

18
1764
1772
1785

864

1811

EFFECTO DE TRES METODOS DE LABRANZA SOBRE LOS PARAMETROS
EDAFOTECNICOS DE RIEGO

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados Universidad Nacional-
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

por

ANTONIO JOSE ARIAS HEINANDIZ

como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá, Colombia

1972

TESIS APROBADA POR :

COMITE CONSEJERO

HUMBERTO REY C. (principal)

B. Bustilla

DARRELL WATTS

ARTURO MENDOZA M.

A. Mendoza

A. ME PAMILLA

El autor presenta su agradecimiento al Comité Consejero:

HUMBERTO REY C. M.Sc. (Profesor Consejero)

DARRELL WATTS Ph.D.

ARTURO MONDOZA M. M.Sc.

Igualmente expresa su reconocimiento a:

CARLOS RODRIGUEZ M.Sc.

LUIS A. RESTREPO I.A.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA DVE ICA

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION DE LITERATURA	2
3	MATERIALES Y METODOS	6
	3.1 Labores de campo	6
	3.1.1 Características del sitio experimental	6
	3.1.2 Tratamientos de labranza	6
	3.1.3 Los cultivos	7
	a) Cebada	7
	b) Papa	8
	3.1.4 Diseño experimental	8
	3.2 Parámetros edafotécnicos de riego	8
	3.2.1 Densidad aparente	9
	3.2.2 Capacidad de retención de humedad	9
	3.2.3 Tasa básica de infiltración	10
	3.2.4 Resistencia del suelo a la penetración	10
4	RESULTADOS Y DISCUSION	11
5	CONCLUSIONES	36
	RESUMEN	38
	SUMMARY	39
	BIBLIOGRAFIA	40
	ANEXOS	43

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Variación entre los valores iniciales y finales de la densidad aparente	12
2. Prueba de Student entre los tratamientos para los parámetros de riego en condiciones finales	13
3. Variación entre los valores iniciales y finales de la capacidad de retención de humedad	14
4. Variación entre los valores iniciales y finales de la tasa básica de infiltración	24
5. Variación entre los valores iniciales y finales de la resistencia a la penetración	32
6. Cuadrados medios y valores de F obtenidos en el análisis de varianza para macollamiento, producción y puntaje de la cebada	34
7. Cuadrados medios y valores de F obtenidos en el análisis de varianza para producción y primera y segunda clase en la papa	35

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la cebada a la profundidad 0 - 10 cm.	16
2. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la cebada a la profundidad de 10 - 20 cm.	17
3. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la cebada a la profundidad de 20 - 30 cm.	18
4. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la cebada a la profundidad de 30 - 40 cm.	19
5. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la papa a la profundidad 0 - 10 cm.	20
6. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la papa a la profundidad 10 - 20 cm.	21
7. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la papa a la profundidad 20 - 30 cm.	22
8. Capacidad de retención de humedad para el cultivo de la papa a la profundidad 30 - 40 cm.	23
9. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales y finales para el testigo en cebada	26
10. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales y finales para la subsolación en cebada	27
11. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales y finales para la escarificación en cebada	28

LISTA DE FIGURAS

Según

- | | | |
|-----|---|----|
| 12. | Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales y finales para el testigo en papa | 29 |
| 13. | Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales y finales para la subsolación en papa | 30 |
| 14. | Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales y finales para la esscarificación en papa | 31 |

1. INTRODUCCION

Durante las dos últimas décadas, se ha estudiado en forma considerable el efecto del empleo de la maquinaria agrícola sobre las propiedades físicas del suelo. Sin embargo, no se ha investigado en forma específica el cambio que pueden sufrir aquellas propiedades que están directamente relacionadas con el comportamiento del agua en el suelo. Es decir, el debido a la interacción labranza - parámetros edafotécnicos de riego.

El estudio de esta interacción es de interés económico, ya que propiedades físicas del suelo, tales como la densidad aparente, la tasa de infiltración y la capacidad de retención de humedad, inciden en la lámina de agua que debe aplicarse al terreno, en la frecuencia y duración del riego, etc. En Colombia no se han efectuado ensayos sobre el tema. Además, al realizar el diseño del sistema de riego, no se tiene muy en cuenta la variación que puedan presentar los parámetros de riego debido a la labranza.

El objetivo principal del trabajo es analizar la interacción sistemas de labranza - parámetros edafotécnicos de riego, mediante la determinación de la densidad aparente, la capacidad de retención de humedad, la tasa básica de infiltración y la resistencia que ofrece el suelo a la penetración y el empleo de tres tratamientos de labranza, subsolación, escarificación y testigo, sobre un suelo representativo de la serie Tibaitatá en la Sabana de Bogotá; utilizando también, dos cultivos, la cebada y la papa.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La compactación del suelo, causada por inadecuado manejo del mismo, incrementa la densidad aparente, reduciendo así la porosidad; disminuye la tasa de infiltración, aumenta la resistencia del suelo a la penetración y hace descender la capacidad de aquel para almacenar agua. Todo lo anterior incide directamente en un aumento en la duración del riego y en una distribución irregular del agua aplicada (Botman, 1963; Carter y Tavernotti, 1968; Harris et al., 1965 y Henry y McKibben, 1967).

En relación a la compactación causada por el tráfico de la maquinaria agrícola, Perczek (1965) y Swaný Kao et al. (1960) efectuaron ensayos comparativos entre la labranza convencional y la labranza mínima. Esta aumentó la tasa de infiltración y disminuyó la compactación del suelo debida al tráfico de maquinaria agrícola; la resistencia del suelo a la penetración y la densidad aparente. Conviene señalar que las diferencias en la densidad aparente, almacenamiento de agua y tamaño de los terrones, fueron menos evidentes que las correspondientes a la tasa de infiltración y resistencia a la penetración.

Tanchandrhongs y Davidson (1970) evaluaron durante once años el efecto de diferentes prácticas de manejo de tierras, principalmente las relacionadas con la labranza y la incorporación de residuos de cosecha, sobre la densidad aparente y la estabilidad de los agregados. La densidad aparente, bajo labranza sin incorporación de residuos vegetales, fue significativamente mayor entre 23 y 30 cm. de profundidad, mientras, no se presentó compactación.

Amburgey (1964) sostiene que si la cultivadora se emplea en exceso o en forma continuada, los agregados del suelo tienden a romperse, reduciendo así la habilidad de aquel para absorber agua. Es decir, este implemento debe utilizarse con el único objeto de controlar malezas y romper las costras superficiales.

Blake (1965) afirma que la densidad aparente no es un parámetro invariable, ya que cambia con la condición estructural del suelo, especialmente cuando éste es sometido a labranza que tiende a afirmarlo; por la dependencia de la estructura de la densidad aparente, este parámetro se utiliza a menudo para calificar el arreglo estructural de un perfil.

Como el valor de la densidad aparente es afectado por cualquier tratamiento que tienda a conservar la humedad del suelo o evitar la saturación por la lluvia, frecuentemente se emplea para evaluar las condiciones de los terrenos que han recibido labranza; en general puede afirmarse que a menor contenido de humedad, mayor es el valor de la densidad aparente (Gill, 1959). Lowry *et al.* (1970) sembraron semillas de algodónero en capas duras de suelo (panes), con densidades aparentes que oscilaban entre 1.5 y 2.1 g/cc. Encontraron que los altos valores de la densidad aparente redujeron la capacidad de almacenamiento de agua, lo cual redundó a su vez, en un escaso desarrollo radicular.

Las mediciones directas e indirectas del contenido de humedad del suelo son necesarias en casi todos los estudios de suelo. La capacidad de retención de humedad se expresa como la relación entre la masa de agua presente en la muestra y la masa de suelo después de secarlo en la estufa a 105°C durante 24 horas (Gardner, 1965).

Juncker y Madison (1967), mezclaron arena y turba para examinar la densidad aparente, las relaciones tensión-contenido de humedad, tensiones de marchitamiento y agua rápidamente aprovechable. Encontraron que a mayor contenido de turba, la mezcla presentó menor densidad aparente, retuvo más agua aprovechable, la zona de saturación se encontró a menores tensiones y las tensiones de marchitamiento fueron las más bajas.

Sharma y Uehara (1968), estudiando la relación entre la reten-

ción de humedad y el arreglo estructural de dos suelos latosólicos, que solo diferían en este último aspecto; concluyeron, en base a las curvas de retención de humedad, que el suelo bien estructurado retiene más el agua y que las partículas grandes influyen considerablemente entre 0 y 0.3 bares, en tanto que las más pequeñas lo hacen después de este límite.

Horton (1933) indicó que la tasa de infiltración es una función del tiempo, dependiente del contenido inicial de humedad y de las propiedades físicas del suelo. Según Rhoades y Cox (1966), la tasa de infiltración desciende con la formación de capas superficiales duras, la ausencia de labranza y con la compactación debida al equipo usado en la cosecha.

Si la entrada del agua es limitada por el subsuelo o por capas más profundas, se forma una zona saturada que avanza hacia la superficie a medida que la aplicación de agua se prolonga, aumentando el movimiento lateral. Por consiguiente, solamente aquellas prácticas que influyan favorablemente en las propiedades físicas de la capa limitante, pueden producir un marcado efecto sobre la infiltración del agua, existiendo pocas posibilidades de que cualquier labor superficial de labranza produzca cambios apreciables en la tasa de infiltración (Henderson y Haise, 1967).

Tovoy y Fair (1966) llevaron a cabo ensayos de labranza convencional en varios tipos de suelos y cultivos. Aunque la variación en las tasas de infiltración fue considerable, pudieron concluir que la tasa de infiltración guarda una relación inversamente proporcional con el tráfico de maquinaria, pues encontraron las tasas menores en las calles; o sea, en los sitios donde el tráfico del equipo agrícola fue mayor.

Hauser y Taylor (1964) determinaron que la labranza profunda,

con arado de discos a sesenta centímetros de profundidad, aumenta la tasa de infiltración hasta dos veces en relación con la labranza convencional; pero cuando se reemplazaron los discos por cinceles, el efecto desapareció luego del primer riego.

