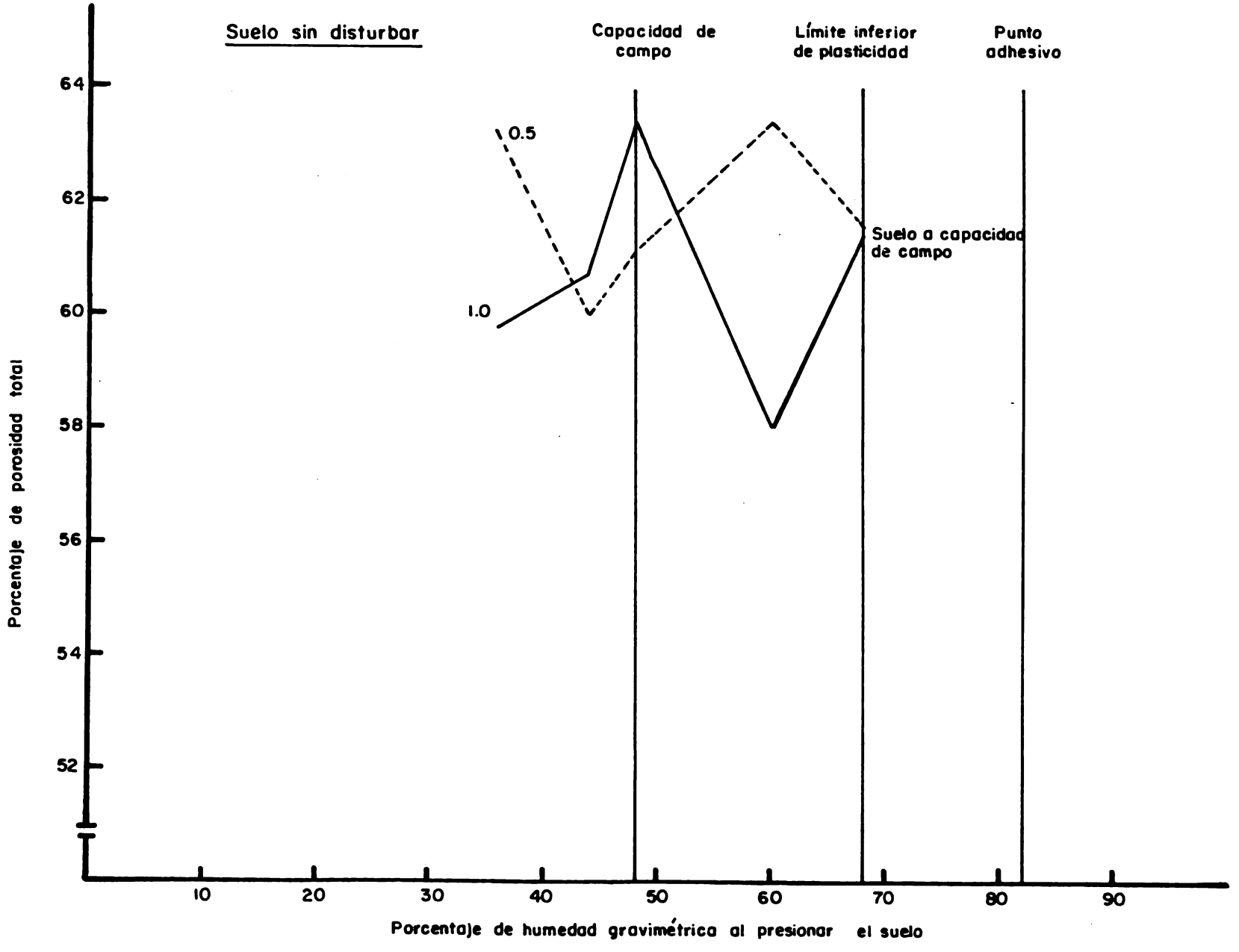
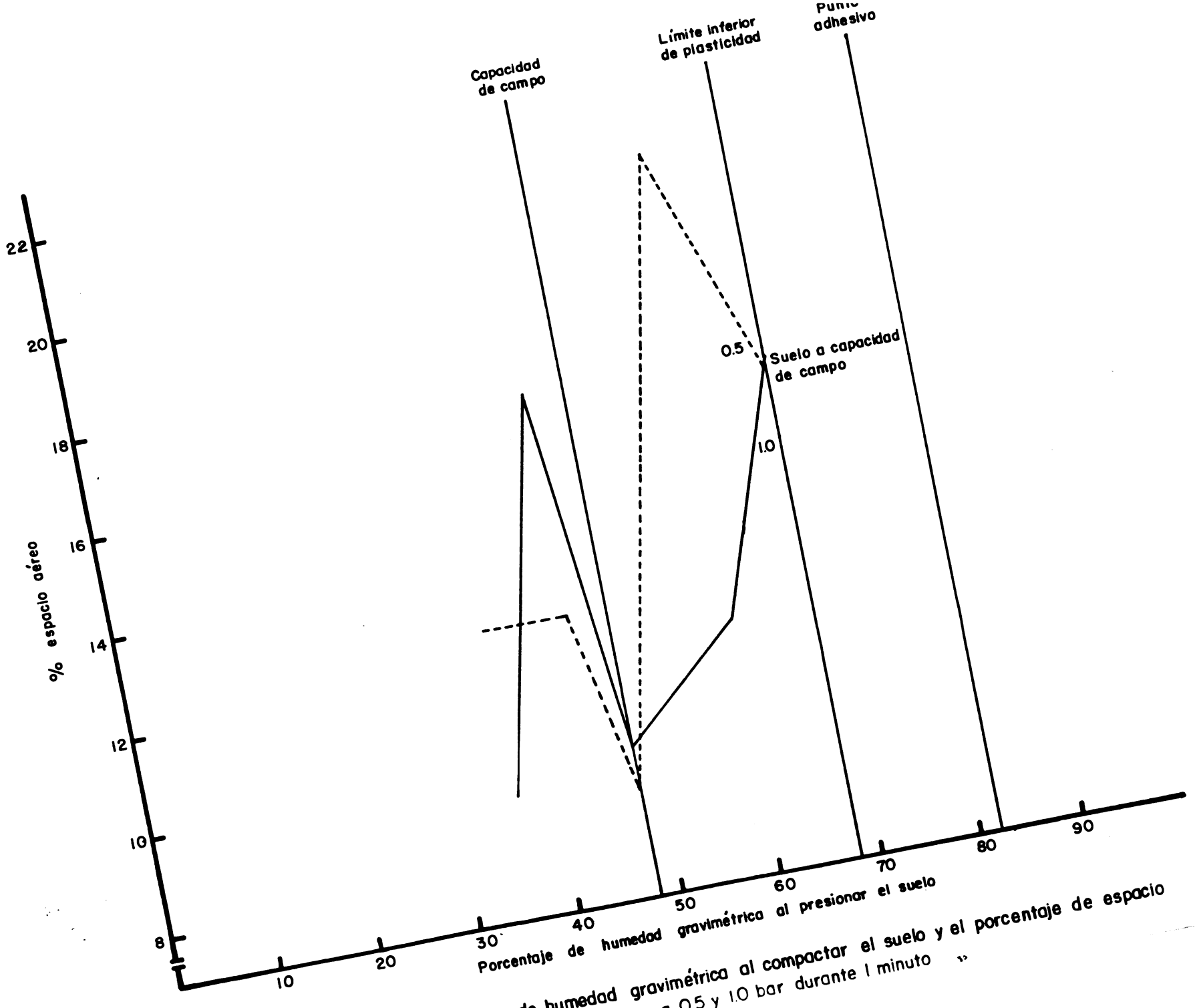


Fig. 31 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de porosidad total cuando el suelo se compacta a 0.5 y 1.0 bar durante 1 minuto



...centaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de espacio
...resiona a 0.5 y 1.0 bar durante 1 minuto

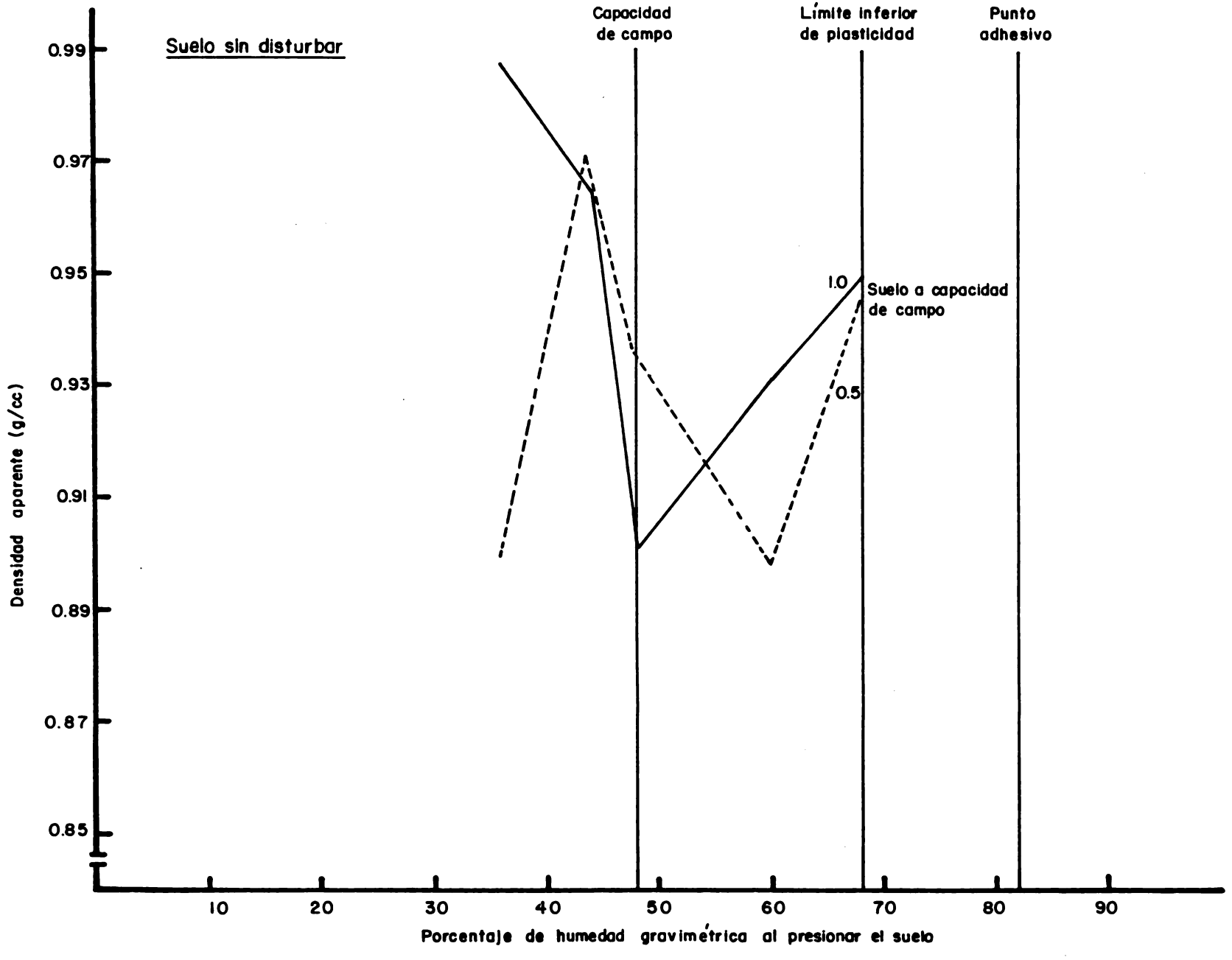


Fig. 33 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la densidad aparente después de que el suelo se compacta a 0.5 y 1.0 bar de presión, durante 1 minuto

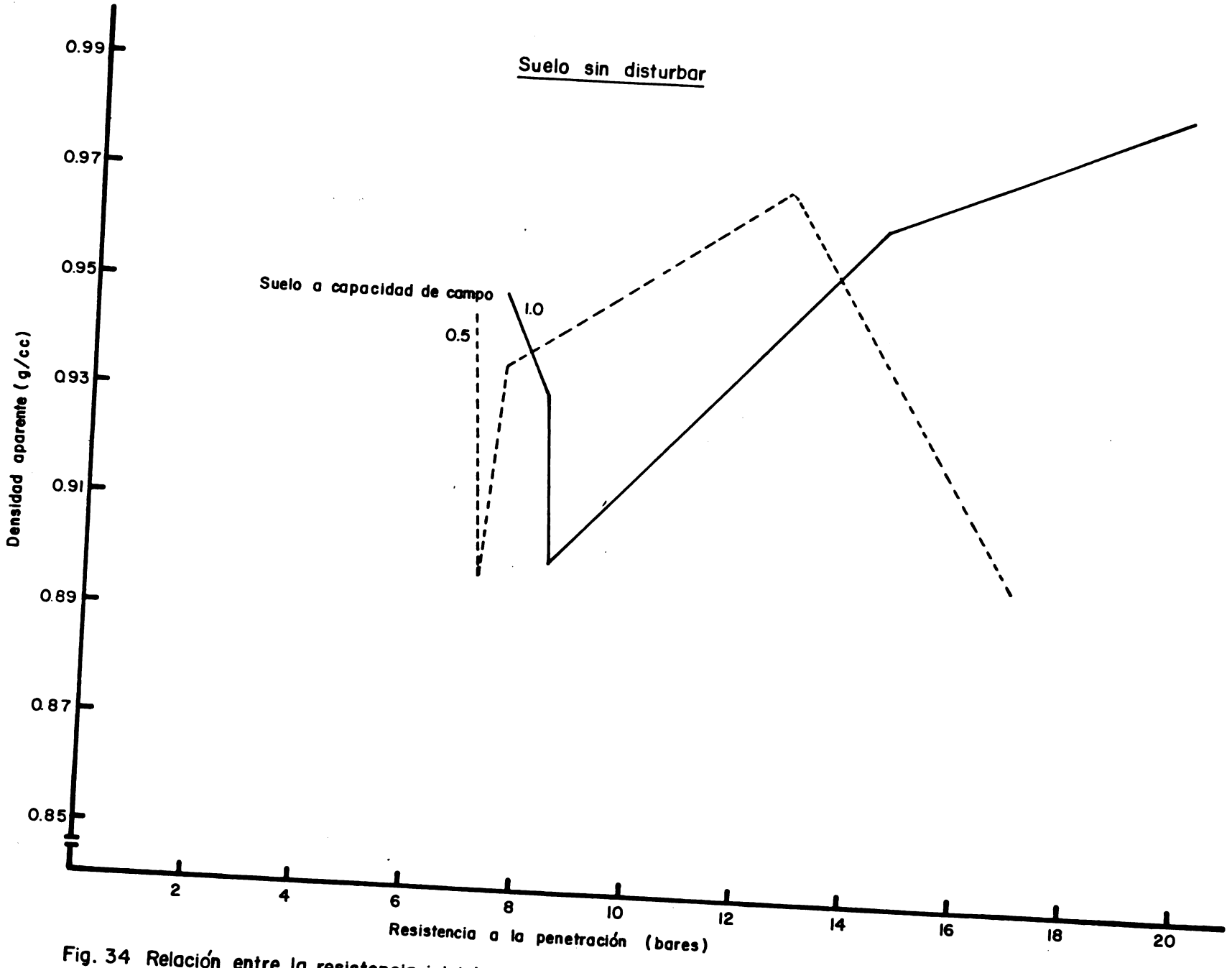


Fig. 34 Relación entre la resistencia inicial a la penetración antes de llevar al suelo a capacidad de campo y la densidad aparente, cuando el suelo se compacta a 0.5 y 1.0 bar de presión durante 1 minuto

bar de presión durante un minuto. Además, se anotan los promedios de resistencia a la penetración, succión, densidad aparente, humedad volumétrica, porcentaje de porosidad total y espacio aéreo, cuando el contenido de humedad del suelo cambia del límite plástico a capacidad de campo.

En el Cuadro 62 se anotan los valores promedios de resistencia a la penetración y succión obtenidos a 60 por ciento de humedad gravimétrica (entre el límite plástico y la capacidad de campo), después de que el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto. También aparecen los promedios de resistencia a la penetración, succión, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo cuando el contenido de humedad cambia de 60 por ciento a capacidad de campo.

En el Cuadro 63 se anotan los promedios de resistencia a la penetración, succión, humedad gravimétrica, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo del suelo cuando el contenido de humedad está a capacidad de campo y se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

En el Cuadro 64 aparecen los promedios de resistencia a la penetración y succión cuando el contenido de humedad del suelo es de 44 por ciento. Además, aparecen los promedios de resistencia a la penetración, succión, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo cuando el contenido de humedad se cambia de 44 por ciento a 52 por ciento (capacidad de campo).

En el Cuadro 65 aparecen los promedios de resistencia a la penetración y succión obtenidos a 36 por ciento de humedad. Además, se anotan

los promedios de resistencia a la penetración, succión, humedad gravimétrica, densidad aparente, humedad volumétrica, porosidad total y espacio aéreo, cuando se cambia el contenido de humedad de 36 a 52 por ciento.

En la Fig. 35 se muestra la relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la resistencia a la penetración, en todos los tratamientos, después de que el suelo se presiona a 0,5 y 1,0 bar durante un minuto.

La Fig. 36 muestra la relación entre la succión al compactar el suelo y la resistencia a la penetración, en todos los tratamientos, cuando el suelo se compacta a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto.

En la Fig. 37 se muestra la relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de porosidad total, en todos los tratamientos, cuando el suelo se presiona a 0,5 y 1,0 bar durante un minuto.

En la Fig. 38 se muestra la relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la resistencia a la penetración, en todos los tratamientos, cuando el suelo se presiona a 0,5 y 1,0 bar durante un minuto.

En la Fig. 39 se relacionan el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la densidad aparente, en todos los tratamientos, cuando el suelo se presiona a 0,5 y 1,0 bar durante un minuto.

En la Fig. 40 se muestra la relación entre la resistencia a la penetración antes de llevar el suelo a capacidad de campo y la densidad aparente, en todos los tratamientos, cuando se presiona el suelo a 0,5 y 1,0 bar durante un minuto.

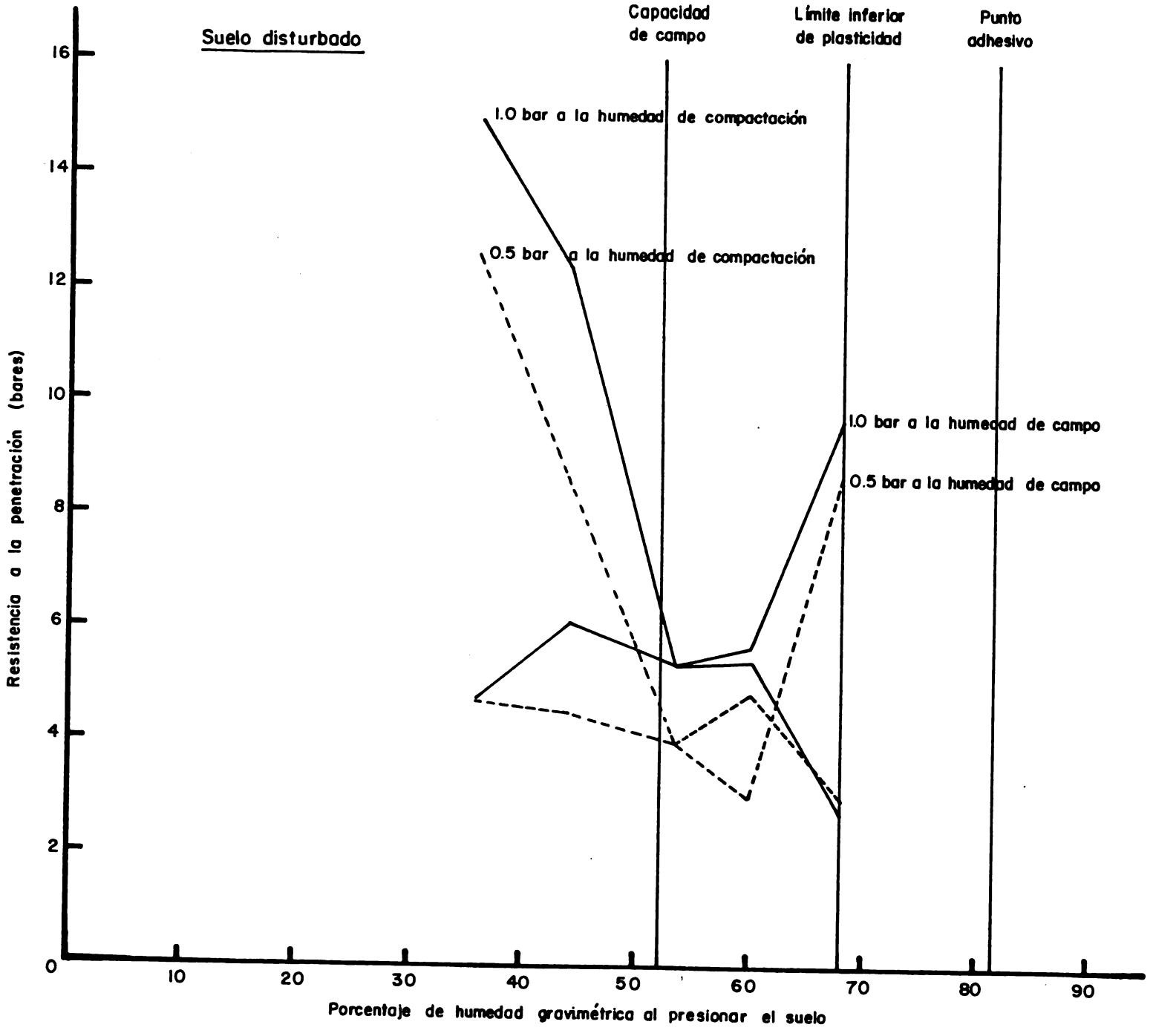


Fig.35 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica y la resistencia a la penetración a 0.5 y

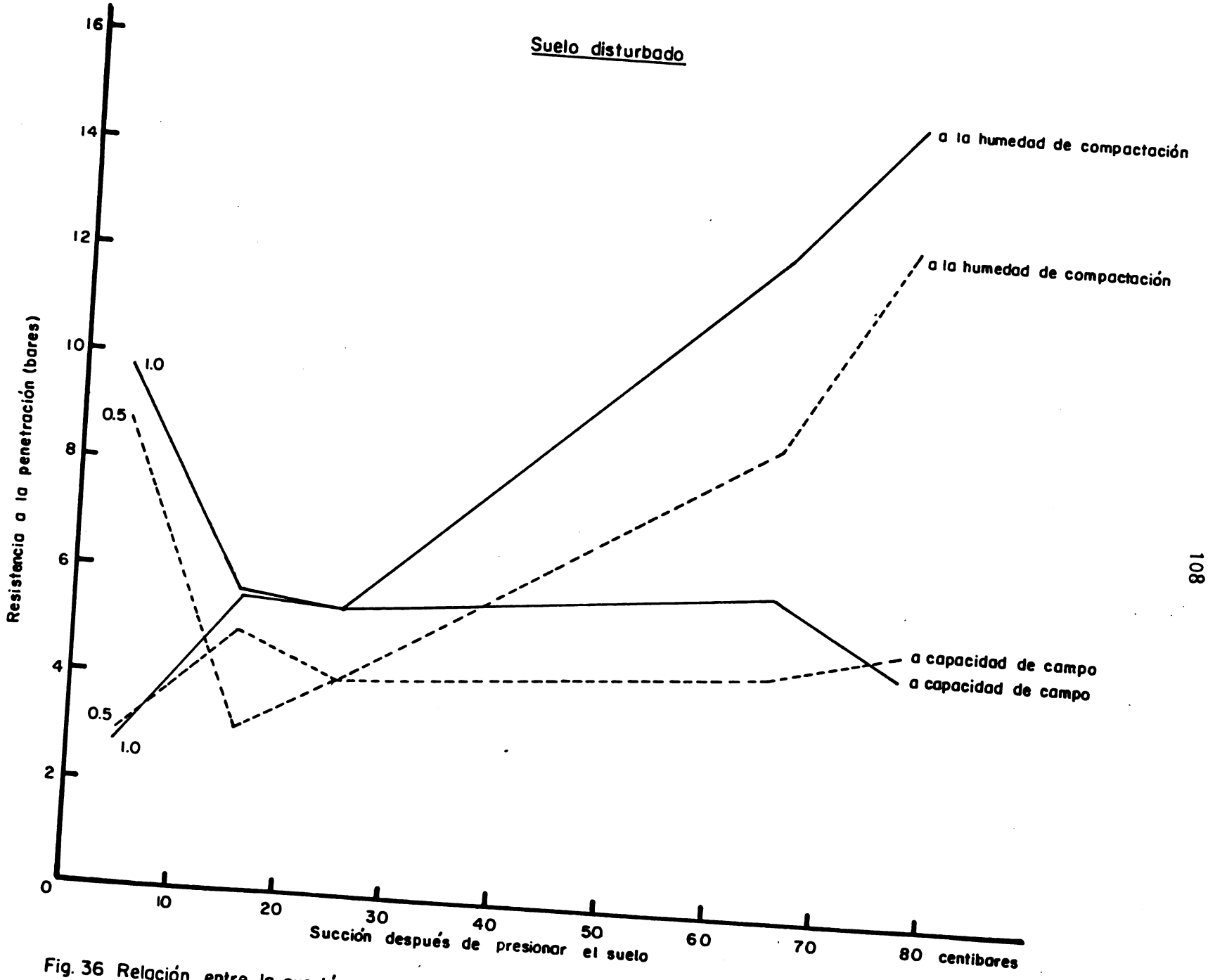


Fig. 36 Relación entre la succión y la resistencia a la penetración, cuando el
1.0 bar de presión durante 1 min.

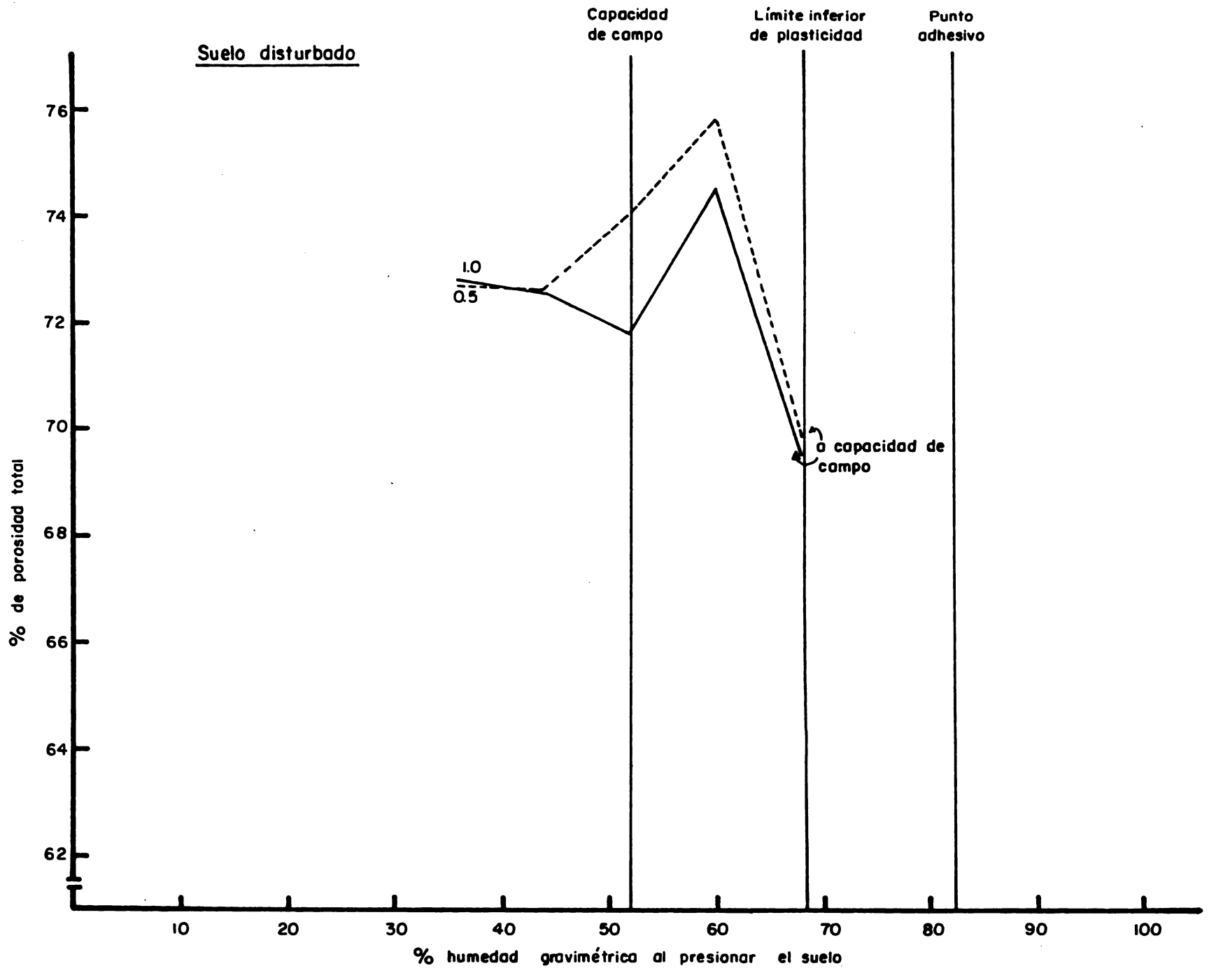


Fig. 37 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica y el porcentaje de porosidad total, cuando el suelo se compacta a 0.5 y 1.0 bar de presión durante 1 minuto

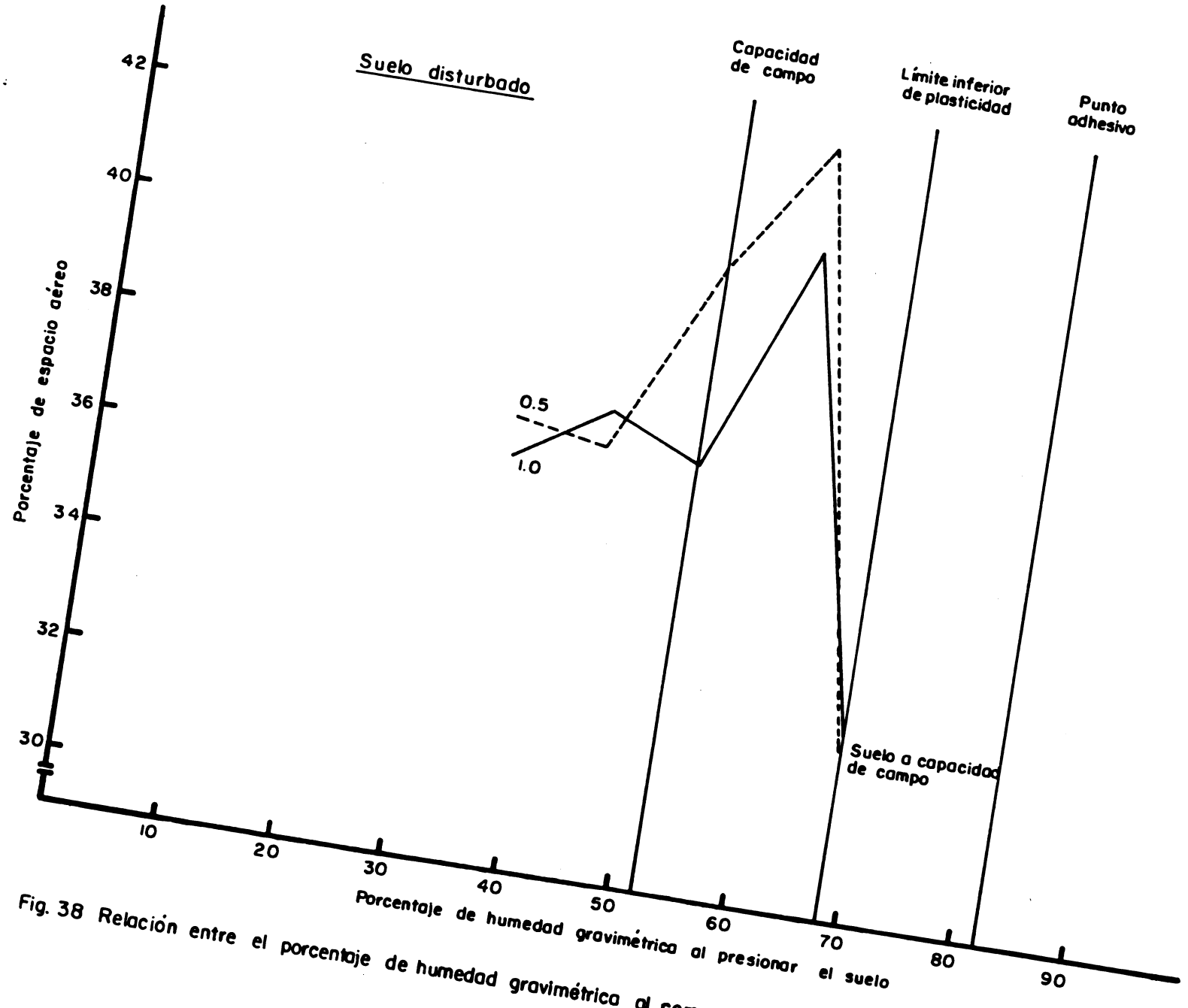


Fig. 38 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porce

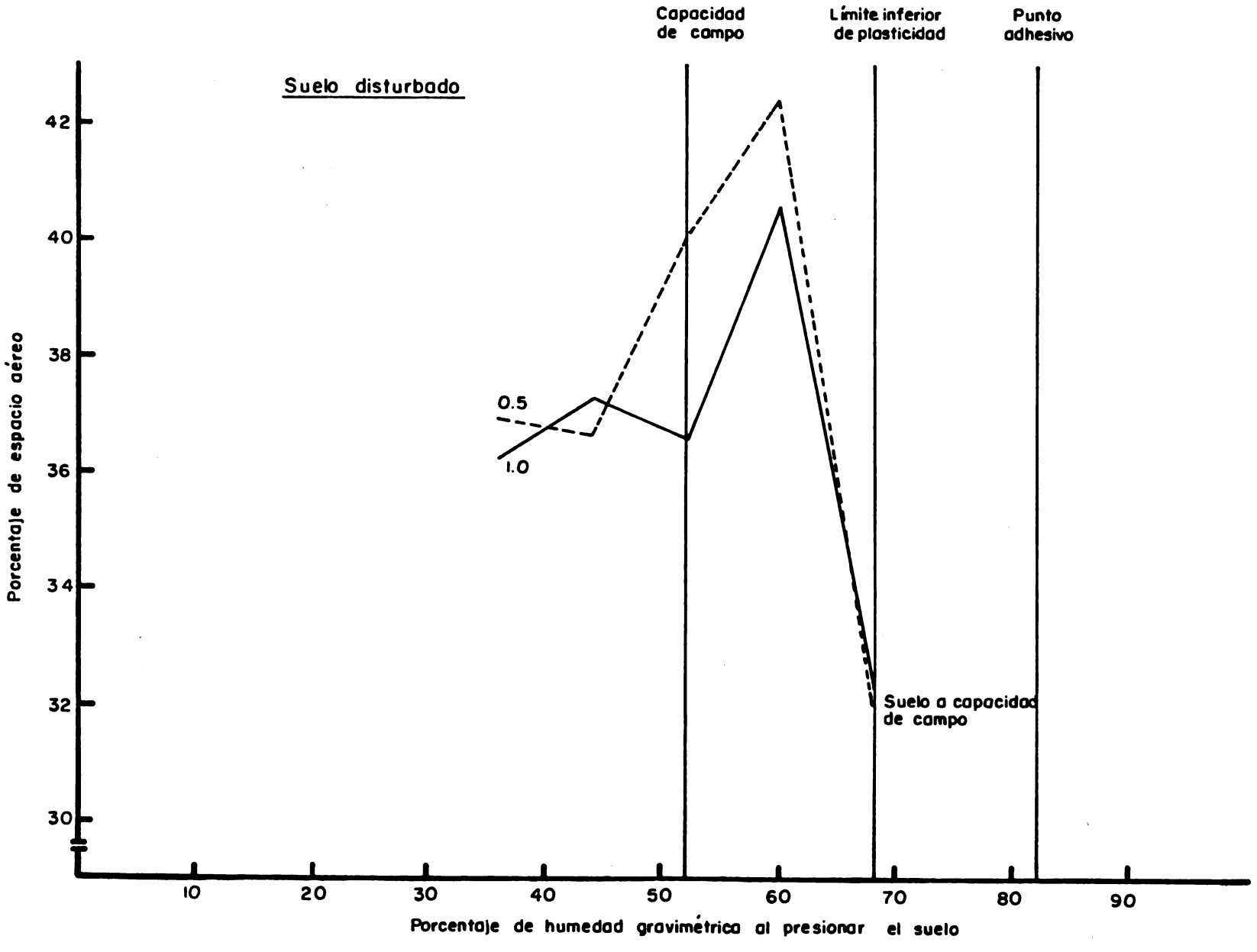


Fig. 38 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de espacio aéreo

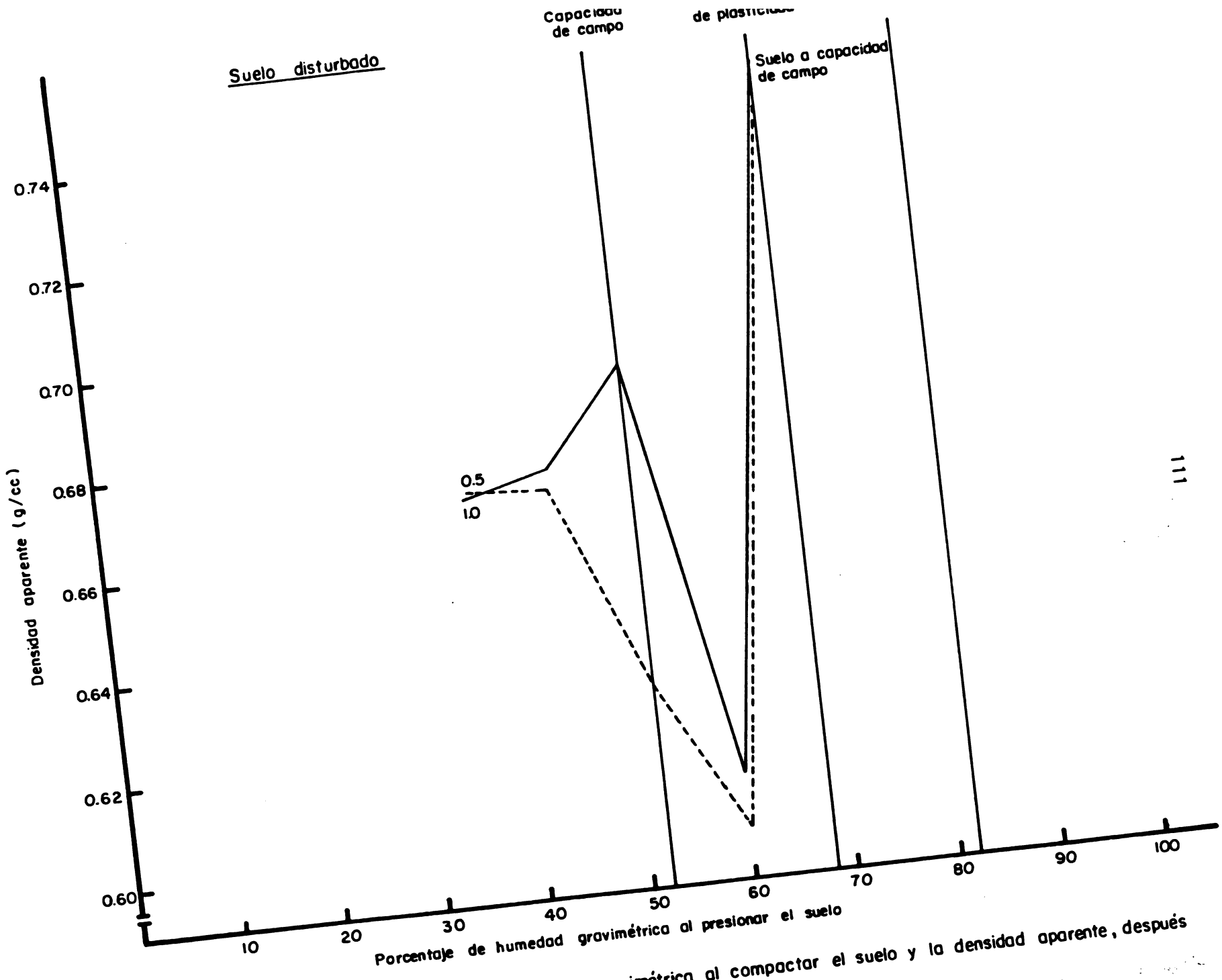


Fig. 39 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la densidad aparente, después
suelo se compacta a 0.5 y 1.0 bar de presión, durante 1 minuto

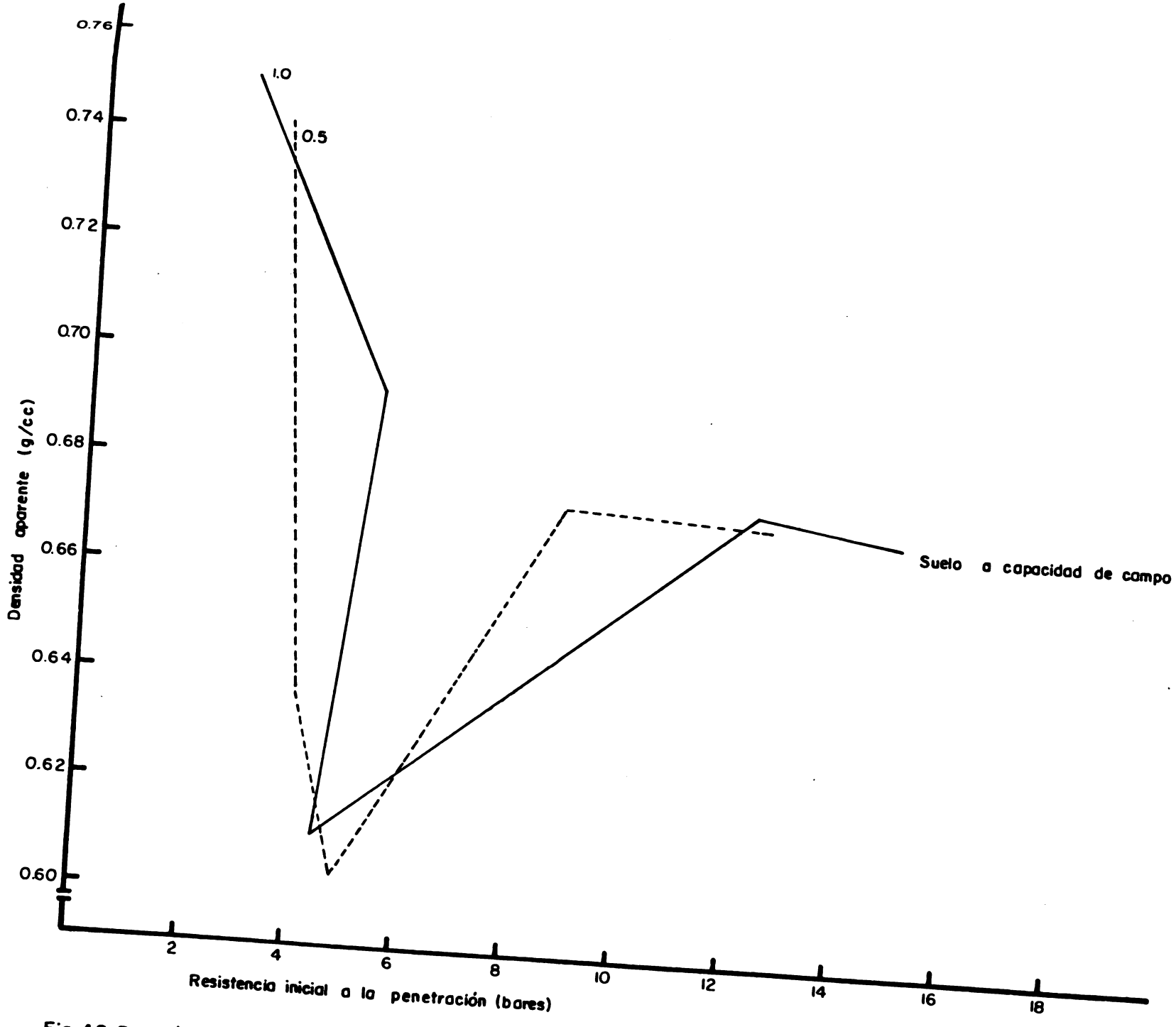


Fig. 40 Relación entre la resistencia inicial a la penetración antes de llevar el suelo a capacidad de campo y densidad aparente, cuando el suelo se somete a presio

4.2.2 Discusión de los resultados del trabajo de laboratorio

Forsythe (38) anota que la consistencia del suelo describe la respuesta del suelo a fuerzas externas tendientes a deformarlas. Presiones aplicadas pueden causar flujo, fractura o compresión del suelo y que la consistencia es afectada por el contenido de humedad en el suelo. Agrega que la mayoría de los suelos son adhesivos y suaves cuando se saturan; en ese estado se pueden deformar fácilmente con la influencia de fuerzas externas o bajo su propio peso. Cuando el suelo está seco resiste la deformación y puede ser lo suficientemente firme para resistir grandes esfuerzos. El mismo autor define (38): límite líquido, como el estado de plasticidad en que el suelo es tan húmedo que se comporta como un fluido (límite superior de plasticidad). Punto adhesivo, representa la humedad mínima para que el suelo se vuelva adhesivo a la maquinaria agrícola y generalmente el contenido de humedad está cerca al límite líquido. Límite plástico, cuando el suelo llega a una humedad en que no puede deformarse sin que se desmenuce. El límite líquido y el límite inferior de plasticidad representan los contenidos de agua en que el suelo presenta ciertas cualidades definidas de consistencia.