Rhoades y Cox (1966) hicieron rotación de pasto con avena y de alfalfa con avena. La tasa de infiltración del terreno con pasto no difirió sustancialmente con la del suelo con alfalfa, aunque la tasa de infiltración en el lote con avena después de alfalfa, fue aproximadamente tres veces mayor que en el suelo con avena de la otra rotación. Esta diferencia posiblemente se debió a la cantidad de cobertura vegetal y a la densidad o firmeza del suelo superficial.

Aunque la resistencia que ofrece el suelo a la penetración, no es un parámetro edafotécnico de riego, sí da una medida del grado de compactación de un suelo, lo cual influye en forma decisiva en los parámetros de riego; por esta razón a continuación se exponen los conceptos de Gill (1968). Este dice que en los suelos altamente susceptibles a la compactación, el empleo de cualquier equipo agrícola produce una compactación del suelo debajo de la huella dejada por el implemento o la máquina y que esa compactación incrementa la resistencia que ofrece el suelo a la penetración.

Shaw et al. (1942) encontraron que la humedad del suelo parece ser el factor dominante sobre las lecturas del penetrómetro. También determinaron que en los horizontes arados, la máxima compactación es directamente proporcional al número de operaciones de labranza. Por último, descubrieron que entre mayor es la resistencia que ofrecen los suelos no disturbados, mayor es el valor de su densidad aparente.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente capítulo se dividió en dos secciones, la primera corresponde a las labores que se desarrollaron en el campo y la segunda a las determinaciones del laboratorio, o sean las correspondientes a los parámetros edafotécnicos de riego.

3.1 Labores de campo

3.1.1 Características del sitio experimental

El lote en el cual se realizó el estudio, es el número 59 dentro de la clasificación que existe en la Estación Experimental Tibaitatá del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), localizada en el municipio de Mosquera (Cundinamarca).

El perfil del suelo corresponde a las características de la serie Tibaitatá, descrita por Carrera et al. (1968). Para verificar la representatividad del suelo en estudio, en cuanto a propiedades físicas se refiere, se determinaron la densidad aparente, la capacidad de retención de humedad y la resistencia que ofrece el suelo a la penetración, a diez y treinta centímetros de profundidad, en cuatro lotes circunvecinos, los dos extremos del lote en estudio y los números 6 y 10 de la misma clasificación, datos que aparecen en la Tabla 1 del Apéndice.

3.1.2 Tratamientos de labranza

Con anterioridad a la realización de los tratamientos, se efectuaron en todo el lote las siguientes labores: una arada (15 días antes), dos niveladas (15 días antes) y una rastrillada (un día antes).

Los tratamientos que a continuación se describen, fueron se-

leccionados teniendo en cuenta su facilidad para roturar el suelo y que los suelos que reciben labranza en exceso o en forma continua, como es el caso presente, tienden a formar capas duras que afectan las propiedades físicas, especialmente aquellas que se relacionan con el riego. En cada cultivo, cada tratamiento fue replicado tres veces así:

En cebada

- a) Testigo = ninguna labor adicional
- b) Subsolación = una pasada en sentido longitudinal con 2 subsoladores separados 50 cm. y con una profundidad de trabajo de 40 cm.
- c) Escarificación = una pasada en sentido longitudinal con 4 escarificadores separados 50 cm. y con una profundidad de trabajo de 35 cm.

En papa

- a) Testigo = ninguna labor adicional
- b) Subsolación = una pasada en sentido longitudinal con 2 subsoladores separados 90 cm. y con una profundidad de trabajo de 40 cm.
- c) Escarificación = una pasada en sentido longitudinal con 2 escarificadores separados 90 cm. y con una profundidad de trabajo de 35 cm.

3.1.3 Los cultivos

La escogencia de la cebada y la papa, se hizo en base a su diferente desarrollo radicular y con el objeto de analizar su comportamiento con respecto a los tratamientos y los parámetros de riego.

a) Cebada

Se sembraron mecánicamente 90 kg/ha. de la varie-

dad ICA-FIBANA, descrita por Contreras et al. (1971). Por recomendación de los técnicos del Programa de Cebada del ICA, se aplicaron 200 kg/ha. del fertilizante 10-30-10 y 7 lts/ha. del herbicida Premerge. Para medir el grado de desarrollo del cultivo, se determinó el macollamiento a los 60 días de la siembra. La cosecha se efectuó con hoz para evitar que el suelo fuera afectado por el tráfico de maquinaria. A cada parcela se le determinó la producción y el puntaje.

b) Papa

Se sembraron mecánicamente 2,940 kg/ha. de la variedad ICA-GUAYAVA, descrita por Estrada et al. (1970). Por recomendación de los técnicos del Programa de Tuberosas del ICA, la separación entre semillas fue de 30 cm. y entre hileras de 92 cm.; se aplicaron 1.000 kg/ha. del fertilizante 10-30-10 y 2 kg/ha. de Afa-lón. La cosecha se efectuó mecánicamente y la producción se llevó a la clasificadora de rodillos.

3.1.4 Diseño experimental

El diseño seleccionado para cada cultivo fue el de bloques completos al azar. Las razones que indujeron a su escogencia fueron entre otras, el pequeño número de tratamientos de labranza, el relativamente gran tamaño de las parcelas (35 m. de longitud por 5.4 m. de ancho), hace que haya homogeneidad dentro de ellas y diferencia entre las mismas y la posibilidad de agrupar los tratamientos en 3 bloques por cultivo, o sea que cada uno de ellos tuvo 9 parcelas. Entre las parcelas no hubo separación, mientras que entre bloques se dejaron calles de 3 m.

3.2 Parámetros edafotécnicos de riego

Todas las determinaciones se llevaron a cabo al principio y

terminar el ensayo; en el cultivo de la cebada se hicieron después de cosechar, en tanto que en la papa, las determinaciones finales se realizaron antes de cosechar, pues la cosecha en este caso, se efectuó mecánicamente, lo cual podía alterar las condiciones físicas del suelo.

3.2.1 Densidad aparente

Se estudió este parámetro, ya que aunque poco varía a causa del empleo de la maquinaria agrícola, se considera que es indispensable conocer su valor para diseñar sistemas de riego; además, poco es lo que se conoce sobre la misma en este tipo de suelo. Se siguió el método del cilindro descrito por Blake (1965). Se localizaron 3 sitios por bloque para un total de 18 sitios. En cada uno de éstos se determinó la densidad aparente y el contenido de humedad a las siguientes profundidades: 0-8 cm.; 8-16 cm.; 16-24 cm.; 24-32 cm. y 32-40 cm.

3.2.2 Capacidad de retención de humedad

La capacidad de retención de humedad, es quizás, junto con la tasa de infiltración, la propiedad física del suelo que más puede variar debido a la labranza; por otra parte, su magnitud repercute considerablemente en la aplicación de agua. Se siguió el método de las ollas de presión descrito por Peters (1965). Las muestras se sometieron a las presiones de 0.100; 0.200; 0.333; 0.850 y 1 bar solamente, porque ensayos previos indicaron que el punto de marchitamiento en este suelo, se obtiene a bajas tensiones. También se determinó la densidad aparente de cada una de las muestras a fin de expresar el contenido de humedad en base a volumen. En cada sitio (6), se tomaron muestras a 0-10 cm.; 10-20 cm.; 20-30 cm.; y 30-40 cm. de profundidad.

3.2.3 Tasa básica de infiltración

Para su determinación, se siguió el método del doble anillo, descrito por Bertrand (1965). Para calcular la tasa básica de infiltración se tomaron los datos de infiltración acumulada y se llevaron a papel logarítmico; en base a la recta resultante se obtuvo la tasa instantánea de infiltración, con los valores de ésta se trazó en papel milimetrado, la curva respectiva de la tasa básica de infiltración en centímetros por hora. Se hicieron dos determinaciones por bloque para un total de doce.

3.2.4 Resistencia del suelo a la penetración

Esta magnitud que aparentemente no ofrece ninguna relación con la práctica del riego, mide la compactación del suelo, que sí influye directamente sobre los parámetros edafotécnicos de riego. Se utilizó el penetrometr. de cono y se siguió el procedimiento descrito por Davidson (1965). Se fijaron 3 sitios por bloque para un total de 18 sitios. En cada uno de éstos se hicieron lecturas a 8 cm.; 16 cm.; 24 cm.; 32 cm. y 40 cm.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se representan los resultados y discusión en forma integral, ya que existe una estrecha relación entre los parámetros efato técnicos de riego estudiados; además, también se encontró que éstos se correlacionan con los métodos de labranza empleados y los cultivos de la cebada y la papa.

En la Tabla 1 se observa que la densidad aparente incrementó su promedio, tanto en la cebada como en la papa, en una cantidad mínima; mientras que la Tabla 2 muestra que no se produjo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos de labranza, en cuanto a la densidad aparente se refiere. Iyles y Woodruff (1963), indican que es muy difícil alterar el valor de la densidad aparente mediante el uso de implementos de labranza.

Los valores de la densidad aparente se hacen menores a medida que se profundiza en el perfil; como esta relación se encontró tanto en condiciones iniciales como finales y en los dos cultivos, es posible atribuir al tráfico de maquinaria agrícola los resultados obtenidos; es decir, el proceso de compactación ocurre con mayor intensidad en las capas superficiales del suelo (Tabla 2 del Apéndice).

El hecho de haber obtenido una correlación negativa y altamente significativa entre la densidad aparente (X) y la capacidad de retención de humedad (Y), sirve para refrendar la veracidad de los resultados. Las ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación para las condiciones iniciales y finales fueron $Y = 47,79 - 38,87X$; $r = - 0.742$ y $Y = 33,05 - 24,97X$; $r = - 0.850$, respectivamente.