La importancia que se atribuye a estos valores en la consistencia del suelo es la de que son indicativos del estado de humedad favorable para la labranza y demás labores que requieren el uso de maquinaria agrícola en el campo. Muchos suelos son más susceptibles a la compactación en el límite inferior de plasticidad. En este estudio se encontró que el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo era menor al del límite inferior de plasticidad.

4.2.2.1 Suelo sin alterar

Se observó que la compactación ejercida sobre el suelo de 0,5 y 1,0 bar de presión no tuvo influencia en los resultados obtenidos, ya que el suelo al ser presionado no experimentó cambios de volumen. Así, puede afirmarse que las variaciones mostradas en las características relacionadas son debidas a la compactación natural del suelo que fue muestreado del campo, a diferentes contenidos de humedad.

4.2.2.1.1 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la resistencia a la penetración (bares)

En la Fig. 29 y los Cuadros 56, 57, 58, 59 y 60 se observa que cuando el suelo a 36 por ciento de humedad se somete a presiones de 0,5 y 1,0 bar durante un minuto, muestra los mayores valores de resistencia a la penetración. Cuando en el suelo se cambia la humedad de compactación original a la de capacidad de campo, se aprecia que la resistencia a la penetración no sufre cambios apreciables.

4.2.2.1.2 Relación entre la succión después de compactar el suelo y la resistencia a la penetración

En la Fig. 30 y los Cuadros 56, 57, 58, 59 y 60 se observa que la resistencia a la penetración se incrementó con la succión.

4.2.2.1.3 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de porosidad total

En la Fig. 31 y los Cuadros 56, 57, 58, 59 y 60 se observa

que a capacidad de campo el porcentaje de porosidad total varía entre 58 y 63,5 por ciento para el suelo sometido a presiones de 0,5 y 1,0 bar durante un minuto.

4.2.2.1.4 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de espacio aéreo

En la Fig. 32 y los Cuadros 56, 57, 58, 59 y 60 se observa que el porcentaje de espacio aéreo varió desde 9 hasta 21,1 por ciento cuando el suelo estuvo a capacidad de campo y que el mayor valor (21,5%) se obtiene para el suelo sometido a 0,5 bar de presión, con un contenido de humedad gravimétrica de 60 por ciento. Asimismo, el mayor porcentaje de espacio aéreo (17,3%) a capacidad de campo, se obtiene para el suelo sometido a presión de 1,0 bar y el contenido de humedad de 44 por ciento.

4.2.2.1.5 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la densidad aparente

En la Fig. 33 y los Cuadros 56, 57, 58, 59 y 60 se observa que a capacidad de campo el mayor valor promedio de densidad aparente se obtuvo para el suelo sometido a presión de 1,0 bar y la humedad fue de 36 por ciento (0,987). A la misma presión el menor valor promedio se consiguió cuando el contenido de humedad fue de 48 por ciento, a partir de este último punto ascienden los valores cuando el suelo se compacta a 60 y 68 por ciento de humedad.

4.2.2.1.6 Resistencia a la penetración, antes de llevar el suelo a capacidad de campo, y la densidad aparente

En la Fig. 34 y los Cuadros 56, 57, 58, 59 y 60 se observa que a capacidad de campo, la densidad aparente en general se incrementa al incrementarse la resis encia a la penetración y el suelo se compacta a 1,0 bar de presión. Por el contrario, cuando se compacta a 0,5 bar de presión, tiende a disminuirse cuando aumenta la resistencia a la penetración. El coeficiente de correlación entre resistencia y densidad aparente fue de 0,20.

4.2.2.2 Suelo alterado

El comportamiento del suelo en este estado, aunque muestra sus tendencias, se atribuye a la compactación leve que sufrió en el empaquetamiento al ser confinado dentro de los anillo ya que se observó que las presiones aplicadas de 1,0 y 0,5 bar no lograron una compactación adicional en el ensayo.

4.2.2.2.1 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la resistencia a la penetración

En la Fig. 35 y los Cuadros 61, 62, 63, 64 y 65 se observa que cuando el suelo se sometió a 0,5 y 1,0 bar de presión durante un minuto y el contenido de humedad fue de 68 por ciento (límite inferior de plasticidad), la resistencia a la penetración fue mayor cuando fue medida a la humedad de la capacidad de campo. También se observa que

la resistencia a la penetración fue mayor para el suelo sometido a una presión de 1,0 bar.

4.2.2.2.2 Relación entre la succión después de compactar el suelo y la resistencia a la penetración

En la Fig. 36 y los Cuadros 61, 62, 63, 64 y 65 se observa que en el suelo fue mayor el incremento de la resistencia a la penetración cuando se sometió a 1,0 bar de presión. Pero a capacidad de campo no hubo variaciones notables en la resistencia a la penetración.

4.2.2.2.3 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de porosidad total

En la Fig. 37 y los Cuadros 61, 62, 63, 64 y 65 se observa que en general, no hay una tendencia definida entre estas características.

4.2.2.2.4 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y el porcentaje de espacio aéreo

Como en el porcentaje de porosidad total en general, al incrementarse la humedad gravimétrica en el suelo, disminuye el porcentaje de espacio aéreo. La Fig. 38 y los Cuadros 61, 62, 63, 64 y 65 muestran la relación.

4.2.2.2.5 Relación entre el porcentaje de humedad gravimétrica al compactar el suelo y la densidad aparente

En la Fig. 39 y los Cuadros 61, 62, 63, 64 y 65 se observa que no existe una tendencia definida para estas dos propiedades.

4.2.2.2.6 Relación entre la resistencia inicial a la penetración antes de llevar el suelo a capacidad de campo y la densidad aparente

La Fig. 40 y los Cuadros 61, 62, 63, 64 y 65 no muestran tendencias definidas en la relación de esta dos características. El coeficiente de correlación encontrado fue de 0,11.

4.3 Trabajo de campo

4.3.1 Resultados del trabajo de campo

4.3.1.1 Entre hileras

Variaciones ocurridas en la resistencia a la penetración (bares), con relación al contenido de humedad (%) en el suelo y el tipo de cultivo presente.

Los valores reales de todas las lecturas efectuadas al inicio y al final del experimento aparecen en el Cuadro 66. Dichas lecturas fueron hechas en 10 parcelas de las repeticiones I y II. La estimación de la resistencia a la penetración en función de la humedad gravimétrica aparece en la Fig. 65.

Parcela N° 1: En las Figuras 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48 se muestra la variación de los valores de resistencia a la penetración y el porcentaje de humedad al comienzo y al final del experimento. En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 67, se observa que hubo diferencias significativas tanto en las repeticiones como en el muestreo efectuado. En el Cuadro 66 se observa que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición II e

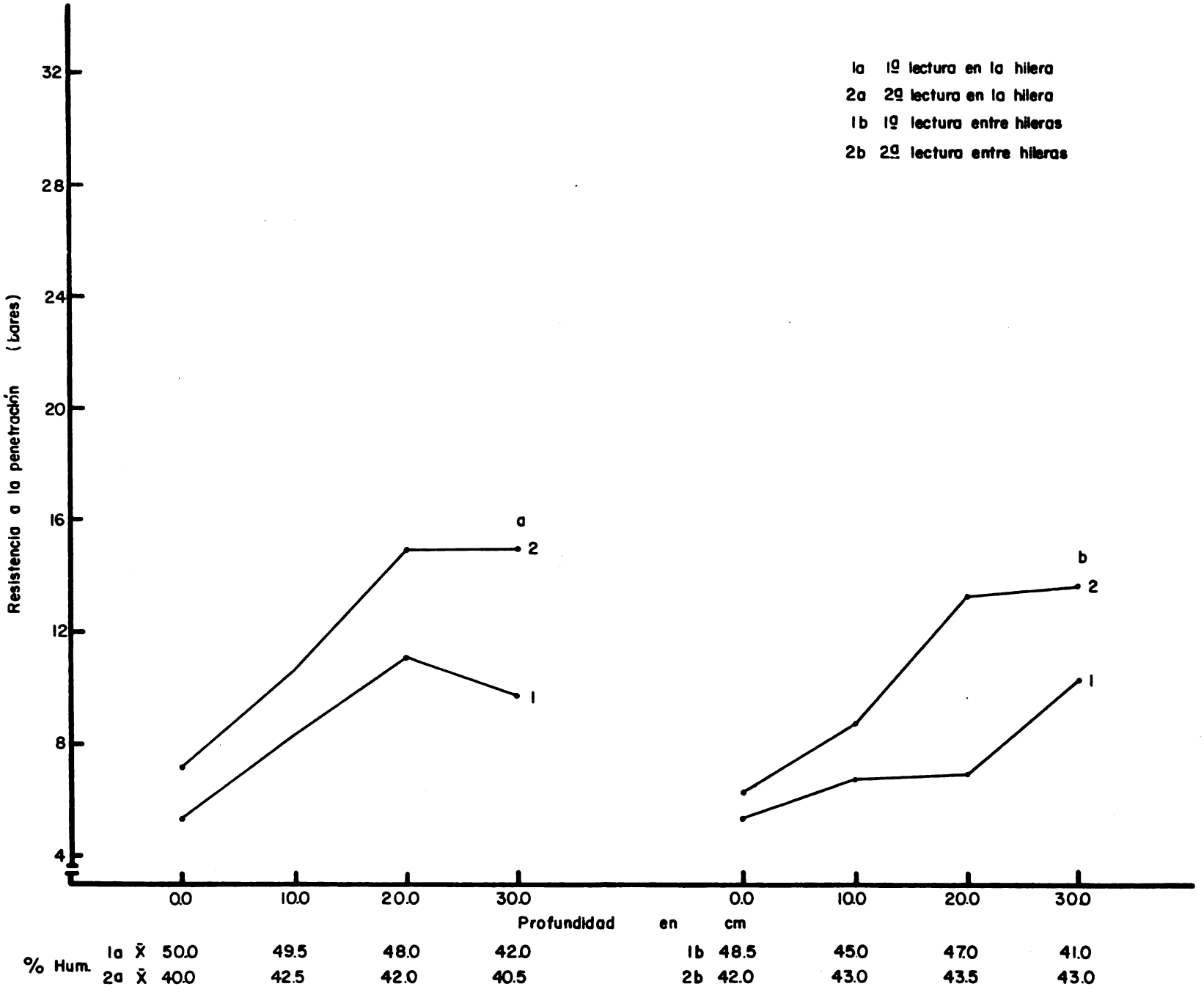
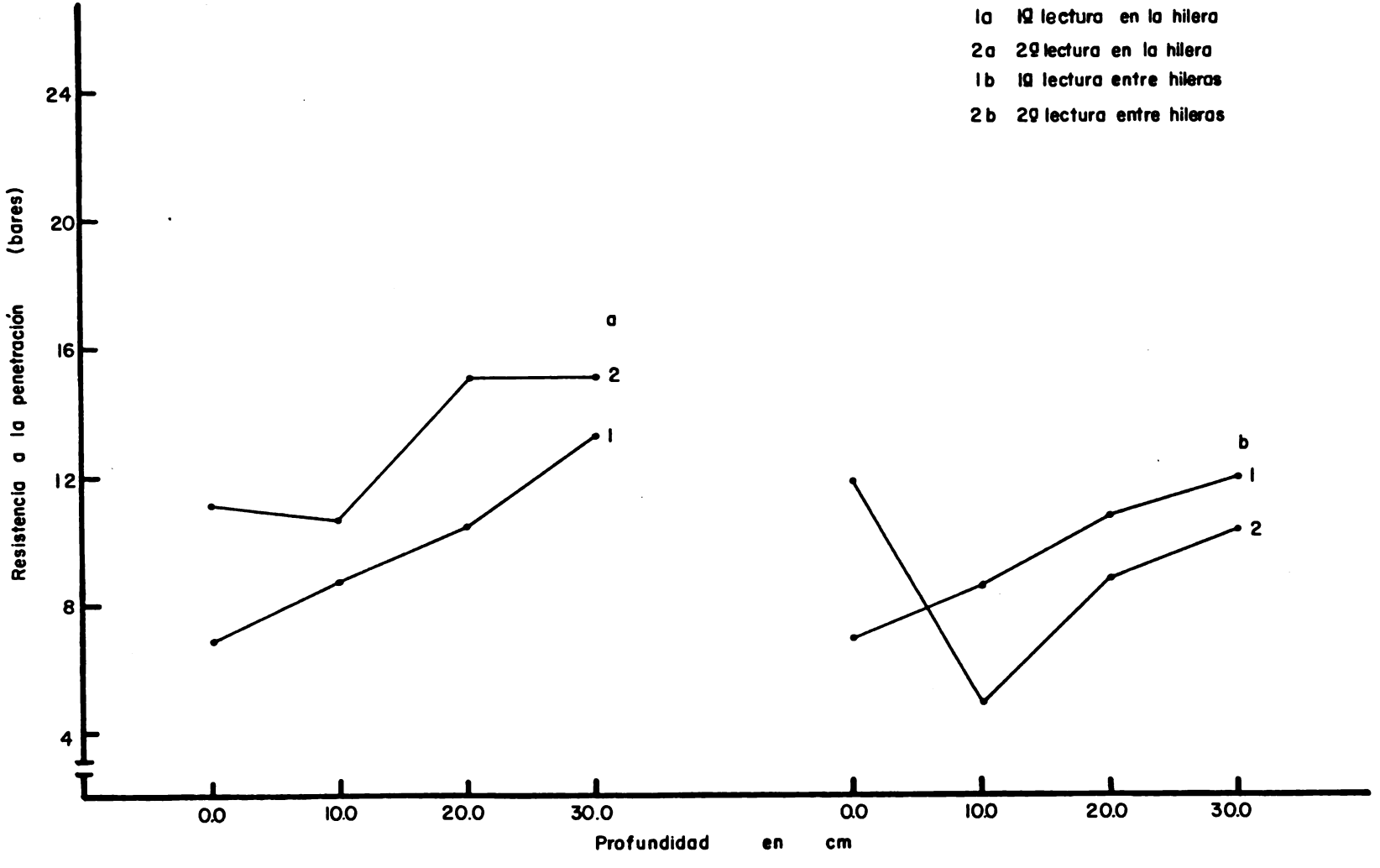


Fig. 41 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela I y subparcela I

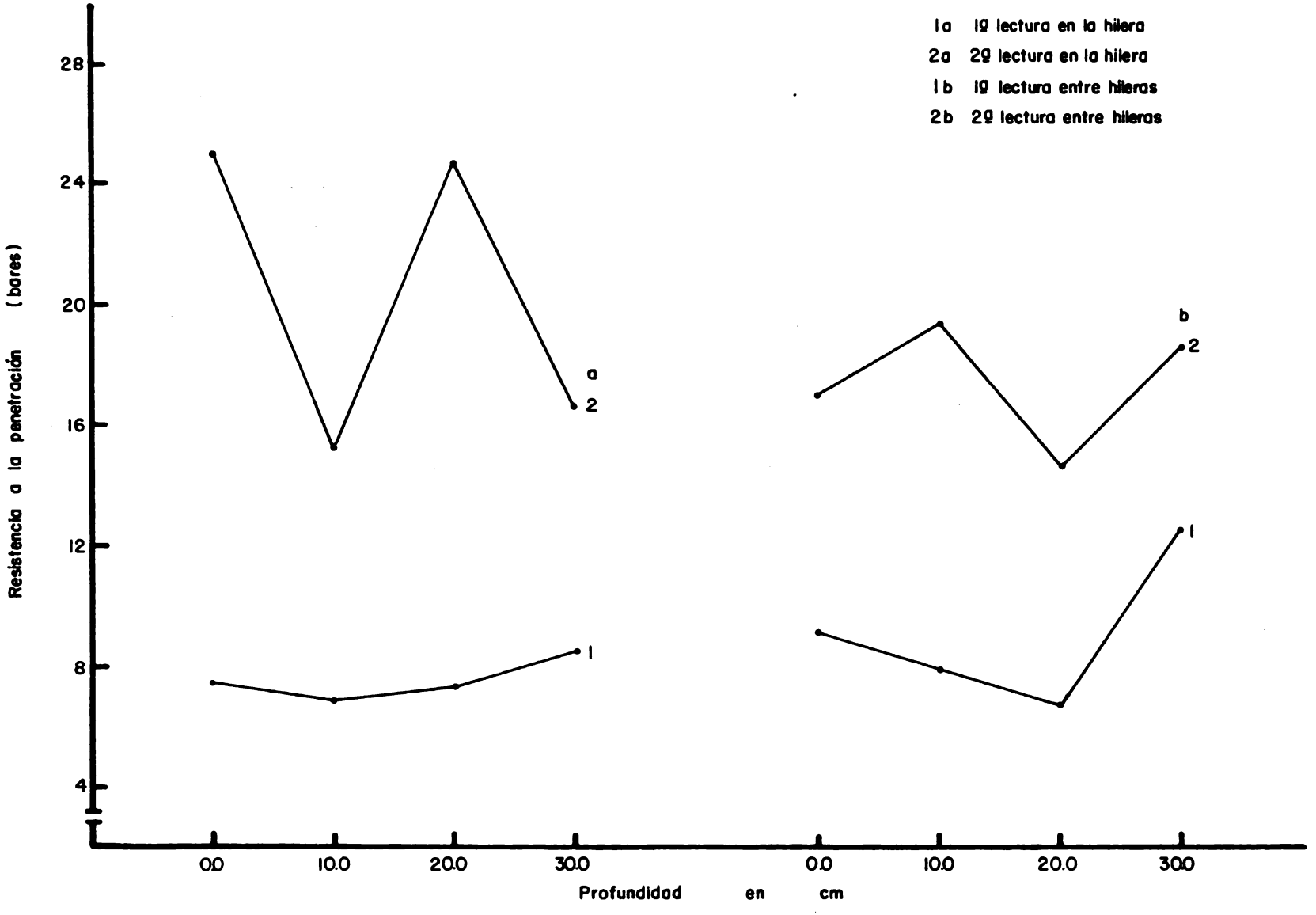
Cultivos : vegetación natural



% Hum.									
1a	X̄	49.0	48.0	41.0	36.5	1b	48.0	46.0	48.0	43.0
2a	X̄	40.0	42.5	42.0	40.5	2b	43.0	42.0	40.0	41.0

Fig. 42 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 1 y subparcela 2

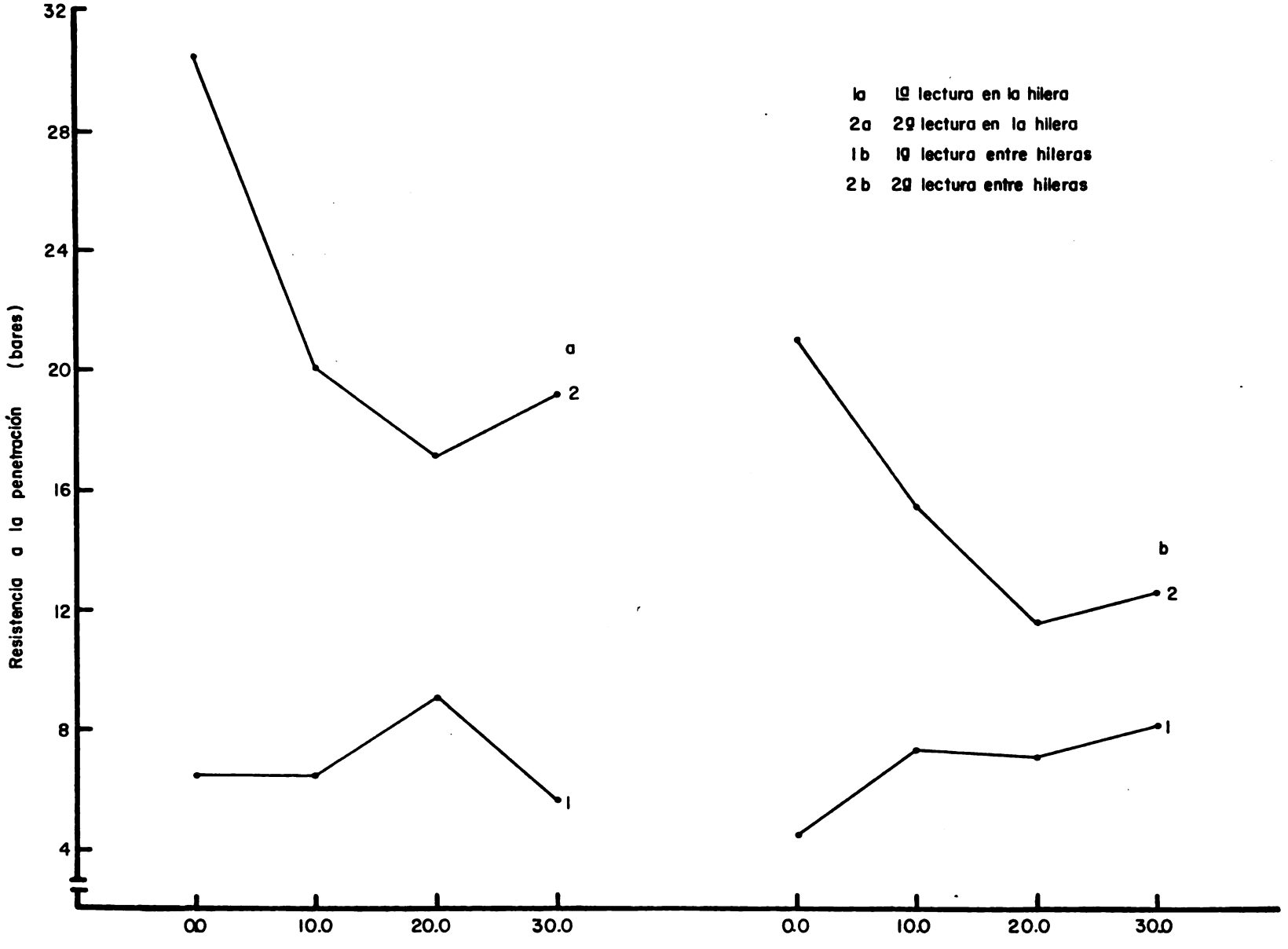
Cultivos : vegetación con chapia



% Hum.									
1a	X̄	46.5	48.0	54.0	44.0	1b	47.0	49.0	46.0	37.0
2a	X̄	33.5	32.0	37.0	38.0	2b	35.5	37.5	40.0	33.0

Fig.43 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 1 y subparcela 3

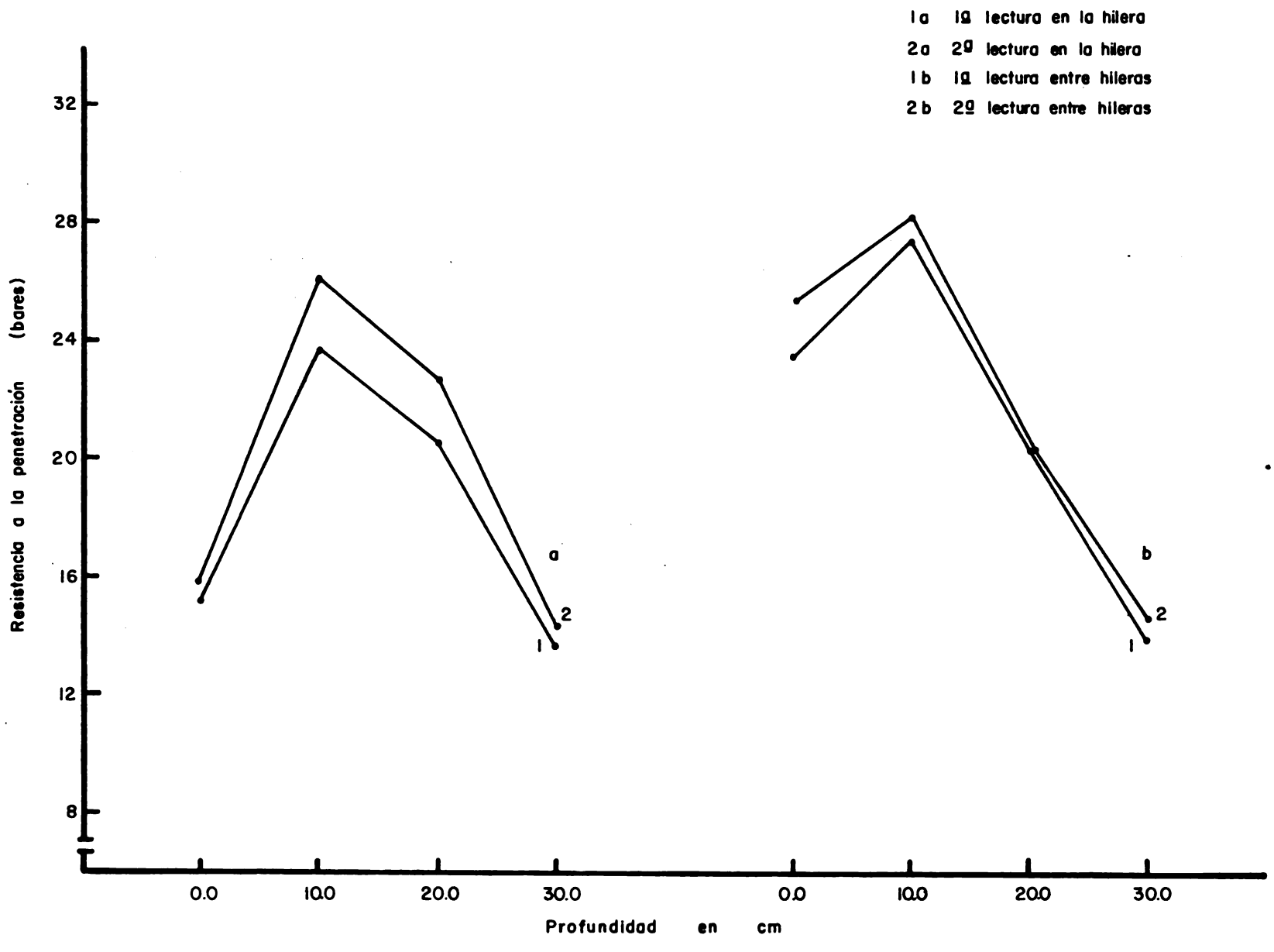
Cultivos : pasto



% Hum.								
1a X̄	45.0	48.0	41.0	43.5	1b 44.5	45.0	43.0	40.0
2a X̄	29.0	36.0	39.5	35.0	2b 33.5	39.0	40.0	36.0

Fig.44 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 1 y subparcela 4

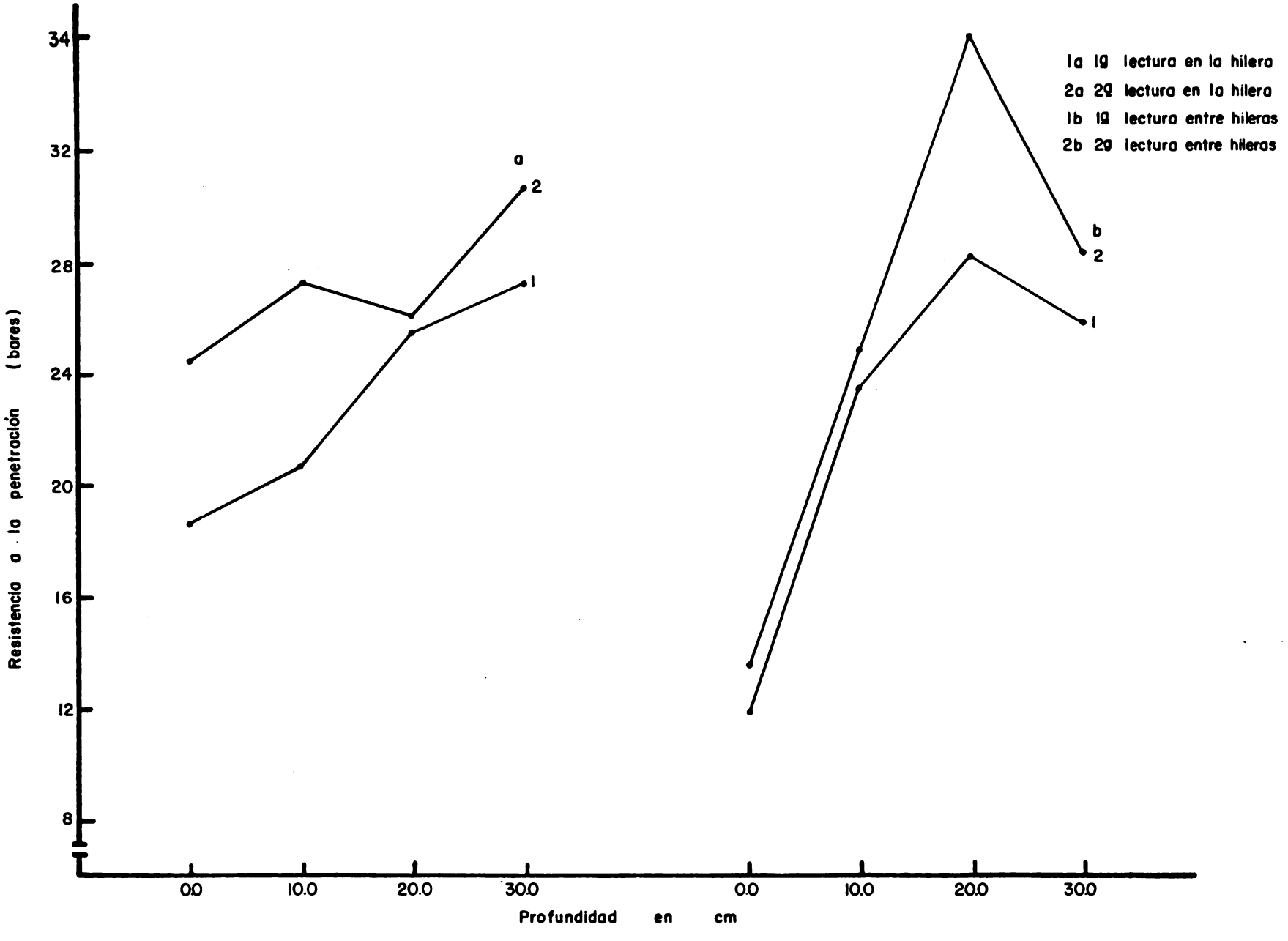
Cultivos : sin vegetación



% Hum.									
1a $\bar{X}$	31.5	37.5	37.5	38.5	1b	38.5	38.5	37.5	37.5
2a $\bar{X}$	33.0	39.0	39.0	40.0	2b	40.5	40.0	40.0	41.0

Fig. 45 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela I y subparcela I

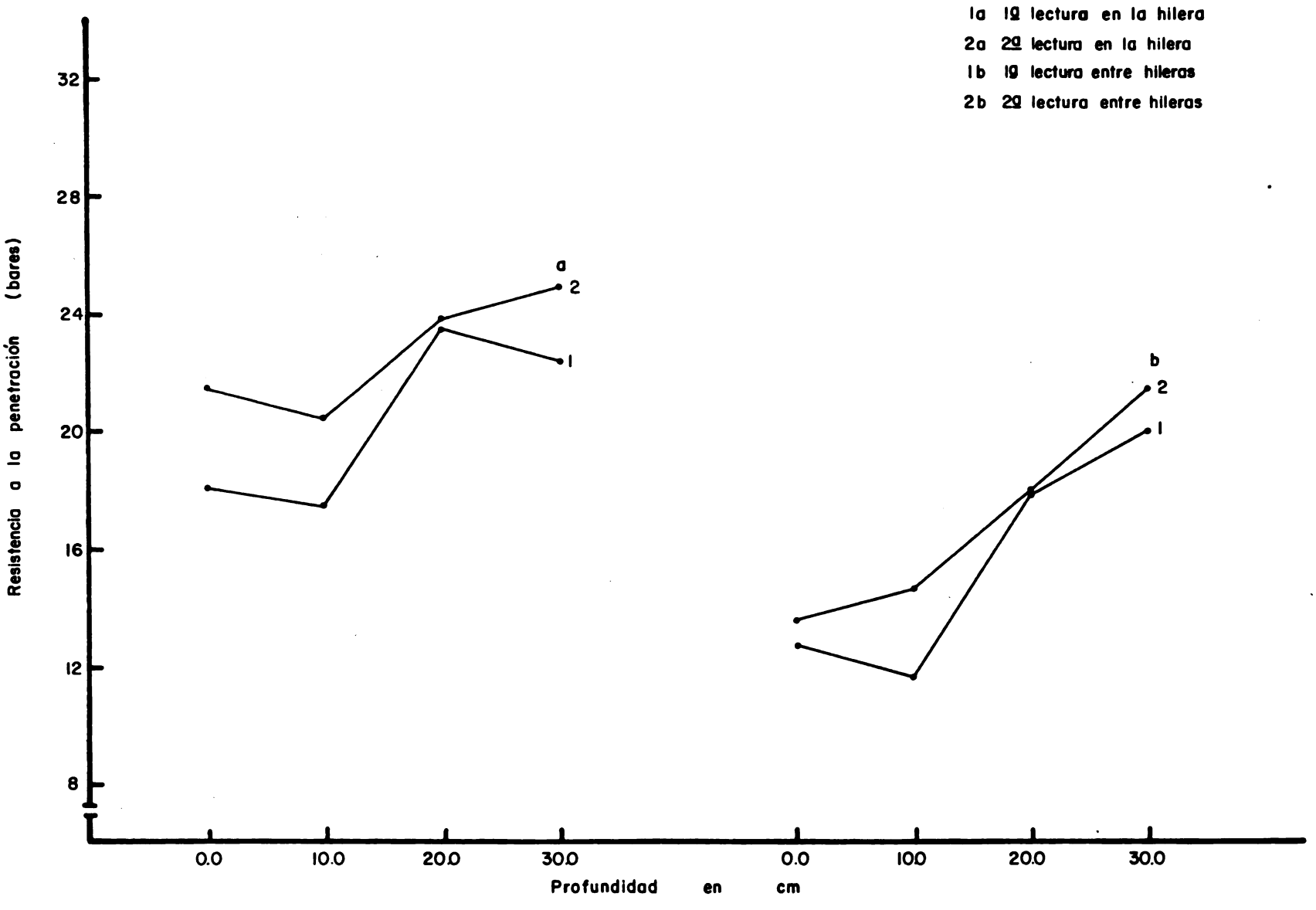
Cultivos: vegetación natural



% Hum.								
1a X̄	32.5	35.0	37.5	34.5	1 b	30.0	36.0	35.5	38.5
2a X̄	39.0	38.0	39.0	40.0	2 b	38.0	40.0	39.0	40.0

Fig. 46 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 1 y subparcela 2

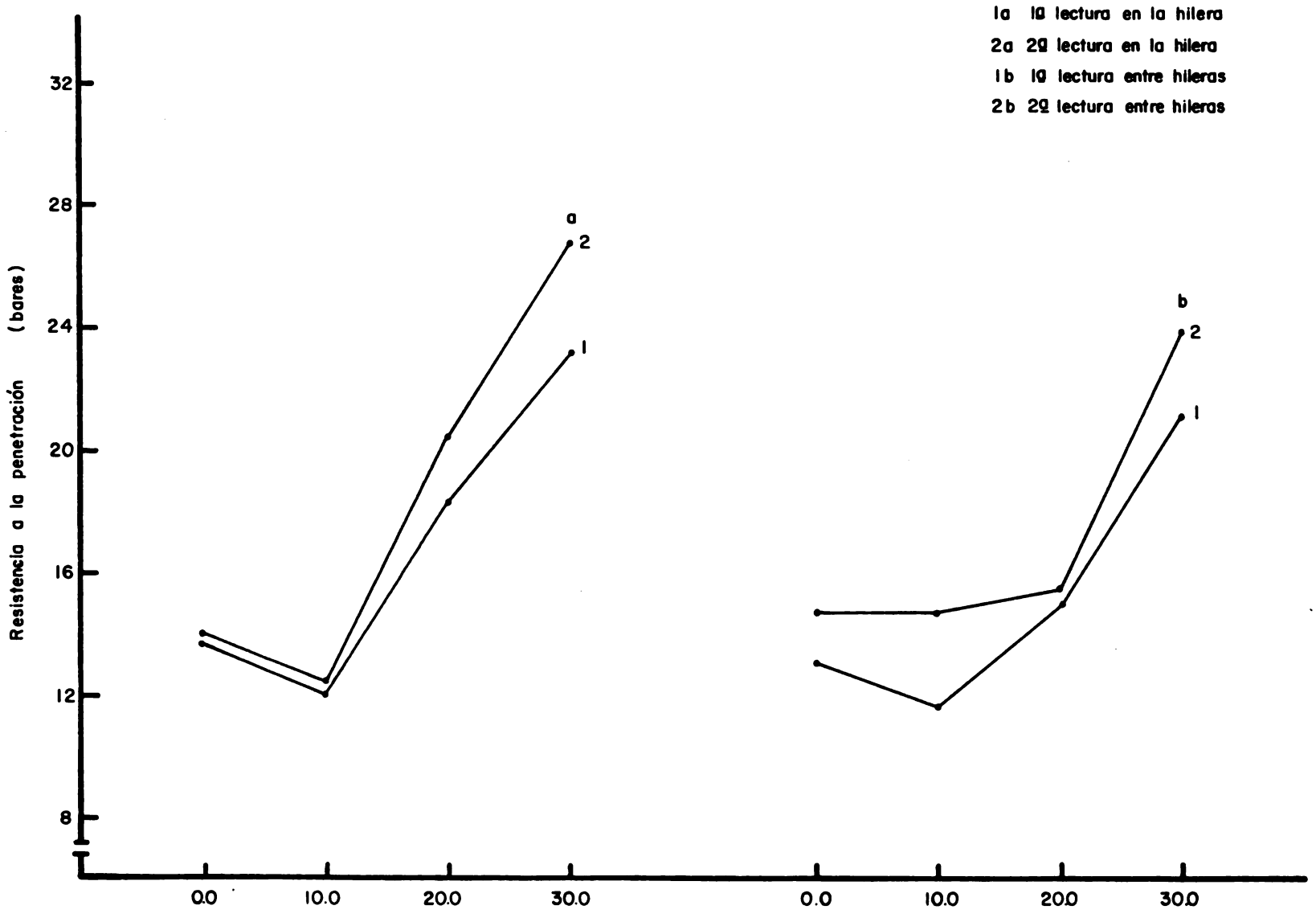
Cultivos · vegetación chapeada



% Hum.								
1a	X̄ 25.25	38.5	38.0	42.5	1b 36.5	40.5	41.0	40.0
2a	X̄ 36.0	40.0	40.0	41.0	2b 38.0	39.0	40.0	40.0

Fig.47 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela I y subparcela 3

Cultivos: pasto



% Hum.									
1a	X̄	32.5	41.0	41.0	41.0	1b	38.0	41.5	45.0	41.0
2a	X̄	36.0	38.0	39.0	39.0	2b	40.0	41.0	42.0	40.0

Fig.48 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela I y subparcela 4

Cultivos : sin vegetación

igualmente mayores en la segunda lectura. La parcela estaba ocupada con vegetación natural.

El análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 68, revela que hubo diferencias significativas en el contenido de humedad, entre la I y la II repetición. En el Cuadro 66 se observa que el contenido de humedad es mayor en la repetición I.

Parcela N° 17: En el Cuadro 69, que contiene el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, se encontraron diferencias significativas entre los muestreos efectuados. En el Cuadro 66, se observa que los valores de resistencia a la penetración, son mayores en la 2ª lectura. El análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 70, se observa que hubo diferencias significativas entre las repeticiones y entre los muestreos. El contenido de humedad fue mayor en la repetición I y en el primer muestreo de ambas repeticiones. Cultivo presente: Frijol.

Parcela N° 18: El análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 71, revela que hubo diferencias significativas entre las repeticiones y los muestreos. Igualmente, el Cuadro 72, señala diferencias significativas para la humedad entre las repeticiones y los muestreos. El Cuadro 66 indica que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición I con mayor contenido de humedad para el primer muestreo. En el segundo muestreo son mayores los valores de resistencia a la penetración en la repetición II pero con menor contenido de agua. Cultivo presente: Arroz.

Parcela N° 19: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 73, se encontró diferencias significativas entre los muestreos. Igualmente, en el análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 74, se observa que hay diferencias significativas entre los muestreos. En el Cuadro 66 se observa que las lecturas de resistencia a la penetración son mayores en el segundo muestreo y en general mayor contenido de humedad en el primer muestreo. Cultivo: Maíz.

Parcela N° 20: En el Cuadro 75, análisis de varianza para la resistencia a la penetración, se observa que hay diferencias significativas entre las dos lecturas efectuadas (muestreo). En el análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 76, se observa que existen diferencias significativas en el contenido de humedad de las repeticiones y los muestreos. En el Cuadro 66, se observa que las lecturas de resistencia a la penetración en ambas repeticiones, son mayores en el segundo muestreo y en general menores los contenidos de humedad. Cultivo presente: Camote.

Parcela N° 37: El análisis de varianza, Cuadro 77, indica que hay diferencias significativas entre las repeticiones y los muestreos, para la lectura de resistencia a la penetración. El Cuadro 78, varianza para el contenido de humedad, revela que sólo hay diferencias significativas entre las repeticiones y la profundidad.

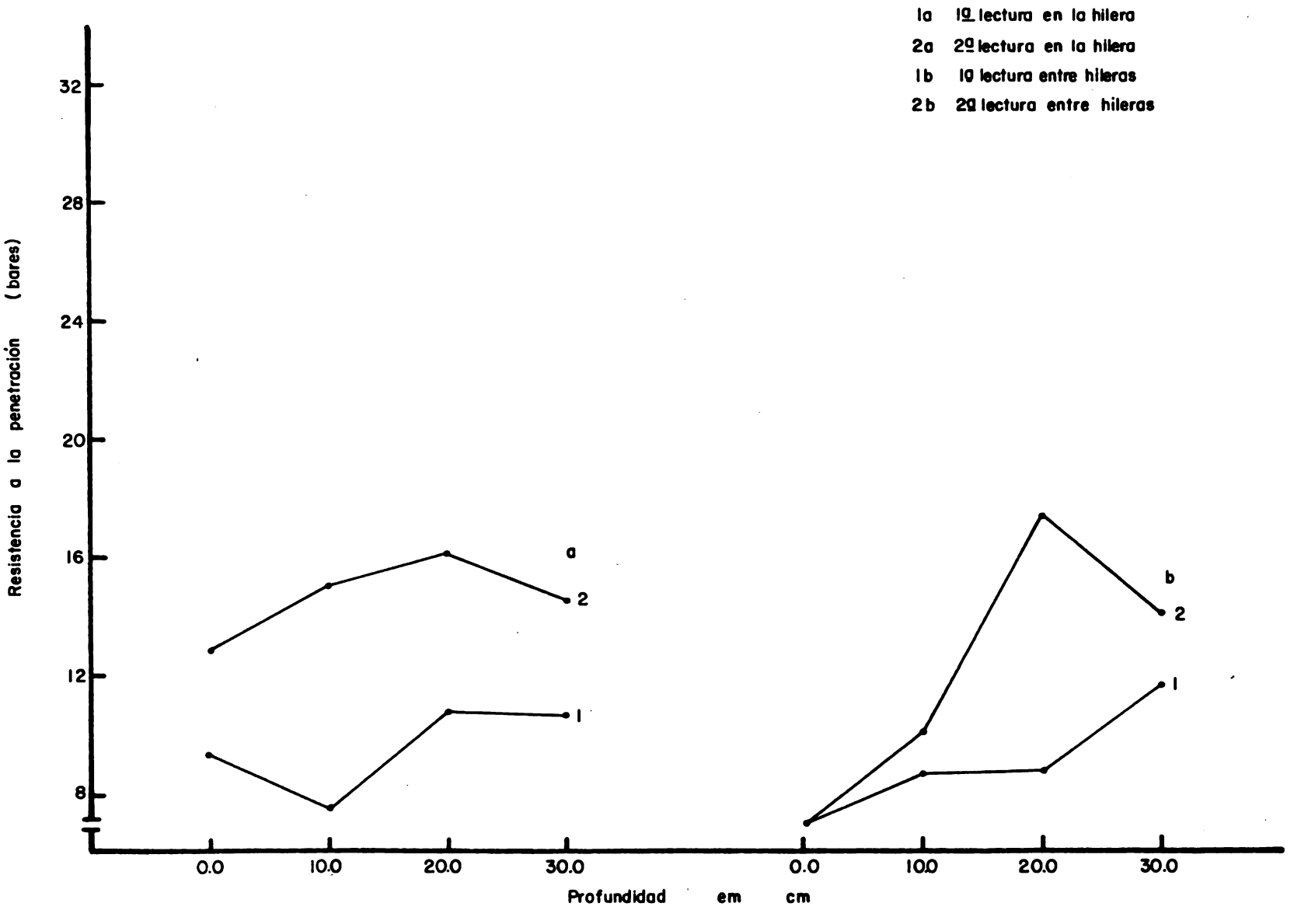
Los valores de resistencia a la penetración anotados en el Cuadro 66, señalan que son mayores en la repetición I y el contenido de humedad es mayor en la primera lectura y menores los valores de resistencia a la penetración. Cultivos: Frijol-maíz-arroz.

Parcela N° 39: El Cuadro 79, análisis de varianza para la resistencia a la penetración, señala que hubo diferencias significativas entre las repeticiones, las profundidades y los muestreos. En el análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 80, sólo mostraron diferencias significativas los muestreos.

El Cuadro 66 y las Figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56, muestran que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición II en ambos muestreos. En el mismo cuadro y las mismas figuras, se muestra que profundidades de 20 y 30 cms se incrementaron los valores de resistencia a la penetración. Cultivos: Frijol-maíz y camote.

Parcela N° 42: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 81, se encontró que hubo diferencias significativas entre los valores correspondientes en la profundidad y el muestreo. En el Cuadro 82, análisis de varianza para la humedad, se encontró diferencias significativas entre repeticiones y muestreo. En el Cuadro 66 se observa, en general, a partir de 10 cm de profundidad aumentan los valores de la resistencia a la penetración y estos valores son mayores en el segundo muestreo, siendo menores el contenido de humedad en el suelo. Cultivos: Yuca-frijol y maíz.

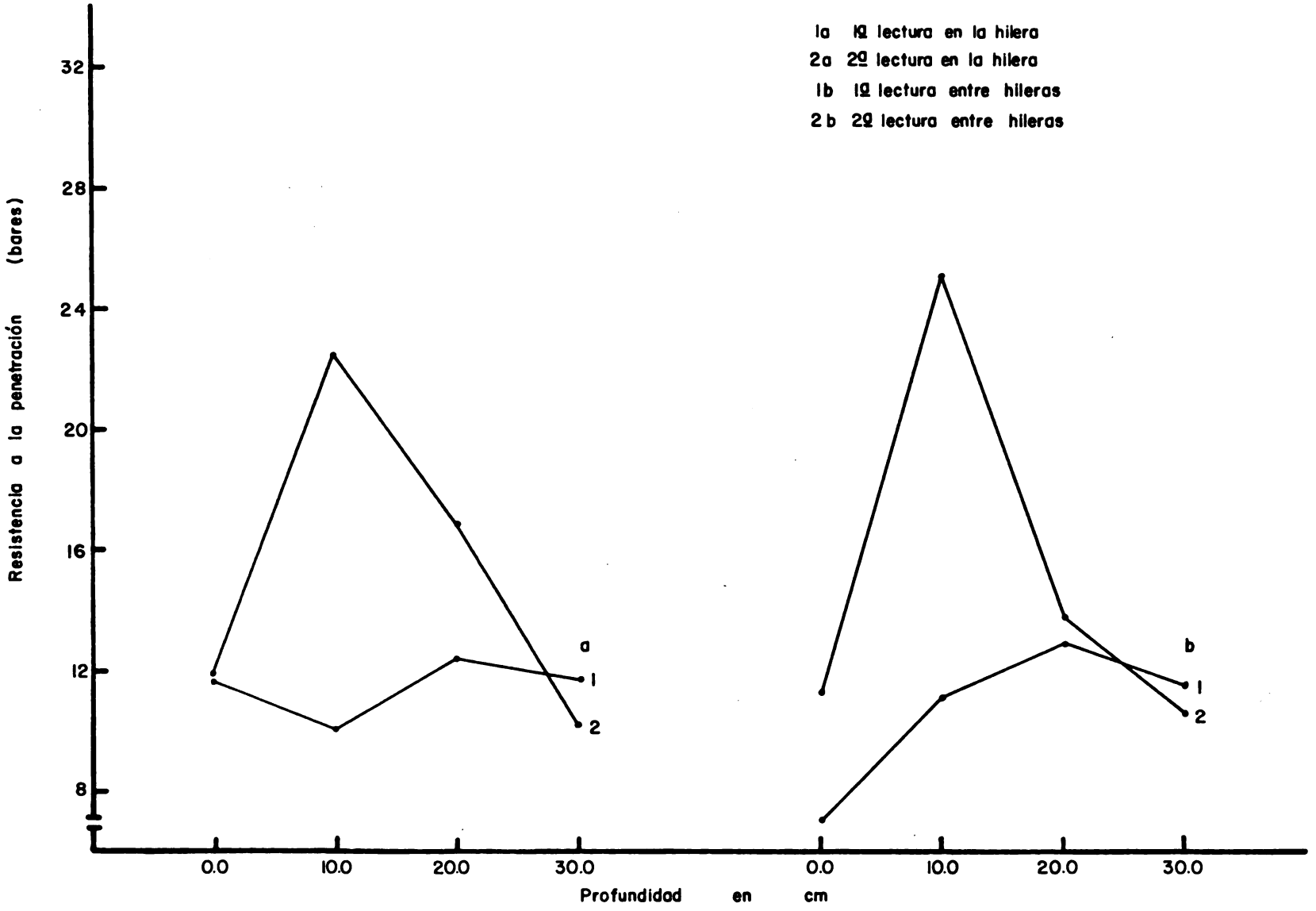
Parcela N° 51: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 83, aparecen diferencias significativas entre repeticiones y subparcelas. En el análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 84, no se encontraron diferencias significativas.



% Hum.								
1a X̄	35.5	42.0	43.5	36.5	1b	40.0	44.1	43.5	38.0
2a X̄	39.0	42.0	39.5	42.0	2b	43.0	43.0	41.5	40.0

Fig.49 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 39 y subparcela 1

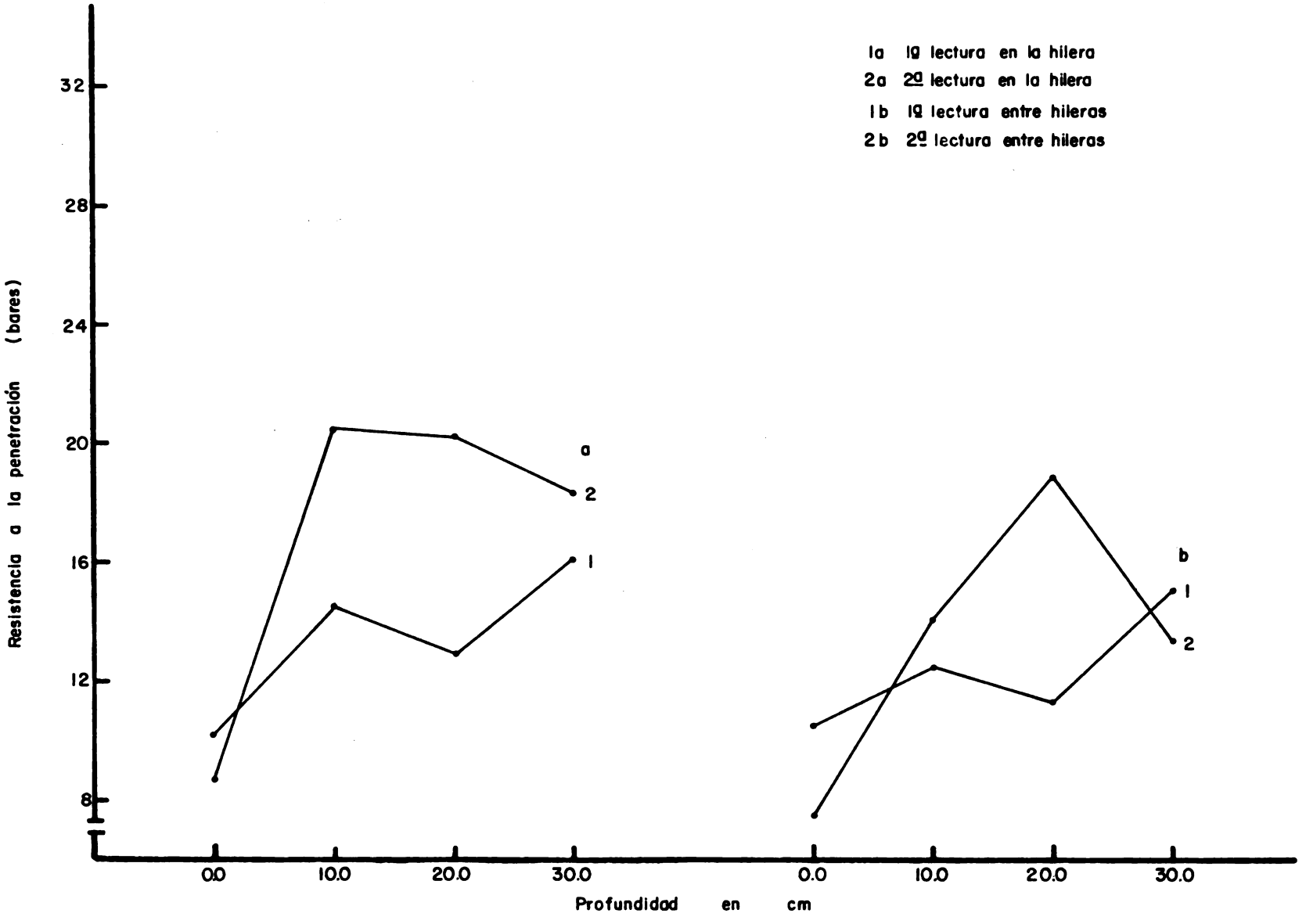
Cultivos : frijol, maíz y camote



% Hum.								
1a X̄	36.0	44.0	44.0	45.0	1b	38.5	46.0	45.0	47.0
2a X̄	39.0	40.0	43.0	43.5	2b	40.5	39.5	41.0	42.0

Fig.50 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 39 y subparcela 2

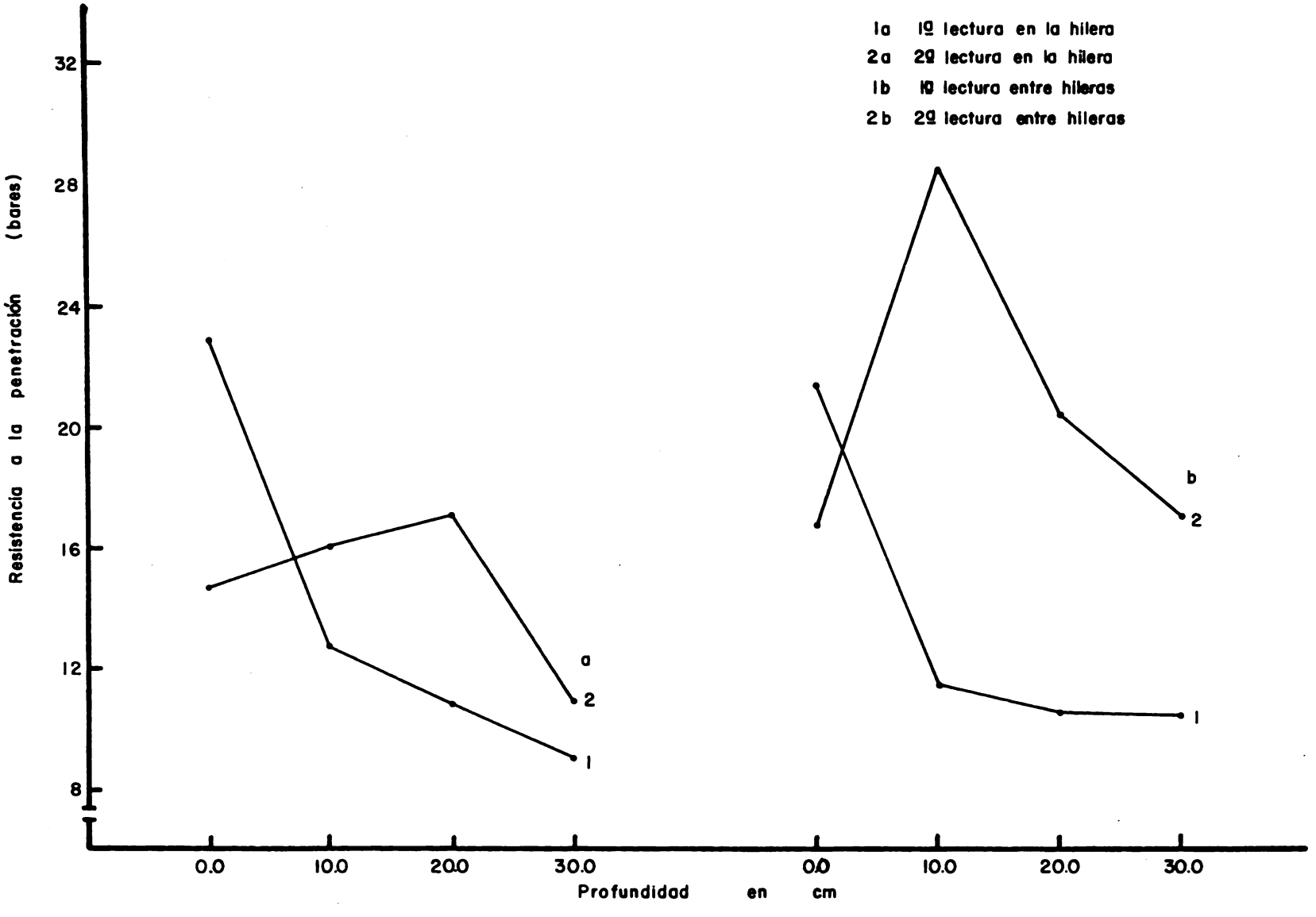
Cultivos : frijol, camote y maíz



% Hum.									
1a	X̄	36.5	45.0	44.0	42.0	1b	40.0	45.5	43.5	41.0
2a	X̄	34.0	39.0	38.0	43.0	2b	39.0	40.0	36.5	46.5

Fig. 51 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 39 y subparcela 3

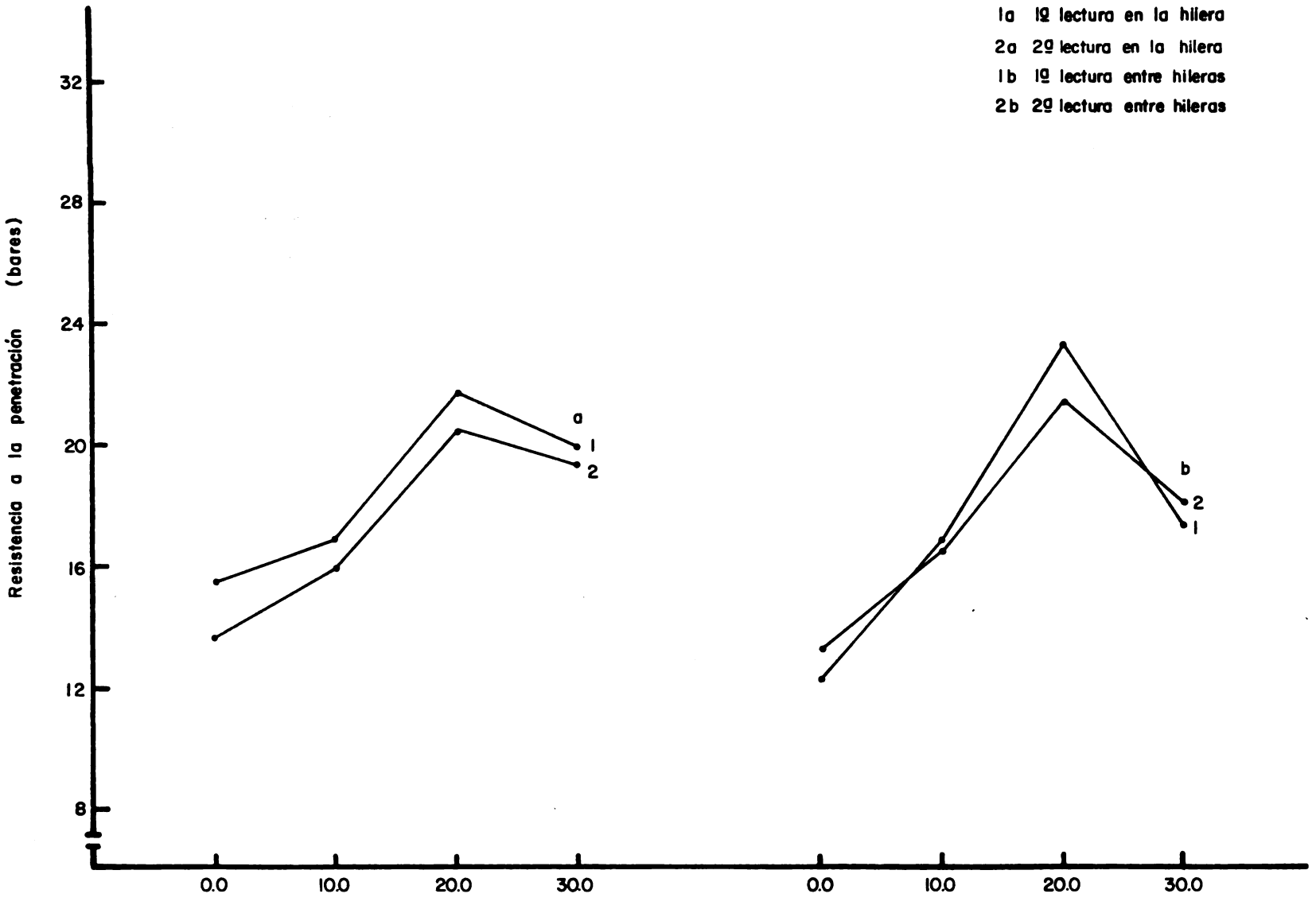
Cultivos : frijol, maíz y camote



% Hum.									
1a	X̄	37.5	44.0	41.5	44.0	1b	41.0	44.0	44.0	48.0
2a	X̄	34.0	41.5	40.5	41.0	2b	35.0	39.0	41.5	39.5

Fig. 52 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 39 y subparcela 4

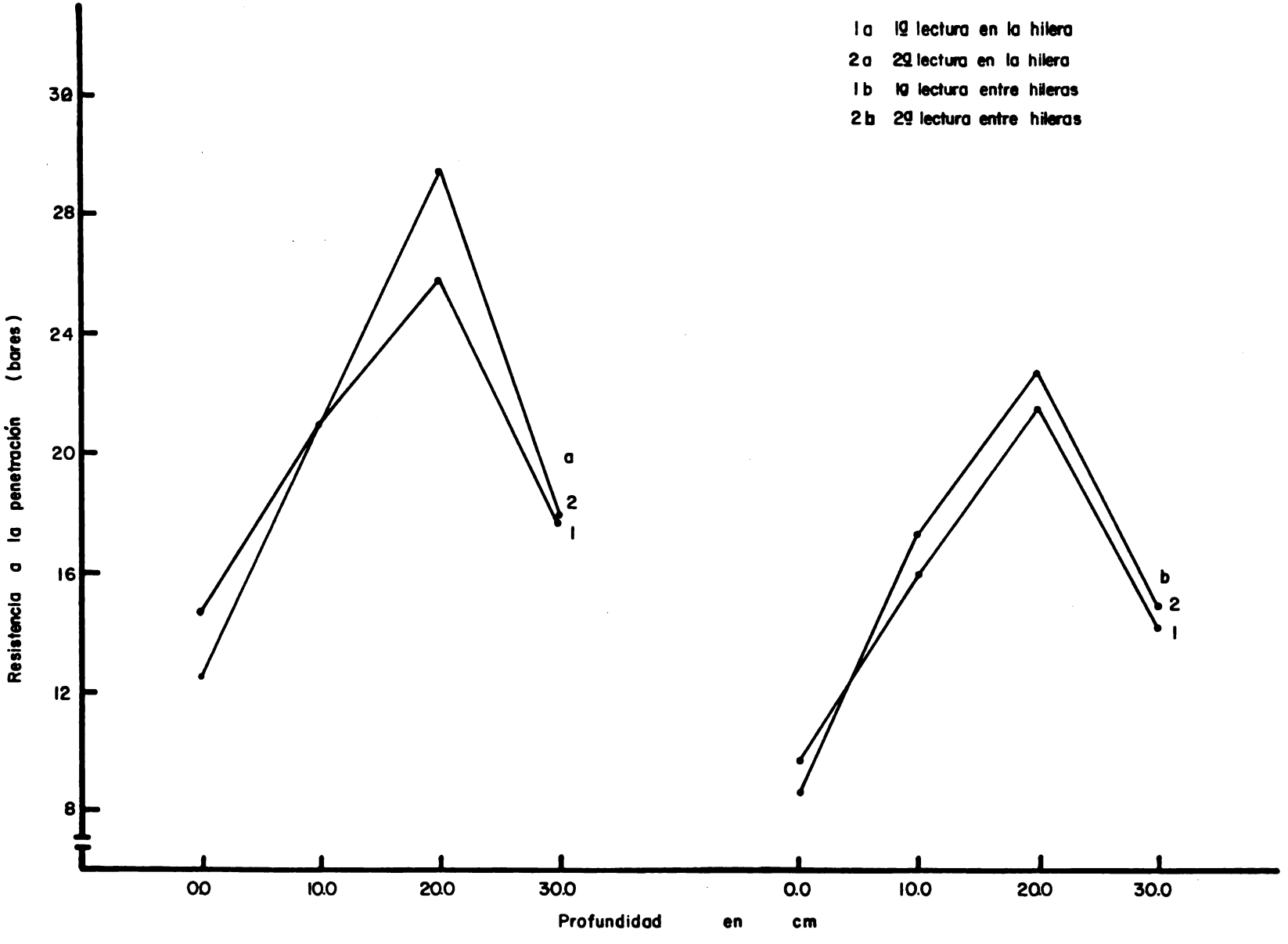
Cultivos : frijol, camote y maíz



% Hum.									
1a	X̄	42.0	42.0	43.0	39.5	1b	43.0	43.0	41.0	38.0
2a	X̄	42.5	40.5	42.0	39.0	2b	40.0	41.0	42.0	39.0

Fig. 53 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 39 y subparcela I

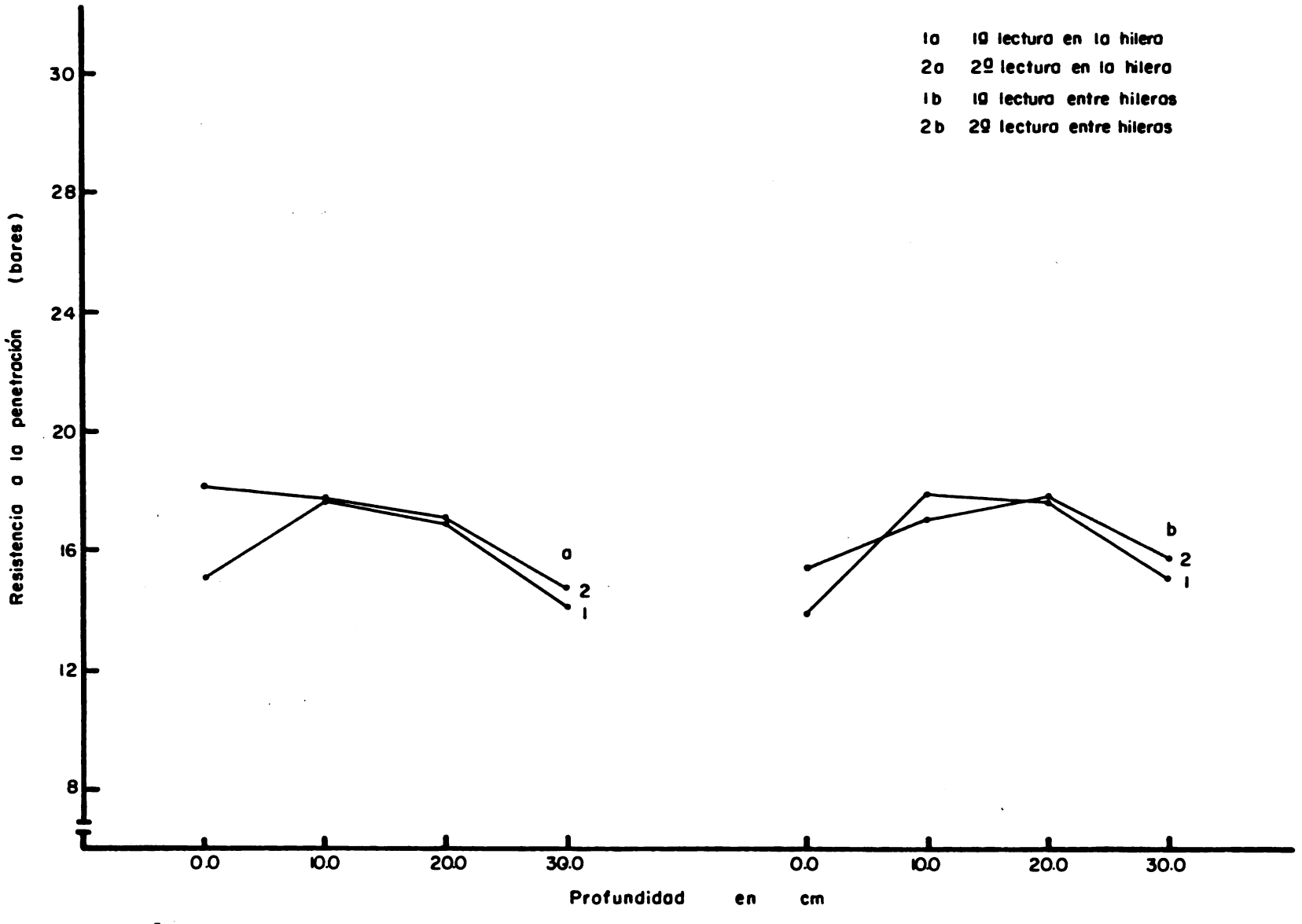
Cultivos : frijol, maíz y camote



% Hum.								
1a $\bar{X}$	41.0	43.0	42.0	40.0	1b 42.0	44.0	42.0	41.0
2a $\bar{X}$	40.0	42.0	41.0	41.0	2b 39.0	40.0	41.0	40.0

Fig. 54 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 39 y subparcela 2

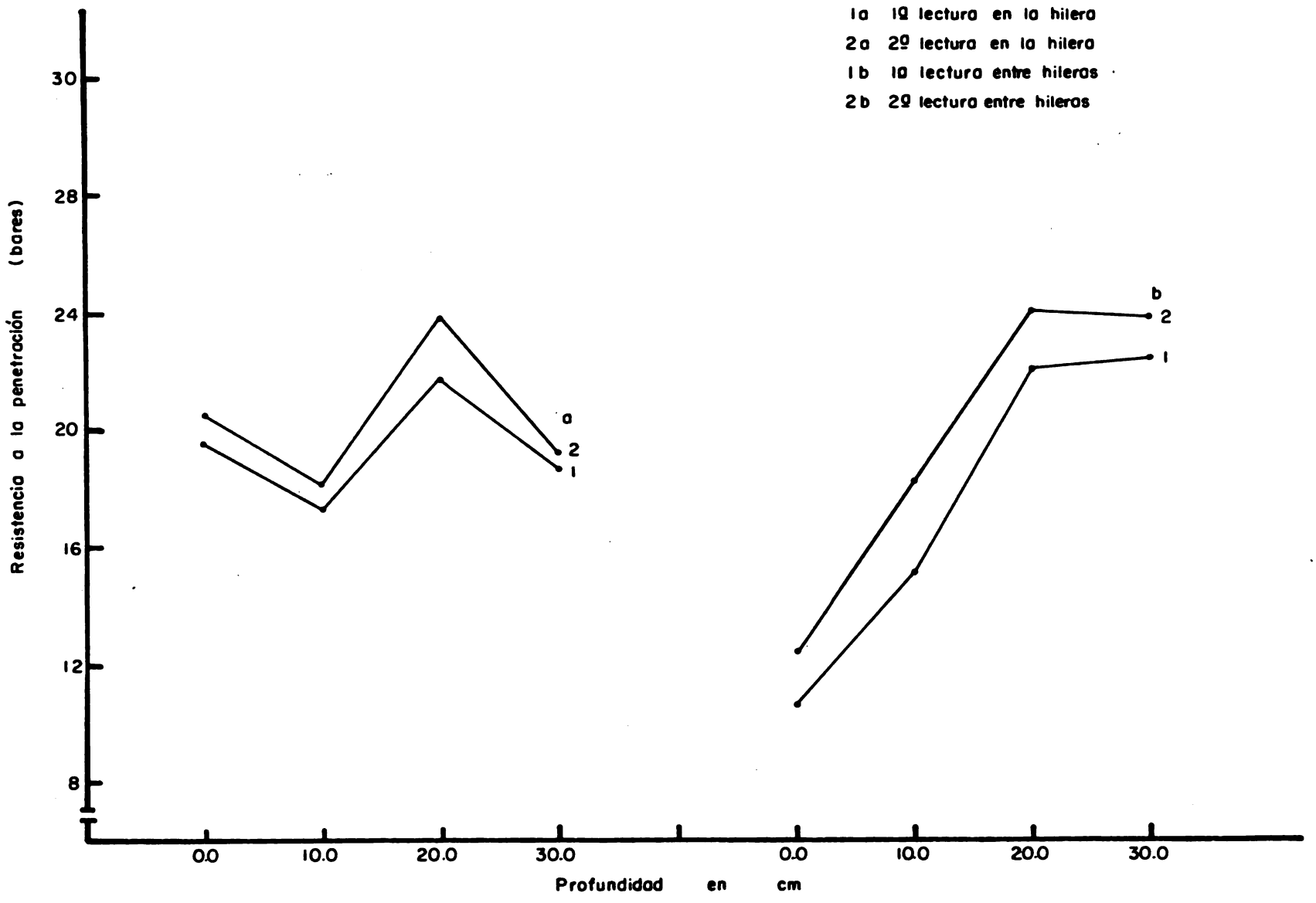
Cultivos: frijol, camote y maíz



% Hum.									
1a	$\bar{X}$	42.5	42.0	44.0	45.0		40.0	41.5	43.5	43.0
2a	$\bar{X}$	40.0	41.0	42.0	44.0	2b	39.0	40.0	41.0	41.0

Fig.55 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 39 y subparcela 3

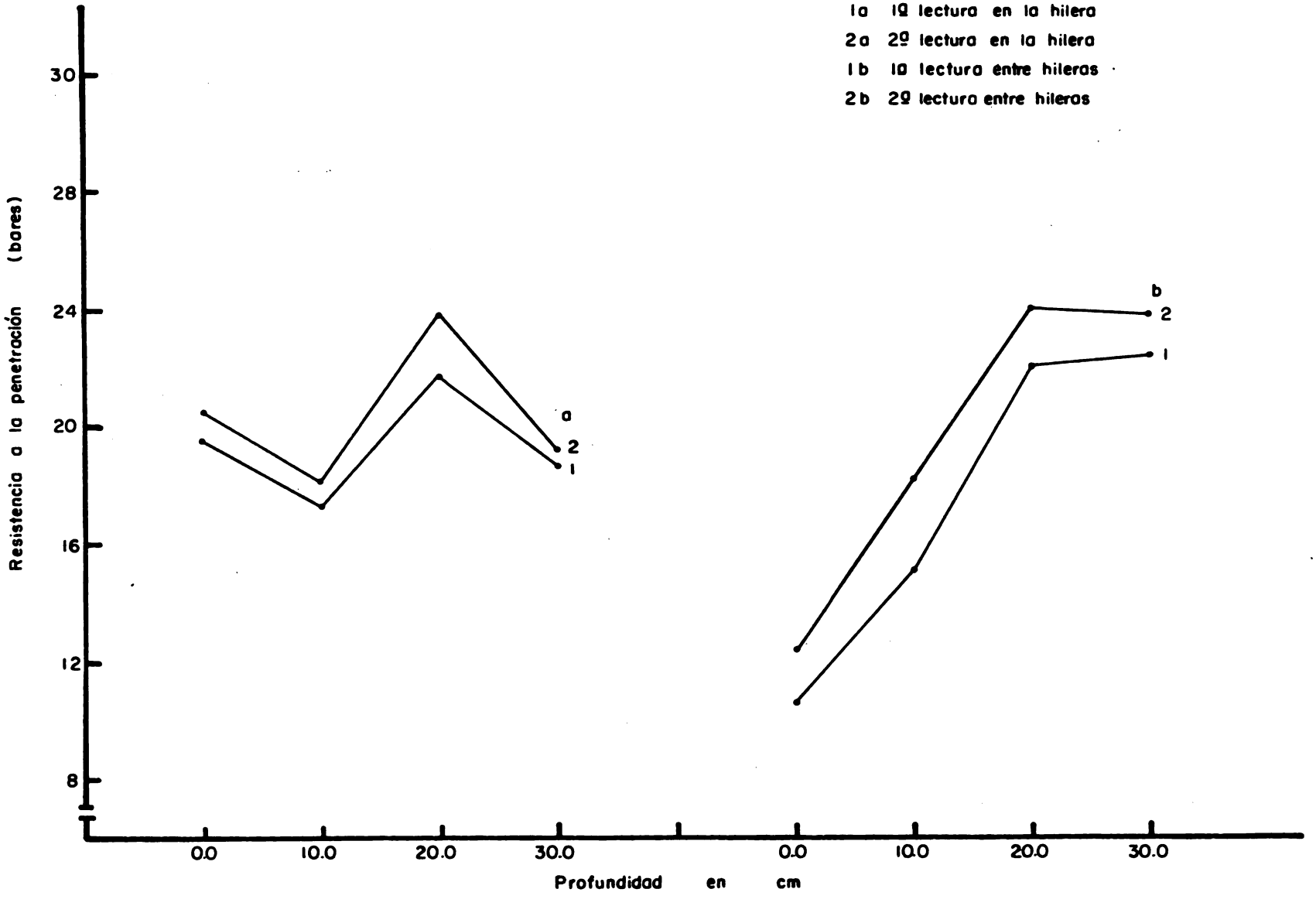
Cultivos : frijol, maíz y camote



% Hum.									
1a	X̄	42.0	47.0	45.0	47.0	1b	48.0	43.0	44.5	45.5
2a	X̄	40.0	43.0	42.0	43.0	2b	46.0	45.0	44.5	43.0

Fig. 56 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 39 y subparcela 4

Cultivos: frijol, camote y maíz



% Hum.									
1a	X̄	42.0	47.0	45.0	47.0	1b	48.0	43.0	44.5	45.5
2a	X̄	40.0	43.0	42.0	43.0	2b	46.0	45.0	44.5	43.0

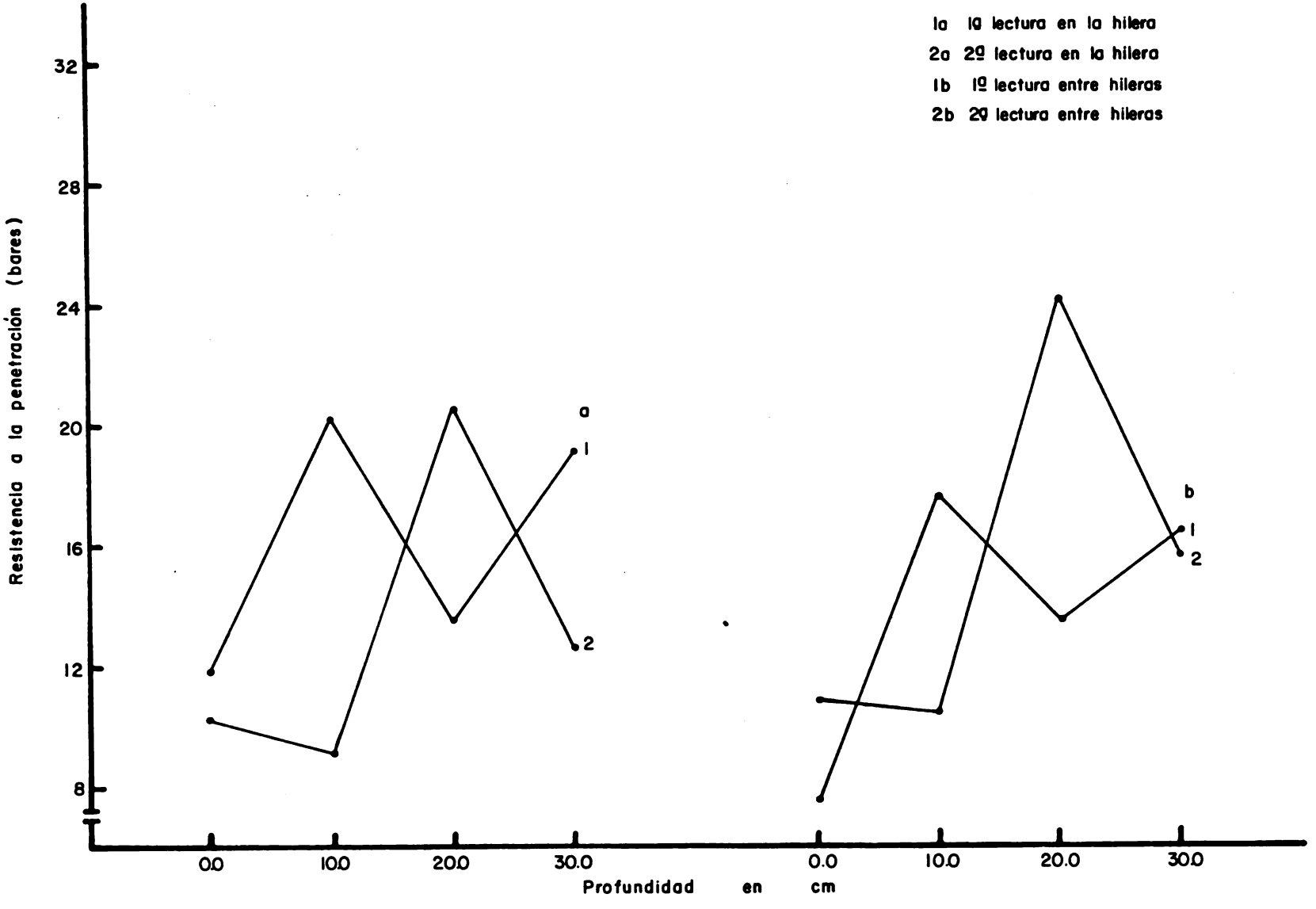
Fig. 56 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 39 y subparcela 4

Cultivos: frijol, camote y maíz

En el Cuadro 66 se observa que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición II. Cultivos: Frijol-maíz-arroz-camote.