La capacidad de retención de humedad disminuyó en todos los tratamientos, aunque proporcionalmente el descenso fue más marcado en el testigo, cultivo de la papa (Tabla 3). Por otra parte, al analizar los tratamientos entre sí (Tabla 2), se encontró diferencia estadís-

TABLA 1. Variación entre los valores iniciales y finales de la densidad aparente (g/cc.). a/

Tratamiento	Profundidad (cm).					Promedio
	0-8	8-16	16-24	24-32	32-40	
CEB.D.I						
Testigo	-0,047	+0,031	-0,085	-0,044	-0,031	-0,036
Subsolación	-0,041	+0,045	-0,008	+0,091	+0,070	+0,024
Mscarificac.	0,000	-0,038	+0,032	+0,113	+0,025	+0,026
Promedio	-0,030	+0,013	-0,020	+0,040	+0,021	+0,005
PAPA						
Testigo	-0,023	-0,025	+0,022	+0,069	+0,150	+0,038
Subsolación	-0,001	-0,044	-0,010	+0,033	-0,078	-0,020
Mscarificac.	-0,024	-0,041	0,000	-0,055	+0,085	-0,007
Promedio	-0,016	-0,037	+0,004	+0,016	+0,052	+0,004

a/ el signo positivo indica que la densidad aparente fue mayor en condiciones finales, en esa magnitud; el signo negativo indica lo contrario.

T.BIA 2. Prueba de Student entre los tratamientos para los parámetros de riego en condiciones finales.

Tratamientos		"t"
Densidad aparente		
Testigo	vs Subsolación =	0,350 ns
Testigo	vs Escarificación =	0,080 ns
Subsolación	vs Escarificación =	0,360 ns
Capacidad de retención de humedad		
Testigo	vs Subsolación =	2,790 ⁺
Testigo	vs Escarificación =	2,696 ⁺
Subsolación	vs Escarificación =	0,780ns
Tasa básica de infiltración		
Testigo	vs Subsolación =	2,928 ⁺
Testigo	vs Escarificación =	1,033ns
Subsolación	vs Escarificación =	4,460 ⁺
Resistencia a la penetración		
Testigo	vs Subsolación =	1,695ns
Testigo	vs Escarificación =	1,235ns
Subsolación	vs Escarificación =	2,635 ⁺

(+) = significativo al nivel del 95% de probabilidad

(ns) = no significativo al nivel del 95% de probabilidad

TABLA 3. Variación entre los valores iniciales y finales de la capacidad de retención de humedad (% Pv). a/

Tratamiento	Profundidad (cm.)				Promedio
	0-10	10-20	20-30	30-40	
CERDA					
Testigo	+1,317	+0,482	-3,106	-2,418	-0,916
Subsolación	-0,434	+0,308	-3,165	-8,894	-3,047
Escarificac.	+1,078	-2,886	-3,772	+1,483	-1,025
Promedio	+0,673	-0,698	-3,348	-3,276	-1,663
PAPA					
Testigo	-1,129	-2,386	-4,964	-8,160	-4,160
Subsolación	+1,691	+2,390	-2,281	-5,834	-1,008
Escarificac.	-0,550	+2,602	-2,203	-2,647	-0,688
Promedio	+0,004	+0,868	-3,149	-5,547	-1,956

a/ el signo positivo indica que la capacidad de retención de humedad fue mayor en condiciones finales, en esa magnitud; el signo negativo muestra lo contrario.

ticamente significativa entre el testigo y la subsolación y entre aquella y la escarificación. Es factible creer que la capacidad de retención de humedad disminuye durante un período vegetativo, aunque este descenso puede atenuarse algo y para el caso concreto del cultivo de la papa, mediante el uso de los tratamientos de subsolación o de escarificación, especialmente el primero.

En general, y para condiciones iniciales y finales, la capacidad de retención de humedad fue mayor a medida que se profundizó en el perfil (Figuras 1 a 8). Esto quizás se explica por la relación inversamente proporcional entre la capacidad de retención de humedad y la densidad aparente, ya que la distribución del tamaño de las partículas a través del perfil, hasta los cuarenta centímetros, es invariable. Además, la textura predominante y el contenido de materia orgánica (Carrera *et al.*, 1968), contribuyen a la presencia de esos valores de retención de humedad.

La aceptación de la hipótesis de que en los suelos de la serie Ti baitatá se ha formado, por empleo continuado de equipo agrícola, una capa dura aproximadamente a cuarenta centímetros de profundidad, parece válida, ya que si bien es cierto que la tasa básica de infiltración aumentó en todos los tratamientos, en relación a las condiciones iniciales, el tratamiento con el subsolador es el mejor indicador de ese incremento para los dos cultivos (Tabla 4). Todo lo anterior es confirmado por el análisis estadístico que se presenta en la Tabla 2 y en donde aparece que la subsolación difiere en forma significativa de los otros dos tratamientos. En otras palabras, es posible que el subsolador haya roto esa supuesta capa dura, incrementando lógicamente la tasa de infiltración.

En condiciones iniciales, la tasa básica de infiltración presenta un promedio que se puede calificar de considerable. Esos altos valores guardan estrecha relación con las magnitudes iniciales de los otros parámetros, tal como la densidad aparente y la capacidad de retención de humedad. En cuanto al promedio de la tasa básica de infil

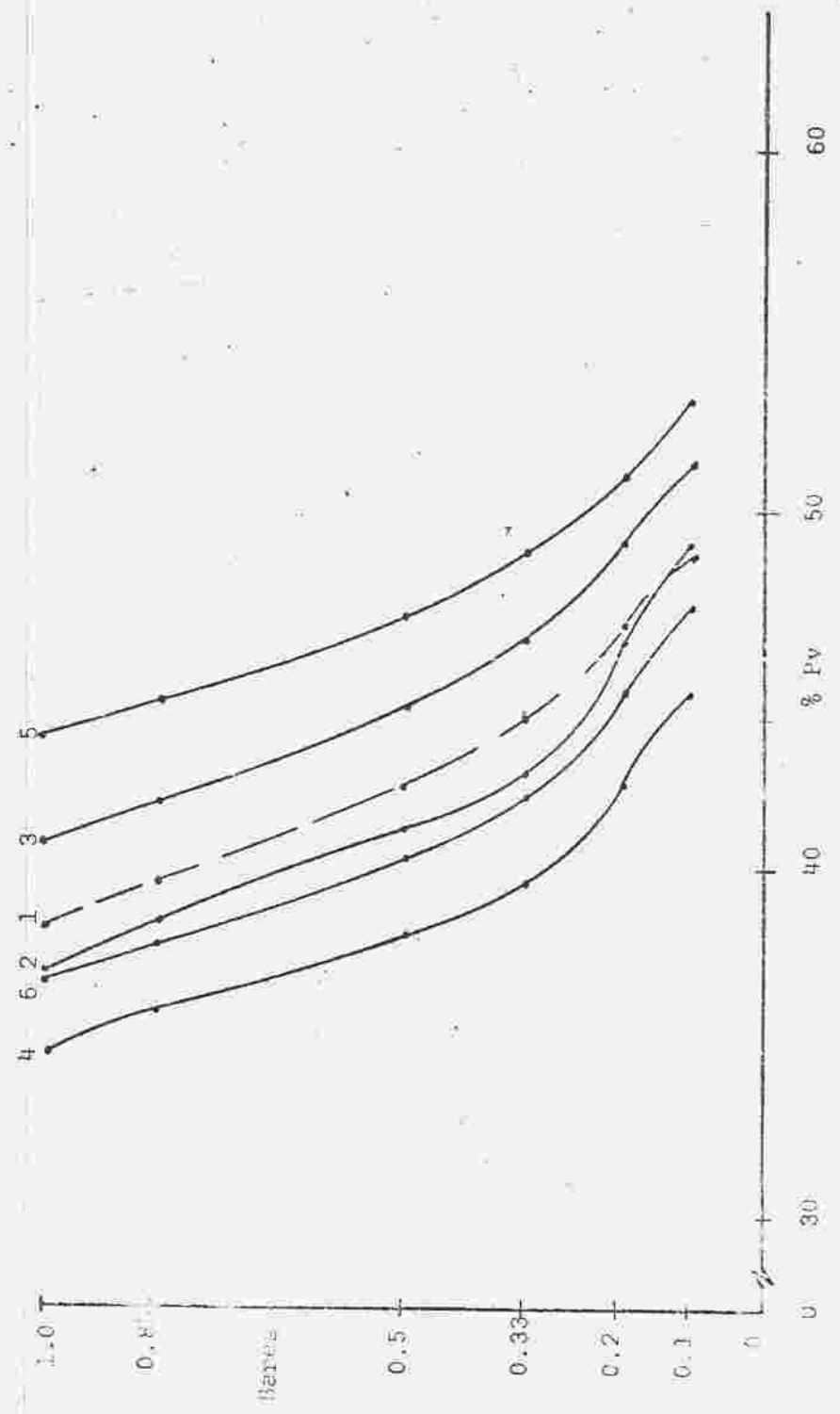


Figura 1. Capacidad de retención de Humedad para el cultivo de la cebada a la profundidad 0 - 10 Cm.
Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsólación(3) - Escarificación(5)
Cond.Finales=Testigo (2) - Subsólación (4) - Escarificación (6)