Parcela N° 54: El análisis de varianza para resistencia a la penetración, Cuadro 85, indica que hay diferencias significativas entre repeticiones, profundidad y muestreo. En el análisis de varianza para la humedad, Cuadro 86, se encontraron diferencias significativas entre repeticiones y subparcelas. En el Cuadro 66 se observa que en la repetición II, subparcela 2, en el primer y segundo muestreo, los valores de resistencia a la penetración son mayores con menor contenido de humedad. Igualmente sucede en la repetición II, subparcela 3. En la repetición II, subparcela 4, los valores de resistencia a la penetración aumentan con la profundidad a un contenido de agua similar a su homóloga de la repetición I. En el segundo muestreo aumentaron los valores de resistencia a la penetración desde los primeros 20 cm en la repetición II, subparcela 2, a un contenido de agua menor a su homóloga de la repetición I. En las Figuras 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 y 64 se establece gráficamente el comportamiento del suelo ante la resistencia a la penetración y el contenido de humedad.

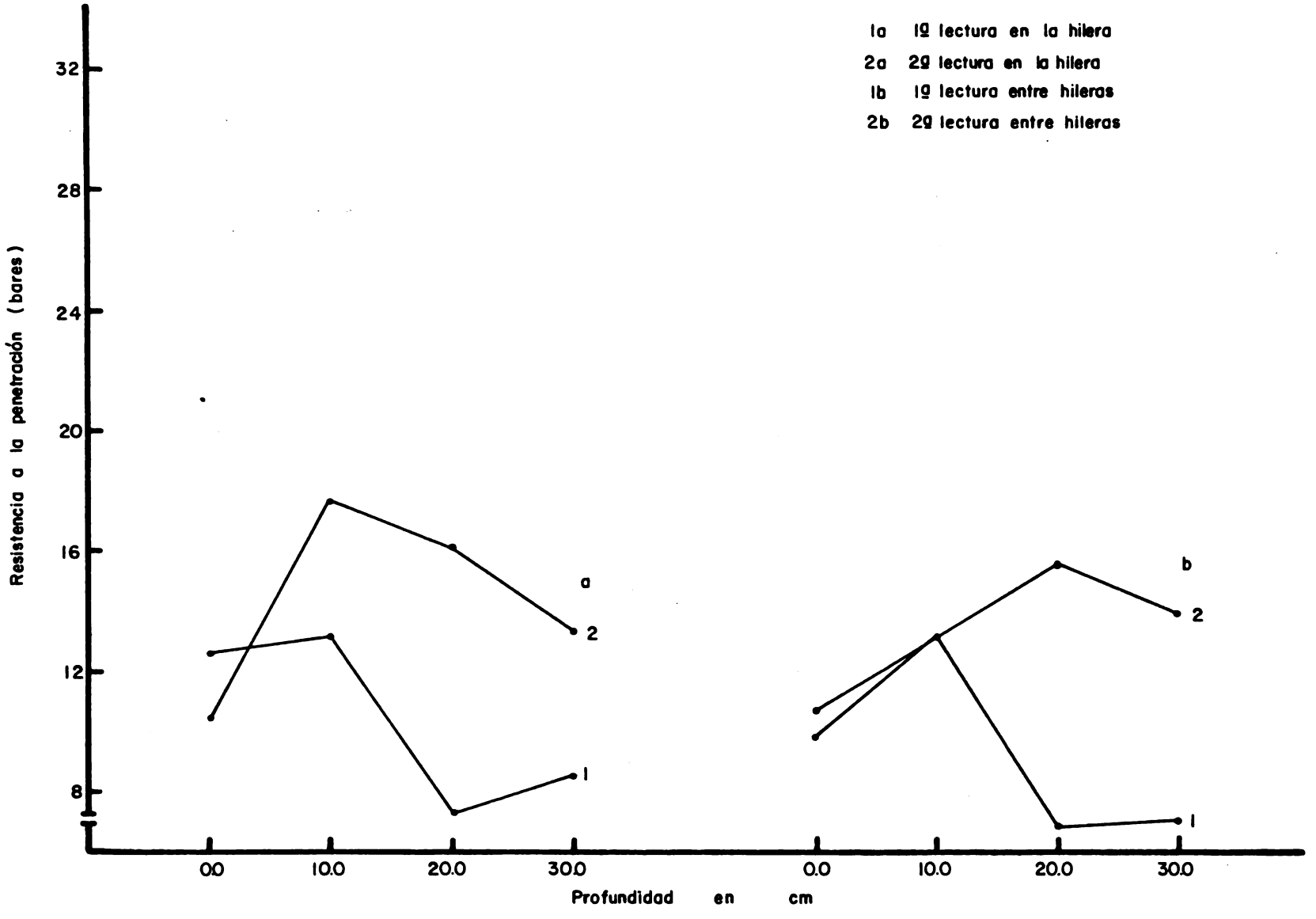
En el Cuadro 87, aparecen las diferencias mínimas significativas para la resistencia a la penetración entre las hileras. En él se observa que el mayor promedio apareció en la parcela 51 con 21,36 bares. Este valor fue significativamente diferente a las nueve parcelas restantes. Esta parcela estaba sembrada de varios cultivos: frijol-



% Hum.									
1a	$\bar{X}$	40.0	42.5	43.0	42.0	1b	39.5	45.5	45.0	44.0
2a	$\bar{X}$	44.0	48.0	40.5	42.0	2b	44.5	44.0	41.5	41.5

Fig. 57 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 54 y subparcela 1

Cultivos : yuca, frijol, camote, maíz y arroz



% Hum.									
1a X̄	35.5	44.0	52.0	47.0	1b	42.5	42.5	46.0	47.0
2a X̄	43.5	41.0	40.5	44.0	2b	43.5	42.5	40.5	42.0

Fig.58 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 54 y subparcela 2

Cultivos : yuca, frijol, camote, maíz y arroz

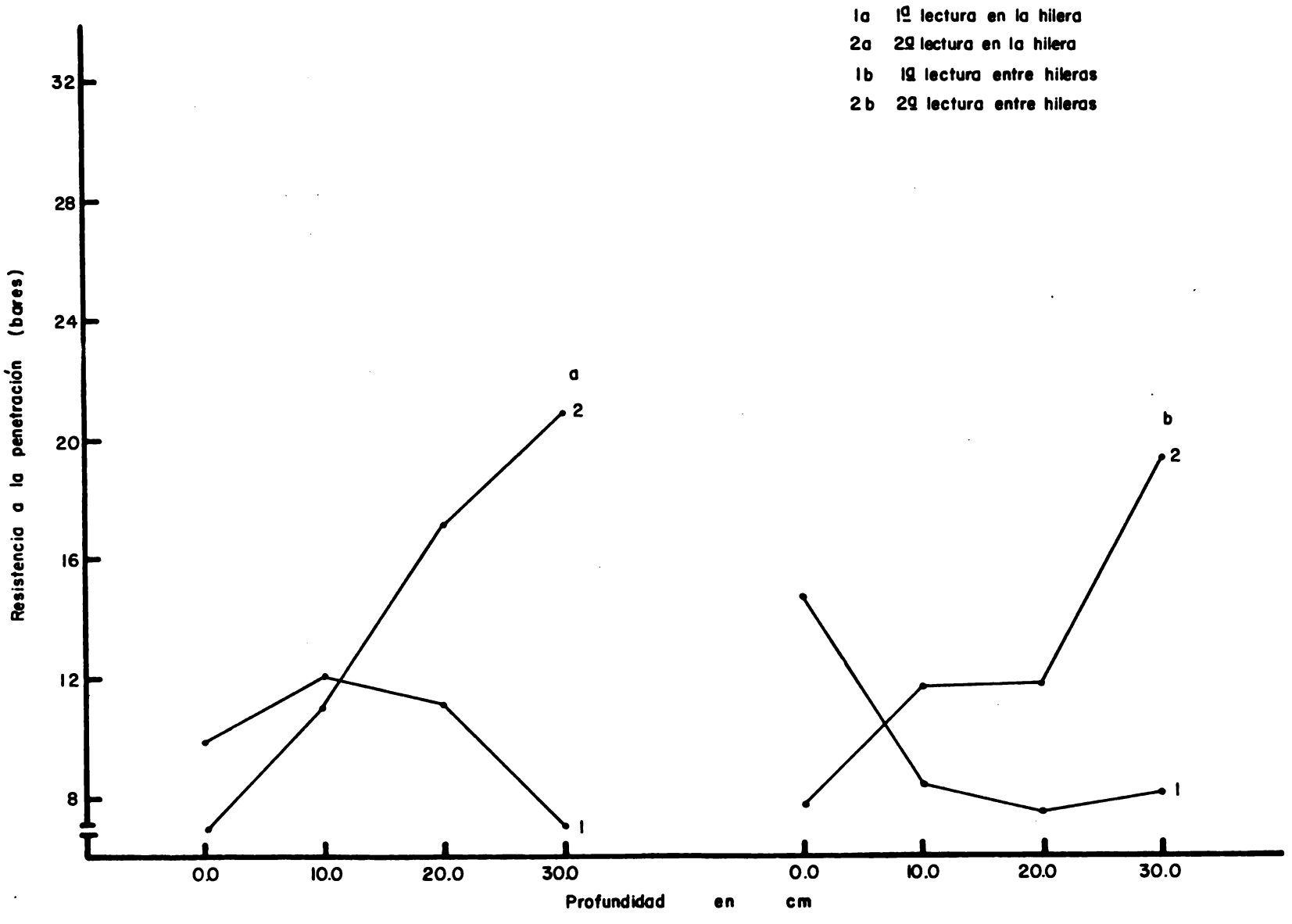
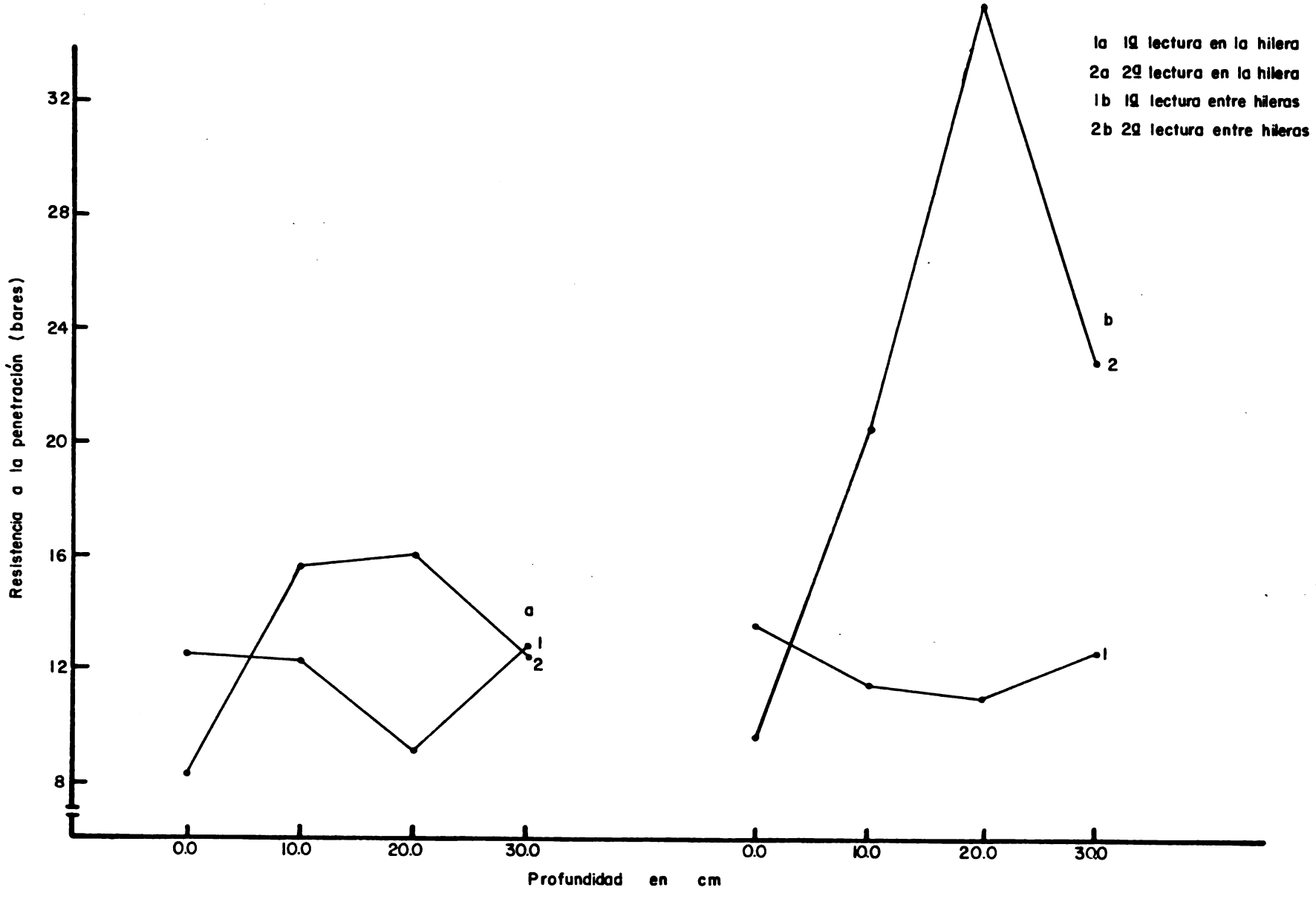


Fig.59 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 54 y subparcela 3

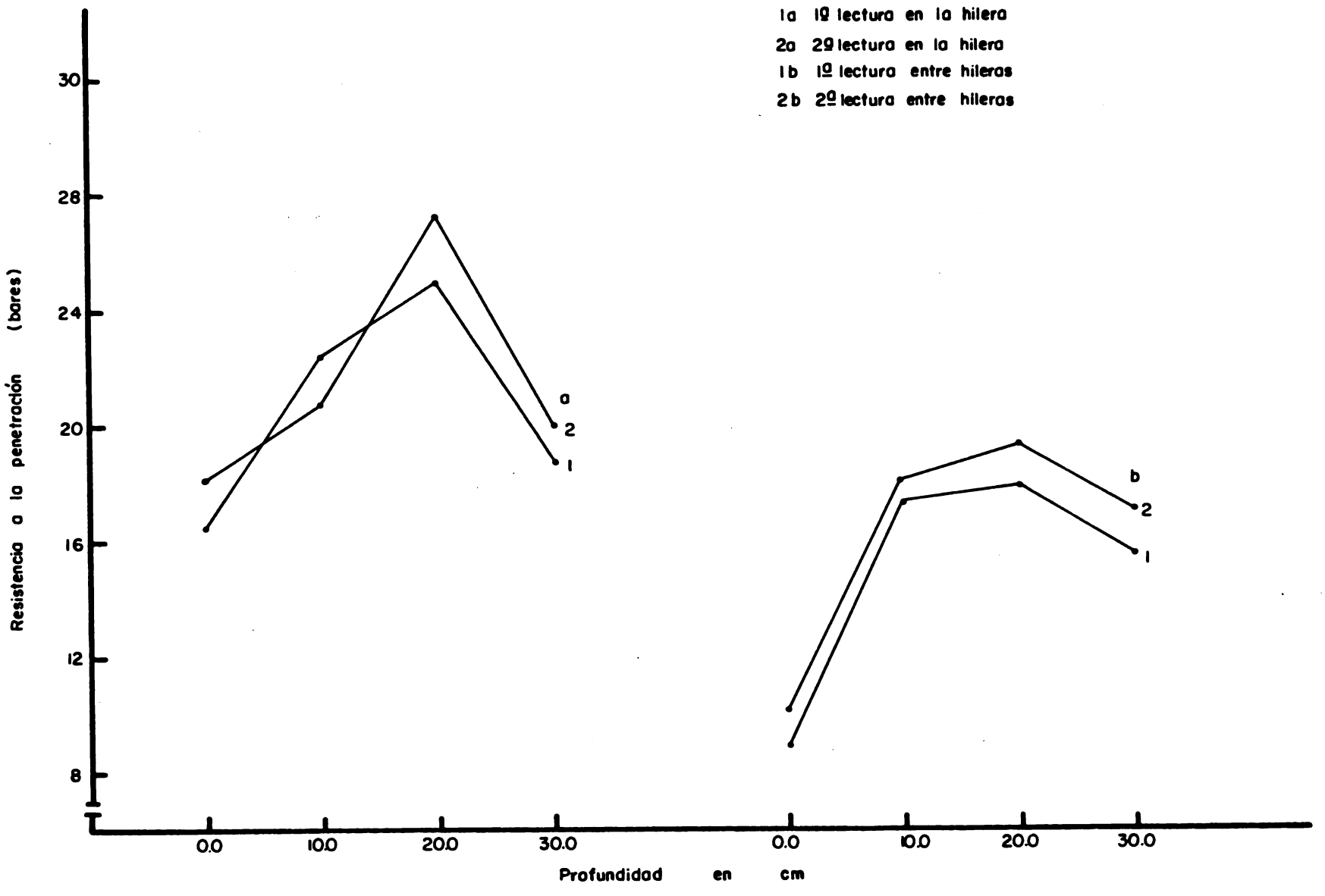
Cultivos: yuca, frijol, camote, maíz y arroz



% Hum.									
1a	$\bar{X}$	38.0	44.0	42.0	41.0	1b	39.0	39.0	39.0	40.5
2a	$\bar{X}$	42.5	40.0	41.0	42.5	2b	40.0	40.0	39.0	42.0

Fig.60 Valores de resistencia a la penetración en la repetición I, parcela 54 y subparcela 4

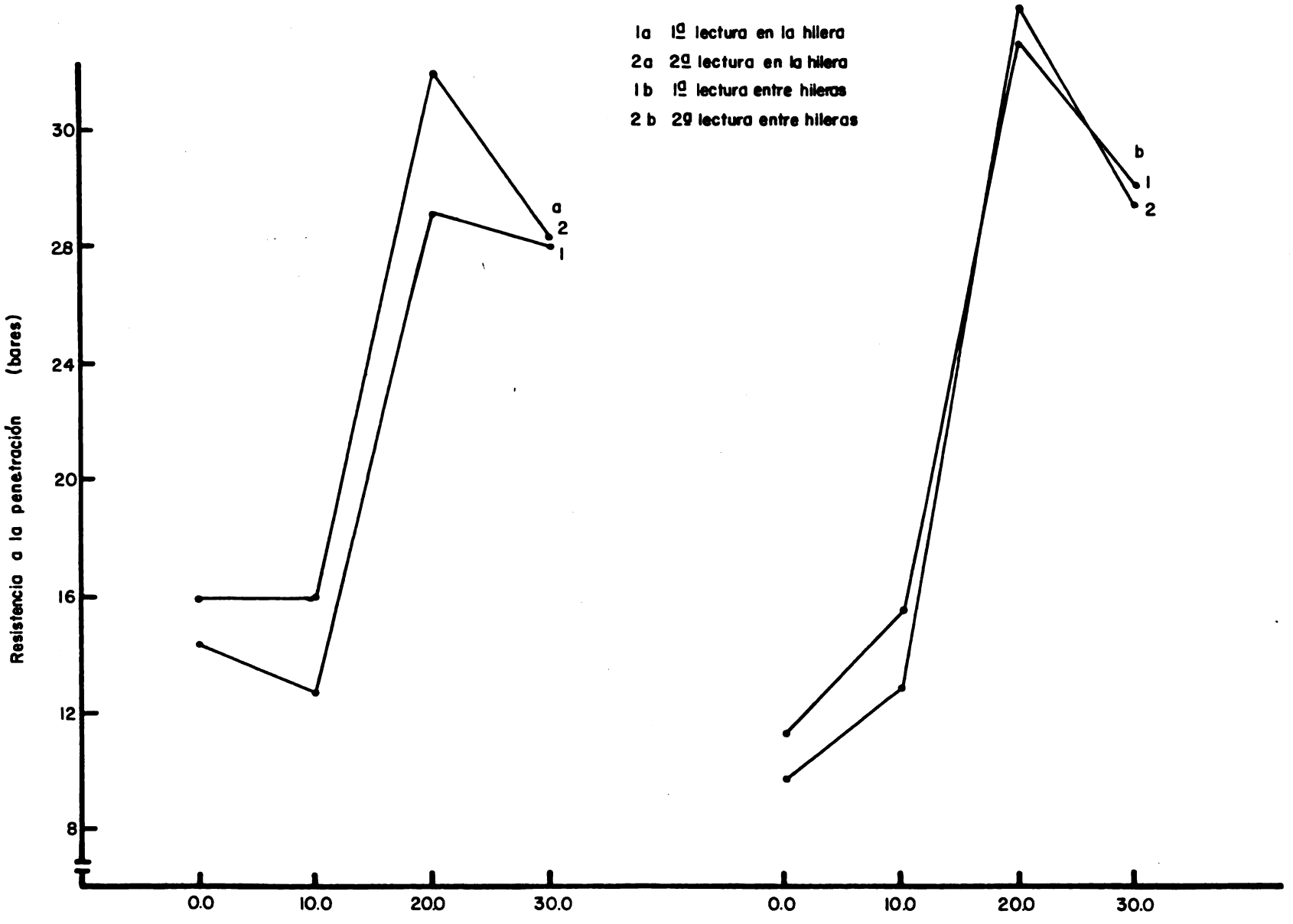
Cultivos : yuca, frijol, camote, maíz y arroz



% Hum.									
1a	X̄	41.0	39.5	37.5	38.5	1b	42.5	40.0	38.0	39.0
2a	X̄	40.0	40.0	39.0	40.0	2b	42.0	40.0	39.0	39.0

Fig.61 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 54 y subparcela 1

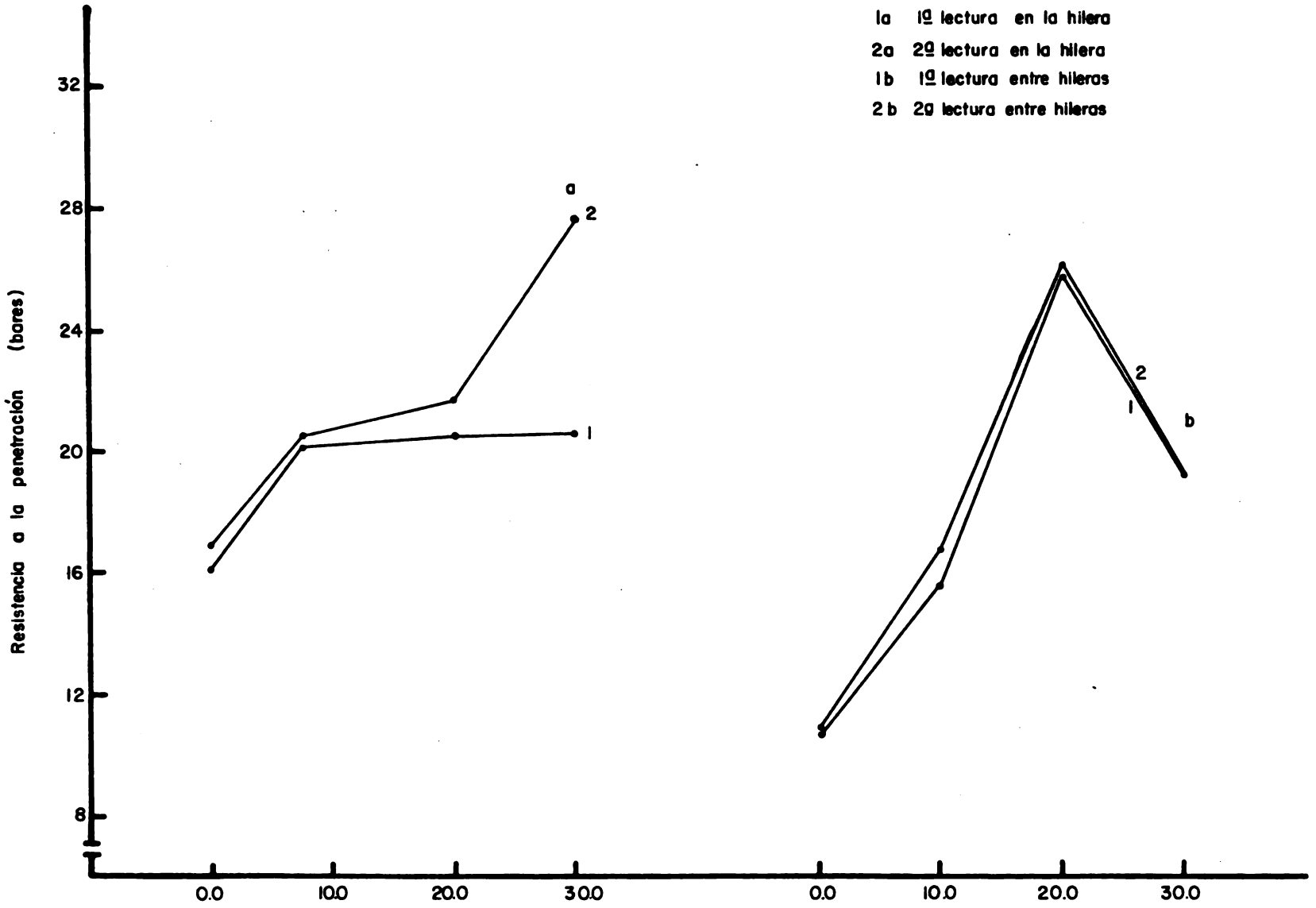
Cultivos : yuca, frijol, camote, arroz y maíz



% Hum.									
1a	X̄	38.0	38.0	38.5	40.5	1 b	40.0	40.5	39.0	39.5
2a	X̄	40.0	41.0	40.0	40.0	2 b	40.0	41. 0	42.0	41.0

Fig.62 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 54 y subparcela 2

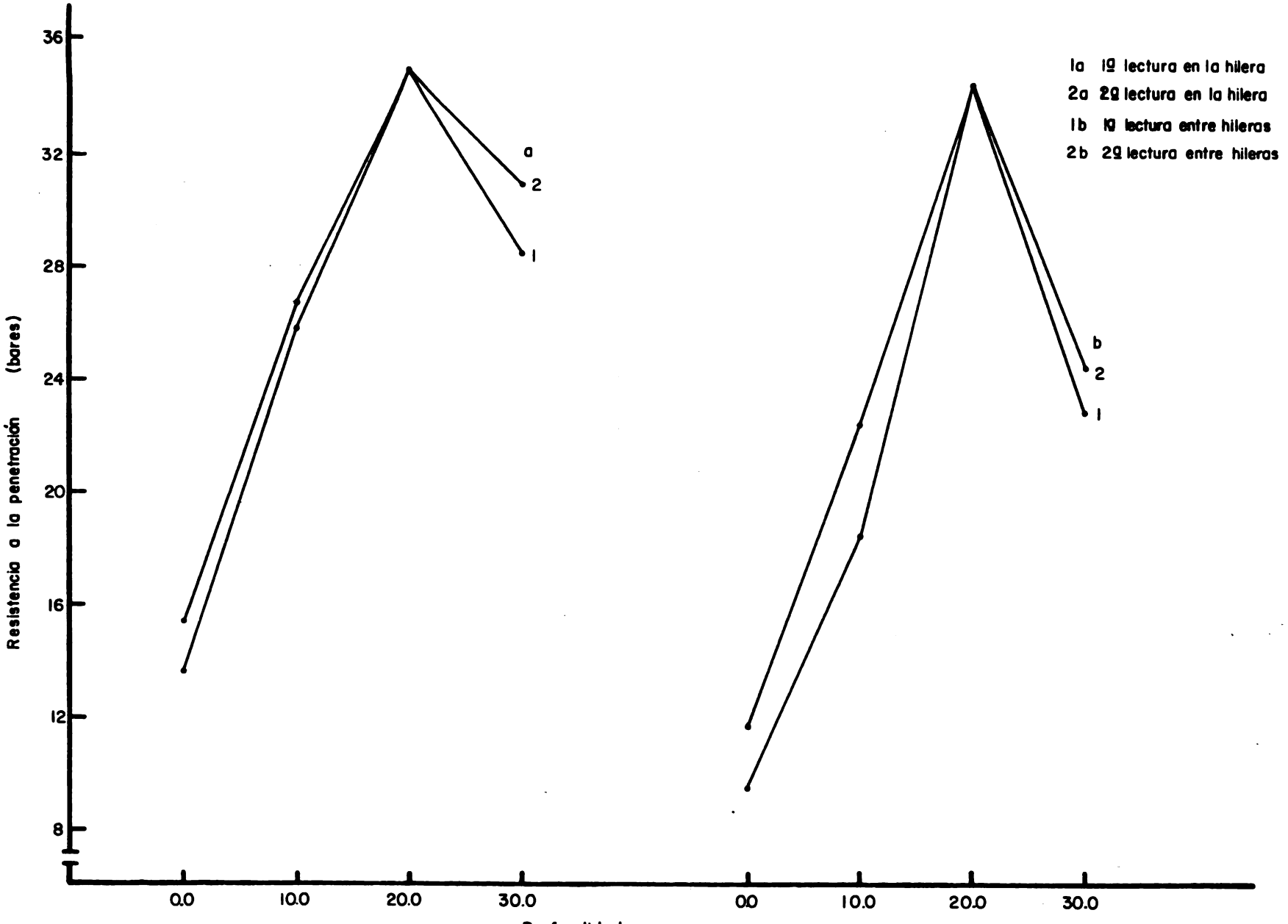
Cultivos: yuca, frijol, camote, arroz y maíz



% Hum.									
1a	X̄	46.6	43.5	44.0	45.0	1b	45.0	43.5	43.5	46.0
2a	X̄	45.0	43.0	42.0	43.0	2b	44.0	42.0	42.0	43.0

Fig.63 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 54 y subparcela 3

Cultivos: yuca, frijol, camote, maíz y arroz



% Hum.									
1a	X̄	38.5	38.5	36.0	41.0	1b	40.0	40.0	39.0	40.5
2a	X̄	40.0	39.0	38.0	39.0	2b	41.0	40.0	40.0	40.0

Fig.64 Valores de resistencia a la penetración en la repetición II, parcela 54 y subparcela 4

Cultivos: yuca, frijol, camote, maíz y arroz

maíz-arroz y camote. Los valores promedios de resistencia a la penetración en las demás parcelas decrecen desde 16,54 en la parcela N° 54 con cultivos de yuca, frijol, camote, maíz y arroz.

En el Cuadro 88, aparecen las diferencias mínimas significativas para la humedad entre hileras. Se observa que las parcelas 18, 19 y 20 tienen los valores más altos en el contenido de humedad y estas mismas parcelas tienen los valores promedios más bajos en la resistencia a la penetración. Las parcelas 51 y 52 muestran los valores más bajos en el contenido de humedad.

En el Cuadro 89 aparece el análisis de correlación entre las características observadas en el campo: resistencia a la penetración, porcentaje de humedad y resistencia al corte.

4.3.1.2 En la hilera

Variaciones ocurridas en la resistencia a la penetración (bares) con relación al contenido de humedad (%) en el suelo y el tipo de cultivo presente.

Los valores de todas las lecturas efectuadas al comienzo y al final del experimento aparecen en el Cuadro 66. Lecturas efectuadas en diez parcelas de las repeticiones I y II:

Parcela N° 1: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 90, se indica que entre las repeticiones y el muestreo hubo diferencias significativas. En el análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 91, sólo hubo diferencias significativas entre repeticiones. En el Cuadro 66, se observa que en la repetición II los valores de resistencia a la penetración son mayores. El segundo

muestreo también indica valores superiores de resistencia a la penetración. En las Figuras 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48 se muestra el comportamiento del suelo. Cultivos: vegetación natural.

Parcela N° 17: En el análisis de varianza, Cuadro 92, se observa que hubo diferencias significativas en la interacción subparcela por profundidad y en el muestreo. El Cuadro 93, análisis de varianza para el contenido de humedad, se encontraron diferencias significativas entre repeticiones, subparcelas, profundidad y muestreo.

En el Cuadro 66 se encuentra que en el segundo muestreo los valores de resistencia a la penetración son mayores y el contenido de humedad es menor. Cultivos: Frijol.

Parcela N° 18: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 94, se encontraron diferencias significativas entre repeticiones y muestreo. En el Cuadro 95 hubo diferencias significativas entre repeticiones, profundidad y muestreo. En el Cuadro 66 se anota que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición I con menor contenido de humedad. Asimismo, se anota que los valores de resistencia a la penetración son mayores en el segundo muestreo a un menor contenido de humedad. Cultivos: Arroz.

Parcela N° 19: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 96, se observa que hubo diferencias significativas entre muestreos. En el Cuadro 97, análisis de varianza para el contenido de humedad, se encontraron diferencias significativas entre repetición, subparcela y profundidad. En el Cuadro 66 se observa que a un contenido

aproximadamente igual de humedad el segundo muestreo fue mayor en valores de resistencia a la penetración en todas las profundidades.

Parcela N° 20: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 98, se observa que hubo diferencias significativas entre repeticiones. En el Cuadro 99, análisis de varianza para el contenido de humedad, se anota que existen diferencias significativas entre repeticiones, profundidad y muestreo.

En el Cuadro 66 se observa que en la repetición II los valores de resistencia a la penetración son mayores a un menor contenido de humedad. Cultivos: Camote.

Parcela N° 37: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 100, se encontraron diferencias significativas entre repeticiones y entre muestreos. El Cuadro 101 indica que hay diferencias significativas entre repeticiones y entre muestreos. En el Cuadro 66 se observa que los valores de resistencia a la penetración, son mayores en la repetición II a menor contenido de humedad. Cultivos: Frijol-maíz-arroz.

Parcela N° 39: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 102, se encontró diferencias significativas entre repeticiones. En el Cuadro 103, análisis de varianza para el contenido de humedad, se encontraron diferencias significativas entre repeticiones, profundidad, muestreo y muestreo por subparcelas.

En el Cuadro 66 se señala que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición II, siendo el contenido de

humedad algunas veces mayor. En las Figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56, se muestra el comportamiento del suelo. Cultivos: Frijol-maíz-camote.

Parcela N° 42: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, Cuadro 104, se observa que no hay diferencias significativas entre los variables. En el Cuadro 105, análisis de varianza para el contenido de humedad, se indica que sólo existe diferencias significativas entre muestreos.

En el Cuadro 66, se nota que aunque no hubo diferencias significativas en la resistencia a la penetración, en general el contenido de humedad fue mayor en el primer muestreo que en el segundo, de la repetición I. Cultivos: Yuca, frijol y maíz.

Parcela N° 51: El Cuadro 106, que indica el análisis de varianza para la resistencia a la penetración, indica que hubo diferencias significativas entre repeticiones, subparcela y la interacción muestreo por profundidad. En el análisis de varianza para el contenido de humedad, Cuadro 107, se observa que sólo hay diferencias significativas entre subparcelas.

En el Cuadro 66 se observa que los valores de resistencia a la penetración son mayores en la repetición II. Cultivos: Frijol-maíz-arroz-camote.

Parcela N° 54: En el Cuadro 108 aparece el análisis de varianza para la resistencia a la penetración; se observa que existen diferencias significativas entre repeticiones, profundidad, muestreo y la interacción muestreo por profundidad. El análisis de varianza para el

contenido de humedad, Cuadro 109, aparece diferencia significativa entre repeticiones. En el Cuadro 66, se observa que los valores más altos de resistencia a la penetración aparecen en la repetición II en ambos muestreos y, en general, el contenido de humedad es menor. Las Figuras 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 y 64, muestran el comportamiento del suelo. Cultivos: Yuca-frijol-camote-maíz-arroz.

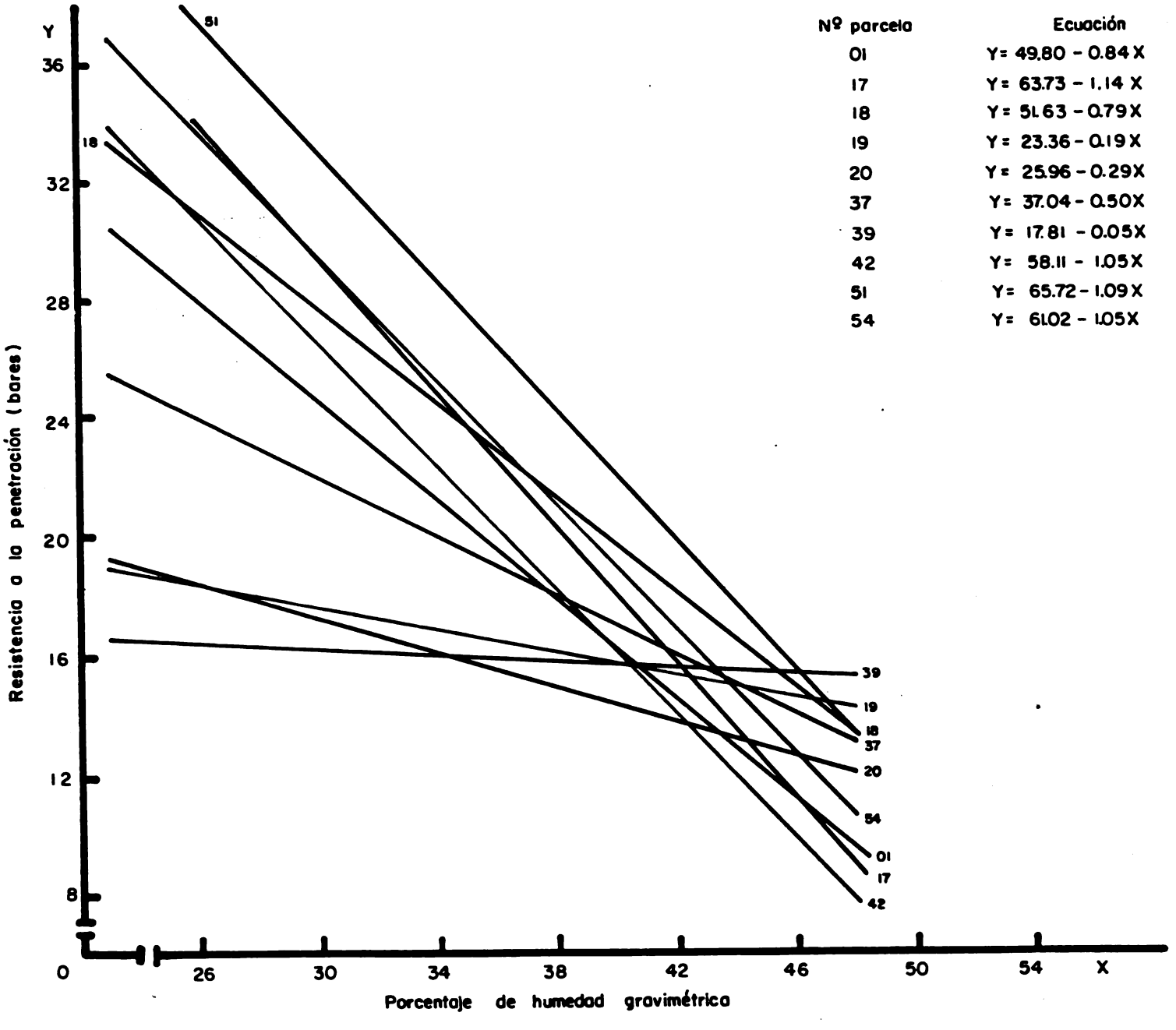
En el Cuadro 110 aparecen las diferencias mínimas significativas para la resistencia a la penetración en las hileras. Se observa que el valor promedio más alto aparece en la parcela N° 51 (22,72 bares) y este valor es diferente significativamente a los valores de las demás parcelas. A partir del valor promedio de 18,13 bares que aparece en la parcela N° 37, decrecen los demás en las parcelas estudiadas. El promedio más bajo se encontró en la parcela N° 20 con 12,17 bares de resistencia a la penetración.

En el Cuadro 111 se indican las diferencias mínimas significativas para el contenido de humedad. Se observa que el promedio significativamente más alto se presenta en la parcela N° 20 que tiene un promedio más bajo de resistencia a la penetración (Cuadro 110). Los valores y promedios más vajos se encontraron en las parcelas N° 1, 37, 42 y 51; entre éstos las parcelas 37 y 51, respectivamente, tienen los promedios de resistencia a la penetración más altos (Cuadro 110).

En el Cuadro 112 aparece el análisis de correlación entre las características observadas en el campo: resistencia a la penetración, porcentaje de humedad y resistencia al corte.

En la Fig. 65 se estima la resistencia a la penetración en función de la humedad gravimétrica, mediante un modelo lineal. En el Cuadro 113 se anotan los promedios de resistencia a la penetración y el porcentaje de humedad gravimétrica con sus respectivas diferencias, al inicio y al final del experimento, en las hileras de las 10 parcelas estudiadas en las repeticiones I y II. También aparecen el coeficiente de regresión y los coeficientes de determinación, obtenidos en el análisis de regresión, cuando se relacionan la resistencia a la penetración y el porcentaje de humedad gravimétrica.

El Cuadro 114 contiene los promedios de resistencia a la penetración y del porcentaje de humedad gravimétrica con sus respectivas diferencias, al iniciarse y finalizar el experimento, entre las hileras de 10 parcelas de las repeticiones I y II. También aparecen el coeficiente de regresión y los coeficientes obtenidos en el análisis de determinación, cuando se relacionan la resistencia a la penetración y el porcentaje de humedad gravimétrica.



Nº parcela	Ecuación	R^2
01	Y= 49.80 - 0.84 X	30.33
17	Y= 63.73 - 1.14 X	37.32
18	Y= 51.63 - 0.79 X	44.79
19	Y= 23.36 - 0.19 X	2.31
20	Y= 25.96 - 0.29 X	9.23
37	Y= 37.04 - 0.50 X	22.41
39	Y= 17.81 - 0.05 X	0.09
42	Y= 58.11 - 1.05 X	21.53
51	Y= 65.72 - 1.09 X	23.31
54	Y= 61.02 - 1.05 X	17.18

Fig. 65 Estimación de la resistencia a la penetración en función de la humedad gravimétrica en 10 parcelas del campo de sistemas de agricultura

4.3.2 Discusión del trabajo de campo

En este estudio se encontró que en todas las parcelas la resistencia a la penetración se incrementó con el tiempo del uso de la tierra. Los incrementos producidos en cada parcela son debidos al tratamiento e influenciados en algunos casos por el menor contenido de humedad en el segundo muestreo. En el análisis de correlación que se hizo para establecer la variación conjunta entre la resistencia a la penetración entre hileras (Cuadro 89) y en la hilera (Cuadro 112), se observa que en un 40 a 50 por ciento de variación en la humedad, varía inversamente la resistencia a la penetración, lo que indica que los valores de resistencia a la penetración varían además por otros factores. La variación producida en las lecturas de resistencia a la penetración debida a la variación en el contenido de humedad fue separada mediante un análisis de regresión. El coeficiente de regresión y el coeficiente de determinación en las hileras y entre las hileras aparecen en los Cuadros 113 y 114, respectivamente.

El incremento producido en los valores de resistencia a la penetración, debido al tratamiento, puede ser atribuído a varias causas. Larson y Allmares (68) anotan que la interacción del clima, biología y los factores del manejo con las propiedades inherentes del suelo, determinan la respuesta del suelo a la compactación. Estos factores determinan cambios en un suelo previamente compactado tanto como las respuestas de las plantas a este suelo. Los eventos naturales como secamiento y humedecimiento, crean tensiones causadas por expansión y contracción desiguales. La fauna del suelo y las raíces exigen

fuerzas que pueden compactar el suelo cerca a su trayectoria. La caída de la lluvia causa compactación cuando la fuerza de caída es absorvida por el suelo desnudo, una cobertura de vegetación y residuos semidescompuestos neutraliza efectivamente la fuerza de caída (77). Duley (30) muestra fotográficamente los efectos combinados del impacto de la caída de lluvia y el sellamiento del suelo en la formación de capas muy duras en la superficie del suelo. Lutz (79) encontró que las caminatas intensas y continuadas por humanos, modificaban las condiciones físicas del suelo como resultado de la compactación producida en el suelo.

4.3.2.1 Incrementos de la resistencia a la penetración entre las hileras de cada parcela estudiada

Parcela N° 1: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración (Cuadro 67), se encontró que hubo diferencias significativas entre los muestreos, pero no se encontró diferencia significativa para el contenido de humedad (Cuadro 68). El incremento promedio en la resistencia a la penetración de 3,66 bares (Cuadro 113), se atribuye enteramente al tratamiento.

Parcela N° 17: En los análisis de varianza para muestreos (Cuadro 69) y contenido de humedad (Cuadro 70), se encontraron diferencias significativas. El coeficiente de determinación bajo (R^2 = 37,72%), para establecer la influencia de humedad en el incremento promedio de 8,39 bares, permitió atribuir al tratamiento tal incremento.

Parcela N° 18: Se encontraron diferencias significativas entre muestreos (Cuadro 71) y entre contenidos de humedad (Cuadro 72). El incremento promedio de resistencia a la penetración fue de 8,48 (Cuadro 113). En este caso se atribuye al tratamiento 4,26 bares y a la influencia de menor contenido de humedad en el segundo muestreo de 4,22 bares. El coeficiente de determinación fue de 44,79 por ciento.

Parcela N° 19: En los análisis de regresión para la resistencia a la penetración (Cuadro 73) y para el contenido de humedad (Cuadro 74), se encontraron diferencias significativas. El coeficiente de determinación bajo (R^2 = 2,31%)permitió que el incremento promedio de 3,40 bares (Cuadro 113) se atribuyera al tratamiento.

Parcela N° 20: Se encontraron diferencias significativas entre muestreos (Cuadro 75) y entre contenidos de humedad (Cuadro 76). El coeficiente de determinación bajo (R^2 = 9,23%) hizo atribuir el incremento promedio en la resistencia a la penetración de 2,07 al tratamiento (Cuadro 113).

Parcela N° 37: En esta parcela se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 77) pero no hubo diferencia significativa en el contenido de humedad (Cuadro 78). En esta forma el incremento promedio de 3,82 bares que apareció, se atribuye al tratamiento.

Parcela N° 39: Se encontraron diferencias significativas entre muestreos para la resistencia a la penetración (Cuadro 79) e igualmente para el contenido de humedad (Cuadro 80). El bajo coeficiente de determinación

(R^2 = 0,09%) permitió atribuir al tratamiento el incremento promedio de 2,20 bares de resistencia a la penetración (Cuadro 113).

Parcela N° 42: Se encontraron diferencias para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 81) y entre los contenidos de humedad (Cuadro 82). El incremento promedio de 3,68 bares de resistencia a la penetración (Cuadro 113) se atribuye al tratamiento, ya que el coeficiente de determinación fue bajo (R^2 = 21,53%), Cuadro 114.

Parcela N° 51: No se encontraron diferencias en los análisis de varianza para la resistencia a la penetración (Cuadro 83) ni para el contenido de humedad (Cuadro 84).

Parcela N° 54: Se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre muestreos (Cuadro 85), pero no se encontró diferencia significativa para el contenido de humedad (Cuadro 86). El incremento promedio de 2,5 bares (Cuadro 113) se atribuye al tratamiento.

4.3.2.2 Incrementos de la resistencia a la penetración en las hileras de cada parcela estudiada

Parcela N° 1: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración (Cuadro 90) se encontró diferencia significativa entre los muestreos, pero no hubo diferencias significativas para el contenido de humedad (Cuadro 91). El incremento promedio en 4,89 bares (Cuadro 114), se atribuye al tratamiento.

Parcela N° 17: En el análisis de varianza para la resistencia a la

penetración entre los muestreos (Cuadro 92) y para el contenido de humedad (Cuadro 93) se encontraron diferencias significativas. El incremento promedio de 8,90 bares de resistencia a la penetracíín, se atribuye al tratamiento, ya que el coeficiente de determinación fue bajo (R^2 = 37,72%), Cuadro 114.

Parcela N° 18: El análisis de varianza entre los muestreos para la resistencia a la penetración (Cuadro 94) y para el contenido de humedad (Cuadro 95) mostró diferencias significativas. El coeficiente de determinación (R^2 = 44,79%), permitió atribuir al tratamiento el incremento promedio de 3,44 bares y 3,51 bares a la influencia del contenido de humedad (Cuadro 114).

Parcela N° 19: El análisis de varianza para la resistencia a la penetración (Cuadro 96), mostró diferencia significativa entre los muestreos. No hubo diferencia significativa para el contenido de humedad (Cuadro 97). El incremento promedio de 3,13 bares (Cuadro 114) se atribuye al tratamiento.

Parcela N° 20: No se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 98).

Parcela N° 37: En el análisis de varianza para la resistencia a la penetración (Cuadro 100) y para el contenido de humedad (Cuadro 101), se encontraron diferencias significativas. El bajo coeficiente de correlación (R^2 = 22,41%), permite atribuir al tratamiento el incremento promedio de 4,23 bares de resistencia a la penetración.

Parcela N° 39: No se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 102).

Parcela N° 42: No se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 104).

Parcela N° 51: No se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 106).

Parcela N° 54: Se encontró diferencia significativa para la resistencia a la penetración entre los muestreos (Cuadro 108). Pero no hubo diferencias significativas entre los contenidos de humedad (Cuadro 109). Por lo tanto, se atribuye al tratamiento el incremento promedio de 1,58 bares que se encontró en la parcela (Cuadro 114).

5. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones del trabajo de invernadero

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento las siguientes conclusiones pueden ser establecidas:

1. El rendimiento y crecimiento del frijol 27-R (Phaseolus vulgaris, L.) responden al estado de compactación del suelo, medida con un penetrómetro estático.

2. El mejor rendimiento y el mayor crecimiento de las plantas se encontraron cuando las capas superiores aparecen con una resistencia a la penetración de 3,6 bares, las inferiores libres de compactación y la succión del agua en el suelo varió entre 10 y 80 centibares.

3. El menor rendimiento y la menor altura de las plantas se presentaron cuando todo el perfil tenía una resistencia a la penetración de 21,0 bares y la succión del agua en el suelo oscilaba entre 10 y 80 centibares.

4. Una resistencia a la penetración entre 18,0 y 20,0 bares de resistencia a la penetración en todo el perfil, cuando la humedad del suelo fluctúa entre 10 y 80 centibares, redujo el rendimiento de las plantas de frijol en un 50 por ciento.

5. Una resistencia a la penetración entre 20,0 y 22,0 bares en las capas inferiores, cuando la humedad del suelo varió de 10 a 80 centibares, redujo el rendimiento del frijol en un 50 por ciento.

6. El mayor peso seco de las raíces se encontró en las columnas verticales 5 y 6, sitios en que las plantas fueron sembradas. Igualmente en la primera capa (0 - 6,25 cm) aparece el mayor peso seco.

7. Una alta relación positiva se encontró entre la resistencia a la penetración con la densidad aparente y alta relación negativa con la porosidad total.

5.2 Conclusiones del trabajo de laboratorio

1. El contenido de humedad a capacidad de campo del suelo serie "La Margot" fue menor al del límite inferior de plasticidad.

2. En condiciones sin alterar y a varias humedades, cuando el suelo se sometió a presiones de 0,5 y 1,0 bar, no hubo incrementos en la resistencia a la penetración.

3. En condiciones alteradas y a varias humedades, se incrementó la resistencia a la penetración cuando el suelo se sometió a presiones de 0,5 y 1,0 bar. Fue mayor el incremento cuando las presiones fueron aplicadas en el límite inferior de plasticidad. Igualmente la resistencia a la penetración fue mayor cuando la presión aplicada fue de 1,0 bar.

5.3 Conclusiones del trabajo de campo

1. La resistencia a la penetración se incrementó en el suelo después de un año en explotación de diversos cultivos.

2. El cambio del contenido de humedad en el suelo influye en parte en los valores de cambio de resistencia a la penetración.

3. Las medidas de resistencia a la penetración deben hacerse cuando la humedad del suelo está aproximadamente a capacidad de campo.

4. En general, a mayor cobertura del suelo menor fue el aumento de la resistencia a la penetración.

6. RESUMEN

6.1 Resumen del trabajo de invernadero

El estudio fue planeado para observar la respuesta del frijol 27-R (Phaseolus vulgaris, L.) a la resistencia a la penetración en el suelo, medida con un penetrómetro estático. Se realizó en condiciones de invernadero y el suelo utilizado corresponde a la serie "La Margot", fase normal.

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con 16 tratamientos y 4 repeticiones, utilizándose 8 plantas por tratamiento.

Se probaron 5 niveles de resistencia a la penetración (bares), en las capas superiores, 5 niveles en las capas inferiores, y 5 niveles en todo el perfil considerado.

Los niveles de resistencia a la penetración en bares fueron: 2,0 - 3,6 - 6,5 - 11,7 y 21,0 bares. Los resultados obtenidos, en las condiciones en que se realizó este trabajo, demostraron que el rendimiento y crecimiento de las plantas de frijol responden al estado de compactación del suelo. El mayor rendimiento y la mayor altura de las plantas se consiguieron cuando las dos primeras capas (0 - 12,5 cms) del suelo tenían una resistencia a la penetración de 3,6 bares, las inferiores (12,5 - 25 cms) estaban libres de compactación y el contenido de humedad oscilaba entre 10 y 80 centibares.

Cuando todo el perfil fue compactado a 21,0 bares de resistencia a la penetración, las plantas produjeron el menor rendimiento y mostraban la menor altura.

Se encontró una alta relación positiva entre la resistencia a la

penetración y la densidad aparente. Igualmente una alta relación negativa entre la resistencia a la penetración y el porcentaje de porosidad total.

6.2 Resumen del trabajo de laboratorio

Este experimento se planeó para observar el comportamiento del suelo serie "La Margot", fase normal, cuando fue sometido a presiones de 0,5 y 1,0 bar. Cinco niveles de humedad fueron probados con cinco repeticiones en condiciones alteradas y sin alterar.

Se encontró que en condiciones no alteradas del suelo, no hubo incrementos en la resistencia a la penetración del suelo en ninguno de los niveles de humedad con las presiones aplicadas. En condiciones alteradas del suelo, se incrementó la resistencia a la penetración con las presiones aplicadas. El incremento fue mayor cuando las presiones fueron aplicadas en el límite inferior de plasticidadyy el incremento fue mayor a presión de 1,0 bar.

6.3 Resumen del trabajo de campo

En suelo de la serie "Instituto", fase normal, donde se realizó una investigación en Sistemas de Agricultura, se escogieron 10 parcelas tanto en la repetición I como en la repetición II, para establecer las diferencias en la resistencia de penetración del suelo durante un año de uso. En cada una de las parcelas se hicieron lecturas de resistencia a la penetración, resistencia al corte y porcentaje de humedad, a diferentes profundidades: 0,0 m - 0,10 m - 0,20 m y 0,30 m, al

inicio y al final del experimento. Las parcelas estaban ocupadas por diferentes cultivos. El resultado del estudio indicó que la resistencia a la penetración se incrementó después de un año de uso del suelo. Esta diferencia fue diferente según el cambio de humedad del suelo, el tipo de cultivo presente, el manejo y otras variables.

7. SUMMARY

7.1 Greenhouse labor

The study was planned to observe the reaction of the bean 27-R (Phaseolus vulgaris, L.) to soil penetration resistance, measured by a static penetrometer. This was done under greenhouse condition and the soil used corresponds to the normal phase of "La Margot" series.

An experimental design of random blocks was used with 16 treatments and 4 repetitions, using 8 plants per treatment. Penetration resistance (bars) was tested at 5 levels in the upper and lower layers as well as at 5 levels throughout the profile. The penetration resistance levels were: 2.0 - 3.6 - 6.5 - 11.7 and 21.0 bars.

Obtained results showed that bean yield and plant growth respond to soil compaction. The highest plant yield and height ocurred when the two top layers (0 - 12.5 cm) of soil had a penetration resistance of 3.6 bars. The lower layers (12.5 - 25 cm) were compact free and the moisture content varied between 10 and 80 centibars. Compacting the whole profile to 21.0 bars, produced low yield and short plants. A high positive relation was found between the penetration resistance and the bulk density. A high negative relation was found between the penetration resistance and the total percentage of soil porosity.

7.2 Laboratory work

This experiment was planned to observe soil behavior of "La Margot" series (normal phase) when submitted to 0.5 and 1.0 bars of pressure. Five moisture levels were tested with five repititions in

disturbed and undisturbed soil conditions. No increment to penetration resistance was found in undisturbed soils at any moisture level with the given applied pressures. However, penetration resistance increased under disturbed soil conditions. This increase occurred when the pressures were applied under the lower limit of plasticity, and the increment was higher at 1.0 bar pressure.

7.3 Field work

Ten plots of the "Instituto" series (normal phase) were chosen in repititions of the Agricultural Research Systems, I and II, in order to establish the soil penetration resistance differences during a year of use. In each plot a reading of the penetration resistance, resistance to the cutting and moisture percentage was made at depths of 0.0 m - 0.10 m - 0.20 m and 0.30 m at the beginning and end of the experiments.

The soil in the plots was occupied by different crops. The result of the study indicated that the penetration resistance was increased after one year of soil use. This difference varied according to soil moisture change, actual types of crop, management practices and other variables.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1971. 139 p.

2. ALDERFER, R. B. y ROBINSON, R. R. Runoff from pastures in relation to grazing intensity and soil compaction. Journal of the American Society of Agronomy 39:948-958. 1947.

3. ALLYN, R. B. y WORK, R. A. The availameter and its use in soil moisture control. I. The instrument and its use. Soil Science 51:307-318. 1941.

4. ARMENTA, J. La turgencia relativa y la conductividad eléctrica como criterio para evaluar la resistencia a la sequía en el cultivo del frijol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1973. 61 p.

5. BARLEY, K. P. Effect of root growth and decay on the permeability of synthetic loam. Soil Science 78:205-210. 1954.

6. BARLEY, K. L. y GREACEN, E. L. Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of roots and underground shoots. Advances in Agronomy 19:1-43. 1967.

7. BARTON, H., McCULLY, W. G., TAYLOR, H. M. y BOX, J. E. Influence of soil compaction on emergence and first-year growth of seeded grasses. Journal of Range Management 19:118-121. 1966.

8. BAVER, L. D. Soil physics. 3rd. ed. New York, Wiley, 1968. 487 p.

9. _____. y FARNSWORTH, R. B. Soil structure effects in the growth of sugar beets. Soil Science Society of America Proceedings 5:45-48. 1941.

10. BERTRAND, A. R. y KOHNKE, H. Subsoil conditions and their effects on oxygen supply and the growth of corn roots. Soil Science Society of America Proceedings 21:135-140. 1957.

11. BOLTON, E. F. y AYLESWORTH, J. W. Effects of tillage traffic on certain physical properties and crop yield on a Brookaton clay soil. Canadian Journal of Soil Science 39:98-102. 1959.

12. BOWER, C. A. et al. Exchangeable cation analysis of saline and alcaline soils. Soil Science 73(4):251-261. 1962.

13. BOX, J. E. y TAYLOR, S. A. Influence of soil bulk density on matric potential. Soil Science Society of America Proceedings 26:119-120. 1962.

14. BOYOUCOS, C. J. Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 43(9): 434-438. 1961.

15. BLAKE, G. R. Bulk density. In Black, C. A. et al.; eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 374-390.

16. _____. y PAGE, J. B. Direct measurement of gaseous diffusion in soils. Soil Science Society of America Proceedings 13:37-41. 1948.

17. BRAY, R. H. y KURTZ, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59(1):39-45. 1945.

18. BREMMER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A., et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 1171-1175.

19. BRUCE, R. R. y JONES, T. N. Test on moisture limits and depths of breaking hardpans. Mississippi Farm Research 26(4):2. 1963.

20. CARTER, L. M., STOCKTON, J. R., TAVERNETTI, J. R. y COLWEEK, R. F. Precision tillage for cotton production. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 8: 457-460. 1964.

21. COOPER, A. W. Effects of tillage on soil compaction. In Compactions of agriculture soils. Michigan, American Society of Agricultural Engineering. 1971.

22. CULPIN, C. Studies on the relation between cultivation implements, soil structure and the crop. Journal of Agricultural Science 26:22-35. 1936.

23. CHANCELLOR, W. J. Effects of compaction on soil strength. In Compaction of Agricultural Soils. Michigan, American Society of Agriculture Engineers. 1971.

24. CHAVEZ, A. Características morfofisiológicas de las raíces en frijoles (Phaseolus vulgaris y Vigna sinensis). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 86 p.

25. DAY, P. R. Partial fractionation and particle size analysis. In Black, C. A., et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 545-567.

26. DIAZ-ROMEU, R. y BALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1967. 3 p. (mimeo).

27. DIEBOLD, C. H. Effect of tillage practices upon intake rates, runoff and soil losses of dry-farm land soils. Soil Science Society of America Proceedings 18:88-91. 1954.

28. DONEEN, L. D. y HENDERSON, D. W. Compaction of irrigated soil by tractors. Agricultural Engineering 34:94-95, 102. 1953.

29. DONDOLI, C. y TORRES, M. J. Estudio agroeconómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura e Industrias. 1964. 180 p.

30. DULEY, F. L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. Soil Science Society of America Proceedings 4:60-64. 1939.

31. DREIBELBIS, F. R. y POST, F. A. Some seasonal changes in the pores space and moisture relationship of woodland, pasture and cultivated soils. Soil Science Society of America Proceedings 8:102-108. 1943.

32. EDMOND, D. B. The influence of treading on pasture, a preliminary study. New Zealand Journal of Agricultural Research 1:319-328. 1958.

33. ELDER, W. Soil compaction zones as affected by conservation cropping systems. Soil Science Society of America Proceedings 22(1):79-82. 1958.

34. FISBACK, P. E. y DULEY, F. L. Intake of water by clay pan soil. Soil Science Society of America Proceedings 15:404-408. 1950.

35. FORRISTAL, F. F. y GESSEL, S. P. Soil properties related to forest cover type and productivity on the Lee forest, snohomish county. Washington. Soil Science Society of America Proceedings 19:384-389. 1955.

36. FORSYTHE, W. Física de suelos: densidad, porosidad, empaquetamiento y estructura del suelo. IICA, Turrialba, Costa Rica. 9 p.

37. FORSYTHE, W. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. Fitotecnia Latinoamericana 6(2):165-176. 1969.

38. _____. Manual de Física de Suelos. Turrialba, IICA, 1972. 216 p.

39. _____. y DIAZ-ROMEU, R. La densidad aparente del suelo y la interpretación del análisis de laboratorio para el campo. Turrialca (Costa Rica) 19:128-131. 1969.

40. FURLAN Jr., J. Respuesta del frijol (Phaseolus vulgaris, L. var. 27-R y Turrialba-4) cultivado en solución n tritiva a diferentes tratamientos de aireación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1974.

41. FLOCKER, W. J. y MENARY, R. C. Some physiological responses in two tomato varieties associated with levels of bulk density. Hilgardia 30:101-121. 1960.

42. _____. y NIELSEN, D. R. The absorption of nutrient elements by tomatoes associated with levels of bulk density. Soil Science Society of America Proceedings 26:183-185. 1962.

43. _____, TIMM, H. y VOMOCIL, J. A. Effect of soil compaction on tomato and potato yields. Agronomy Journal 52:345-348. 1960.

44. _____, VOMOCIL, J. A. y HOWARD, F. D. Some growth responses of tomatoes to soil compaction. Soil Science Society of America Proceedings 23:188-191. 1959.

45. FREE, G. R. Traffic soles. Agricultural Engineering 34:528-531. 1953.

46. FREDERER, C. A. et al. Pasture soil compaction by animal traffic. Agronomy Journal 53:53-54. 1961.

47. GARDNER, H. R. y DANIELSON, R. E. Penetration of wax layers by cotton roots as affected by some soil physical conditions. Soil Science Society of America Proceedings 28:457-460. 1964.

48. GILL, W. R. y REAVES, C. A. Compaction patterns of smooth rubber tires. Agricultural Engineering 37:677-680. 1956.

49. GRABLE, A. R. Influence of CO_2 on growth of corn and soybeans seedling. Soil Science Society of America Proceedings 29: 233-238. 1965.

50. GRABLE, A. R. y DANIELSON, R. E. Effect of carbon dioxide, oxygen, and soil moisture suction on germination of corn and soybeans. Soil Science Society of America Proceedings 29:12-18. 1965.

51. GRADWELL, M. W. Changes on the pore-space of a pasture top-soil under animal treading. New Zealand Journal of Agricultural Research 9:127-136. 1966.

52. _____. Soil moisture deficiencies in puddled pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 9:127-136. 1966.

53. HACK, H. R. An application of gas microanalysis to the study of soil air. Soil Science 82:217-231. 1956.

54. HARDY, F. The soils of the I.A.I.A.S. area (Turrialba, Costa Rica). Turrialba, Inter-American Institute of Agricultural Sciences. 1961. 75 p.

55. HARRIS, W. L. The soils compaction process. In Compactions of Agriculture Soils. Michigan, American Society of Agricultural Engineers. 1971.

56. HEAT, O. V. A study in soil cultivation. The effects of varying soil consolidation on growth and development of rain-growth cotton. Journal of Agricultural Science 27:511-540. 1937.

57. HENSATH, L. D. y MAZURAK, A. P. Seedling growth of Sorghumin clay-sand mixtures at various compactions and water contents. Soil Science Society of America Proceedings 38:387-390. 1974.

58. HILL, J. N. y SUMMER, M. E. Effect of bulk density on moisture characteristics of soil. Soil Science 103:234-238. 1967.

59. HOFFER, G. N. Soil aeration and crop response to fertilizers. Better Crops with Plant Food 31:6-45. 1947.

60. HOLDRIDGE, L. R. Life Zone Ecology. Revised ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 1967. 206 p.

61. HYDER, D. y SUEVA, F. Seed-and-plant-soil relations as affected by seedbed firmness on a sandy loam range land soil. Soil Science Society of America Proceedings 20:416-419. 1956.

62. JAMISON, V. C., WEAVER, H. A. y REED, I. F. The distribution of tractor tire compaction effects on Cecil clay. Soil Science Society of America Proceedings 15:34-37. 1950.

63. KEEN, B. A. y CASHEN, C. H. Studies in soil cultivation. IV. The physical effect of sheep fold on the soil. Journal of Agricultural Science 22:126-134. 1932.

64. KELLEY, C. J., HARDMAN, J. J. y JENNINGS, D. S. A soil sampling machine for obtaining two, three, and four-inch diameter cores of undisturbed soil to a depth of six feet. Soil Science Society of America Proceedings 12:85-87. 1947.

65. KIRKHAM, D. Field method for determination of air permeability of soil in its undisturbed state. Soil Science Society of America Proceedings 11:93-99. 1946.

66. KLUTE, A. y JACOB, W. C. Physical properties of Sassafras silt loam as affected by long time organic matter additions. Soil Science Society of America Proceedings 144:24-28. 1950.

67. LANGLANDS, J. P. y BENNETT, I. T. Stocking intensity and pastoral production. Journal of Agricultural Science 81: 193-204. 1973.

68. LARSON, W. E. y ALLMARAS, R. R. Management factors and natural forces as related to compaction. In Compactions of agriculture soils. Michigan, American Society of Agricultural Engineering. 1971.

69. LAWS, D. W. Tillage tests on Texas Blanckland. Soil Science 75:131-136. 1953.

70. LAWTON, K. The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrients by corn plants. Soil Science Society of America Proceedings 10:263-268. 1946.

71. LEGARDA, L. E. Influencia de la succión máxima del agua y del espacio aéreo del suelo sobre la producción de la variedad '27-R' de frijol (Phaseolus vulgaris, L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 120 p.

72. LEMON, E. R. y ERICKSON, A. E. The measurement of oxygen diffusion in the soil with a platinum microelectrode. Soil Science Society of America Proceedings 16:160-163. 1952.

73. LETEY, J. y STOLZY, L. H. Measurement of oxygen diffusion rate with the platinum microelectrode. I. Theory and equipment. Hilgardia 35(20):545-554. 1964.

74. _____, STOLZY, L. H. y LUNT, R. Effect of temperature on oxygen diffusion rates and subsequent shoot growth, root growth, and mineral content of two plant species. Soil Science 92:314-321. 1961.

75. LODGE, R. Effect of grazing on the soils and forage of mixed Proire in Southwestern Saskachewan. Journal of Range Management 7:166-170. 1954.

76. LOW, A. J. The study of soil structure in the field and the laboratory. Journal of Soil Science 5:57-74. 1954.

77. LULL, H. W. Soil compaction on forest and range lands. U.S.D.A. Misc. Public. no. 768. 1958. 33 p.

78. LUTZ, H. J. Determination of certain physical properties of forest soils. I. Methods utilizing samples collected in metal cylinders. Soil Science 57:475-487. 1944.

79. LUTZ, J. F. Mechanical impedance and plant growth. Academic, New York. 1952. 43 p.

80. LUXMOORE, R. J., STOLZY, L. H. y LETEY, J. Oxygen diffusion in the soil-plant system. Agronomy Journal 62:317-322. 1970.

81. MARTINI, J. A. Caracterización del estado nutricional de los principales "Latosoles" de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. Turrialba (Costa Rica) 19:394-408. 1969.

82. McINTIRE, D. S. Permeability measurement of soil cruts formed by raindrop impact. Soil Science 85:185-189. 1958.

83. MEEUWIG, R. Effects of seedling and grazing on infiltration capacity and soil stability of a range in Central Utah. Journal of Range Management 18(4):173-180. 1965.

84. MEREDITH, H. L. y PATRIC, W. H. Effects of soil compaction of three soils in Louisiana. Agronomy Journal 53:163-167. 1961.

85. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma, 1968. 60 p.

86. PARKER, E. R. y HANS, J. Water infiltration and related soil properties as affected by cultivation and organic fertilization. Soil Science 60:353-376. 1945.

87. _____ y JENNY, H. Water infiltration and related soil properties as affected by cultivation and organic fertilization. Soil Science 60:353-376. 1945.

88. PARKER, J. J. y TAYLOR, H. M. Soil strength and seedling emergence relations. I. Soil type, moisture, tension, temperature, and planting depth effects. Agronomy Journal 57: 289-291. 1965.

89. PEECH, M. Hydrogen-ion activity. In Black, C. A., et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 914-926.

90. PHILLIPS, R. E. y KIRKHAM, D. Soil compaction in the field and corn growth. Agronomy Journal 54:29-34. 1962.

91. QUINTERO, F. C. Efecto de la forma y capacidad del recipiente y sistema de riego sobre el crecimiento y la productividad del frijol (Phaseolus vulgaris, L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1974. 105 p.

92. RANEY, W. A. Field measurement of oxygen diffusion through soil. Soil Science Society of America Proceedings 14: 61-65. 1949.

93. _____, EDMINSTER, T. W. y ALLAWAY, W. H. Current status of research in compaction. Soil Science Society of America Proceedings 19:423-428. 1955.

94. REAVES, C. A. y COOPER, A. W. Stress distribution in soils under tractor loads. Agricultural Engineering 41:20-21. 1960.

95. REED, I. F. A method of studying soil packing by tractors. Agricultural Engineering 21:28. 1940.

96. RIVERO, B. G. Algunos factores que afectan los resultados de un ensayo de compactación. Revista de la Universidad Industrial de Santander (Colombia) 9:(3-4):9-16. 1967.

97. RUSELL, M. B. Methods of measuring soil structure and aeration. Soil Science 68:25-35. 1949.

98. _____, KLUTE, A. y JACOB, W. C. Further studies on the effect of long time organic additions on the physical properties of Sassafras silt loam. Soil Science Society of America Proceedings 14:24-28. 1950.

99. _____. et al. Further studies on the effect of long time organic additions on the physical properties of Sassafras silt loam. Soil Science Society of America Proceedings 16:156-159. 1952.

100. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químicos de suelos; métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1961. 107 p.

101. SHAW, B. T., HAISE, H. R. y FARNSWORTH, R. B. Four years experience with a soil penetrometer. Soil Science Society of America Proceedings 7:48-55. 1942.

102. SMITH, F. W. y COOK, R. L. The effect of soil aeration, moisture, and compaction on nitrification and oxidization and the growth of sugar beets following corn and legumes in pot cultures. Soil Science Society of America Proceedings 11:402-406. 1947.

103. SOHNE, W. Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. Agricultural Engineering 39:276-271. 1958.

104. SOIL DYNAMICS in tillage and traction. U.S.D.A. Agriculture Handbook no. 316. 1957. 511 p.

105. SOIL MOISTURE EQUIPMENT. Operations instructions for the catalog. N° 270013, Soil Moisture gage. 8 p.

106. STEINBRENNER, E. C. Effect of grazing on foristic composition and soil properties of farm woodlands in Southern Wisconsin. Journal of Forestry 49:906-910. 1951.

19

107. _____ y GESSEL, S. P. The effect of tractor logging on physical properties of some forest soil in Southwestern Washington. Soil Science Society of America Proceedings 19:372-376. 1955.

108. STOLZY, L. H. y LETEY, J. Characterizing soil oxygen conditions with a platinum microelectrode. Advances in Agronomy 16:249-279. 1964.

109. _____ y LETEY, J. Measurement of oxygen diffusion rates with the platinum microelectrode. III. Correlation of plant response to soil oxygen diffusion rates. Hilgardia 35:567-576. 1964.

110. STONE, A. A. y WILLIAMS, I. L. Measurement of soil hardness. Agricultural Engineering 20:25-26. 1939.

111. TACKETT, J. L. y PEARSON, R. W. Oxygen requirements for cotton seedling root penetration of compacted soil cores. Soil Science Society of America Proceedings 28:600-604. 1964.

112. TANNER, C. B. y MAMARIL, C. P. Pasture soil compaction by animal traffic. Agronomy Journal 51:329-331. 1959.

113. TAYLOR, S. A. Oxygen diffusion in porous media as a measure of soil aeration. Soil Science Society of America Proceedings 14:55-61. 1949.

114. TAYLOR, H. M. y BRUCE, R. R. Effects of soil strength on root growth and crop yield in the Southern United States. Int. Congress. Soil Science, 9th., Adelaide, Australia 1: 803-811. 1968.

115. _____ y BURNETT, E. Influence of soil strength on the root growth habits of plants. Soil Science 98:174-180. 1964.

116. _____ y GARDNER, H. R. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture contents and strength of soil. Soil Science 96:153-156. 1963.

117. _____, LOCKE, L. F. y BOX, J. E. Pans in Southern great plain soils. III. Their effects on yield of cotton and grain sorghum. Agronomy Journal 56:542-545. 1964.

118. _____, ROBERTSON, G. M. y PARKER, J. J. Soil strength-root relations for medium-to coarse-textured soil materials. Soil Science 102:18-22. 1966.

119. TROUSE, A. C. y HUMBERT, R. P. Some effects of soil compaction on the development of sugar cane roots. Soil Science 91: 208-217. 1961.

120. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil Survey Staff. Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). Washington, D. C. U.S. Government Printing Office. 1967. 204 p.

121. VEHIMEYER, F. J. An improved soil-sampling tube. Soil Science p. 174-152. 1929.

122. _____ y HENDRICKSON, A. H. Soil density and root penetration. Soil Science 65:487-493. 1948.

123. VOMOCIL, J. A. In situ measurement of bulk density of soil by gamma ray absorption technique. Soil Science 77:341-342. 1954.

124. _____. In situ measurement of soil bulk density. Agriculture Engineering 35:651-654. 1954.

125. VOMOCIL, J. A. y FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil and water. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers 4:242-245. 1961.

126. _____, FONTAINE, E. y REGINATO, R. J. The influence of speed and drawbar load and the compacting effect of wheeled tractors. Soil Science Society of America Proceedings 22: 178-181. 1958.

127. WATSON, J. P. y JEFFRIES, C. D. Quartz as an indicator mineral in soil compaction. Soil Science Society of America Proceedings 14:388-391. 1949.

128. WEAVER, H. A. Tractor use effects on volume weight of Davison loam. Agricultural Engineering 31:182-183. 1950.

129. _____ y JAMISON, V. C. Effects of moisture on tractor tire compaction. Soil Science 71:15-23. 1950.

130. WIERSUM, L. K. The relationship of the size and structural stability of pores to their penetration by roots. Plant and Soil 9:75-85. 1957.

131. YOUNGBERG, C. T. The influence of soil conditions, following tractor on the growth of planted Douglas-Fir seedlings. Soil Science Society of America Proceedings 23:76-78. 1959.

132. ZUCCARDI, R. B. y FADDA, G. S. Influencia de la compactación del suelo sobre el desarrollo y el rendimiento en trigo. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 4(2):143-153. 1965.

9. APENDICE

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo serie "La Margot" entre 0,0 y 10,0 cm de profundidad.

Características físicas	REPETICIONES 1	2	3	$\bar{X}$	s
Densidad aparente	0,8962	0,8919	0,8635	0,8839	0,0178
Porosidad total	63,57	63,74	64,90	64,07	0,72
Humedad volumétrica	41,62	44,90	42,43	42,98	1,71
Espacio aéreo	21,95	18,84	22,47	21,09	1,96
Densidad de partículas	2,45	2,46	2,47	2,46	0,01
	Arenoso %	Limoso %	Arcilla %	Clase textural	
Distribución del tamaño de las partículas	26,00	45,00	29,00	Franco arcilloso	
	24,50	43,00	32,50	Franco arcilloso	
	23,60	41,00	35,40	Franco arcilloso	
Características químicas					
pH H_2O	5,3	5,3	5,4	5,33	0,06
pH $CaCl_2$	4,5	4,7	4,6	4,60	0,10
% materia orgánica	6,6	6,5	6,2	6,43	0,21
% de carbono	3,8	3,7	3,8	3,77	0,06
% de nitrógeno	0,35	0,36	0,37	0,36	0,01
Relación C/N	10,86	10,28	10,27	10,47	0,34
P disponible ppm	2,15	2,12	2,16	2,14	0,02
CIC	41,06	41,07	41,08	41,07	0,01
Bases cambiables/Meq/100 gms de suelo					
Calcio	4,60	4,58	4,61	4,60	0,02
Magnesio	1,49	1,50	1,95	1,65	0,26
Potasio	0,69	0,70	0,71	0,70	0,01
Sodio	0,41	0,40	0,41	0,40	0,01
Manganeso	0,09	0,08	0,08	0,08	0,01

$\bar{X}$ = valor medio s = desviación estándar

Cuadro 2. Niveles, fuentes y dosis de nutrimentos aplicados a las 64 macetas.

Nutrimento	Nivel				Total de compuesto en 64 macetas (gms)	Diluído en m.l.	M.l. maceta
	Kg/ha	Gramos/ maceta*	Total en macetas (gms)	Total en el compuesto (%)			
N	200	2,0	128,0	46	278,26 $CO(NH_2)2$	1.920	30
P	500	5,0	320,0	22	1.454,54 $NaH_2PO_4.H_2O$	3.200	50
K	200	2,0	128,0	51	250,98 KCl	3.200	50
Ca**	500	5,0	320,0	40	800,0 $CaCO_3$	1.920	30
Mg**	300	3,0	192,0	29	662,07 $MgCO_3$	1.920	30
S	100	1,0	64,0	23	278,26 $NaSO_4$	1.920	30
Cu	10	0,1	6,4	36	17,78 $CuCl_2.2H_2O$	1.920	30
Zn	20	0,2	12,8	48	26,67 $ZnCl_2$	1.920	30
Mn	40	0,4	25,6	28	91,43 $MnCl_2.4H_2O$	1.920	30
Fe	50	0,5	32,0	19	168,42 $FeC_6H_5O_7.3H_2O$	1.920	30
Mo	10	0,1	6,4	40	16,0 $Na2MoO_4.H_2O$	1.920	30
Bo	10	0,1	6,4	12	53,33 $Na2B40710H_2O$	1.920	30

* Cantidad obtenida con relación a 200.00 plantas presentes en 1 ha, cuando la distancia entre plantas y surcos es de 10 y 50 cm respectivamente, comparado con 2 plantas en una maceta. Factor = 2:200.000 = 10^{-5}.

** La aplicación de estos dos elementos se hizo dos días después de los demás.

Cuadro 3. Resultado de las pruebas preliminares para conseguir la humedad uniforme del suelo dentro de los anillos* en condiciones de confinamiento protegidos de las corrientes de aire. Datos en porcentaje de humedad.

Anillos	PROFUNDIDAD (cm)							
	0 - 2,5		2,5 - 5,0		5,0 - 7,5		$\bar{X}$	s
	% de Humedad		% de Humedad		% de Humedad		% de Humedad	
1	42,0	43,0	45,0	44,0	41,0	42,0	42,83	± 1,47
2	49,0	47,0	46,0	47,0	45,0	46,0	46,67	± 1,37
3	42,0	40,0	41,0	43,0	42,0	41,0	41,50	± 1,05
4	44,0	40,0	45,0	42,0	43,0	41,0	42,50	± 1,87
5	48,0	49,0	47,0	48,0	49,0	50,0	48,50	± 1,05
6	61,0	62,0	60,0	61,0	59,0	60,0	60,50	± 1,05
7	61,0	63,0	60,0	62,0	60,0	61,0	61,17	± 1,17
8	51,0	54,0	52,0	53,0	54,0	52,0	52,67	± 1,21
9	63,0	62,0	61,0	63,0	64,0	62,0	62,50	± 1,05
10	49,0	50,0	51,0	49,0	50,0	51,0	50,00	± 0,89

* Anillos de 7,5 cm de profundidad.

Cuadro 4. Temperatura y humedad relativa diarias: máxima, mínima y medias durante el experimento en el invernadero.