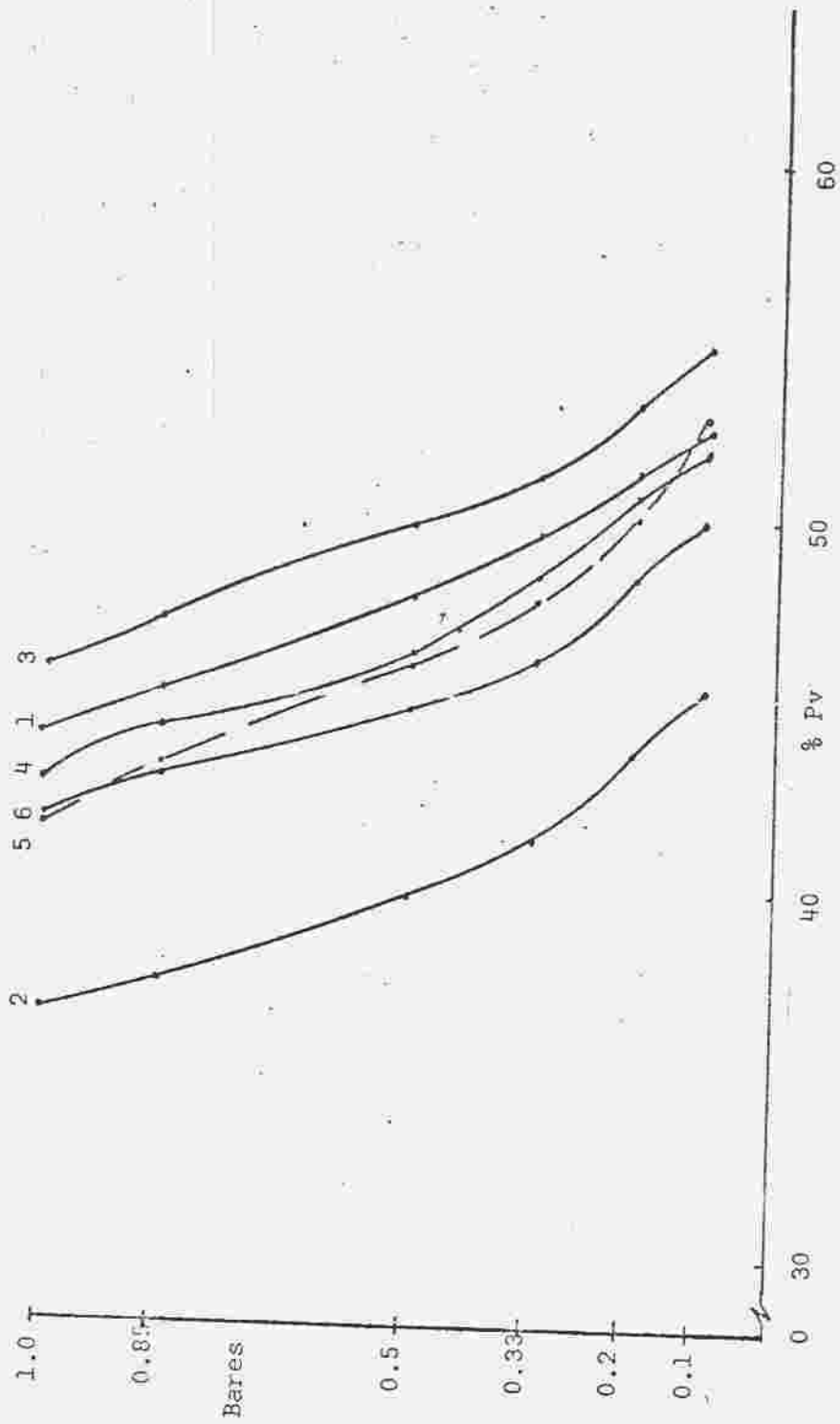


Figura 2. Capacidad de Retención de Humedad para el cultivo de la Cebada a la profundidad 10-20 cms.

Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsolación (3) - Escarificación (5).
 Condiciones Finales = Testigo (2) - Subsolación (4) - Escarificación (6).

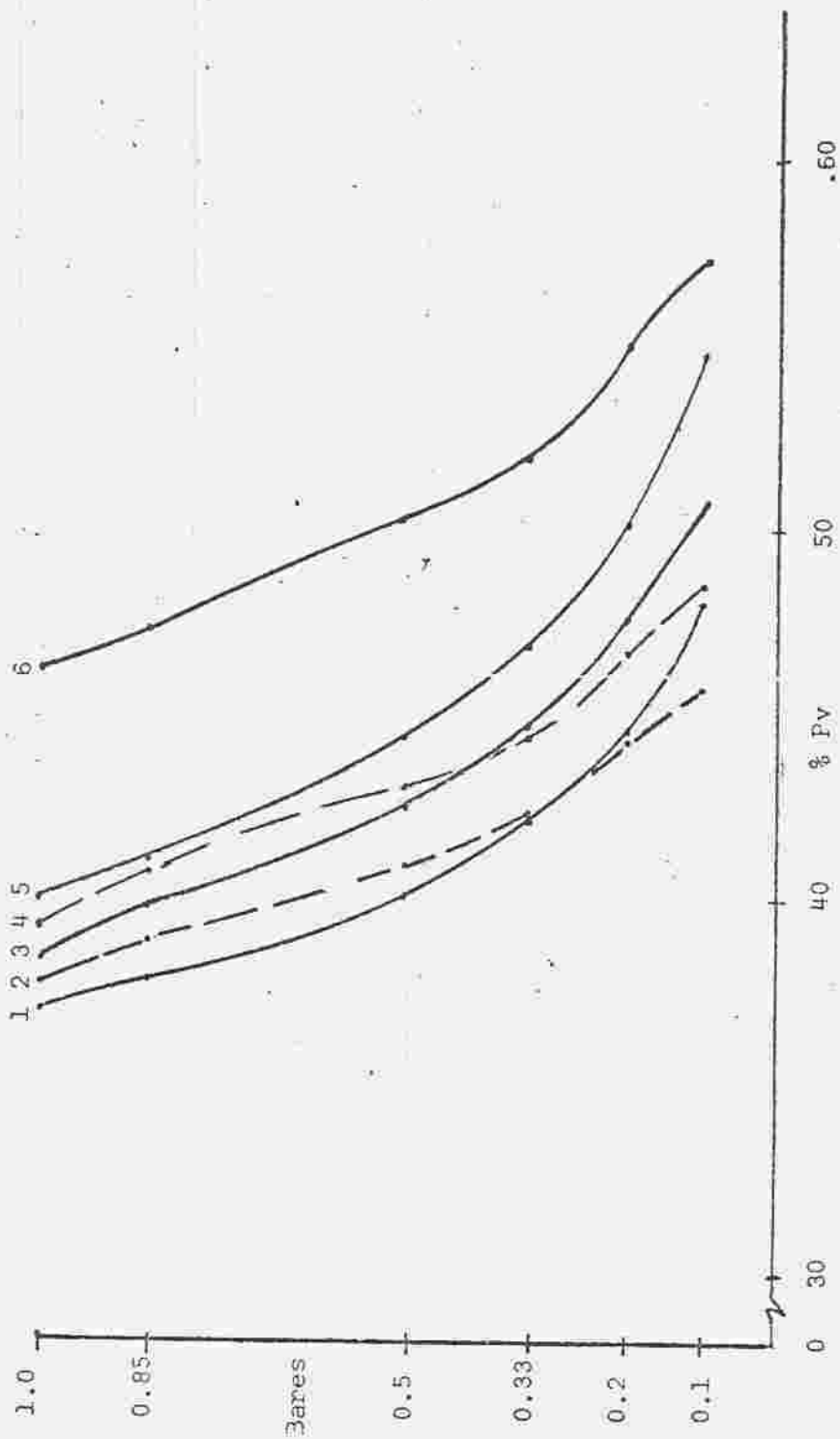


Figura 3. Capacidad de Retención de Humedad para el cultivo de la Cebada a la profundidad 20-30 cms.

Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsolación (3) - Escarificación (5).

Condiciones Finales = Testigo (2) - Subsolación (4) - Escarificación (6)

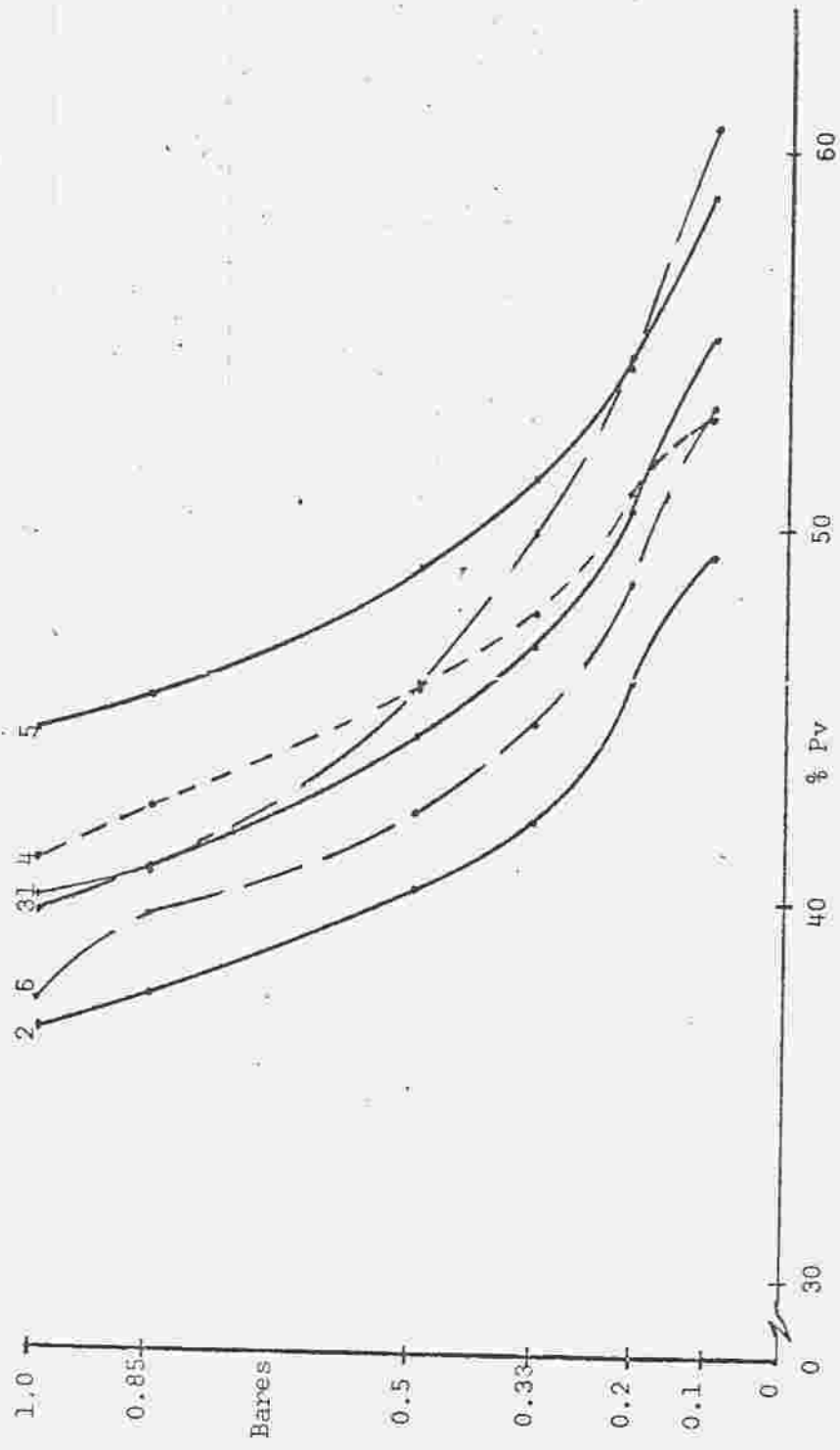


Figura 4. Capacidad de Retención de Humedad para el Cultivo de la Cebada a la profundidad 30-40 cms.

Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsolación (3) - Escarificación (5)

Condiciones Finales = Testigo (2) - Subsolación (4) - Escarificación (6)

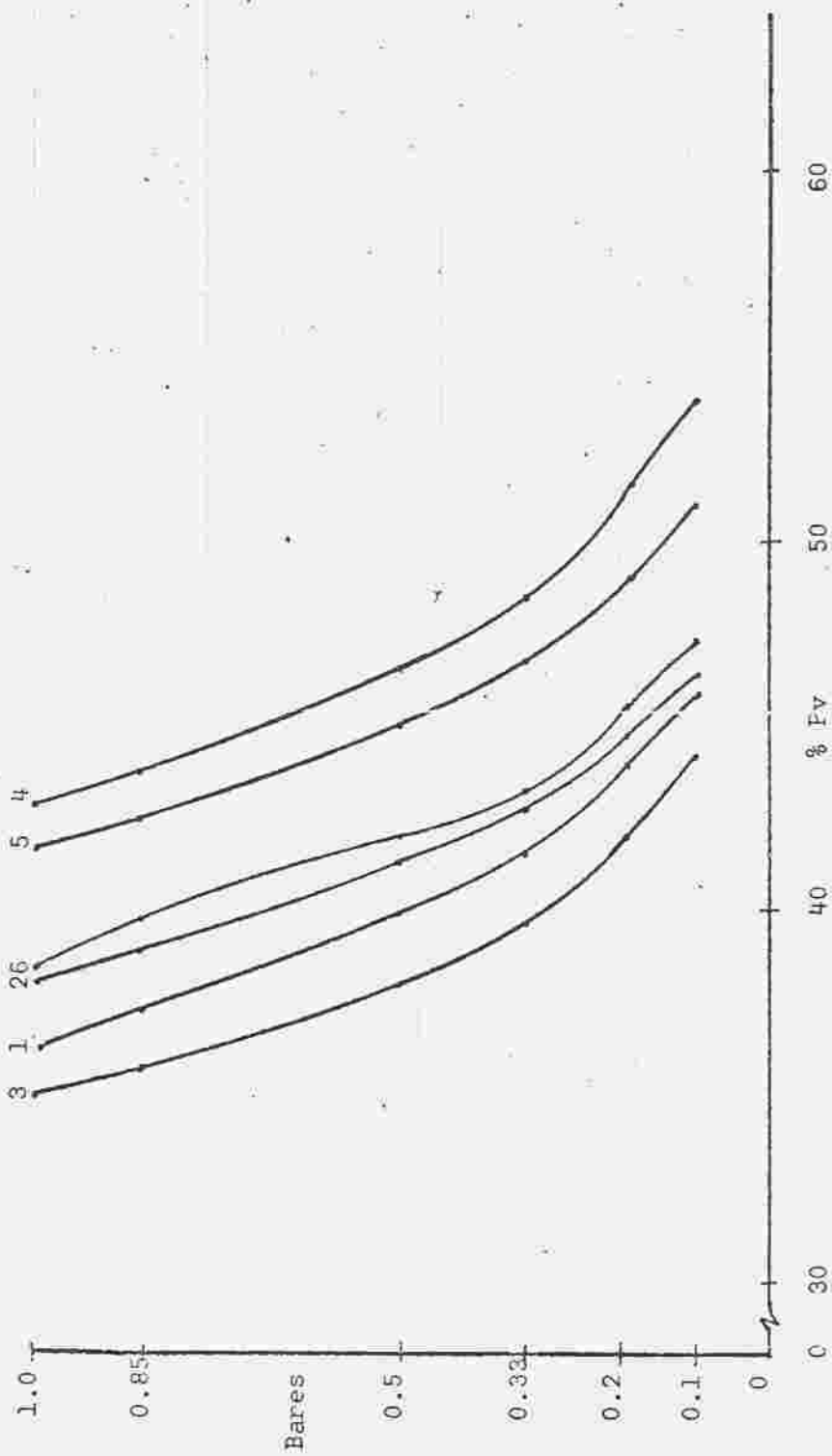


Figura 5. Capacidad de Retención de Humedad para el Cultivo de la Papa a la profundidad 0 - 10 cms.

Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsólación (3) - Escarificación (5)

Condiciones Finales = Testigo (2) - Subsólación (4) - Escarificación (6).

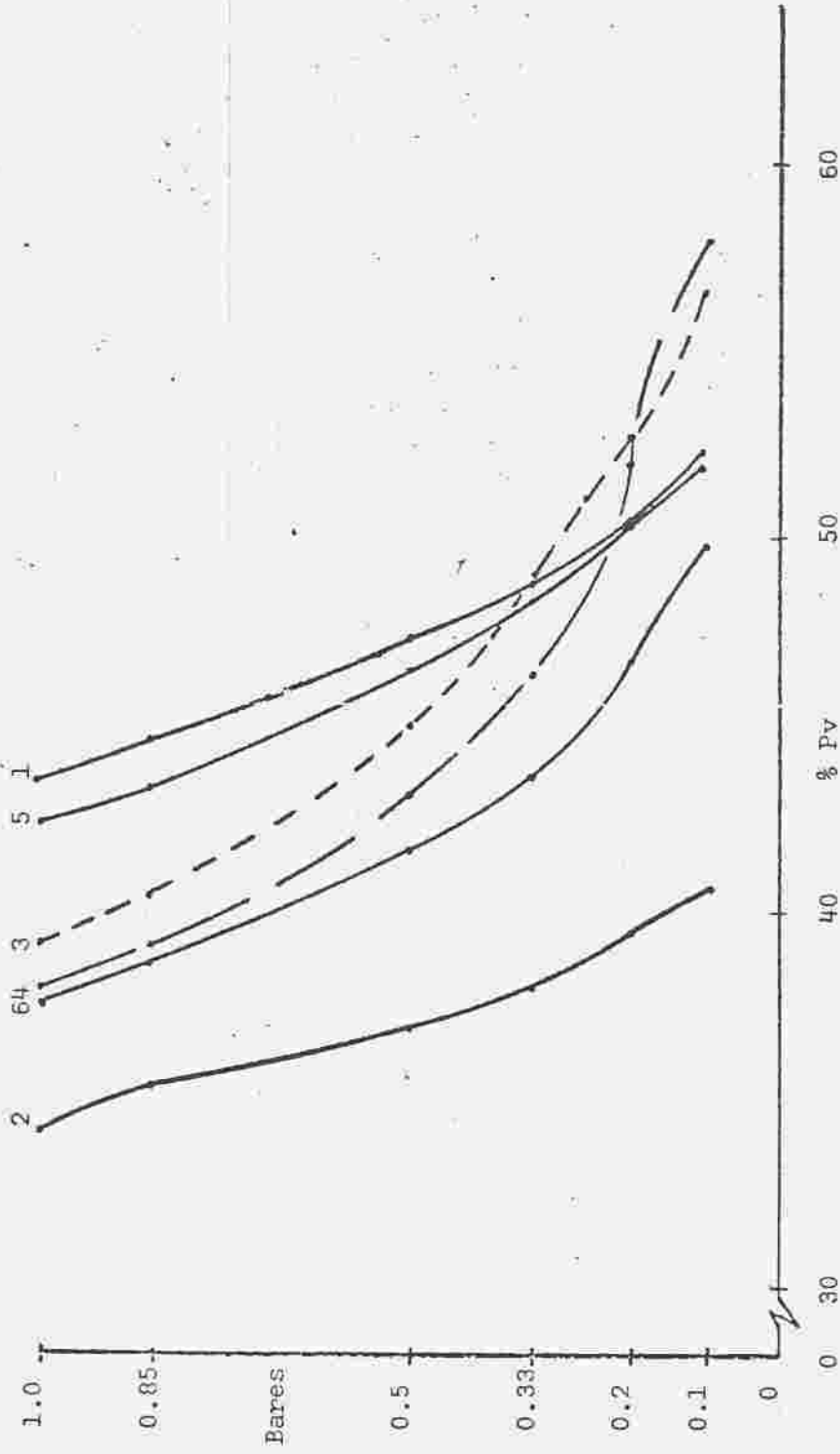


Figura 6. Capacidad de Retención de Humedad para el Cultivo de la Papa a la profundidad 10-20 cms.

Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsolación (3) - Escarificación (5)

Condiciones Finales = Testigo (2) - Subsolación (4) - Escarificación (6)

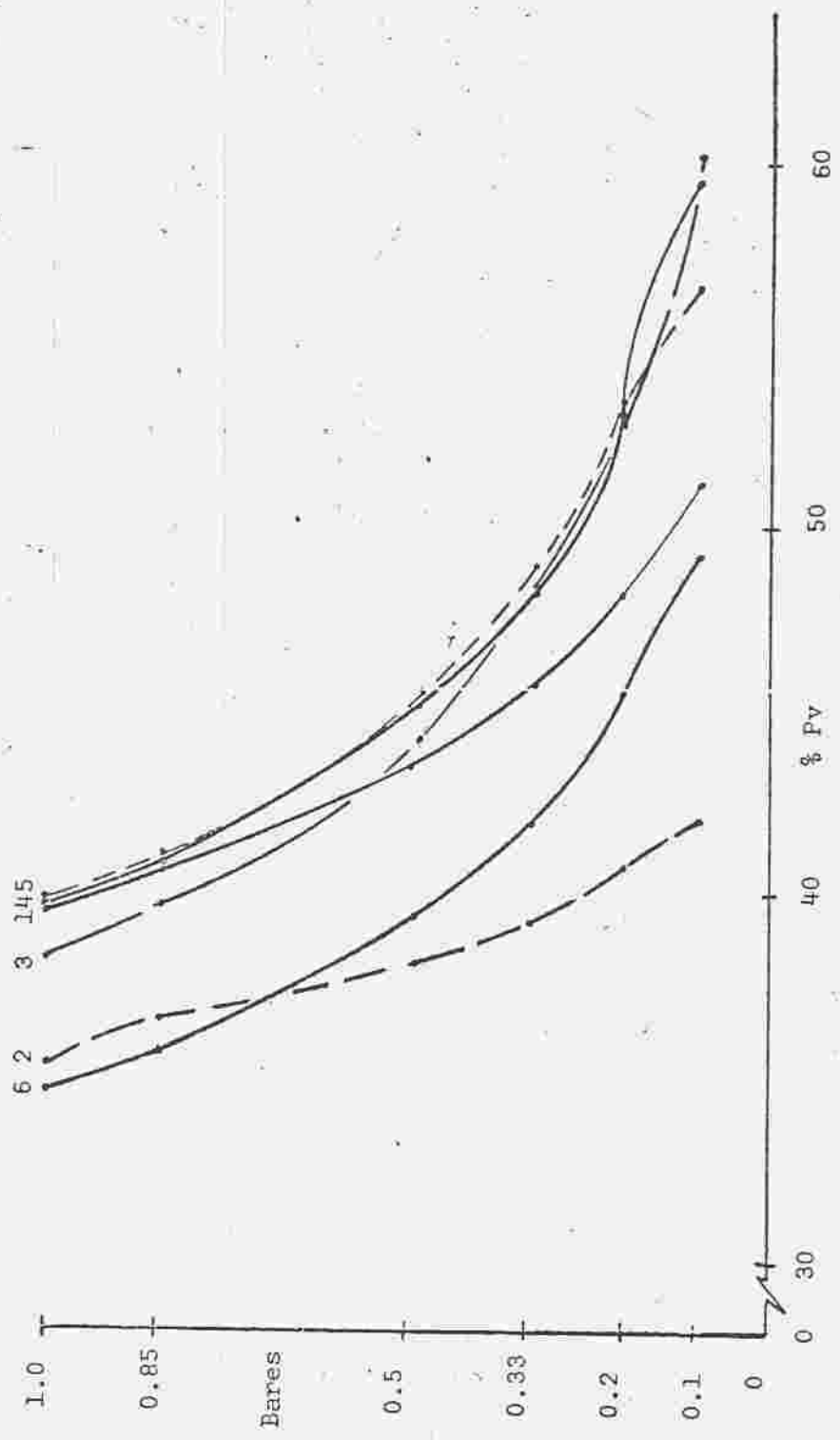


Figura 7. Capacidad de Retención de Humedad para el cultivo de Papa a la profundidad 20-30 cms.

Condiciones Iniciales = Testigo (1) - Subsólación (3) - Escarificación (5)

Condiciones Finales = Testigo (2) - Subsólación (4) - Escarificación (6)

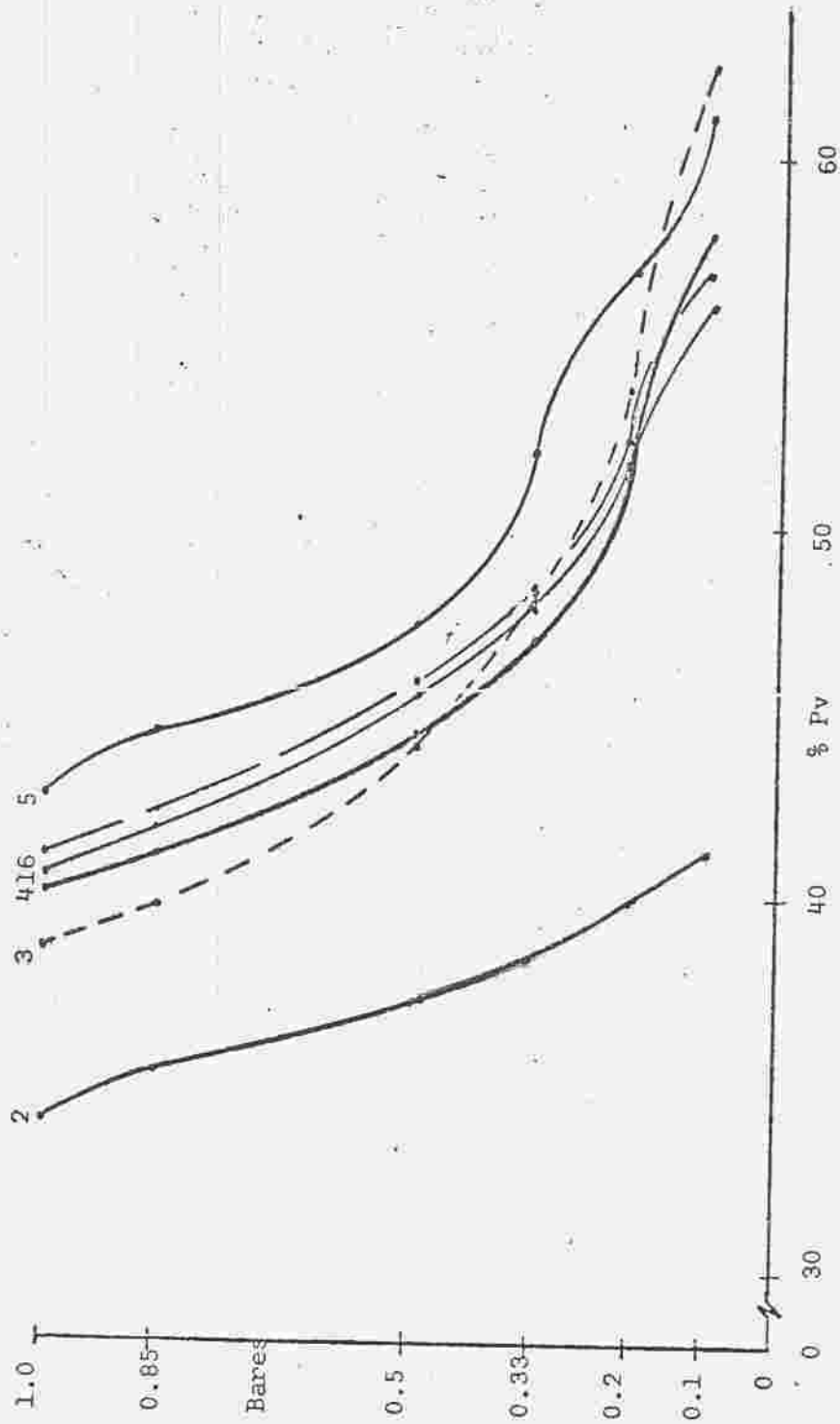


Figura 8. Capacidad de Retención de Humedad para el Cultivo de la Papa a la profundidad 30-40 cms.

Condiciones Iniciales=Testigo (1) - Subsólación (3) - Escarificación (5)

Condiciones Finales =Testigo (2) - Subsólación (4) - Escarificación (6)

TABLA 4. Variación entre los valores iniciales y finales de la tasa básica de infiltración (cm./hora). a/

Tratamiento	cm/hora
CFBADA	
Testigo	+ 8,5
Subsolación	+ 10,5
Escarificación	+ 7,0
Promedio	+ 8,7
PAPA	
Testigo	+ 2,4
Subsolación	+ 7,2
Escarificación	- 2,1
Promedio	+ 2,5

a/ El signo positivo indica que la tasa básica de infiltración fue mayor en condiciones finales, en esa magnitud; el signo negativo muestra lo contrario.

tracción al analizar el ensayo, se tiene que aquel fue notablemente mayor que el inicial (Figuras 9 a 14). Aparentemente la explicación es necesario buscarla en el efecto de los tratamientos, cuestión que se discutió en el párrafo anterior.

Un hecho que resalta es que la tasa básica de infiltración, al analizarla estadísticamente con los otros parámetros, no ofrece correlaciones significativas. Así se tiene que los coeficientes de correlación con la densidad aparente fueron -0.374 y 0.170 ; con la capacidad de retención de humedad, 0.560 y -0.234 y con la resistencia a la penetración, -0.120 y -0.460 , para las condiciones iniciales y finales, respectivamente. Esto posiblemente se explica porque estos parámetros son determinados en base a muestras tomadas a diferentes profundidades, en tanto que la tasa de infiltración se averigua para una sola profundidad, lo cual reduce lógicamente el número de datos para comparación.

Como puede verse en la Tabla 5, la resistencia que ofrece el suelo a la penetración, aumentó en forma general y de manera considerable. Sin embargo, el tratamiento de subsolación fue el que presentó el menor incremento; esto se debió quizás a las características del implemento usado en ese tratamiento; es decir, su función principal es la de romper el suelo y no la de voltearlo o compactarlo. Lo anterior fue confirmado por la significancia estadística que resultó al comparar los tratamientos, como se observa en la Tabla 2. Se tiene también que el marcado incremento en los valores de este parámetro, parece indicar que el grado de agregación del suelo al iniciar el ensayo era muy bajo, debido posiblemente a un empleo continuo de implementos de labranza; este hecho es confirmado por aumentos mayores registrados en los primeros veinte centímetros de profundidad en el perfil, espesor que alcanzan a cubrir la mayoría de los implementos.