Fecha	Temperatura en ºC			Humedad relativa %		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media
Setiembre						
17	34	21,5	27,75	95,0	44,0	69,50
18	32	20,0	26,0	98,0	50,0	74,00
19	34	18,0	26,0	97,0	32,0	64,50
20	35	19,0	27,0	97,0	40,0	68,50
21	33	17,5	25,25	98,0	41,0	69,50
22	35	16,2	25,6	98,0	38,0	68,00
23	34	19,0	26,5	97,0	40,0	68,50
24	34	17,5	25,75	99,0	36,0	67,50
25	32	19,0	25,5	100,0	47,0	73,50
26	33,5	20,0	27,75	97,0	40,0	68,50
27	34	18,5	26,25	97,0	40,0	68,50
28	32,5	19,0	25,75	98,0	50,0	74,00
29	34,2	18,0	26,1	99,0	46,0	72,50
30	30	18,0	24,0	98,0	52,0	75,00
Octubre						
1	28	18,0	23,0	98,0	60,0	79,00
2	34	19,0	26,5	99,0	44,0	71,50
3	36	18,0	27,0	98,0	45,0	71,50
4	33	18,0	25,5	98,0	46,0	72,00
5	34,2	19,0	26,6	97,0	40,0	68,50
6	35,2	18,0	26,6	98,0	35,0	66,50
7	31,1	18,0	24,55	98,0	50,0	64,00
8	31,8	19,0	25,4	100,0	47,0	73,50
9	29,3	19,2	24,25	99,0	55,0	77,00
10	29	20,0	24,5	97,0	58,0	77,50
11	31,2	18,5	24,85	98,0	48,0	73,00
12	31,3	18,6	24,95	97,0	51,0	74,00
13	24,5	18,0	21,25	97,0	75,0	86,00
14	32	16,2	24,1	97,0	45,0	71,00
15	31,0	15,6	23,3	99,0	44,0	71,50
16	34	18,2	26,1	98,0	40,0	69,00
17	36,3	17,0	26,65	100,0	55,0	77,50
18	31,2	18,8	25,0	99,0	48,0	73,50
19	31,5	19,5	25,5	100,0	57,0	78,50
20	26	19,0	22,5	100,0	70,0	85,00
21	29	18,5	23,75	98,0	55,0	76,50
22	26,2	19,9	23,05	97,0	65,0	81,00
23	29,1	18,2	23,65	97,0	56,0	76,50
24	30,0	19,0	24,5	99,0	57,0	78,00

Cuadro 4 (continuación)

Fecha	Temperatura en ºC			Humedad relativa %		
	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media
Octubre						
25	29,4	19,5	24,45	97,0	60,0	78,50
26	30,5	18,8	24,65	98,0	56,0	77,00
27	30,0	19,0	24,5	98,0	57,0	77,50
28	30	16,6	23,3	98,0	45,0	71,50
29	31,2	18,0	24,6	98,0	43,0	70,50
30	28,9	19,0	23,95	99,0	52,0	75,50
31	29	18,0	23,5	97,0	55,0	76,00
Noviembre						
1	31,3	19,6	25,45	97,0	46,0	71,50
2	25,5	19,0	22,13	98,0	65,0	81,50
3	30,3	17,8	24,05	98,0	45,0	71,50
4	29,9	17,0	23,45	97,0	35,0	66,00
5	32,0	18,0	25,00	96,0	35,0	65,50
6	30,0	18,0	24,00	98,0	31,0	64,50
7	31,5	18,0	24,75	95,0	47,0	71,00
8	29,0	20,0	24,50	98,0	65,0	81,50
9	25,0	19,5	22,25	97,0	55,0	76,00
10	30,5	16,0	23,25	96,0	42,0	69,00
11	26,0	18,0	22,00	97,0	59,0	78,00
12	29,0	17,0	23,00	98,0	49,0	73,50
13	28,5	16,0	22,25	98,0	50,0	74,00
14	29,5	16,0	22,75	99,0	45,0	72,00
15	30,5	17,0	23,75	100,0	50,8	75,40
16	27,0	19,5	23,25	100,0	60,0	80,00
17	31,5	18,5	25,00	98,0	49,0	73,50
18	28,0	19,0	23,50	100,0	60,4	80,20
19	30,0	17,0	23,50	100,0	45,0	72,50
20	27,0	17,0	22,00	99,0	69,0	84,00
21	29,0	14,8	21,90	100,0	50,7	75,35
22	28,0	18,5	23,25	95,0	55,0	75,00
23	32,5	17,0	24,75	98,0	40,0	69,00
24	32,0	19,5	25,75	99,0	40,9	69,95
25	29,0	20,0	24,50	100,0	55,0	77,50
26	31,0	19,0	25,00	100,0	62,0	81,00
27	23,5	18,5	21,00	100,0	75,0	87,50

Cuadro 5. Rendimiento en gramos, obtenido en cada tratamiento que corresponde a 8 plantas de frijol a 13% de humedad.

Tratamiento	$\bar{X}$ de Repeticiones				Total tratamientos	$\bar{X}$ tratamientos	$\bar{X}$ por planta
1	15,11	16,84	16,32	26,49	74,76	18,69	9,35
2	19,35	14,55	22,19	28,96	85,05	21,26	10,63
3	30,98	26,58	23,65	30,00	111,21	27,80	13,90
4	24,84	20,36	12,96	13,22	71,38	17,85	8,92
5	13,39	18,27	19,67	27,32	78,65	19,66	9,83
6	19,59	23,25	19,55	18,44	80,83	20,21	10,10
7	23,54	18,72	16,99	14,85	74,10	18,53	9,26
8	16,16	16,25	17,36	14,33	64,10	16,03	8,01
9	20,03	22,53	23,64	19,30	85,50	21,38	10,69
10	25,14	18,02	19,23	27,33	89,72	22,43	11,22
11	12,28	11,11	12,46	10,97	46,82	11,71	5,85
12	14,53	23,12	21,88	18,62	78,15	4,22	9,77
13	19,91	18,76	24,88	21,68	85,23	21,31	10,65
14	26,53	24,95	16,40	18,62	86,50	21,63	10,81
15	26,46	16,50	16,90	28,21	88,07	22,02	11,01
16	7,12	3,98	13,61	9,00	33,71	8,43	4,21

Cuadro 6. Análisis de varianza del rendimiento pára todos los tratamientos.

	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. teórico (1%)		F calculada
				5%	1%	
Repeticiones	3	45,619110	15,206370	3.15	4.98	0.84 n.s.
Tratamientos	15	1191,124375	79,408291	1.85 2,78		4,385584 **
Error	45	814,799683	18,106659			
Total	63	2051,543169				

El error estándar de la media es 2,1275

* al 5%

Cuadro 7. Prueba de Duncan, del rendimiento para todos los tratamientos con niveles diferentes de compactación y en diferentes capas.

Tratamiento	Rendimiento (gms)	T16 8,4275	T11 11,7050	T3 16,0250	T4 17,8450	T7 18,5250	T1 18,6900	T12 19,5375	T5 19,6625	T6 20,2075	T2 21,2625	T13 21,3075	T9 21,3750	T14 21,6250	T15 22,0175	T10 22,4300	T3 27,8025
T3	27,8025	•	•	•	•	•	•	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
T10	22,4300	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0	
T15	22,0175	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0		
T14	21,6250	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0			
T9	21,3750	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0				
T13	21,3075	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0					
T2	21,2625	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0						
T6	20,2075	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0							
T5	19,6625	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	0								
T12	19,5375	•	•	NS	NS	NS	NS	0									
T1	18,6900	•	•	NS	NS	NS	0										
T7	18,5250	•	•	NS	NS	0											
T4	17,8450	•	NS	NS	0												
T8	16,0250	•	NS	0													
T11	11,7050	NS	0														
T16	8,4275	0															

• 5% de probabilidad

NS = No significativo

Cuadro 8. Prueba de Duncan del rendimiento cuando las capas superiores son compactadas, tratamientos: 2-3-4-5-6.

		T-4 17,8450	T-5 19,6625	T-6 20,2075	T-2 21,2625	T-3 27,2085
T-3	27,8025	*	*	*	NS	---
T-2	21,2625	NS	NS	NS	--	
T-6	20,2075	NS	NS	--		
T-5	19,6625	NS	--			
T-4	17,8450	--				

* 5% de probabilidad NS = No significativo

Cuadro 9. Prueba de Duncan del rendimiento cuando las capas inferiores son compactadas, tratamientos: 7-8-9-10-11.

		T-11 11,7050	T-8 16,0250	T-7 18,5250	T-9 21,3750	T-10 22,4300
T-10	22,4300	*	NS	NS	NS	--
T-9	21,3750	*	NS	NS	--	
T-7	18,5250	*	NS	--		
T-8	16,0250	NS	--			
T-11	11,7050	--				

* 5% de probabilidad NS = No significativo

Cuadro 10. Prueba de Duncan del rendimiento cuando hay compactación en toda la maceta, tratamientos: 12-13-14-15-16.

		T-16 8,4225	T-12 19,5375	T-13 21,3075	T-14 21,6250	T-15 22,0175
T-15	22,0175	*	NS	NS	NS	--
T-14	21,6250	*	NS	NS	--	
T-13	21,3075	*	NS	--		
T-12	19,5375	*	--			
T-16	8,4215	-				

* 5% de probabilidad NS = No significativo

Cuadro 11. Valores de rendimiento reales y estimados por una regresión cuadrática.

Tratamientos con las dos capas superiores compactadas; las inferiores sin compactar (R^2 = 10,35).

Tratamiento		Rendimiento real (gms)	Rendimiento estimado (gms)
2	[illegible]	85,05	23,92
3	3.6	111,21	22,69
4	6.5	71,38	20,88
5	11.2	78,65	19,04
6	21.0	80,83	20,23

Tratamientos con las dos capas inferiores compactadas, las superiores sin compactar (R^2 = 61,04).

7	[illegible]	74,10	16,66
8	3.6	64,10	18,62
9	6.5	85,50	21,05
10	11.2	89,72	21,85
11	21.0	46,82	11,85

Tratamientos compactados en todo el perfil (R^2 = 63,33).

12	[illegible]	78,15	19,49
13	3.6	85,23	20,93
14	6.5	86,50	22,43
15	11.2	88,07	21,54
16	21.0	33,71	8,50

Cuadro 12. Número de vainas por dos plantas y el promedio para cada tratamiento.

Tratamientos	Repeticiones 1	2	3	4	Σ	$\bar{X}$
1	14,00	14,00	15,00	25,00	68,00	17,00
2	17,00	11,00	19,00	21,00	68,00	17,00
3	26,00	21,00	21,00	21,00	89,00	22,75
4	22,00	18,00	11,00	10,00	61,00	15,25
5	23,00	17,00	17,00	25,00	82,00	20,50
6	18,00	20,00	17,00	15,00	70,00	17,50
7	20,00	16,00	14,00	12,00	62,00	15,50
8	13,00	14,00	15,00	14,00	56,00	14,00
9	15,00	19,00	19,00	18,00	71,00	17,75
10	20,00	13,00	18,00	24,00	75,00	18,75
11	10,00	11,00	11,00	10,00	42,00	10,50
12	20,00	20,00	17,00	16,00	73,00	18,25
13	17,00	16,00	22,00	19,00	74,00	18,50
14	32,00	22,00	14,00	19,00	87,00	21,75
15	23,00	14,00	14,00	25,00	76,00	19,00
16	7,00	4,00	10,00	9,00	30,00	7,50

Cuadro 13. Análisis de varianza para el número de vainas por tratamiento.

F. V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.C.	Ft 1%	Ft 5%
Repeticiones	3	96,875	32,291666	2,176558		
Tratamientos	15	883,25	58,883333	3,968919	2,18	1,92
Error	45	667,625	14,836111			
Total	63	1647,75				

an para el número de vainas por tratamiento.

T R A T A M I E N T O S												
4	7	1	2	6	9	12	13	10	15	5	14	3
,25	15,50	17,00	17,00	17,50	17,75	18,25	18,50	18,75	19,00	20,50	21,75	22,25
*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O	
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O		
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O			
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O				
S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O					
S	NS	NS	NS	NS	NS	O						
S	NS	NS	NS	NS	O							
S	NS	NS	NS	O								
S	NS	NS	O									
S	NS	O										
S	O											
O												

Cuadro 15. Número de semillas por vaina en dos plantas promedio para cada tratamiento.

Tratamientos	Repeticiones 1	2	3	4	Σ	$\bar{X}$
1	53,00	55,00	53,00	93,00	254,00	63,50
2	70,00	46,00	81,00	92,00	289,00	72,25
3	101,00	97,00	78,00	93,00	369,00	92,25
4	97,00	72,00	44,00	44,00	257,00	64,25
5	45,00	62,00	66,00	97,00	270,00	67,50
6	63,00	77,00	65,00	57,00	262,00	65,50
7	80,00	58,00	51,00	50,00	239,00	59,75
8	45,00	53,00	64,00	45,00	207,00	51,75
9	66,00	78,00	84,00	67,00	295,00	73,75
10	85,00	57,00	64,00	93,00	299,00	74,75
11	40,00	37,00	41,00	36,00	154,00	38,50
12	75,00	80,00	70,00	66,00	291,00	72,75
13	67,00	56,00	90,00	75,00	288,00	72,00
14	92,00	89,00	50,00	66,00	297,00	74,25
15	103,00	59,00	51,00	97,00	310,00	77,50
16	26,00	12,00	43,00	30,00	111,00	27,75

Cuadro 16. Análisis de varianza para el número de semillas por vaina.

	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculada
Repeticiones	3	801,125000	267,041666	1,016881
Tratamientos	15	14463,500007	964,233334	3,671754
Error	45	11817,375011	262,608333	
Total	63	27082,000015		

Cuadro 17. Prueba de Duncan para el número de semillas por vaina.

Trata-miento	Número de semillas por fruto	TRATAMIENTOS 16 27,75	11 33,50	8 51,75	7 59,75	1 63,50	4 64,25	6 65,50	5 67,50	13 72,00	2 72,25	12 72,25	9 73,75	14 74,25	10 74,75	15 77,50	3 92,25
3	92,25	•	•	•	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
15	77,50	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0	
10	74,75	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0		
14	74,25	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0			
9	73,75	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0				
12	72,75	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0					
2	72,25	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0						
13	72,00	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0							
5	67,50	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	0								
6	65,50	•	•	NS	NS	NS	NS	0									
4	64,25	•	•	NS	NS	NS	0										
1	63,50	•	NS	NS	NS	0											
7	59,75	•	NS	NS	0												
8	51,75	NS	NS	0													
11	33,50	NS	0														
16	27,75	0															

• 5% de probabilidad

NS = No significativo

Cuadro 18. Peso de una semilla promedio para cada tratamiento (ajustada a 13% de humedad).

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	Σ	$\bar{X}$
1	0,57	0,56	0,88	0,44	0,71	0,55	0,45	0,64	4,83	0,60
2	0,56	0,55	1,09	0,61	0,55	0,54	0,39	0,96	5,26	0,65
3	0,38	0,97	0,84	0,35	1,12	0,32	0,63	0,65	5,31	0,66
4	0,57	0,57	0,59	0,55	0,57	0,59	0,66	0,56	4,68	0,58
5	0,61	0,31	0,58	0,58	0,41	0,84	0,59	0,52	4,48	0,56
6	0,46	0,83	0,63	0,57	0,43	0,83	0,52	0,73	5,04	0,63
7	0,60	0,57	0,64	0,64	0,68	0,67	0,58	0,78	5,19	0,64
8	0,80	0,62	0,75	0,51	0,55	0,53	0,65	0,58	5,03	0,62
9	0,60	0,61	0,56	0,59	0,59	0,55	0,58	0,56	4,68	0,58
10	0,57	0,61	0,65	0,62	0,59	0,60	0,60	0,57	4,84	0,60
11	0,66	0,52	0,60	0,59	0,59	0,41	0,61	0,60	4,61	0,57
12	0,45	0,34	0,59	0,56	0,59	0,63	0,56	0,56	4,32	0,54
13	0,55	0,62	0,76	0,60	0,53	0,59	0,58	0,57	4,82	0,60
14	0,63	0,55	0,55	0,56	0,64	0,65	0,56	0,56	4,74	0,59
15	0,52	0,50	0,56	0,54	0,63	0,68	0,59	0,57	4,62	0,57
16	0,53	0,63	0,66	0,66	0,62	0,63	0,58	0,60	4,95	0,61

Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de una semilla en los tratamientos (13% de humedad).

	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F	Ft
Repeticiones	7	0,184026	0,026289	1,677722	
Tratamientos	15	0,145291	0,009686	0,618142NS	1,92
Error	105	1,645321	0,015669		
Total	127	1,974639			

Cuadro 20. Peso de materia seca en gramos obtenido por cada tratamiento correspondiente a 8 plantas de frijol (peso constante).

Tratamiento	$\bar{X}$ de Repeticiones				Total tratamientos	$\bar{X}$ tratamientos	$\bar{X}$ por planta
1	18,91	16,21	14,81	25,29	75,22	18,81	9,40
2	20,14	17,10	26,82	28,01	92,07	23,02	11,51
3	31,85	29,37	25,15	32,16	121,53	30,38	15,19
4	25,15	18,79	15,02	12,52	71,48	17,87	8,94
5	16,38	22,01	20,99	26,31	85,69	21,42	10,71
6	22,60	29,53	22,19	17,40	91,72	22,93	11,47
7	25,85	26,63	17,09	25,94	95,51	23,88	11,94
8	14,43	15,39	21,26	14,86	65,94	16,49	8,24
9	21,24	21,67	22,23	21,65	86,79	21,70	10,85
10	26,52	20,43	18,69	26,96	92,60	23,15	11,58
11	14,77	9,68	14,13	11,61	50,19	12,55	6,27
12	29,40	23,42	22,94	18,86	94,62	23,66	11,83
13	23,36	19,34	26,28	21,33	90,31	22,58	11,29
14	25,60	20,29	19,97	18,08	83,94	20,99	10,49
15	25,15	17,37	16,27	24,22	83,01	20,75	10,38
16	8,81	8,32	11,11	9,38	37,62	9,41	4,70

Cuadro 21. Análisis de varianza de materia seca (peso comitante) para todos los tratamientos.

	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculada	Ft
Repeticiones	3	61,99	20,66	1,33	
Tratamientos	15	1429,15	95,27	6,15 **	1,92 5% 2,18 1%
Error	45	696,56	15,47		
Total	63	2187,72			

** Grado de significancia al 5%

Cuadro 22. Prueba de Duncan para la materia seca en todos los tratamientos con niveles diferentes de compactación en diferentes capas.

Tratamiento	Materia seca (gms)	16 9,4050	11 12,5475	8 16,4849	4 17,3700	1 18,8050	15 20,7525	14 20,9849	5 21,4225	9 21,6975	13 22,5775	6 22,9300	2 23,0175	10 23,1500	12 23,6550	7 23,8775	3 30,3825
3	30,3825	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	0
7	23,8775	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0	
12	23,6550	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0		
10	23,1500	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0			
2	23,0175	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0				
6	22,9300	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0					
13	22,5775	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0						
9	21,6975	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0							
5	21,4225	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	0								
14	20,9849	•	•	NS	NS	NS	NS	0									
15	20,7525	•	•	NS	NS	NS	0										
1	18,8050	•	•	NS	NS	0											
4	17,3700	•	NS	NS	0												
8	16,4849	•	NS	0													
11	12,5475	NS	0														
16	9,4050	0															

• Grado de significancia al 5%

NS = No significativo

Cuadro 23. Prueba de Duncan para materia seca de los tratamientos 2-3-4-5 y 6, con las capas superiores compactadas.

Tratamiento	Materia seca (gms)	TRATAMIENTO 4 17,8700	5 21,4225	6 22,9300	2 23,0175	3 30,3825
3	30,3825	*	*	*	*	0
2	23,0175	NS	NS	NS	0	
6	22,9300	NS	NS	0		
5	21,4225	NS	0			
4	17,8700	0				

* 5% de probabilidad NS = No significativo

Cuadro 24. Prueba de Duncan para materia seca de los tratamientos 7-8-9-10 y 11, con las dos capas inferiores compactadas.

Tratamiento	Materia seca (gms)	TRATAMIENTO 11 12,5475	8 16,4849	9 21,6975	10 23,1500	7 23,8775
7	23,8775	*	*	NS	NS	0
10	23,1500	*	*	NS	0	
9	21,6975	*	NS	0		
8	16,4849	NS	0			
11	12,5475	0				

* 5% de probabilidad NS = No significativo

Cuadro 25. Prueba de Duncan para materia seca de los tratamientos 12-13-14-15 y 16, con todo el perfil considerado compactado.

Tratamiento	Materia seca (gms)	TRATAMIENTO 16 9,4050	15 20,7525	14 20,9849	13 22,5775	12 23,6550
12	23,6550	*	NS	NS	NS	0
13	22,5775	*	NS	NS	0	
14	20,9849	*	NS	0		
15	20,7525	*	0			
16	9,4050	0				

* 5% de probabilidad NS = No significativo

Cuadro 26. Valores reales y estimados de materia seca (gms) con un modelo cuadrático, cuando las dos capas superiores son compactadas.

Tratamiento	Valor real	Valor estimado
2	23,01	25,88
3	30,38	24,33
4	17,87	22,14
5	21,42	20,19
6	22,93	23,05

Cuadro 27. Valores reales y estimados de materia seca (gms) con un modelo cuadrático, cuando las dos capas inferiores son compactadas.

Tratamiento	Valor real	Valor estimado
7	23,87	20,18
8	16,48	21,10
9	21,69	22,06
10	23,15	21,45
11	12,54	12,92

Cuadro 28. Valores reales y estimados de materia seca (gms) con un modelo cuadrático, cuando todo el perfil considerado es compactado.

Tratamiento	Valor real	Valor estimado
12	23,65	22,87
13	22,57	22,86
14	20,98	22,32
15	20,75	19,68
16	9,40	9,59

Cuadro 29. Area foliar de las dos plantas de cada tratamiento y su promedio (cm^2).

Tratamiento	I	II	III	IV	Σ	$\bar{X}$
1	1603,70	2571,54	2109,80	1848,19	8133,25	2033,31
2	2468,52	2306,64	1855,40	1973,82	8604,39	2151,09
3	2834,36	2275,66	2238,82	3030,94	10379,80	2594,95
4	946,61	1495,29	1277,96	2393,25	6113,12	1528,28
5	1264,94	2166,65	1622,62	1992,78	7047,01	1761,75
6	2051,60	1463,71	1830,74	2410,62	7756,69	1939,17
7	2055,52	1216,70	1559,16	2064,30	6895,69	1723,92
8	1518,68	1649,58	1579,93	1423,68	6171,89	1542,97
9	2206,03	1689,79	1756,26	1840,75	7492,84	1873,21
10	2337,41	2000,33	1732,22	1860,81	7930,78	1982,69
11	1573,46	1180,31	1167,31	1281,18	5202,28	1300,57
12	1991,75	1737,77	2058,94	2312,69	8101,16	2025,29
13	2498,23	1895,68	2063,60	2024,31	8481,84	2120,46
14	2199,37	1836,46	1790,57	1979,96	7801,37	1951,59
15	1775,38	1404,41	1563,27	1808,79	6551,85	1637,96
16	949,80	1084,18	1276,32	771,25	4081,56	1020,39

Cuadro 30. Análisis de varianza para el área foliar de todos los tratamientos a diferentes niveles de resistencia a la penetración.

F. V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculada	Ft 1%	Ft 5%
Repeticiones	3	556758,87	185586,29	1,85		
Tratamientos	15	8261660,37	550777,35	5,49	2,52	1,98
Error	45	4511256,00	100250,13			
Total	63	13329675,25				

Cuadro 31. Prueba de Duncan para el área foliar en todos los tratamientos, con diferentes niveles de resistencia a la penetración en las diferentes capas.

Tratamiento	Área foliar	TRATAMIENTO 16 1020,3922	11 1300,5722	4 1528,2820	8 1542,9727	15 1637,9642	7 1723,2840	5 1761,7527	9 1873,2107	6 1939,1727	14 1951,5927	10 1932,6365	12 2025,2915	1 2033,3132	13 2121,4612	2 2151,0980	3 2594,9510
3	2594,9510	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	NS	NS	O
2	2151,0980	•	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O	
13	2121,4612	•	•	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O		
1	2033,3132	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O			
12	2025,2915	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O				
10	1932,6365	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O					
14	1951,5927	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O						
6	1939,1727	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	NS	O							
9	1873,2107	•	•	NS	NS	NS	NS	NS	O								
5	1761,7527	•	NS	NS	NS	NS	NS	O									
7	1723,2840	•	NS	NS	NS	NS	O										
15	1637,9642	•	NS	NS	NS	O											
8	1542,9727	•	NS	NS	O												
4	1528,2820	•	NS	O													
11	1300,5722	NS	O														
16	1020,3922	O															

Cuadro 32. Altura promedio semanal de las plantas de frijol durante el experimento en todos los tratamientos. Promedio de 4 repeticiones (8 plantas) en cm.

Tratamiento	SEMANA										
	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a
1	7,08	21,0	31,33	58,5	73,23	74,5	74,82	76,38	76,4	76,4	76,4
2	7,03	18,5	32,21	64,8	72,33	81,4	81,50	81,50	81,6	81,6	81,6
3	7,44	21,25	43,19	76,38	81,38	85,7	86,25	86,25	86,3	86,4	86,4
4	6,81	21,29	40,50	69,14	76,29	78,0	80,14	80,2	81,0	81,0	81,0
5	7,40	20,50	32,29	63,0	66,38	69,75	70,0	71,5	71,5	71,5	71,5
6	8,34	23,06	40,50	68,75	77,33	80,75	82,9	83,5	83,5	83,6	83,6
7	7,34	20,63	35,79	69,14	73,14	76,29	77,7	78,0	78,2	78,5	78,5
8	7,90	21,17	31,36	57,13	67,13	68,5	69,25	69,88	70,0	70,1	70,1
9	8,15	22,50	38,57	63,25	73,0	74,25	74,88	75,5	75,5	75,6	75,6
10	7,44	20,69	34,38	61,56	69,25	71,0	71,00	71,75	72,0	72,1	72,1
11	7,69	19,94	31,0	56,0	67,75	68,63	69,6	69,9	70,0	70,0	70,0
12	8,28	22,25	42,25	70,5	74,88	78,5	81,3	81,5	81,5	82,0	82,0
13	6,73	19,36	34,64	58,63	69,13	69,88	70,0	70,4	70,5	70,7	70,7
14	7,23	20,94	37,88	68,0	75,75	78,5	79,1	79,25	79,5	79,8	79,8
15	7,23	19,81	30,63	64,0	69,5	73,0	73,6	76,0	76,2	76,3	76,3
16	5,89	13,13	19,31	44,14	57,86	59,88	62,1	63,4	63,5	63,8	63,8
	Set. 18	Set. 25	Oct. 2	Oct. 9	Oct. 17	Oct. 23	Oct. 30	Nov. 7	Nov. 14	Nov. 21	Nov. 28

Cuadro 33. Parámetros estimados de la altura promedio semanal del frijol en función del tiempo, para todos los tratamientos.

Tratamiento	Altura máxima del frijol durante el experimento B_0 (cm)	Constantes B_1	Constantes B_2	R^2
1	76,87	36,69	1,16	0,99
2	82,03	49,08	1,23	0,99
3	86,59	58,28	1,41	0,99
4	80,74	44,36	1,32	0,99
5	71,54	38,69	1,26	0,98
6	83,64	32,03	1,19	0,99
7	78,41	49,56	1,33	0,98
8	70,52	29,42	1,15	0,99
9	75,94	30,90	1,21	0,99
10	72,35	37,18	1,25	0,99
11	70,59	33,13	1,17	0,99
12	81,52	35,39	1,26	0,99
13	71,06	40,04	1,27	0,99
14	79,92	45,94	1,31	0,99
15	75,94	44,12	1,24	0,98
16	63,73	61,25	1,20	0,99

Cuadro 34. Peso seco (gms) de raíces en las cuatro capas de cada tratamiento.

Tratamiento	CAPAS I	II	III	IV	Total
1	1,9257	0,7064	0,7475	0,5730	3,9526
2	1,2494	0,6901	0,8434	0,9153	4,6982
3	3,1810	1,4208	1,6230	1,9538	8,1786
4	2,6847	1,2780	1,9835	2,0121	7,9585
5	2,5027	0,9039	1,0406	1,2598	5,7070
6	1,5610	0,6720	0,9485	1,6775	4,8590
7	3,3638	0,7400	0,9977	0,9733	6,0738
8	1,9972	0,5736	0,6771	1,0199	4,2678
9	4,1336	1,0198	1,1040	2,0880	8,3454
10	2,9317	0,0875	0,8225	0,0361	3,8778
11	2,7701	1,3074	0,1463	0,0257	4,2495
12	2,5162	0,7389	0,5333	0,8006	4,5890
13	2,4512	0,9220	0,9804	0,9953	5,3489
14	2,6727	1,2518	0,8646	0,7131	5,5022
15	2,4286	1,1433	0,6012	0,7601	4,9332
16	1,2464	0,1497	0,0450	0,0000	1,4411

Cuadro 35. Análisis de varianza para peso seco de raíces.

F.V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculada
Tratamiento	15	4,00	0,27	2,64*
Capa	3	9,90	3,30	32,20*
	9	10,89	1,21	11,80*
T x C	45	4,21	0,09	0,91
T x P	135	2,36	0,01	0,17
C x P	27	26,50	0,98	9,57
T x C x P	405	7,56	0,01	0,18
Error Experimen.	639	65,52	0,10	

* 5% de probabilidad

Cuadro 36. Prueba de Duncan para peso seco de raíces en los tratamientos.

Tratamiento	Peso de raíces (gms)	TRATAMIENTO 16 0,0339	1 0,1002	11 0,1057	2 0,1059	8 0,1073	12 0,1146	6 0,1207	15 0,1233	10 0,1246	13 0,1348	14 0,1376	5 0,1430	7 0,1511	3 0,1999	9 0,2087	4 0,2087
4	0,2087	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
9	0,2087	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NNS	NS	NS	NS	NS	NS	0	
3	0,1999	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0		
7	0,1511	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0			
5	0,1430	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0				
14	0,1376	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0					
13	0,1348	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0						
10	0,1246	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0							
15	0,1233	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0								
6	0,1207	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0									
12	0,1146	NS	NS	NS	NS	NS	0										
8	0,1073	NS	NS	NS	NS	0											
2	0,1059	NS	NS	NS	0												
11	0,1057	NS	NS	0													
1	0,1002	NS	0														
16	0,0339	0															

* 5% de probabilidad

NS = No significativo

Cuadro 37. Prueba de Duncan para peso seco de raíces en las distintas capas de todos los tratamientos.

Capas	Peso de raíces	3 0,0870	2 0,0895	4 0,1004	1 0,2532
1	0,2532	*	*	*	0
4	0,1004	NS	NS	0	
2	0,0895	NS	0		
3	0,0870	0			

* 5% de probabilidad

NS = No significativo

Cuadro 38. Prueba de Duncan para peso de raíces en la columna vertical de todas las capas y en todos los tratamientos.

Posi-ciones	Peso de raíces (gms)	P O S I C I O N E S									
		1 0,0799	2 0,0892	4 0,0961	3 0,0971	10 0,1018	9 0,1094	7 0,1138	8 0,1152	5 0,2596	6 0,2631
6	0,2631	*	*	*	*	*	*	*	*	NS	0
5	0,2596	*	*	*	*	*	*	*	*	0	
8	0,1152	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0		
7	0,1138	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0			
9	0,1094	NS	NS	NS	NS	NS	0				
10	0,1018	NS	NS	NS	NS	0					
3	0,0971	NS	NS	NS	0						
4	0,0961	NS	NS	0							
2	0,0892	NS	0								
1	0,0799	0									

* 5% de probabilidad

NS = No significativo

Cuadro 39. Valores reales y estimados del peso seco de raíces de las capas I y II (compactadas I y II).

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,22	0,12
2,0	0,05	0,12
3,6	0,29	0,16
3,6	0,14	0,16
6,5	0,26	0,19
6,5	0,14	0,19
11,7	0,25	0,17
11,7	0,09	0,17
21,0	0,15	0,09
21,0	0,06	0,09

Cuadro 40. Valores reales y estimados del peso seco de raíces de las capas III y IV (I y II compactadas).

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,08	0,08
2,0	0,06	0,08
3,6	0,16	0,13
3,6	0,19	0,13
6,5	0,19	0,17
6,5	0,22	0,17
11,7	0,10	0,17
11,7	0,12	0,17
21,0	0,09	0,10
21,0	0,16	0,10

Cuadro 41. Valores reales y estimados del peso seco de las raíces de las capas I y II (III y IV compactadas).

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,33	0,14
2,0	0,07	0,14
3,6	0,19	0,14
3,6	0,06	0,14
6,5	0,41	0,15
6,5	0,10	0,15
11,7	0,29	0,17
11,7	0,08	0,17
21,0	0,27	0,18
21,0	0,13	0,18

Cuadro 42. Valores reales y estimados del peso seco de las raíces de las capas III y IV (compactadas III y IV).

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,09	0,07
2,0	0,09	0,07
3,6	0,06	0,14
3,6	0,10	0,14
6,5	0,11	0,14
6,5	0,20	0,14
11,7	0,08	0,04
11,7	0,03	0,04
21,0	0,01	0,00
21,0	0,00	0,00

Cu dro 43. Valores reales y estimados del peso seco de las raíces de las capas I y II (todo compactado).

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,27	0,11
2,0	0,05	0,11
3,6	0,24	0,17
3,6	0,09	0,17
6,5	0,26	0,19
6,5	0,12	0,19
11,7	0,24	0,14
11,7	0,11	0,14
21,0	0,12	0,04
21,0	0,01	0,04

Cuadro 44. Valores reales y estimados del peso seco de las raíces de las capas III y IV (todo compactado).

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,05	0,07
2,0	0,08	0,07
3,6	0,09	0,08
3,6	0,09	0,08
6,5	0,08	0,08
6,5	0,07	0,08
11,7	0,06	0,06
11,7	0,07	0,06
21,0	0,00	0,00
21,0	0,01	0,00

Cuadro 45. Valores reales y estimados del peso seco de las raíces de cuatro capas cuando todas están compactadas.

Resistencia a la penetrabilidad	Valor real (gms)	Valor estimado (gms)
2,0	0,27	0,08
2,0	0,05	0,08
3,6	0,24	0,13
3,6	0,09	0,13
6,5	0,26	0,14
6,5	0,12	0,14
11,7	0,24	0,08
11,7	0,11	0,08
21,0	0,12	0,01
21,0	0,01	0,01

Cuadro 46. Tasa de difusión de oxígeno durante cinco semanas y valores mínimos y máximos absolutos.

Tratamiento	2	4	6	8	10	Σ	$\bar{X}$	s	Absoluto Mínimo	Absoluto Máximo
1	61,42	35,38	31,56	39,72	33,02	201,10	40,22	12,25	31,56	61,42
2	45,90	37,61	31,14	27,94	38,89	181,48	36,29	7,02	27,94	45,90
3	39,65	40,04	34,54	40,59	42,37	197,19	39,43	2,93	34,54	42,37
4	43,18	40,57	33,43	48,71	45,02	210,91	42,18	5,72	33,43	48,71
5	36,87	34,63	38,05	42,37	38,89	190,81	38,16	2,85	34,63	42,37
6	29,38	40,27	34,56	35,18	40,64	180,03	36,00	4,65	29,38	40,64
7	41,14	33,56	40,17	44,08	46,67	205,62	41,12	4,94	33,56	46,67
8	39,65	33,32	35,02	37,07	40,59	185,64	37,12	3,05	33,32	40,59
9	50,74	36,61	27,58	37,09	37,88	189,90	37,98	8,27	27,58	50,74
10	47,54	32,80	36,55	37,07	39,72	193,68	38,73	5,51	32,80	47,54
11	43,56	47,15	39,68	47,57	42,37	220,33	44,06	3,32	39,68	47,57
12	37,91	38,80	37,99	46,00	43,29	203,99	40,79	3,66	37,99	46,00
13	50,92	34,83	37,04	46,00	46,67	215,46	43,09	6,85	34,83	50,92
14	34,61	39,33	36,23	37,88	38,10	186,15	37,23	1,83	34,61	39,33
15	47,10	33,90	31,43	31,11	33,02	176,56	33,31	6,69	31,11	47,10
16	27,65	41,27	36,88	38,89	40,59	185,28	37,05	5,52	27,65	41,27

Cuadro 47. Análisis de varianza para la tasa de difisión de oxígeno de todos los tratamientos a diferentes niveles de resistencia a la penetración.

F. V.	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculada	Ft 1%	Ft 5%
Repeticiones (semanas)	4	500,21	125,05	4,38		
Tratamientos	15	520,06	34,67	1,21		
Error	60	1710,15	28,50			
Total	79	2730,43				

Cuadro 48. Características físicas de una lámina de suelo de 12,5 cm en la prueba inicial de compactación, promedio de 4 repeticiones, para todos los tratamientos.

Tratamiento	Resistencia a la penetrabilidad $\bar{X}$	s	Succión centibares	Humedad volumétrica %	Densidad aparente gms/c.c.	Porosidad total %	Espacio aéreo %
1	0,00	0,00	10,0	41,3	0,695		
2	2,00	1,16	20,0	41,55	0,847	66,8	25,25
3	3,66	0,47	20,0	40,5	0,874	64,5	24,00
4	6,50	0,29	20,0	39,7	0,975	60,4	20,70
5	11,5	0,16	20,0	40,7	0,971	60,5	19,80
6	21,0	1,12	10,0	48,9	1,214	50,7	1,80
7	0,0	0,00	12,0	37,80	0,757	69,3	31,40
8	0,0	0,00	12,0	38,3	0,807	67,2	28,90
9	0,0	0,00	10,0	42,3	0,658	73,3	31,00
10	0,0	0,00	10,0	51,2	0,764	68,9	17,70
11	0,0	0,00	12,0	38,5	0,735	70,1	31,60
12	2,0	0,15	12,0	38,9	0,743	69,8	30,90
13	3,6	0,22	14,0	40,70	0,971	60,5	19,80
14	6,5	0,72	12,0	41,00	0,981	60,1	19,10
15	11,6	0,82	12,0	41,20	0,977	60,3	19,10
16	21,0	1,15	10,0	48,9	1,198	51,3	2,40

Cuadro 49. Características físicas, promedios de 4 repeticiones, para todas las capas y todos los tratamientos al final del experimento.

Tratamiento	Capa	Densidad aparente gms/c.c.	Porosidad total %	Humedad volumétrica %	Espacio aéreo %	Humedad gravimétrica %	Resistencia a la penetrabilidad bares
1	1	0,665	73,0	41,77	31,22	61,66	0,00
	2	0,775	68,52	53,40	15,12	60,00	0,28
	3	0,838	65,95	41,92	24,02	51,33	1,14
	4	0,795	67,67	42,40	25,27	55,00	1,14
2	1	0,827	66,37	37,31	29,06	51,00	2,00
	2	0,822	66,57	38,38	28,18	47,50	2,00
	3	0,773	68,60	37,47	31,12	50,00	0,00
	4	0,782	68,22	37,03	31,18	49,00	1,14
3	1	0,915	62,82	42,52	20,30	48,50	3,60
	2	0,891	63,80	40,25	23,55	44,00	3,60
	3	0,782	68,22	35,85	32,37	46,66	1,14
	4	0,778	68,37	33,17	35,20	43,00	1,14
4	1	0,876	64,42	32,25	32,17	45,75	6,50
	2	0,889	63,85	32,67	31,17	39,66	6,50
	3	0,802	67,40	37,55	29,85	43,25	1,14
	4	0,789	67,92	37,92	30,00	45,33	1,14
5	1	0,954	61,20	42,65	18,55	42,00	11,80
	2	0,956	61,15	42,07	19,07	42,25	11,80
	3	0,710	71,12	36,82	34,30	48,50	1,14
	4	0,729	70,37	36,95	33,42	48,50	1,14

Continúa .....

Cuadro 49 (continuación)

Tratamiento	Capa	Densidad aparente gms/c.c.	Porosidad total %	Humedad volumétrica %	Espacio aéreo %	Humedad gravimétrica %	Resistencia a la penetrabilidad bares
6	1	1,154	53,07	47,77	5,30	41,75	21,05
	2	1,138	53,75	56,50	0,00	42,25	21,30
	3	0,794	67,72	43,62	24,10	46,50	1,14
	4	0,822	66,57	42,57	24,00	50,00	1,14
7	1	0,735	70,12	46,98	23,13	45,66	0,00
	2	0,752	69,42	40,73	28,68	50,00	1,14
	3	0,827	66,40	40,42	25,97	43,00	2,00
	4	0,834	66,10	39,05	27,05	48,33	2,00
8	1	0,717	70,87	51,02	19,40	68,50	0,00
	2	0,723	70,57	51,67	18,90	61,50	1,14
	3	0,900	63,40	37,47	25,92	42,25	3,60
	4	0,887	63,95	38,37	25,57	45,25	3,60
9	1	0,756	69,30	36,80	32,50	49,00	0,00
	2	0,758	69,20	37,27	31,92	48,50	0,85
	3	0,865	64,82	34,42	30,40	44,00	6,52
	4	0,934	62,06	35,85	26,20	38,75	6,47
10	1	0,760	69,10	35,17	33,92	46,00	0,00
	2	0,758	69,17	34,55	34,62	45,25	1,14
	3	0,953	61,25	42,25	19,00	42,75	11,67
	4	0,964	60,82	42,62	18,20	42,66	11,77
11	1	0,725	70,55	34,25	36,30	45,25	0,00
	2	0,750	69,50	34,10	35,40	44,25	1,14
	3	1,166	52,62	48,27	4,40	42,00	21,11
	4	1,211	51,67	51,55	1,00	42,75	21,95

Continúa ...

Cuadro 49 (continuación)

Tratamiento	Capa	Densidad aparente gms/c.c.	Porosidad total %	Humedad volumétrica %	Espacio aéreo %	Humedad gravimétrica %	Resistencia a la penetrabilidad bares
12	1	0,824	66,50	40,41	26,08	43,66	1,77
	2	0,824	66,52	41,90	24,62	45,33	1,60
	3	0,841	65,80	42,27	23,56	44,00	1,62
	4	0,803	67,35	40,75	26,60	45,50	1,65
13	1	0,896	63,60	39,30	24,50	45,00	3,60
	2	0,906	63,17	40,02	23,15	44,00	3,65
	3	0,926	62,37	41,75	20,62	45,75	3,65
	4	0,910	63,00	41,70	21,30	44,25	3,68
14	1	0,972	60,50	39,62	20,87	40,50	6,47
	2	0,977	60,30	36,37	23,92	37,25	6,55
	3	0,985	59,97	39,17	20,80	40,00	6,62.
	4	0,970	60,55	38,10	22,45	39,50	6,75
15	1	0,958	61,05	42,02	19,025	43,25	11,67
	2	0,957	61,12	43,65	17,47	44,50	11,67
	3	0,952	61,30	43,10	18,20	43,75	11,67
	4	0,958	61,07	41,77	19,30	41,75	11,54
16	1	1,179	52,07	47,62	4,45	40,25	20,95
	2	1,196	51,37	49,75	1,95	41,75	21,00
	3	1,153	53,12	49,15	4,15	40,75	21,53
	4	1,199	51,25	49,52	2,05	44,50	21,40

Cuadro 50. Análisis de correlación entre características físicas observadas en cada una de las 4 capas de todos los tratamientos.

Características correlacionadas	Coeficiente de correlación (r)
CAPA Nº 1	
Resistencia a la penetrabilidad vs densidad aparente	0,91
Resistencia a la penetrabilidad vs porosidad total	- 0,91
CAPA Nº 2	
Resistencia a la penetrabilidad vs densidad aparente	0,90
Resistencia a la penetrabilidad vs porosidad total	- 0,90
CAPA Nº 3	
Resistencia a la penetrabilidad vs densidad aparente	0,89
Resistencia a la penetrabilidad vs porosidad total	- 0,89
Densidad aparente vs porosidad total	- 0,99
CAPA Nº 4	
Resistencia a la penetrabilidad vs densidad aparente	0,92
Resistencia a la penetrabilidad vs porosidad total	- 0,92
TOTAL DE LAS 4 CAPAS	
Resistencia a la penetrabilidad vs densidad aparente	0,91
Resistencia a la penetrabilidad vs porosidad total	- 0,90

Cuadro 51. Valores reales y estimados para la densidad aparente en función de la resistencia a la penetración. En todas las capas y para todos los tratamientos.

Resistencia a la penetrabilidad (bares)	Densidad Aparente Valor real (gms/c.c.)	Valor estimado (gms/c.c.)
0,01	0,72	0,77
1,14	0,75	0,79
1,20	0,88	0,79
2,00	0,82	0,81
3,60	0,91	0,84
3,65	0,94	0,84
3,66	0,96	0,84
3,70	0,89	0,84
6,50	0,88	0,89
6,60	0,90	0,89
11,18	0,97	0,98
11,50	0,94	0,99
11,60	0,95	0,99
11,70	0,95	0,99
11,80	0,93	0,99
21,05	1,17	1,17
21,20	1,15	1,17
22,00	1,15	1,18

Cuadro 52. Valores reales y estimados de la porosidad total en función de la resistencia a la penetración para todas las capas y todos los tratamientos.

Resistencia a la penetrabilidad	% Porosidad total	
	Valor real	Valor estimado
0,01	70,50	68,52
1,14	69,50	67,67
1,20	64,20	67,62
2,00	66,50	67,01
3,60	62,70	65,80
3,65	61,80	65,76
3,66	60,90	65,75
3,70	63,80	65,72
6,50	63,90	63,59
6,60	63,30	63,52
11,18	60,30	60,04
11,50	61,40	59,79
11,60	61,30	59,72
11,70	61,10	59,64
11,80	61,80	59,57
21,05	52,20	52,54
21,20	52,90	52,42
22,00	53,00	51,82

Cuadro 53. Regresión cuadrática para el peso de las raíces en función de la densidad aparente.

Rendimientos de capas I y II (compactadas I y II).

$Y = 14,870960 + 35,654953X - 18,915344X^2$ $R^2 = 12,46$

Rendimientos de capas III y IV (compactadas I y II).

$Y = 0,348316 + 0,162263X + 1,563951X^2$ $R^2 = 4,52$

Rendimientos de capas I y II (compactadas III y IV).

$Y = 28,188266 + 82,647796X - 56,2907118X^2$ $R^2 = 5,53$

Rendimientos de capas III y IV(compactadas III y IV).

$Y = 0,328345 + 3,634411X - 3,214045X^2$ $R^2 = 38,95$

Rendimientos de capas I y II (todo compactado).

$Y = 9,615858 + 25,356628X - 14,035081$ $R^2 = 23,75$

Rendimientos de capas III y IV (todo compactado).

$Y = 4,714113 + 12,901849X - 7,504503X^2$ $R^2 = 63,71$

Rendimientos de capas I, II, III y IV(todo compactado).

$Y = 6,160554 + 17,143379X - 9,807697X^2$ $R^2 = 18,98$

Cuadro 54. Ecuaciones de regresión del rendimiento en función de la densidad aparente.

Rendimiento en los tratamientos cuando las dos capas superiores están compactadas:

$$Y = 84,913025\ e^{-1,407384X}\ X^{1,274485} \qquad R^2 = 0,29$$

Rendimiento en los tratamientos cuando las dos capas inferiores están compactadas:

$$Y = 1,33139,\ 841819^{-6,64839X}\ X^{5,536899} \qquad R^2 = 21,10$$

Rendimiento en los tratamientos cuando todas las capas del perfil aparecen compactadas:

$$Y = 9152560656384,000044^{-26,892028X}\ X^{24,120441} \qquad R^2 = 68,31$$

Cuadro 55. Límites promedios de consistencia y porcentaje de humedad gravimétrica a capacidad de campo en el suelo serie "La Margot", fase normal. Resultados obtenidos a humedad de campo.

Consistencia del suelo	Porcentaje de humedad gravimétrica				
	Repeticiones				
	1	2	3	$\bar{X}$	s
Límite líquido	96,0	96,5	98,5	97,0	1,32
Punto adhesivo	81,7	82,6	80,2	81,5	1,21
Límite inferior de plasticidad	69,2	67,8	68,0	68,33	0,76
Capacidad de campo en el suelo sin alterar:			48%		
Capacidad de campo en el suelo alterado:			52%		

$\bar{X}$ = Valor medio

s = Desviación estándar

de presión al suelo sin disturbar.

tencia a la etración bares) s	Succión (Centi-bares)	Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
	CAPACIDAD DE CAMPO = 48% de Humedad					
2,86	26	46,0	0,8962	41,62	63,57	21,95
1,36	20	50,0	0,9746	49,19	60,38	11,19
2,52	28	42,0	1,0175	42,38	58,64	16,26
0,59	23	48,0	0,9473	45,42	61,64	16,22
2,18	20	50,0	0,8919	44,90	63,74	18,84
	23,4	47,2	0,9455		61,59	16,89
1,20	24	49,0	0,8635	42,43	64,90	22,47
1,00	26	45,0	0,9853	44,55	59,95	15,40
0,79	26	46,0	0,9661	44,49	60,73	16,24
0,95	18	53,0	0,8977	47,42	63,51	16,09
0,70	29	41,0	1,0360	42,69	57,89	15,20
	24,6	46,8	0,9497		61,40	17,08

car 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo sin disturbar.

0%*			CAPACIDAD DE CAMPO = 48% de Humedad					
ción ti- ares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi- bares)	Humedad gravi- métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu- métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
	11,03	1,04	20	50,0	0,8991	44,81	63,0	18,19
	11,44	0,95	24	46,0	0,9322	43,16	62,0	18,84
	11,33	1,50	21	49,0	0,9311	45,91	62,0	16,09
	1,35	2,00	32	35,0	0,9806	34,37	60,0	25,63
	94	1,16	16	56,0	0,7477	41,51	70,0	28,49
	21		22,6	47,2	0,8981		63,4	21,45
	73	1,59	22	48,0	0,9757	46,38	60,0	13,62
	1	2,16	19	52,0	0,9223	47,77	53,0	5,23
	4	0,64	18	53,0	0,9102	48,55	53,0	4,45
	8	0,91	30	39,0	0,9493	36,66	61,0	24,34
	0	1,73	16	56,0	0,9007	50,32	53,0	12,68
	0		21,0	49,6	0,9316		58,0	12,06

Cuadro 58. Resultados de la aplicación de 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo sin disturbar.

Grupo		HUMEDAD INICIAL = 48%* Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centibares)	CAPACIDAD DE CAMPO = 48% de Humedad Humedad gravimétrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volumétrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
III - 1		6,88	0,77	25	42,0	1,0711	44,80	56,0	14,0
0,5 bar de presión	2	7,60	0,64	14	52,0	0,9554	49,80	61,0	9,0
	3	6,76	1,09	10	59,0	0,8767	52,00	64,0	5,0
	4	7,26	0,59	12	53,0	0,8466	44,84	66,0	13,0
	5	8,81	0,48	13	57,0	0,9310	52,66	62,0	5,0
	$\bar{X}$	7,47		14,8	52,6	0,9362		61,8	9,2
III - 1		8,40	3,68	12	53,0	0,8636	45,90	65,0	12,0
1,0 bar de presión	2	8,40	2,18	12	53,0	0,9729	51,43	60,0	7,0
	3	7,79	1,66	11	52,0	0,9608	49,81	61,0	9,0
	4	9,60	0,66	12	53,0	0,8156	43,10	67,0	14,0
	5	7,83	0,93	10	56,0	0,8928	49,57	64,0	8,0
	$\bar{X}$	8,40		11,4	53,4	0,9011		63,4	10,0

* Capacidad de campo

r 0,5 y 1,0 bar de presión a suelos sin disturbar.

+4%			CAPACIDAD DE CAMPO = 48% de Humedad					
Succión (Centi-bares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión3 (Centi-bares)	Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
0	10,99	0,84	20	48,0	0,9151	44,35	63,0	18,65
	10,01	0,91	13	54,0	0,9937	53,25	60,0	6,75
	9,51	0,59	16	50,0	0,9595	48,32	61,0	12,68
	8,65	1,00	18	52,0	0,9905	51,63	60,0	8,37
	11,30	0,61	23	46,0	0,9963	41,29	59,0	17,71
	10,08		18	50,0	0,9710		60,6	12,83
	11,99	0,84	16	45,0	0,9638	43,33	61,0	17,67
	11,65	2,54	14	48,0	1,0090	48,90	59,0	10,10
	12,76	1,88	22	34,0	0,9441	32,31	62,0	29,69
	10,62	1,14	15	47,0	0,9545	44,87	61,0	16,13
	12,92	1,57	12	51,0	0,9516	48,35	61,0	12,65
	11,98		15,8	45,0	0,9646		60,8	17,25

e de aplicar 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo sin disturbar.

36%			CAPACIDAD DE CAMPO = 48% de Humedad					
Succión (Centi-bares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi-bares)	Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
42	9,81	1,61	20	52,0	0,8275	42,78	66,0	23,22
46	10,58	1,07	12	63,0	0,8919	55,80	64,0	8,20
44	9,13	0,93	15	59,0	0,4015	53,31	63,0	9,69
40	9,85	1,43	18	53,0	0,9238	48,93	62,0	13,07
40	9,38	0,64	18	53,0	0,9531	50,79	61,0	10,21
42,4	9,74		16,6	56,0	0,8996		63,2	12,88
42	12,03	0,61	20	48,0	1,0265	48,93	58,0	9,07
44	11,69	1,77	17	52,0	0,9928	51,92	60,0	8,08
40	11,67	2,07	16	53,0	0,9766	51,69	60,0	8,31
41	11,35	1,43	17	52,0	0,9876	50,90	60,0	9,10
44	10,67	1,20	18	50,0	0,9540	48,00	61,0	13,00
42,2	11,48		17,6	51,0	0,9875		59,8	9,51

e de aplicar 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo sin disturbar.

36%			CAPACIDAD DE CAMPO = 48% de Humedad					
Succión (Centi-bares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi-bares)	Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
42	9,81	1,61	20	52,0	0,8275	42,78	66,0	23,22
46	10,58	1,07	12	63,0	0,8919	55,80	64,0	8,20
44	9,13	0,93	15	59,0	0,4015	53,31	63,0	9,69
40	9,85	1,43	18	53,0	0,9238	48,93	62,0	13,07
40	9,38	0,64	18	53,0	0,9531	50,79	61,0	10,21
42,4	9,74		16,6	56,0	0,8996		63,2	12,88
42	12,03	0,61	20	48,0	1,0265	48,93	58,0	9,07
44	11,69	1,77	17	52,0	0,9928	51,92	60,0	8,08
40	11,67	2,07	16	53,0	0,9766	51,69	60,0	8,31
41	11,35	1,43	17	52,0	0,9876	50,90	60,0	9,10
44	10,67	1,20	18	50,0	0,9540	48,00	61,0	13,00
42,2	11,48		17,6	51,0	0,9875		59,8	9,51

ɔación de 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo disturbado.

= 68%*			CAPACIDAD DE CAMPO = 52% de Humedad					
·ción ıti- ·es)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi- bares)	Humedad gravi- métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu- métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
ı	10,35	0,95	25	50,0	0,7886	39,68	67,94	28,26
;	10,24	1,25	24	51,0	0,7267	36,98	70,46	33,48
;	7,70	1,11	20	52,0	0,7196	37,27	70,75	33,48
ı	8,44	0,86	20	52,0	0,7138	36,94	70,98	34,04
i	7,11	0,82	24	51,0	0,7572	38,56	69,22	30,66
ı,6	8,77		22,6	51,2	0,7412		69,87	32,02
·	10,78	1,11	26	49,0	0,7593	36,86	69,13	32,27
·	8,85	0,98	26	48,0	0,7103	34,28	71,13	36,85
·	9,40	1,11	24	50,0	0,7083	35,59	71,21	35,62
·	11,10	1,54	22	52,0	0,7470	39,13	69,63	30,50
·	8,35	1,34	25	49,0	0,8208	40,49	66,63	26,14
	9,70		24,6	49,6	0,7491		69,54	32,28

s de la aplicación de 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo disturbado.

ᵀAL = 60%			CAPACIDAD DE CAMPO = 52% de Humedad					
Succión (Centi-bares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi-bares)	Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
16	2,34	0,23	23	55,0	0,5731	31,30	76,70	45,40
16	2,95	0,43	24	54,0	0,6105	32,27	75,18	41,91
14	2,95	0,15	24	54,0	0,6120	33,07	75,12	42,05
15	3,41	0,34	22	56,0	0,6172	34,54	74,91	40,37
16	3,41	0,23	23	55,0	0,6021	33,24	75,52	42,28
15,53	3,01		23,2	54,8	0,6030		75,48	42,40
16	6,47	0,23	24	54,0	0,6330	34,40	74,27	39,87
14	6,13	0,45	24	54,0	0,6103	32,78	75,19	42,41
16	5,15	0,54	18	68,0	0,5815	39,82	76,36	36,54
17	5,45	0,02	24	54,0	0,6094	32,72	75,23	42,51
17	5,22	0,05	25	53,0	0,6222	33,21	74,71	41,50
16	5,68		23	56,6	0,6113		75,15	40,57

Cuadro 63. Resultados de la aplicación de 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo disturbado.

Grupo		HUMEDAD INICIAL = 52%* Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi-bares)	CAPACIDAD DE CAMPO = 52% de Humedad Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
III - 1		3,47	1,00	27	53,0	0,5894	31,46	76,04	44,58
0,5 bar de presión	2	4,11	0,43	24	54,0	0,6745	36,15	72,58	36,43
	3	4,79	0,50	26	52,0	0,6487	33,70	73,63	39,93
	4	3,16	2,13	24	54,0	0,6024	32,55	75,51	42,96
	5	4,54	0,23	24	54,0	0,6752	36,23	72,55	36,32
	$\bar{X}$	4,01		25	53,4	0,6380		74,06	40,04
III - 1		4,84	0,11	26	51,0	0,6741	34,60	72,60	38,00
1,0 bar de presión	2	5,81	0,41	24	52,0	0,6754	35,44	72,54	37,10
	3	5,68	0,02	28	49,0	0,7309	35,59	70,29	34,70
	4	5,54	0,25	26	51,0	0,6944	35,36	71,77	36,41
	5	5,04	0,52	26	51,0	0,6929	35,41	71,83	36,42
	$\bar{X}$	5,38		26	50,8	0,6935		71,80	36,53

* Capacidad de campo

s de la aplicación de 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo disturbado.

44%			CAPACIDAD DE CAMPO = 52% de Humedad					
ıcción (enti- ıares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi- bares)	Humedad gravi- métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu- métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
66	4,54	0,25	26	53,0	0,6539	34,92	73,42	38,50
65	4,54	0,34	26	53,0	0,6831	35,94	72,23	36,29
64	3,65	0,50	24	54,0	0,6941	37,71	71,78	34,07
64	4,97	0,52	27	52,0	0,6662	34,92	72,92	38,00
66	4,86	0,54	24	54,0	0,6702	36,27	72,76	36,49
65	4,51		25,4	53,2	0,6735		72,62	36,67
64	5,68	0,02	24	52,0	0,6558	34,40	73,34	38,94
66	5,68	0,23	24	52,0	0,6958	36,23	71,72	35,49
64	4,59	1,00	25	54,0	0,6726	36,02	72,66	36,64
66	8,10	1,25	26	51,0	0,6886	35,33	72,01	36,68
64	6,31	0,64	24	52,0	0,6604	34,52	73,15	38,63
64,8	6,07		24,6	52,2	0,6746		72,57	37,28

cados de la aplicación de 0,5 y 1,0 bar de presión al suelo disturbado.

= 36%			CAPACIDAD DE CAMPO = 52% de Humedad					
Succión (Centi-bares)	Resistencia a la penetración (bares) $\bar{X}$	s	Succión (Centi-bares)	Humedad gravi-métrica %	Densidad aparente (gms/c.c.)	Humedad volu-métrica %	Porosidad total %	Espacio aéreo %
78	6,58	0,25	26	53,0	0,6999	37,18	71,55	34,37
79	2,77	0,86	27	52,0	0,7019	36,75	71,47	34,72
74	5,68	0,02	26	53,0	0,6377	33,62	74,08	40,46
76	4,54	0,11	22	55,0	0,6654	36,34	72,95	36,61
77	5,90	0,02	24	54,0	0,6517	34,98	73,51	38,53
76,8	5,09		25	53,4	0,6713		72,71	36,94
74	4,84	0,50	28	53,0	0,6625	35,24	73,07	37,83
78	4,06	0,36	27	54,0	0,6793	36,60	72,39	35,79
76	4,86	0,43	28	53,0	0,6436	34,43	73,84	39,41
78	4,68	0,73	25	56,0	0,7067	39,74	71,27	31,53
75	5,13	0,70	26	55,0	0,6596	36,43	73,19	36,76
76,2	4,71		26,8	54,2	0,6703		72,75	36,26

Cuadro Nº 66. Datos de resistencia a la penetración, resistencia al corte y porcentaje de humedad en 20 parcelas, en el campo de experimentación de los cultivos múltiples.

PARCELA I-1 Subparcela 1 Cultivos: Vegetación natural	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	5,28	0,53	0,12	0,03	50,0	1,0
En la	0,10	8,23	0,57	0,14	0,03	47,5	0,5
hilera	0,20	11,06	1,09	0,18	0,02	48,0	1,0
	0,30	9,67	2,04	0,22	0,02	42,0	0,0
	0,00	5,27	0,79	0,11	0,02	48,5	1,0
Entre	0,10	7 66	1,43	0,10	0,03	45,0	3,0
hileras	0,20	7,83	0,47	0,14	0,02	47,0	2,0
	0,30	10,21	0,87	0,27	0,03	41,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	7,20	2,14	0,25	0,02	40,0	1,0
En la	0,10	10,61	0,90	0,26	0,02	42,5	0,5
hilera	0,20	14,97	1,91	0,37	0,04	42,0	0,0
	0,30	14,98	2,79	0,33	0,03	40,5	2,5
	0,00	6,24	0,66	0,21	0,03	42,0	1,0
Entre	0,10	8,69	1,39	0,24	0,04	43,0	0,0
hileras	0,20	13,22	2,14	0,37	0,04	43,5	0,5
	0,30	13,61	1,60	0,29	0,03	43,0	0,0
Subparcela 2 Cultivos: Vegetación con chapia		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	6,81	0,93	0,19	0,02	47,0	0,0
En la	0,10	8,68	0,54	0,21	0,01	48,0	1,0
hilera	0,20	10,38	0,99	0,24	0,02	41,0	0,0
	0,30	13,16	0,56	0,28	0,03	36,5	3,5
	0,00	6,81	0,93	0,20	0,01	48,0	0,0
Entre	0,10	8,51	0,66	0,18	0,03	46,0	3,0
hileras	0,20	10,78	1,14	0,28	0,03	48,0	0,0
	0,30	11,92	0,65	0,28	0,02	43,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	11,06	1,09	0,25	0,02	40,0	1,0
En la	0,10	10,61	0,90	0,26	0,02	42,5	0,5
hilera	0,20	14,97	1,91	0,37	0,04	42,0	0,0
	0,30	14,98	2,79	0,33	0,03	40,5	1,5
	0,00	11,89	2,41	0,29	0,05	43,0	3,0
Entre	0,10	4.82	0,56	0,23	0,03	42,0	1,0
hileras	0,20	8,63	1,23	0,24	0,02	40,0	1,0
	0,30	10,21	1,85	0,27	0,03	41,0	3,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-1 Subparcela 3 Cultivos: Con pasto	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	7,49	0,55	0,16	0,01	46,5	1,5
En la	0,10	6,98	0,68	0,19	0,03	48,5	0,5
hilera	0,20	7,38	0,65	0,18	0,01	54,0	1,0
	0,30	8,51	0,66	0,18	0,02	44,0	1,0
	0,00	9,08	0,93	0,18	0,06	47,0	0,0
Entre	0,10	7,94	0,93	0,19	0,01	49,0	0,0
hileras	0,20	6,75	0,75	0,19	0,01	46,0	2,0
	0,30	12,48	1,85	0,25	0,02	37,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	24,47	2,78	0,48	0,07	33,5	1,5
En la	0,10	15,15	2,89	0,38	0,08	32,0	1,0
hilera	0,20	24,69	5,51	0,39	0,04	37,0	3,0
	0,30	16,45	3,41	0,41	0,11	38,0	2,0
	0,00	16,84	3,10	0,28	0,03	35,5	1,5
Entre	0,10	19,29	3,34	0,41	0,05	37,5	2,5
hileras	0,20	14,47	0,79	0,37	0,07	40,0	1,0
	0,30	18,45	1,09	0,36	0,06	33,0	3,0
Subparcela 4		ENERO-FEBRERO DE 1974					
Cultivos: sin vegetación	0,00	6,52	0,68	0,14	0,01	45,0	0,0
En la	0,10	6,41	0,54	0,21	0,02	48,0	0,0
hilera	0,20	9,08	0,37	0,18	0,02	41,0	1,0
	0,30	5,67	0,93	0,15	0,02	43,5	0,5
	0,00	4,42	0,44	0,31	0,45	44,5	0,5
Entre	0,10	7,38	0,65	0,14	0,02	45,0	1,0
hileras	0,20	7,09	1,09	0,20	0,03	43,0	0,0
	0,30	8,06	0,75	0,20	0,02	40,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	30,43	5,34	0,44	0,07	29,0	0,0
En la	0,10	20,03	3,51	0,50	0,04	36,0	0,0
hilera	0,20	17,14	1,91	0,45	0,08	39,5	1,5
	0,30	19,12	4,72	0,46	0,04	35,0	0,0
	0,00	21,00	4,64	0,34	0,14	33,5	0,5
Entre	0,10	15,32	3,11	0,34	0,08	39,0	1,0
hileras	0,20	11,56	1,30	0,31	0,02	40,0	1,0
	0,30	12,54	2,63	0,37	0,03	36,0	1,0

continúa ....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-17 Subparcela 1 Cultivos: Frijol	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	11,07	2,34	0,27	0,03	43,5	0,5
En la	0,10	11,07	1,09	0,33	0,03	42,0	0,0
hilera	0,20	9,54	1,54	0,27	0,03	44,5	0,5
	0,30	19,58	1,94	0,48	0,06	43,5	0,5
	0,00	4,95	1,20	0,22	0,02	43,0	0,0
Entre	0,10	11,92	1,46	0,39	0,04	43,0	1,0
hileras	0,20	9,54	1,23	0,30	0,02	43,5	0,5
	0,30	14,53	1,34	0,36	0,05	43,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	15,61	2,52	0,27	0,05	35,5	1,5
En la	0,10	21,96	1,59	0,43	0,09	37,0	0,0
hilera	0,20	14,85	0,81	0,41	0,05	36,0	0,0
	0,30	23,44	2,37	0,45	0,07	37,0	1,0
	0,00	13,62	2,78	0,30	0,02	34,0	1,0
Entre	0,10	18,61	5,89	0,34	0,06	34,0	0,0
hileras	0,20	18,16	2,45	0,35	0,10	36,0	1,0
	0,30	26,95	1,08	0,37	0,08	38,0	0,0
Subparcela 2		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	3,58	0,50	0,15	0,02	49,5	0,0
En la	0,10	12,26	0,77	0,33	0,05	45,0	0,0
hilera	0,20	10,61	1,22	0,30	0,04	45,5	0,5
	0,30	8,80	1,48	0,28	0,02	45,5	0,0
	0,00	2,16	0,22	0,08	0,03	51,0	1,0
Entre	0,10	12,88	1,07	0,29	0,04	47,0	1,0
hileras	0,20	9,20	0,95	0,34	0,03	45,5	1,5
	0,30	8,80	0,67	0,24	0,02	49,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	22,87	3,06	0,42	0,04	32,0	0,0
En la	0,10	24,57	5,43	0,50	0,11	37,5	0,5
hilera	0,20	23,44	4,36	0,37	0,05	39,0	0,0
	0,30	17,03	2,45	0,38	0,04	43,0	3,0
	0,00	25,37	8,01	0,44	0,04	35,0	0,0
Entre	0,10	24,23	4,70	0,60	0,01	35,0	0,0
hileras	0,20	19,30	1,60	0,37	0,03	39,0	0,0
	0,30	17,19	1,29	0,42	0,03	41,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-17 Subparcela 3 Cultivos: Frijol	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	9,59	1,04	0,20	0,05	37,5	0,5
En la	0,10	9,99	1,87	0,26	0,09	46,5	0,5
hilera	0,20	7,49	1,30	0,23	0,02	45,5	0,5
	0,30	18,90	2,33	0,34	0,04	48,5	0,5
	0,00	7,95	1,61	0,13	0,02	39,0	0,0
Entre	0,10	3,98	0,65	0,18	0,04	46,0	1,0
hileras	0,20	11,75	1,29	0,29	0,04	48,0	1,0
	0,30	15,78	0,75	0,30	0,06	47,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	28,66	2,98	0,41	0,07	30,0	1,0
En la	0,10	41,25	2,64	0,94	0,04	37,0	1,0
hilera	0,20	29,79	3,63	0,96	0,05	38,0	0,0
	0,30	25,37	3,74	0,86	0,11	37,0	0,0
	0,00	24,12	6,89	0,42	0,08	26,0	3,0
Entre	0,10	30,73	6,86	0,63	0,03	38,0	1,0
hileras	0,20	23,95	1,50	0,76	0,07	38,5	0,5
	0,30	20,72	1,43	0,64	0,09	41,0	1,0
Subparcela 4		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	8,91	1,64	0,19	0,02	52,0	3,0
En la	0,10	13,11	1,33	0,41	0,05	42,5	0,5
hilera	0,20	10,39	1,88	0,41	0,05	43,5	0,5
	0,30	11,35	1,60	0,36	0,05	43,5	0,5
	0,00	8,29	1,30	0,27	0,02	41,0	1,0
Entre	0,10	11,81	1,23	0,40	0,05	44,0	1,0
hileras	0,20	8,23	2,84	0,36	0,07	44,5	1,5
	0,30	10,79	1,14	0,30	0,02	44,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	55,05	18,36	0,97	0,07	25,5	1,5
En la	0,10	23,95	2,00	0,64	0,10	35,5	0,5
hilera	0,20	27,86	2,03	0,85	0,11	35,0	1,0
	0,30	25,14	4,16	1,00	0,00	34,0	0,0
	0,00	39,42	3,86	0,56	0,04	37,0	1,0
Entre	0,10	32,63	5,02	0,82	0,14	30,0	1,0
hileras	0,20	28,54	2,48	0,79	0,09	35,5	0,5
	0,30	37,85	10,26	1,00	0,00	36,5	0,5

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-37 Subparcela 3 Cultivos:Frijol-Arroz - Maíz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	6,92	0,44	0,14	0,02	52,0	5,0
En la	0,10	9,65	1,47	0,27	0,04	51,5	0,5
hilera	0,20	8,80	0,57	0,21	0,01	54,0	3,0
	0,30	8,45	0,65	0,25	0,01	49,5	1,5
	0,00	5,67	0,93	0,19	0,03	52,0	1,0
Entre	0,10	8,51	0,66	0,27	0,02	48,0	4,0
hileras	0,20	9,19	0,95	0,23	0,01	41,5	0,5
	0,30	8,91	0,68	0,26	0,01	42,0	4,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	15,60	1,70	0,42	0,05	38,0	0,0
En la	0,10	20,72	1,70	0,54	0,02	39,0	0,0
hilera	0,20	18,73	4,20	0,45	0,06	39,0	0,0
	0,30	13,90	1,70	0,47	0,02	44,5	0,5
	0,00	10,61	1,22	0,30	0,05	38,0	0,0
Entre	0,10	14,85	2,32	0,37	0,05	40,5	0,5
hileras	0,20	13,79	1,79	0,34	0,03	41,0	0,0
	0,30	12,48	0,93	0,43	0,05	48,0	0,0
Subparcela 4 Cultivos:Frijol-		ENERO-FEBRERO DE 1974					
Maíz-Arroz	0,00	6,98	1,15	0,18	0,02	50,0	9,0
En la	0,10	12,94	2,30	0,29	0,06	49,0	0,0
hilera	0,20	11,29	1,57	0,28	0,02	42,0	4,0
	0,30	7,32	1,15	0,30	0,03	54,0	1,0
	0,00	11,35	0,93	0,29	0,02	51,5	0,5
Entre	0,10	12,83	0,75	0,28	0,03	55,0	1,0
hileras	0,20	11,52	0,79	0,28	0,02	50,0	3,0
	0,30	10,16	0,84	0,31	0,03	46,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	21,96	1,59	0,40	0,03	39,0	0,0
En la	0,10	16,16	0,94	0,54	0,06	41,0	0,0
hilera	0,20	16,80	0,64	0,48	0,07	39,5	0,5
	0,30	17,59	1,47	0,59	0,04	39,5	0,5
	0,00	16,97	1,72	0,37	0,02	40,5	0,5
Entre	0,10	12,77	1,71	0,56	0,02	40,5	0,5
hileras	0,20	16,11	1,77	0,52	0,04	40,0	1,0
	0,30	18,39	2,79	0,58	0,04	41,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-39 Subparcela 1 Cultivos:Frijol Maíz Camote	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	9,25	0,77	0,28	0,02	35,5	4,5
En la	0,10	7,58	1,84	0,36	0,02	42,0	0,0
hilera	0,20	10,67	0,56	0,38	0,03	43,5	1,5
	0,30	10,61	0,77	0,36	0,04	36,5	0,5
	0,00	7,05	0,84	0,15	0,02	40,0	0,0
Entre	0,10	8,62	1,54	0,34	0,04	44,0	1,0
hileras	0,20	8,68	0,65	0,36	0,01	43,5	0,5
	0,30	11,75	2,74	0,37	0,03	38,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	12,94	1,23	0,21	0,04	39,0	0,0
En la	0,10	15,02	1,52	0,27	0,04	42,0	0,0
hilera	0,20	16,06	1,65	0,26	0,01	39,5	0,5
	0,30	14,47	2,34	0,19	0,02	42,0	0,0
	0,00	7,02	0,80	0,23	0,06	43,0	0,5
Entre	0,10	10,10	2,82	0,19	0,03	43,0	0,0
hileras	0,20	17,31	1,71	0,21	0,04	41,5	0,5
	0,30	14,02	1,19	0,17	0,05	40,0	0,0
Subparcela 2 Cultivos: Frijol-Camote-Maíz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	11,60	1,45	0,26	0,04	36,0	0,0
En la	0,10	10,10	1,01	0,48	0,04	44,0	0,0
hilera	0,20	12,37	0,94	0,40	0,05	44,0	1,0
	0,30	11,75	0,43	0,32	0,04	45,0	1,0
	0,00	7,00	0,68	0,23	0,02	38,5	0,5
Entre	0,10	11,12	1,03	0,41	0,06	46,0	0,0
hileras	0,20	12,94	0,81	0,42	0,02	45,0	0,0
	0,30	11,52	0,50	0,42	0,02	47,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	11,86	3,60	0,11	0,02	39,0	0,0
En la	0,10	22,41	5,19	0,15	0,02	40,0	3,0
hilera	0,20	16,74	1,70	0,04	0,05	43,0	0,0
	0,30	10,04	1,47	0,25	0,05	43,5	0,5
	0,00	11,24	1,51	0,13	0,01	40,5	0,5
Entre	0,10	25,01	3,80	0,18	0,04	39,5	0,5
hileras	0,20	13,73	0,95	0,13	0,01	41,0	0,0
	0,30	10,61	1,29	0,27	0,01	42,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-39 Subparcela 3 Cultivos: Frijol-Maíz - Camote	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	10,21	1,60	0,28	0,03	36,5	1,0
En la	0,10	14,41	1,30	0,46	0,02	45,0	0,0
hilera	0,20	12,88	1,29	0,40	0,06	44,0	0,0
	0,30	16,06	0,67	0,39	0,02	42,0	0,0
	0,00	10,55	1,18	0,31	0,03	40,0	0,0
Entre	0,10	12,49	1,88	0,48	0,01	45,5	0,5
hileras	0,20	11,29	0,22	0,36	0,06	43,5	0,5
	0,30	15,04	2,48	0,39	0,02	40,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	8,61	2,67	0,11	0,06	34,0	5,0
En la	0,10	20,94	6,46	0,22	0,02	39,0	0,0
hilera	0,20	20,20	1,77	0,22	0,03	38,0	1,0
	0,30	18,27	3,11	0,12	0,02	43,0	2,0
	0,00	7,43	2,20	0,08	0,02	39,0	0,0
Entre	0,10	14,12	1,51	0,22	0,02	40,0	0,0
hilera	0,20	18,84	5,90	0,24	0,04	36,5	0,5
	0,30	13,39	2,20	0,13	0,02	46,5	0,0
Subparcela 4 Cultivos: Frijol-Camote-Maíz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	22,98	2,06	0,50	0,03	38,5	0,5
En la	0,10	12,77	0,80	0,54	0,07	44,0	0,0
hilera	0,20	10,78	0,95	0,47	0,07	41,5	0,5
	0,30	9,08	0,93	0,40	0,01	44,0	0,0
	0,00	21,39	1,48	0,45	0,11	41,0	0,0
Entre	0,10	11,41	0,81	0,58	0,02	44,0	0,0
hileras	0,20	10,55	1,18	0,44	0,05	44,0	1,0
	0,30	10,50	1,42	0,39	0,04	48,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	14,64	2,62	0,16	0,03	34,0	0,0
En la	0,10	16,06	6,63	0,33	0,06	41,5	0,5
hilera	0,20	17,08	5,66	0,23	0,02	40,5	0,5
	0,30	10,84	0,88	0,17	0,02	41,0	0,0
	0,00	16,72	3,48	0,20	0,03	35,0	1,0
Entre	0,10	28,54	3,14	0,25	0,04	39,0	0,0
hileras	0,20	20,37	3,11	0,31	0,07	41,5	0,5
	0,30	17,03	2,63	0,21	0,06	39,5	0,5

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-42 Subparcela 1 Cultivos: Yuca-Frijol-Maíz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	12,03	2,11	0,23	0,01	37,5	0,5
En la	0,10	9,87	1,01	0,24	0,02	44,5	1,5
hilera	0,20	6,64	0,77	0,36	0,02	45,5	1,5
	0,30	10,33	1,73	0,27	0,05	44,0	0,0
	0,00	7,33	2,02	0,19	0,01	42,0	1,0
Entre	0,10	8,57	0,47	0,23	0,02	47,0	2,0
hileras	0,20	5,62	1,19	0,23	0,02	45,0	1,0
	0,30	17,76	3,25	0,38	0,04	45,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	10,10	3,77	0,12	0,03	33,5	0,5
En la	0,10	21,85	2,06	0,13	0,04	38,5	0,5
hilera	0,20	15,26	4,88	0,19	0,02	40,0	0,0
	0,30	11,80	1,66	0,14	0,06	40,0	0,0
	0,00	8,97	4,16	0,09	0,03	34,5	0,5
Entre	0,10	19,40	3,18	0,17	0,03	39,0	0,0
hileras	0,20	10,95	1,93	0,17	0,05	39,5	0,5
	0,30	13,73	3,50	0,12	0,02	40,5	0,5
Subparcela 2 Cultivos: Yuca-Frijol-Maíz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	8,96	0,95	0,19	0,03	40,0	0,0
En la	0,10	8,51	0,86	0,31	0,03	44,5	0,5
hilera	0,20	12,03	1,93	0,28	0,03	44,5	1,5
	0,30	9,53	1,58	0,31	0,02	46,0	1,0
	0,00	7,15	2,04	0,22	0,01	42,0	0,0
Entre	0,10	10,95	0,75	0,36	0,04	45,0	0,0
hileras	0,20	9,08	0,00	0,29	0,03	43,0	1,0
	0,30	10,39	2,68	0,30	0,03	44,5	1,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	20,09	1,44	0,15	0,04	31,0	0,0
En la	0,10	27,58	0,71	0,21	0,07	37,0	0,0
hilera	0,20	24,06	6,42	0,13	0,05	38,5	0,5
	0,30	23,38	2,53	0,13	0,02	39,0	0,0
	0,00	12,94	2,89	0,08	0,02	36,5	0,5
Entre	0,10	21,90	8,73	0,25	0,03	39,5	0,5
hileras	0,20	18,39	4,31	0,13	0,03	42,0	1,0
	0,30	19,29	3,07	0,16	0,02	39,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-42 Subparcela 3 Cultivos: Yuca-Frijol-Maíz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	12,99	1,88	0,30	0,02	39,5	0,5
En la	0,10	12,53	0,86	0,33	0,03	42,0	1,0
hilera	0,20	15,60	2,95	0,43	0,09	42,0	0,0
	0,30	16,87	1,37	0,37	0,03	43,5	0,5
	0,00	6,92	2,04	0,22	0,03	38,5	0,5
Entre	0,10	19,01	1,94	0,33	0,03	43,0	1,0
hileras	0,20	16,39	2,48	0,42	0,04	42,0	0,0
	0,30	13,45	0,99	0,41	0,06	43,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	29,17	3,75	0,06	0,01	33,5	0,5
En la	0,10	28,37	3,10	0,10	0,00	35,0	0,0
hilera	0,20	22,81	1,87	0,19	0,03	37,0	0,0
	0,30	22,13	2,66	0,15	0,04	38,5	0,5
	0,00	14,82	3,70	0,06	0,01	35,0	1,0
Entre	0,10	30,08	3,72	0,15	0,02	37,0	0,0
hileras	0,20	27,50	6,51	0,16	0,05	37,0	0,0
	0,30	20,90	2,00	0,15	0,01	39,0	0,0
Subparcela 4 Cultivos: Yuca-Frijol-Maíz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	9,93	4,39	0,31	0,04	40,0	0,0
En la	0,10	16,17	2,61	0,47	0,05	42,5	0,5
hilera	0,20	11,86	1,29	0,42	0,05	42,5	0,5
	0,30	10,10	1,01	0,43	0,04	43,5	1,5
	0,00	9,36	1,43	0,25	0,09	40,0	0,0
Entre	0,10	16,51	3,62	0,50	0,04	42,5	0,5
hileras	0,20	15,32	2,67	0,48	0,05	43,5	0,5
	0,30	10,89	1,54	0,43	0,01	44,5	0,5
	0,00	20,03	5,33	0,07	0,02	36,0	0,0
En la	0,10	28,53	3,44	0,20	0,01	39,0	0,0
hilera	0,20	10,10	5,52	0,15	0,01	40,0	1,0
	0,30	9,93	5,89	0,14	0,03	41,0	0,0
	0,00	15,49	2,37	0,06	0,01	35,5	0,5
Entre	0,10	34,86	5,79	0,22	0,03	38,0	0,0
hileras	0,20	6,92	2,24	0,18	0,05	39,5	0,5
	0,30	9,64	2,17	0,16	0,04	41,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-51 Subparcela 1 Cultivos: Frijol-Maíz-Arroz-Camote	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	11,91	2,24	0,33	0,02	34,0	0,0
En la	0,10	18,61	3,91	0,39	0,05	46,5	3,5
hilera	0,20	13,28	1,24	0,38	0,04	39,5	2,5
	0,30	15,77	2,32	0,40	0,03	38,0	0,0
	0,00	14,30	3,15	0,36	0,08	37,5	0,5
Entre	0,10	18,27	0,32	0,44	0,05	37,5	0,5
hileras	0,20	14,36	1,22	0,44	0,04	42,0	2,0
	0,30	14,86	2,54	0,42	0,03	37,5	1,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	11,52	2,68	0,11	0,03	39,0	0,0
En la	0,10	17,59	5,62	0,10	0,02	42,5	0,5
hilera	0,20	11,52	3,65	0,10	0,03	39,0	0,0
	0,30	19,35	2,46	0,19	0,03	35,5	0,5
	0,00	9,48	2,37	0,08	0,01	41,5	0,5
Entre	0,10	13,28	2,56	0,09	0,01	38,5	0,5
hileras	0,20	11,82	2,87	0,17	0,03	37,0	1,0
	0,30	18,16	4,34	0,15	0,04	33,5	0,5
Subparcela 2 Cultivos:Frijol-Maíz-Arroz-Camote		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	14,20	3,22	0,41	0,03	32,0	0,0
En la	0,10	12,43	1.56	0,44	0,01	38,0	0,0
hilera	0,20	8,34	2,14	0,48	0,04	41,0	2,0
	0,30	9,53	0,96	0,45	0,03	39,0	0,0
	0,00	8,85	1,24	0,32	0,05	35,0	0,0
Entre	0,10	5,16	0,65	0,28	0,04	41,5	0,5
hileras	0,20	7,03	0,96	0,45	0,07	46,0	0,0
	0,30	9,81	0,79	0,42	0,06	39,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	18,22	2,31	0,11	0,02	38,5	0,5
En la	0,10	7,55	1,22	0,08	0,02	36,5	0,5
hilera	0,20	23,32	7,31	0,18	0,05	37,0	0,0
	0,30	11,97	1,38	0,27	0,06	41,0	0,0
	0,00	6,64	1,13	0,07	0,02	40,0	0,0
Entre	0,10	9,08	2,45	0,11	0,03	37,5	0,5
hileras	0,20	11,35	2,45	0,14	0,04	37,5	0,5
	0,30	22,19	3,71	0,30	0,07	39,5	0,5

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-51 Subparcela 3 Cultivos:Frijol-Maíz-Arroz-Camote	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	14,30	2,80	0,37	0,03	45,5	0,5
En la	0,10	10,10	1,19	0,47	0,06	55,0	2,0
hilera	0,20	11,00	1,90	0,40	0,03	52,5	0,5
	0,30	11,20	2,00	0,42	0,03	50,0	1,0
	0,00	8,80	0,68	0,36	0,04	42,5	0,5
Entre	0,10	6,92	0,44	0,34	0,03	64,0	0,0
hileras	0,20	10,27	0,54	0,38	0,03	51,0	0,0
	0,30	11,74	1,07	0,38	0,07	41,5	3,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	6,07	2,16	0,11	0,02	47,0	1,0
En la	0,10	14,07	4,04	0,15	0,07	49,0	0,0
hilera	0,20	21,05	5,71	0,17	0,06	43,0	1,0
	0,30	27,92	4,50	0,17	0,04	42,5	0,5
	0,00	4,26	0,97	0,08	0,01	48,0	0,0
Entre	0,10	5,84	1,42	0,11	0,02	48,5	0,5
hileras	0,20	16,57	2,44	0,11	0,02	44,5	0,5
	0,30	23,95	7,87	0,25	0,05	43,0	1,0
Subparcela 4 Cultivos:Frijol-Maíz-Arroz-Camote		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	25,25	5,60	0,45	0,04	42,0	3,0
En la	0,10	14,23	1,59	0,42	0,08	42,0	4,0
hilera	0,20	11,91	4,50	0,43	0,04	42,5	0,5
	0,30	16,17	1,09	0,46	0,07	42,0	0,0
	0,00	8,68	1,07	0,36	0,01	41,5	0,5
Entre	0,10	7,38	0,86	0,33	0,04	53,0	0,0
hileras	0,20	11,06	1,80	0,35	0,03	42,0	0,0
	0,30	10,16	1,64	0,34	0,02	52,0	3,0
	0,00	11,80	6,06	0,14	0,03	32,5	1,5
En la	0,10	22,30	4,28	0,19	0,05	33,5	0,5
hilera	0,20	17,37	3,70	0,20	0,02	33,5	0,5
	0,30	24,58	7,33	0,31	0,05	36,0	0,0
	0,00	16,00	4,15	0,07	0,04	38,0	1,0
Entre	0,10	24,34	3,24	0,13	0,03	35,5	0,5
hileras	0,20	22,76	4,27	0,18	0,02	36,5	0,5
	0,30	26,27	3,02	0,21	0,03	36,5	0,5