El valor de -0.395 encontrado para el coeficiente de correlación entre la resistencia a la penetración (Y) y la densidad aparente ($Y = 15,233 - 9,827X$), resultó ser significativo al nivel del 95% de proba

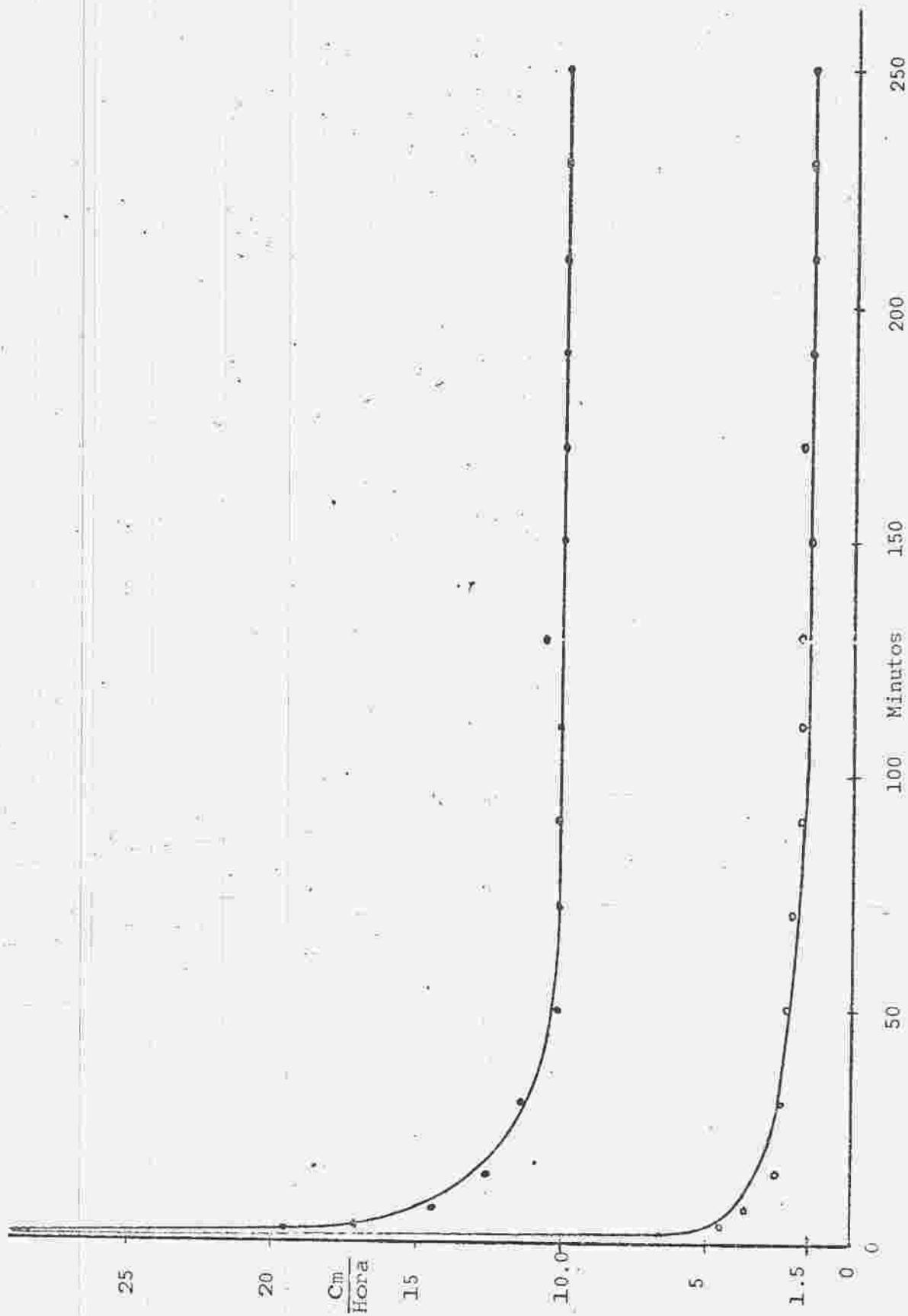


Figura 9. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales (o) y finales (●) para el testigo en cebada.

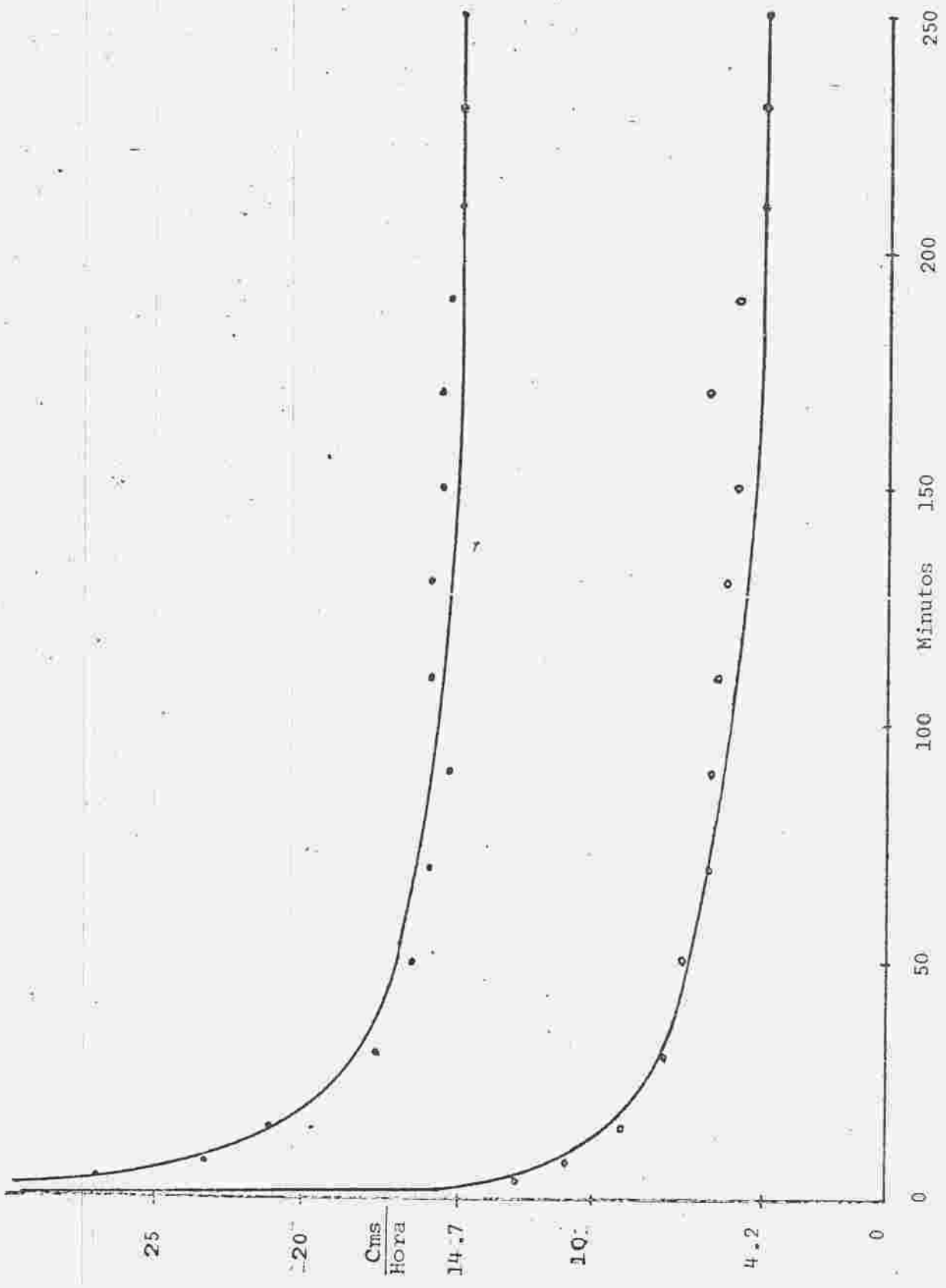


Figura 10. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales (o) y finales (●) para la subsolución en cebada.