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-54 Subparcela 1 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	11,92	1,97	0,30	0,05	40,0	0,0
En la	0,10	20,26	2,37	0,48	0,06	42,5	0,5
hilera	0,20	13,56	1,26	0,43	0,03	43,0	0,0
	0,30	19,07	4,73	0,44	0,04	42,5	1,5
	0,00	7,60	1,19	0,31	0,06	39,5	2,5
Entre	0,10	17,65	3,03	0,47	0,01	45,5	0,5
hileras	0,20	13,56	1,51	0,44	0,06	45,0	1,0
	0,30	16,40	0,88	0,44	0,04	44,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	10,21	1,93	0,10	0,04	44,0	1,0
En la	0,10	9,14	0,88	0,13	0,01	48,0	1,0
hilera	0,20	25,99	6,12	0,21	0,05	40,5	0,5
	0,30	20,47	5,29	0,19	0,04	42,0	2,0
	0,00	10,84	1,55	0,11	0,04	44,5	0,5
Entre	0,10	10,42	3,74	0,13	0,03	44,0	0,0
hileras	0,20	24,17	7,49	0,17	0,04	41,5	0,5
	0,30	15,49	2,84	0,12	0,04	41,5	0,5
Subparcela 2 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	12,60	2,13	0,33	0,02	35,5	0,5
En la	0,10	13,16	3,38	0,46	0,06	44,0	0,0
hilera	0,20	7,26	2,09	0,46	0,04	52,0	7,0
	0,30	8,51	1,19	0,44	0,01	47,0	0,0
	0,00	10,72	1,87	0,38	0,04	42,5	2,5
Entre	0,10	13,90	1,07	0,46	0,04	42,5	0,5
hileras	0,20	6,58	0,67	0,43	0,05	46,0	0,0
	0,30	7,09	1,09	0,43	0,03	47,0	3,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	10,44	1,58	0,11	0,03	43,5	0,5
En la	0,10	17,76	6,48	0,19	0,01	41,0	1,0
hilera	0,20	16,06	1,53	0,24	0,05	40,5	0,5
	0,30	13,34	1,43	0,26	0,04	44,0	0,0
	0,00	9,82	1,74	0,10	0,01	43,5	0,5
Entre	0,10	13,04	3,25	0,22	0,05	42,5	0,5
hileras	0,20	15,43	1,30	0,22	0,03	40,5	0,5
	0,30	13,90	2,34	0,22	0,02	42,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA I-54 Subparcela 3 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	9,93	2,99	0,32	0,01	39,0	0,0
En la	0,10	12,09	0,62	0,49	0,06	48,0	1,0
hilera	0,20	11,12	1,88	0,42	0,02	43,0	0,0
	0,30	7,15	1,39	0,45	0,02	49,5	0,5
	0,00	14,75	2,02	0,38	0,01	37,5	1,5
Entre	0,10	8,40	1,27	0,42	0,06	48,0	1,0
hileras	0,20	7,55	1,58	0,41	0,04	50,0	0,0
	0,30	10,10	1,26	0,44	0,04	47,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	6,68	2,07	0,12	0,02	40,5	0,5
En la	0,10	11,01	3,40	0,15	0,03	37,5	0,5
hilera	0,20	17,04	0,57	0,22	0,03	40,0	0,0
	0,30	20,83	2,33	0,53	0,02	39,0	0,0
	0,00	7,72	1,62	0,13	0,02	42,0	0,0
Entre	0,10	11,74	2,64	0,24	0,03	45,0	0,0
hileras	0,20	11,80	1,82	0,18	0,03	43,0	1,0
	0,30	19,24	3,27	0,50	0,07	38,0	0,0
Subparcela 4 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	12,48	0,56	0,28	0,05	38,0	0,0
En la	0,10	12,31	2,57	0,42	0,01	44,0	3,0
hilera	0,20	9,19	0,95	0,48	0,04	42,0	0,0
	0,30	12,87	0,81	0,54	0,05	41,0	0,0
	0,00	13,56	1,26	0,38	0,02	39,0	0,0
Entre	0,10	11,52	1,79	0,48	0,01	39,0	0,0
hileras	0,20	11,06	1,09	0,47	0,08	39,0	0,0
	0,30	12,65	1,21	0,50	0,02	40,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	8,28	1,42	0,12	0,01	42,5	0,5
En la	0,10	15,60	5,96	0,22	0,05	40,0	0,0
hilera	0,20	16,06	5,15	0,40	0,01	41,0	0,0
	0,30	12,48	2,30	0,27	0,07	42,5	0,5
	0,00	9,53	1,53	0,30	0,02	40,0	0,0
Entre	0,10	20,49	2,69	0,40	0,02	40,0	1,0
hileras	0,20	35,41	4,75	0,49	0,04	39,0	2,0
	0,30	22,89	1,94	0,58	0,06	42,0	1,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-1 Subparcela 1 Cultivos: Vegetación natural	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	15,21	1,65	0,41	0,05	31,5	0,5
En la	0,10	23,78	2,43	0,57	0,06	37,5	0,5
hilera	0,20	20,60	2,22	0,50	0,02	37,5	0,5
	0,30	13,73	0,60	0,44	0,02	38,5	0,5
	0,00	23,48	5,05	0,50	0,04	38,5	0,5
Entre	0,10	27,58	4,18	0,46	0,05	38,5	0,5
hileras	0,20	20,37	0,85	0,56	0,03	37,5	0,5
	0,30	13,84	1,22	0,36	0,07	37,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	15,89	2,00	0,42	0,06	33,0	0,0
En la	0,10	26,10	1,15	0,59	0,03	39,0	0,0
hilera	0,20	22,70	1,00	0,54	0,04	39,0	2,0
	0,30	14,30	2,15	0,46	0,06	40,0	1,0
	0,00	25,42	1,10	0,54	0,03	40,0	2,0
Entre	0,10	28,37	2,15	0,47	0,01	40,0	1,0
hileras	0,20	20,43	3,16	0,59	0,03	40,0	2,0
	0,30	14,75	2,20	0,37	0,04	41,0	0,0
Subparcela 2		ENERO-FEBRERO DE 1974					
Cultivos: Vegetación							
con chapia	0,00	18,73	4,68	0,38	0,03	32,5	0,5
En la	0,10	20,72	4,76	0,51	0,02	35,0	0,0
hilera	0,20	25,54	2,36	0,51	0,08	37,5	0,5
	0,30	27,24	2,45	0,50	0,04	34,5	0,5
	0,00	11,92	2,17	0,40	0,09	30,0	1,0
Entre	0,10	23,55	3,39	0,46	0,03	36,0	1,0
hileras	0,20	28,37	4,45	0,55	0,02	35,5	1,5
	0,30	25,82	2,98	0,54	0,05	38,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	24,50	2,30	0,41	0,03	39,0	1,0
En la	0,10	27,24	1,60	0,53	0,02	38,0	2,0
hilera	0,20	26,10	3,16	0,62	0,04	39,0	2,0
	0,30	30,64	2,18	0,63	0,03	40,0	1,0
	0,00	13,62	2,20	0,41	0,02	38,0	1,0
Entre	0,10	24,97	3,10	0,49	0,03	40,0	2,0
hileras	0,20	34,05	2,16	0,57	0,02	39,0	1,0
	0,30	28,37	1,00	0,54	0,03	40,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-1 Subparcela 3 Cultivos: Con pasto	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	18,16	2,78	0,45	0,03	25,5	1,5
En la	0,10	17,59	2,17	0,53	0,03	38,5	0,5
hilera	0,20	23,55	4,93	0,49	0,08	38,0	1,0
	0,30	22,42	2,51	0,48	0,03	42,5	0,5
	0,00	12,77	1,09	0,52	0,06	36,5	0,5
Entre	0,10	11,63	3,13	0,41	0,06	40,5	0,5
hileras	0,20	17,88	1,43	0,55	0,02	41,0	1,0
	0,30	20,09	1,15	0,47	0,03	40,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	21,56	2,00	0,49	0,04	36,0	2,0
En la	0,10	20,43	1,58	0,57	0,05	40,0	1,0
hilera	0,20	23,83	2,16	0,51	0,06	40,0	0,0
	0,30	24,97	3,02	0,49	0,03	41,0	0,0
	0,00	13,62	1,15	0,54	0,04	38,0	1,0
Entre	0,10	14,75	3,06	0,49	0,05	39,0	2,0
hileras	0,20	18,16	1,10	0,57	0,06	40,0	1,0
	0,30	21,56	2,02	0,47	0,04	40,0	1,0
Subparcela 4		ENERO-FEBRERO DE 1974					
Cultivos: Sin vegetación	0,00	13,69	1,67	0,39	0,06	32,5	0,5
En la	0,10	12,03	2,33	0,49	0,03	41,0	0,0
hilera	0,20	18,36	1,37	0,36	0,08	41,0	0,0
	0,30	23,15	4,55	0,65	0,10	41,0	1,0
	0,00	13,05	1,96	0,38	0,08	38,0	2,0
Entre	0,10	11,63	5,74	0,40	0,05	41,5	0,5
hileras	0,20	14,92	0,65	0,40	0,03	45,0	3,0
	0,30	21,04	7,37	0,53	0,05	41,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	14,07	3,15	0,43	0,06	36,0	1,0
En la	0,10	12,48	2,16	0,49	0,02	38,0	2,0
hilera	0,20	20,43	3,10	0,39	0,01	39,0	1,0
	0,30	26,78	2,00	0,65	0,03	39,0	0,0
	0,00	14,75	2,15	0,44	0,02	40,0	0,0
Entre	0,10	14,75	1,10	0,44	0,03	41,0	1,0
hileras	0,20	15,43	2,16	0,39	0,01	42,0	0,0
	0,30	23,83	1,10	0,57	0,06	40,0	2,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-17 Subparcela 1 Cultivos: Frijol	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	6,07	1,34	0,25	0,03	44,0	0,0
En la	0,10	7,77	1,64	0,35	0,03	47,0	1,0
hilera	0,20	12,02	1,01	0,44	0,03	46,0	0,0
	0,30	14,13	1,20	0,52	0,03	44,5	1,5
	0,00	5,33	0,71	0,26	0,03	44,0	0,0
Entre	0,10	5,39	1,29	0,34	0,01	50,0	0,0
hileras	0,20	14,47	2,52	0,45	0,08	45,5	0,5
	0,30	19,30	2,45	0,56	0,04	44,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	7,94	3,15	0,29	0,06	40,0	1,0
En la	0,10	10,21	4,02	0,37	0,03	42,0	0,0
hilera	0,20	13,34	1,90	0,47	0,01	42,0	2,0
	0,30	15,43	2,00	0,54	0,04	43,0	0,0
	0,00	5,67	3,16	0,29	0,02	42,0	2,0
Entre	0,10	6,81	2,18	0,34	0,03	43,0	1,0
hileras	0,20	17,02	1,15	0,49	0,02	42,0	2,0
	0,30	21,56	2,10	0,59	0,04	42,0	0,0
Subparcela 2 Cultivos: Frijol		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	8,51	1,96	0,24	0,01	42,5	1,5
En la	0,10	9,81	1,29	0,37	0,04	44,5	0,5
hilera	0,20	24,51	5,14	0,83	0,17	45,0	0,5
	0,30	23,55	6,47	0,94	0,07	38,0	4,0
	0,00	7,71	2,09	0,30	0,03	45,5	0,5
Entre	0,10	8,91	2,22	0,38	0,10	48,0	1,0
hileras	0,20	30,19	4,22	0,88	0,12	43,0	1,0
	0,30	25,42	4,22	0,85	0,11	44,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	10,21	2,15	0,25	0,01	42,0	0,0
En la	0,10	10,89	3,10	0,39	0,03	43,0	2,0
hilera	0,20	25,42	2,16	0,96	0,04	44,0	1,0
	0,30	32,91	3,10	0,98	0,06	43,0	0,0
	0,00	8,62	2,10	0,31	0,04	42,0	0,0
Entre	0,10	10,21	3,15	0,39	0,10	44,0	2,0
hileras	0,20	31,78	2,10	0,98	0,06	42,0	0,0
	0,30	26,10	2,14	0,86	0,03	41,0	1,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-17 Subparcela 3 Cultivos: Frijol	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	11,18	2,18	0,31	0,04	37,5	0,5
En la	0,10	15,55	4,77	0,47	0,06	44,5	1,5
hilera	0,20	13,16	2,92	0,45	0,07	45,0	0,0
	0,30	18,61	6,68	0,52	0,12	45,0	1,0
	0,00	9,08	1,31	0,30	0,04	36,0	2,0
Entre	0,10	11,11	1,67	0,42	0,05	45,0	1,0
hileras	0,20	12,26	1,62	0,40	0,03	44,0	1,0
	0,30	16,17	4,39	0,56	0,10	44,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	12,48	3,15	0,34	0,03	39,0	1,0
En la	0,10	18,84	4,10	0,53	0,02	40,0	2,0
hilera	0,20	13,62	3,10	0,47	0,05	40,0	1,0
	0,30	22,70	4,10	0,57	0,03	42,0	0,0
	0,00	10,21	1,00	0,31	0,01	39,0	0,0
Entre	0,10	13,34	2,16	0,48	0,03	40,0	1,0
hileras	0,20	13,62	1,15	0,50	0,06	42,0	2,0
	0,30	20,43	2,06	0,61	0,03	42,0	1,0
Subparcela 4 Cultivos: Frijol		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	25,59	3,05	0,44	0,05	32,5	0,5
En la	0,10	14,92	2,82	0,47	0,05	43,5	1,5
hilera	0,20	15,54	2,76	0,53	0,01	47,0	1,0
	0,30	11,80	2,55	0,54	0,04	39,0	0,0
	0,00	11,46	0,95	0,35	0,04	41,0	0,0
Entre	0,10	4,26	0,98	0,22	0,04	47,5	0,5
hileras	0,20	16,79	2,73	0,64	0,06	43,0	1,0
	0,30	13,44	0,75	0,49	0,04	39,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	27,46	2,35	0,48	0,06	36,0	2,0
En la	0,10	15,43	1,15	0,47	0,03	39,0	1,0
hilera	0,20	15,89	2,00	0,54	0,06	40,0	1,0
	0,30	12,48	3,00	0,60	0,08	40,0	0,0
	0,00	11,80	2,10	0,37	0,05	41,0	2,0
Entre	0,10	4,99	1,10	0,27	0,03	42,0	1,0
hileras	0,20	19,30	2,00	0,68	0,05	42,0	2,0
	0,30	14,30	1,15	0,55	0,03	42,0	0,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-18 Subparcela 1 Cultivos: Arroz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	11,19	0,98	0,35	0,06	46,0	0,0
En la	0,10	13,11	1,50	0,32	0,02	52,0	1,0
hilera	0,20	13,79	3,01	0,34	0,09	50,0	0,0
	0,30	14,98	3,27	0,47	0,01	52,5	1,5
	0,00	12,94	1,75	0,32	0,04	49,0	1,0
Entre	0,10	9,82	0,89	0,24	0,04	49,5	0,5
hileras	0,20	13,00	0,73	0,26	0,03	52,0	0,0
	0,30	15,60	1,70	0,39	0,02	51,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	12,48	2,20	0,36	0,06	45,0	2,0
En la	0,10	15,21	1,00	0,33	0,01	46,0	1,0
hilera	0,20	18,16	3,00	0,47	0,03	46,0	2,0
	0,30	17,70	1,00	0,47	0,01	48,0	0,0
	0,00	15,43	2,00	0,33	0,05	49,0	0,0
Entre	0,10	10,22	3,15	0,27	0,06	49,0	1,0
hileras	0,20	13,62	2,00	0,30	0,02	50,0	2,0
	0,30	17,02	2,18	0,41	0,03	50,0	0,0
Subparcela 2 Cultivos: Arroz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	8,66	1,08	0,26	0,04	46,5	0,5
En la	0,10	8,51	2,37	0,33	0,03	52,5	0,5
hilera	0,20	8,80	1,08	0,31	0,03	51,0	0,0
	0,30	17,76	3,51	0,53	0,06	51,0	0,0
	0,00	8,46	1,18	0,24	0,02	48,0	0,0
Entre	0,10	9,65	2,70	0,33	0,07	49,0	0,0
hileras	0,20	7,83	1,19	0,26	0,04	54,0	1,0
	0,30	13,45	2,27	0,52	0,03	49,5	1,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	10,22	1,15	0,28	0,03	45,0	1,0
En la	0,10	9,08	1,20	0,34	0,02	46,0	2,0
hilera	0,20	9,08	2,18	0,33	0,03	46,0	0,0
	0,30	22,70	3,05	0,55	0,06	48,0	6,0
	0,00	10,22	2,15	0,25	0,03	48,0	1,0
Entre	0,10	12,71	3,15	0,34	0,06	49,0	0,0
hileras	0,20	9,08	2,00	0,29	0,03	49,0	2,0
	0,30	16,80	3,15	0,55	0,04	48,0	1,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-51 Subparcela 3 Cultivos:Frijol-Maíz-Arroz-Camote	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	12,71	1,82	0,32	0,05	38,0	1,0
En la	0,10	22,99	8,66	0,46	0,05	35,5	0,5
hilera	0,20	31,39	5,14	0,48	0,05	46,0	2,0
	0,30	30,48	4,05	0,66	0,07	42,0	2,0
	0,00	9,65	1,19	0,28	0,04	42,0	3,0
Entre	0,10	29,51	4,63	0,51	0,03	35,0	0,0
hileras	0,20	40,12	1,59	0,55	0,03	37,5	0,5
	0,30	45,12	2,94	0,63	0,10	40,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	14,07	2,22	0,33	0,02	40,0	1,0
En la	0,10	24,97	1,36	0,47	0,03	38,0	1,0
hilera	0,20	35,19	1,16	0,53	0,02	40,0	2,0
	0,30	32,92	2,00	0,67	0,03	42,0	0,0
	0,00	11,35	2,16	0,30	0,01	40,0	1,0
Entre	0,10	28,38	1,14	0,53	0,03	38,0	2,0
hileras	0,20	42,00	2,06	0,55	0,02	39,0	1,0
	0,30	45,40	1,19	0,64	0,03	40,0	0,0
Subparcela 4 Cultivos: Frijol-Maíz-Arroz-Camote		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	72,13	13,02	0,91	0,06	22,5	0,5
En la	0,10	48,18	2,99	0,79	0,09	31,5	0,5
hilera	0,20	43,25	9,89	0,86	0,06	36,0	0,0
	0,30	32,92	4,63	0,67	0,06	40,0	0,0
	0,00	37,51	15,49	0,70	0,09	22,0	1,0
Entre	0,10	48,35	3,72	0,75	0,06	35,0	0,0
hileras	0,20	40,57	4,10	0,89	0,07	36,0	0,0
	0,30	41,03	5,03	0,62	0,04	37,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	46,54	1,14	0,83	0,05	36,0	0,0
En la	0,10	46,99	2,18	0,69	0,02	38,0	1,0
hilera	0,20	38,59	3,13	0,59	0,01	39,0	2,0
	0,30	27,24	2,12	0,59	0,06	39,0	0,0
	0,00	32,34	1,14	0,62	0,04	36,0	1,0
Entre	0,10	34,50	2,06	0,58	0,03	39,0	2,0
hileras	0,20	30,16	1,17	0,49	0,02	40,0	1,0
	0,30	32,14	1,06	0,45	0,03	41,0	2,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-54 Subparcela 1 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Arroz-Maíz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	16,46	1,14	0,41	0,04	41,0	0,0
En la	0,10	22,42	3,51	0,46	0,05	39,5	0,5
hilera	0,20	25,03	2,09	0,47	0,10	37,5	0,5
	0,30	18,78	3,22	0,58	0,02	38,5	0,5
	0,00	8,96	0,95	0,33	0,06	42,5	0,5
Entre	0,10	17,31	1,09	0,48	0,05	40,0	1,0
hileras	0,20	17,88	3,97	0,45	0,05	38,0	0,0
	0,30	15,49	2,58	0,52	0,01	39,0	0,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	18,16	1,14	0,43	0,05	40,0	0,0
En la	0,10	22,70	2,16	0,49	0,03	40,0	1,0
hilera	0,20	27,24	2,01	0,51	0,02	39,0	2,0
	0,30	19,97	1,22	0,60	0,03	40,0	0,0
	0,00	9,08	1,14	0,34	0,02	42,0	0,0
Entre	0,10	18,16	2,10	0,49	0,01	40,0	1,0
hileras	0,20	19,30	1,16	0,44	0,02	39,0	1,0
	0,30	17,02	1,00	0,54	0,03	39,0	0,0
Subparcela 2 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Arroz-Maíz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	14,30	1,85	0,34	0,02	38,0	0,0
En la	0,10	12,77	2,34	0,37	0,06	38,0	0,0
hilera	0,20	29,04	2,55	0,59	0,03	38,5	0,5
	0,30	27,97	7,17	0,47	0,06	40,5	0,5
	0,00	9,65	1,47	0,41	0,02	40,0	0,0
Entre	0,10	12,82	2,65	0,44	0,06	40,5	0,5
hileras	0,20	34,19	3,75	0,50	0,03	39,0	1,0
	0,30	29,34	2,86	0,49	0,03	39,5	0,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	15,89	2,14	0,34	0,01	40,0	0,0
En la	0,10	15,89	1,10	0,39	0,02	41,0	1,0
hilera	0,20	31,99	1,14	0,62	0,03	40,0	2,0
	0,30	28,37	2,15	0,49	0,03	40,0	0,0
	0,00	11,35	2,02	0,43	0,01	40,0	0,0
Entre	0,10	15,43	3,02	0,47	0,02	41,0	1,0
hileras	0,20	32,86	2,00	0,53	0,03	42,0	0,0
	0,30	29,96	3,14	0,51	0,02	41,0	2,0

continúa....

Cuadro Nº 66 (continuación)

PARCELA II-54 Subparcela 3 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz	Profundidad (mts)	Resistencia a la penetrabilidad (bares) $\bar{X}$	s	Resistencia al corte (bares) $\bar{X}$	s	Porcentaje de humedad $\bar{X}$	s
		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	16,13	3,92	0,40	0,03	46,5	0,5
En la	0,10	20,15	3,52	0,50	0,04	43,5	0,5
hilera	0,20	20,49	2,11	0,48	0,05	44,0	1,0
	0,30	24,69	3,88	0,45	0,02	45,0	1,0
	0,00	10,67	0,56	0,27	0,02	45,0	0,0
Entre	0,10	15,77	1,32	0,43	0,04	43,5	0,5
hileras	0,20	25,82	5,27	0,49	0,02	43,5	0,5
	0,30	19,24	1,30	0,49	0,06	46,0	1,0
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	16,88	2,45	0,43	0,03	45,0	0,5
En la	0,10	20,43	3,12	0,51	0,02	43,0	1,0
hilera	0,20	21,79	2,02	0,51	0,03	42,0	1,0
	0,30	27,60	1,00	0,47	0,01	43,0	2,0
	0,00	10,89	1,10	0,30	0,03	44,0	0,0
Entre	0,10	16,80	2,56	0,44	0,02	42,0	1,0
hileras	0,20	26,10	1,12	0,51	0,03	42,0	0,0
	0,30	19,30	1,14	0,51	0,02	43,0	2,0
Subparcela 4 Cultivos: Yuca-Frijol-Camote-Maíz-Arroz		ENERO-FEBRERO DE 1974					
	0,00	13,62	1,75	0,34	0,11	38,5	1,5
En la	0,10	25,82	1,84	0,45	0,01	38,5	0,5
hilera	0,20	34,96	3,64	0,62	0,19	36,0	2,0
	0,30	28,54	3,37	0,68	0,08	41,0	0,0
	0,00	9,53	1,53	0,30	0,01	40,0	0,0
Entre	0,10	20,49	2,69	0,42	0,02	40,0	1,0
hileras	0,20	34,41	4,75	0,48	0,03	39,0	2,0
	0,30	22,89	1,94	0,60	0,04	40,5	1,5
		NOVIEMBRE-DICIEMBRE DE 1974					
	0,00	15,43	2,10	0,36	0,02	40,0	0,0
En la	0,10	26,78	1,15	0,47	0,03	39,0	1,0
hilera	0,20	34,96	3,65	0,65	0,02	38,0	0,0
	0,30	30,87	2,01	0,73	0,03	39,0	0,0
	0,00	11,30	2,00	0,31	0,02	41,0	0,0
Entre	0,10	22,51	3,10	0,44	0,03	40,0	0,0
hileras	0,20	34,32	2,16	0,52	0,03	40,0	1,0
	0,30	24,51	1,00	0,61	0,04	40,0	2,0

Cuadro 67. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 1 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	1.277,07	1.277,07	21,79*	4,54
Sub-parcela	3	74,13	24,71	0,42	3,29
Profundidad	3	107,32	35,77	0,61	3,29
Sub-parcela x Profundidad	9	266,30	29,58	0,50	2,59
Error (A)	15	878,83	58,59		
Muestreo	1	167,02	167,02	17,63*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	10,30	3,43	0,36	3,24
Muestreo x Sub-parcela	3	51,77	17,25	1,82	3,24
Muestreo x Sub-parcela x Profundidad	9	35,93	3,99	0,42	2,54
Error (B)	16	151,55	9,47		
Total	63	3.020,28			

Cuadro 68. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 1 Entre hileras

F. V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	142,50	142,50	8,50*	4,54
Subparcela	3	24,26	8,08	0,48	3,29
Profundidad	3	56,94	18,98	1,13	3,29
Subparcela x Profundidad	9	38,16	4,24	0,25	2,59
Error (A)	15	251,29	16,75		
Muestreo	1	65,00	65,00	4,16	4,49
Muestreo x Profundidad	3	12,32	4,10	0,26	3,24
Muestreo x Subparcela	3	51,63	17,21	1,10	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	22,84	2,53	0,16	2,54
Error (B)	16	249,79	15,61		
Total	63	914,80			

Cuadro 69. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 17 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	178,55	178,55	2,35	4,54
Subparcela	3	139,39	46,43	0,61	3,29
Profundidad	3	567,69	189,23	2,49	3,29
Subparcela x Profundidad	9	285,99	31,77	0,41	2,59
Error (A)	15	1,138,33	75,89		
Muestreo	1	1.167,07	1.167,07	17,50*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	20,69	6,89	0,10	3,24
Muestreo x Subparcela	3	125,97	41,99	0,62	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	88,90	178,55	2,67*	2,54
Error (B)	16	1.066,91	66,68		
Total	63	4,779,45			

Cuadro 70. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 17 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	96,28	96,28	10,29*	4,54
Subparcela	3	69,98	23,32	2,49	3,29
Profundidad	3	80,38	26,79	2,86	3,29
Subparcela x Profundidad	9	132,41	14,71	1,57	2,59
Error (A)	15	140,38	9,35		
Muestreo	1	509,06	509,06	34,16*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	35,23	11,74	0,78	3,24
Muestreo x Subparcela	3	10,51	3,50	0,23	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	38,62	4,29	0,28	2,54
Error (B)	16	238,41	14,90		
Total	63	1.351,34			

Cuadro 71. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 18 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	546,62	546,62	33,61*	4,54
Subparcela	3	107,07	35,69	2,18	3,29
Profundidad	3	34,78	11,59	0,71	3,29
Subparcela x Profundidad	9	187,51	20,83	1,27	2,59
Error (A)	15	244,72	16,31		
Muestreo	1	1.195,77	1.195,77	17,99*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	30,88	10,29	0,16	3,24
Muestreo x Subparcela	3	54,47	18,15	0,28	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	66,82	7,42	0,11	2,54
Error (B)	16	1.002,73	62,67		
Total	63	3.471,44			

Cuadro 72. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 18 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	1.093,12	1,093,12	93,83*	4,54
Subparcela	3	33,82	11,27	0,96	3,29
Profundidad	3	198,13	66,04	5,66	3,29
Subparcela x Profundidad	9	114,59	12,73	1,09	2,59
Error (A)	15	174,80	11,65		
Muestreo	1	481,25	481,25	21,20*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	35,44	11,81	0,52	3,24
Muestreo x Subparcela	3	5,76	1,92	0,08	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	57,97	6,44	0,28	2,54
Error (B)	16	363,16	22,69		
Total	63	2.558,12			

Cuadro 73. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 19 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	57,34	57,34	1,57	4,54
Subparcela	3	351,48	117,16	3,22	3,29
Profundidad	3	405,62	135,20	3,72*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	282,58	31,39	0,86	2,59
Error (A)	15	544,53	36,30		
Muestreo	1	166,92	166,92	10,43*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	39,05	13,01	0,81	3,24
Muestreo x Subparcela	3	41,08	13,69	0,85	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	55,16	6,12	0,38	2,54
Error (B)	16	222,12	16,00		
Total	63	2.165,95			

Cuadro 74. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 19 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	69,09	69,09	4,35	4,54
Subparcela	3	155,69	51,89	3,26	3,29
Profundidad	3	153,51	51,17	3,22	3,29
Subparcela x Profundidad	9	68,03	7,55	0,47	2,59
Error (A)	15	238,20	15,88		
Muestreo	1	55,31	51,31	10,53*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	5,69	1,89	0,38	3,24
Muestreo x Subparcela	3	37,94	12,64	2,59	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	27,84	3,09	0,63	2,54
Error (B)	16	78,05	4,87		
Total	63	889,43			

Cuadro 75. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 20 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	84,11	84,11	3,44	4,54
Subparcela	3	66,10	22,03	0,90	3,29
Profundidad	3	325,24	108,41	4,43	3,29
Subparcela x Profundidad	9	130,26	14,47	0,59	2,59
Error (A)	15	366,30	24,42		
Muestreo	1	94,59	94,59	18,19*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	25,57	8,52	1,63	3,24
Muestreo x Subparcela	3	19,53	6,51	1,25	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	34,50	3,83	0,73	2,54
Error (B)	16	83,12	5,20		
Total	63	1.229,04			

Cuadro 76. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 20 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	540,56	540,56	41,29*	4,54
Subparcela	3	115,84	38,61	2,94	3,29
Profundidad	3	135,37	45,12	3,44	3,29
Subparcela x Profundidad	9	56,03	6,22	0,47	2,59
Error (A)	15	196,43	13,09		
Muestreo	1	58,14	58,14	5,74*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	11,17	3,72	0,36	3,24
Muestreo x Subparcela	3	45,14	15,04	1,48	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	41,79	4,64	0,45	2,54
Error (B)	16	161,98	10,12		
Total	63	1.362,50			

Cuadro 77. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 37 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	856,43	856,43	23,74*	4,54
Subparcela	3	67,90	22,63	0,62	3,29
Profundidad	3	182,05	60,68	1,68	3,29
Subparcela x Profundidad	9	315,80	35,08	0,97	2,59
Error (A)	15	541,02	36,07		
Muestreo	1	184,75	184,75	8,99*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	52,15	17,38	0,84	3,24
Muestreo x Subparcela	3	69,51	23,17	1,12	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	204,39	22,71	1,10	2,54
Error (B)	16	328,59	20,54		
Total	63	2.802,67			

Cuadro 78. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 37 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	926,44	926,44	86,50*	4,54
Subparcela	3	75,38	25,12	2,34	3,29
Profundidad	3	110,10	36,70	3,42*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	63,19	7,02	0,65	2,59
Error (A)	15	160,73	10,71		
Muestreo	1	114,22	114,22	4,28	4,49
Muestreo x Profundidad	3	37,82	12,60	0,37	3,24
Muestreo x Subparcela	3	28,10	9,36	0,27	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	46,28	5,14	0,15	2,54
Error (B)	16	537,92	33,62		
Total	63	2.100,00			

Cuadro 79. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 39 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	212,97	212,97	9,09*	4,54
Subparcela	3	154,28	51,42	2,19	3,29
Profundidad	3	328,27	109,42	4,67*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	83,18	9,24	0,39	2,59
Error (A)	15	351,29	23,42		
Muestreo	1	87,77	87,77	7,85*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	56,25	18,75	1,67	3,24
Muestreo x Subparcela	3	33,47	11,15	0,99	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	69,86	7,76	0,69	2,54
Error (B)	16	178,90	11,18		
Total	63	1.556,29			

Cuadro 80. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 39 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	1,41	1,41	0,17	4,54
Subparcela	3	40,91	13,63	1,66	3,29
Profundidad	3	21,91	7,30	0,89	3,29
Subparcela x Profundidad	9	56,84	6,31	0,76	2,59
Error (A)	15	123,14	8,20		
Muestreo	1	61,03	61,03	12,25*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	7,63	2,54	0,51	3,24
Muestreo x Subparcela	3	21,32	7,10	1,42	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	49,34	5,47	1,09	2,54
Error (B)	16	79,80	4,98		
Total	63	463,37			

Cuadro 81. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 42 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	96,97	96,97	2,12	4,54
Subparcela	3	362,80	120,93	2,65	3,29
Profundidad	3	612,56	204,18	4,48*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	409,97	45,55	0,99	2,59
Error (A)	15	683,58	45,57		
Muestreo	1	201,63	201,63	11,15*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	45,77	15,25	0,84	3,24
Muestreo x Subparcela	3	32,00	10,66	0,58	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	90,06	10,00	0,55	2,54
Error (B)	16	289,20	18,08		
Total	63	2.824,60			

Cuadro 82. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 42 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	70,14	70,14	7,61*	4,54
Subparcela	3	14,04	4,68	0,50	3,29
Profundidad	3	30,89	10,29	1,11	3,29
Subparcela x Profundidad	9	17,67	1,96	0,21	2,59
Error (A)	15	138,22	9,21		
Muestreo	1	92,64	92,64	12,00*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	8,57	2,85	0,36	3,24
Muestreo x Subparcela	3	9,79	2,93	0,37	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	8,35	0,92	0,11	2,54
Error (B)	16	123,62	7,72		
Total	63	512,98			

Cuadro 83. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 51 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	4.695,84	4.695,84	47,16*	4,54
Subparcela	3	1,685,47	561,82	5,64*	3,29
Profundidad	3	798,45	266,15	2,67	3,29
Subparcela x Profundidad	9	1.100,67	122,29	1,22	2,59
Error (A)	15	1.493,35	99,56		
Muestreo	1	37,53	37,53	0,92	4,49
Muestreo x Profundidad	3	79,81	26,60	0,65	3,24
Muestreo x Subparcela	3	31,47	10,49	0,25	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	27,48	3,05	0,07	2,54
Error (B)	16	649,85	40,62		
Total	63	10.599,96			

Cuadro 84. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 51 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	167,37	167,37	3,66	4,54
Subparcela	3	285,98	95,32	2,08	3,29
Profundidad	3	125,35	41,78	0,91	3,29
Subparcela x Profundidad	9	107,97	11,99	0,26	2,59
Error (A)	15	684,93	45,66		
Muestreo	1	28,22	28,22	0,95	4,49
Muestreo x Profundidad	3	94,82	31,60	1,06	3,24
Muestreo x Subparcela	3	7,44	2,48	0,08	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	71,81	29,59		2,54
Error (B)	16	2.047,49			
Total	63				

Cuadro 85. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 54 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	557,13	557,13	9,87*	4,54
Subparcela	3	266,92	88,97	1,57	3,29
Profundidad	3	1.142,67	380,89	6,74*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	179,18	19,90	0,35	2,59
Error (A)	15	846,50	56,43		
Muestreo	1	109,64	109,64	5,65*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	97,77	32,59	1,67	3,24
Muestreo x Subparcela	3	51,79	17,26	0,88	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	74,85	8,31	0,42	2,54
Error (B)	16	310,46	19,40		
Total	63	3.636,97			

Cuadro 86. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 54 Entre hileras

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	37,51	37,51	4,82*	4,54
Subparcela	3	115,26	38,42	4,98*	3,29
Profundidad	3	3,82	1,27	0,16	3,29
Subparcela x Profundidad	9	27,26	3,02	0,38	2,59
Error (A)	15	116,60	7,77		
Muestreo	1	8,26	8,26	1,89	4,49
Muestreo x Profundidad	3	28,39	9,46	2,16	3,24
Muestreo x Subparcela	3	23,70	7,90	1,81	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	17,26	1,91	0,43	2,54
Error (B)	16	69,86	4,36		
Total	63	447,98			

Cuadro 87. Diferencias mínimas significativas para resistencia a la penetración, entre hileras

Parcelas	$\bar{X}$	20 12,63	19 13,43	18 14,81	1 15,05	39 15,17	37 15,24	17 15,64	42 15,93	54 16,54	51 21,36
51	21,36	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0
54	16,54	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0	
42	15,93	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0		
17	15,64	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0			
37	15,24	*	NS	NS	NS	NS	0				
39	15,17	*	NS	NS	NS	0					
1	15,05	NS	NS	NS	0						
18	14,81	NS	NS	0							
19	13,43	NS	0								
20	12,63	0									

Cuadro 88. Diferencias mínimas significativas para la humedad entre hileras, de 20 parcelas.

Parcelas	$\bar{X}$	42 39,73	51 40,24	1 40,69	37 41,00	17 41,64	54 41,76	39 41,88	20 44,75	19 44,92	18 45,36
18	45,36	*	*	*	*	*	*	*	NS	NS	0
19	44,92	*	*	*	*	*	*	*	NS	0	
20	44,75	*	*	*	*	*	*	*	0		
39	41,88	*	NS	NS	NS	NS	NS	0			
54	41,76	*	NS	NS	NS	NS	0				
17	41,64	*	NS	NS	NS	0					
37	41,00	NS	NS	NS	0						
1	40,69	NS	NS	0							
51	40,24	NS	0								
42	39,73	0									

Cuadro 95. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 18 En la hilera

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	1.260,25	1,260,25	35,14*	4,54
Subparcela	3	47,45	15,81	0,44	3,29
Profundidad	3	604,92	201,64	5,62*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	37,23	4,13	0,11	2,59
Error (A)	15	268,99	35,86		
Muestreo	1	342,25	342,25	60,89*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	30,12	10,04	1,78	3,24
Muestreo x Subparcela	3	9,34	3,11	0,55	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	31,28	3,47	0,61	2,54
Error (B)	16	89,99	5,62		
Total	63	2.721,85			

Cuadro 96. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 19 En la hilera

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	48,70	48,70	2,02	4,54
Subparcela	3	164,51	54,83	2,28	3,29
Profundidad	3	114,07	38,02	1,58	3,29
Subparcela x Profundidad	9	272,73	30,30	1,26	2,59
Error (A)	15	360,40	24,03		
Muestreo	1	190,33	190,33	23,85*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	15,88	5,29	0,66	3,24
Muestreo x Subparcela	3	46,17	15,39	1,92	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	23,23	2,58	0,32	2,54
Error (B)	16	127,72	7,98		
Total	63	1.363,83			

Cuadro 97. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 19 En la hilera

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	127,97	127,97	9,61*	4,54
Subparcela	3	226,44	75,48	5,67*	3,29
Profundidad	3	252,19	84,06	6,31*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	92,09	10,23	0,76	2,59
Error (A)	15	199,69	13,31		
Muestreo	1	21,97	21,97	2,06	4,49
Muestreo x Profundidad	3	10,60	3,53	0,33	3,24
Muestreo x Subparcela	3	46,91	15,63	1,46	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	90,44	10,04	0,94	2,54
Error (B)	16	170,67	10,66		
Total	63	1.239,05			

Cuadro 98. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 20 En la hilera

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	566,14	566,14	13,87*	4,54
Subparcela	3	44,26	14,75	0,36	3,29
Profundidad	3	147,58	49,19	1,20	3,29
Subparcela x Profundidad	9	114,94	12,77	0,31	2,59
Error (A)	15	612,13	40,81		
Muestreo	1	1,94	1,94	0,41	4,49
Muestreo x Profundidad	3	15,70	5,23	1,13	3,24
Muestreo x Subparcela	3	12,80	4,26	0,92	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	23,78	2,64	0,57	2,54
Error (B)	16	73,94	4,62		
Total	63	1.613,31			

Cuadro 99. Análisis de varianza para el contenido de humedad en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 20 En la hilera

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	918,84	918,84	120,58*	4,54
Subparcela	3	11,73	3,91	0,51	3,29
Profundidad	3	250,76	83,58	10,96*	3,29
Subparcela x Profundidad	9	41,06	4,56	0,59	2,59
Error (A)	15	114,33	7,62		
Muestreo	1	49,87	49,87	7,11*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	39,01	13,00	1,85	3,24
Muestreo x Subparcela	3	38,35	12,78	1,82	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	34,19	3,79	0,54	2,54
Error (B)	16	112,16	7,01		
Total	63	1.610,37			

Cuadro 100. Análisis de varianza para la resistencia a la penetración en dos parcelas (ocho subparcelas), en el campo de investigación "Sistemas de Agricultura".

Repetición I y II - Parcela 37 En la hilera

F. V.	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	Ft
Repetición	1	1.797,22	1.797,22	28,87*	4,54
Subparcela	3	301,41	100,47	1,61	3,29
Profundidad	3	27,49	9,16	0,14	3,29
Subparcela x Profundidad	9	396,68	44,07	0,70	2,59
Error (A)	15	933,78	62,25		
Muestreo	1	299,67	299,67	22,91*	4,49
Muestreo x Profundidad	3	12,34	4,11	0,31	3,24
Muestreo x Subparcela	3	5,92	1,97	0,15	3,24
Muestreo x Subparcela x Profundidad	9	48,95	5,43	0,41	2,54
Error (B)	16	209,21	13,08		
Total	63	4.032,74			