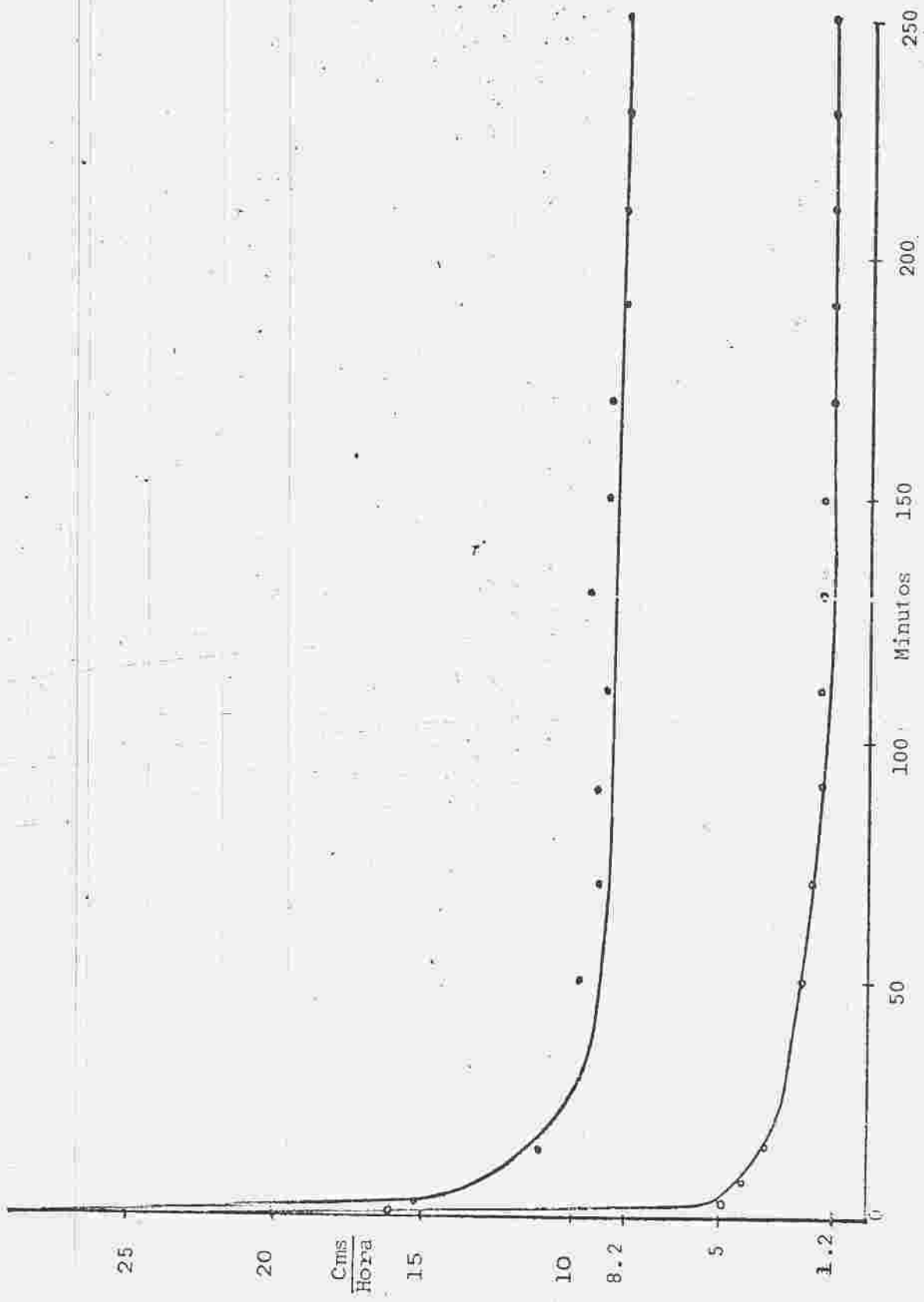


Figura 11. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales (o) y finales (●) para la escarificación en cebada.

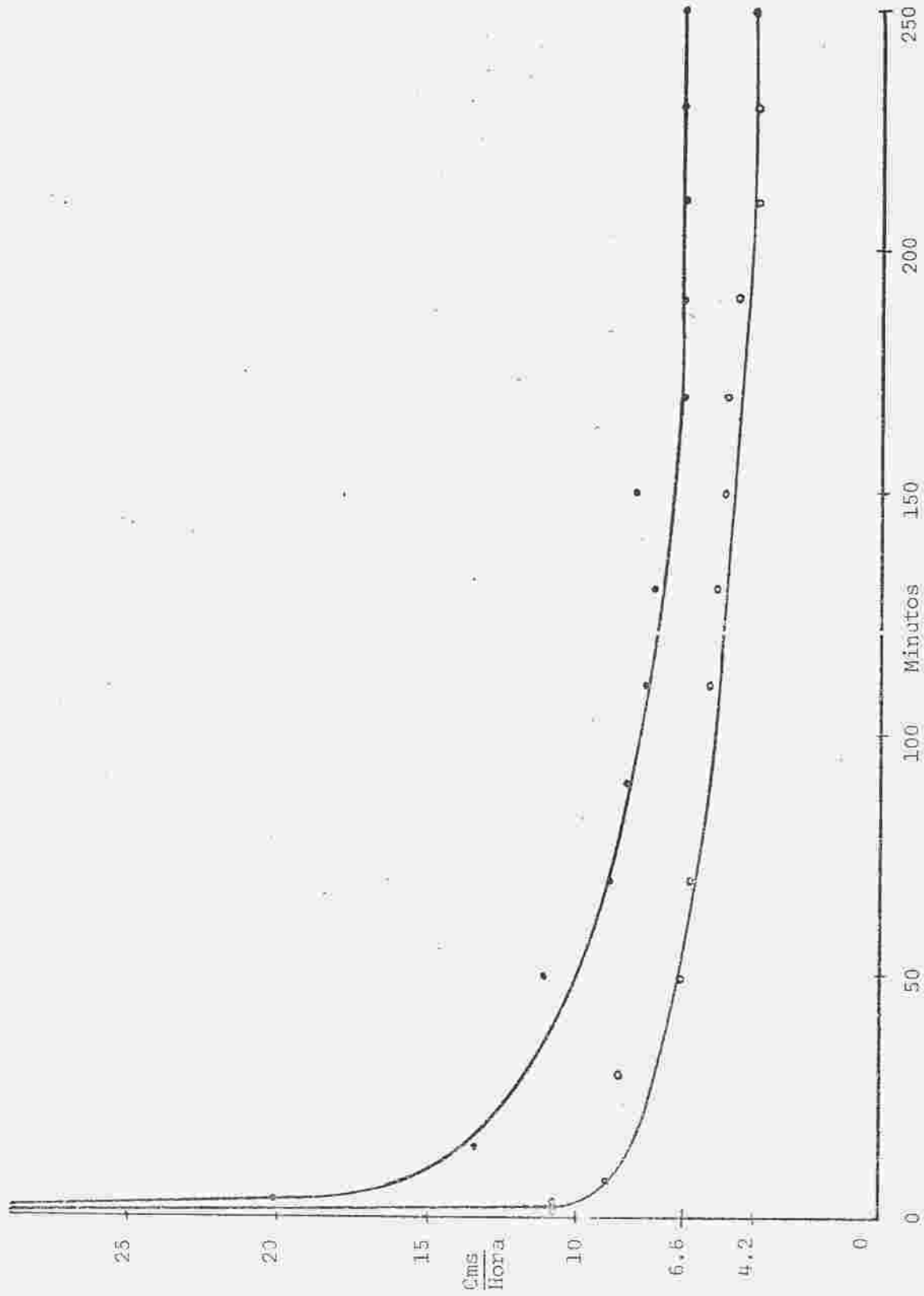


Figura 12. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales (o) y Finales (•) para el testigo en Papa.

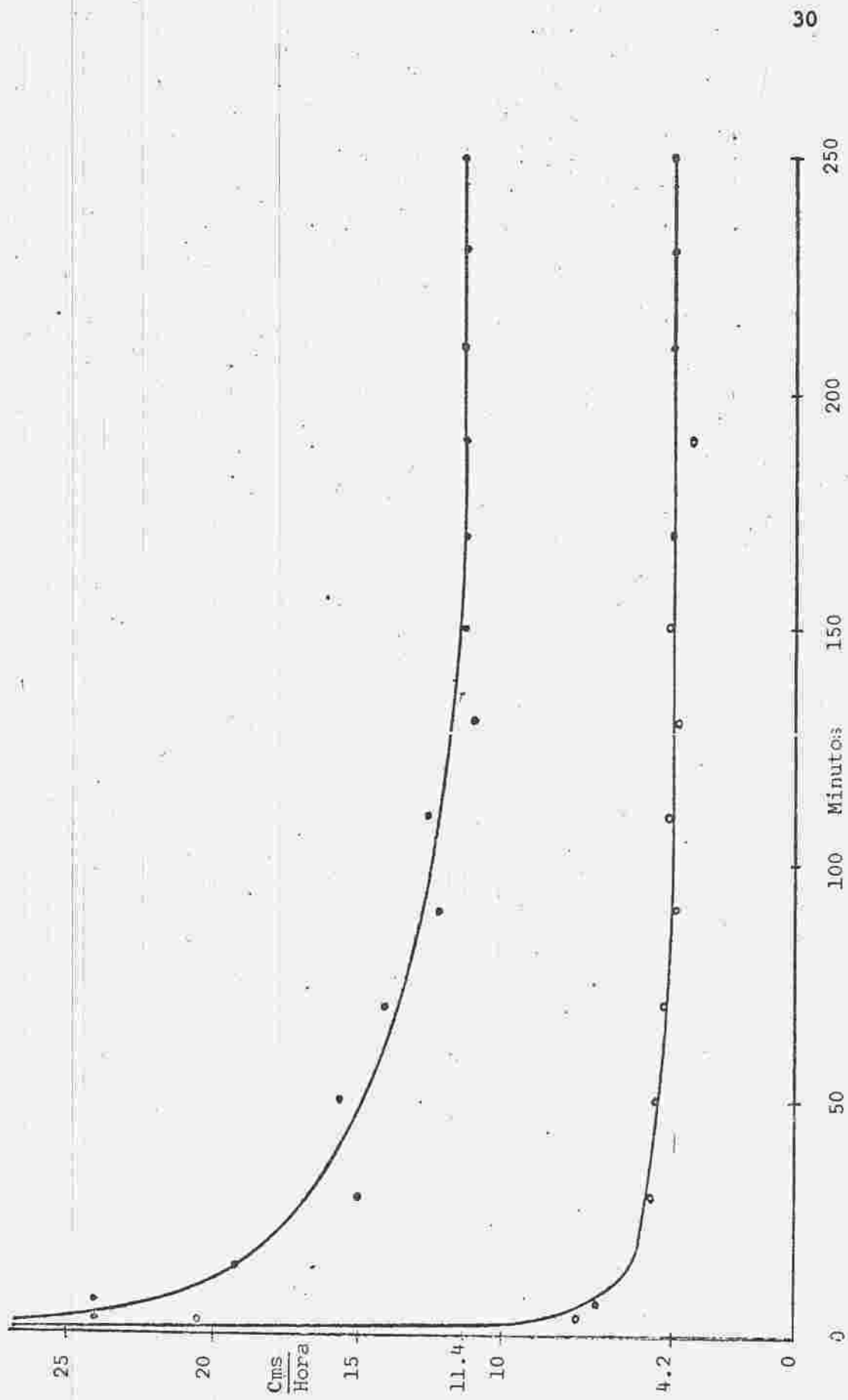


Figura 13. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales (o) y finales (●) para la subsolución en Papa.

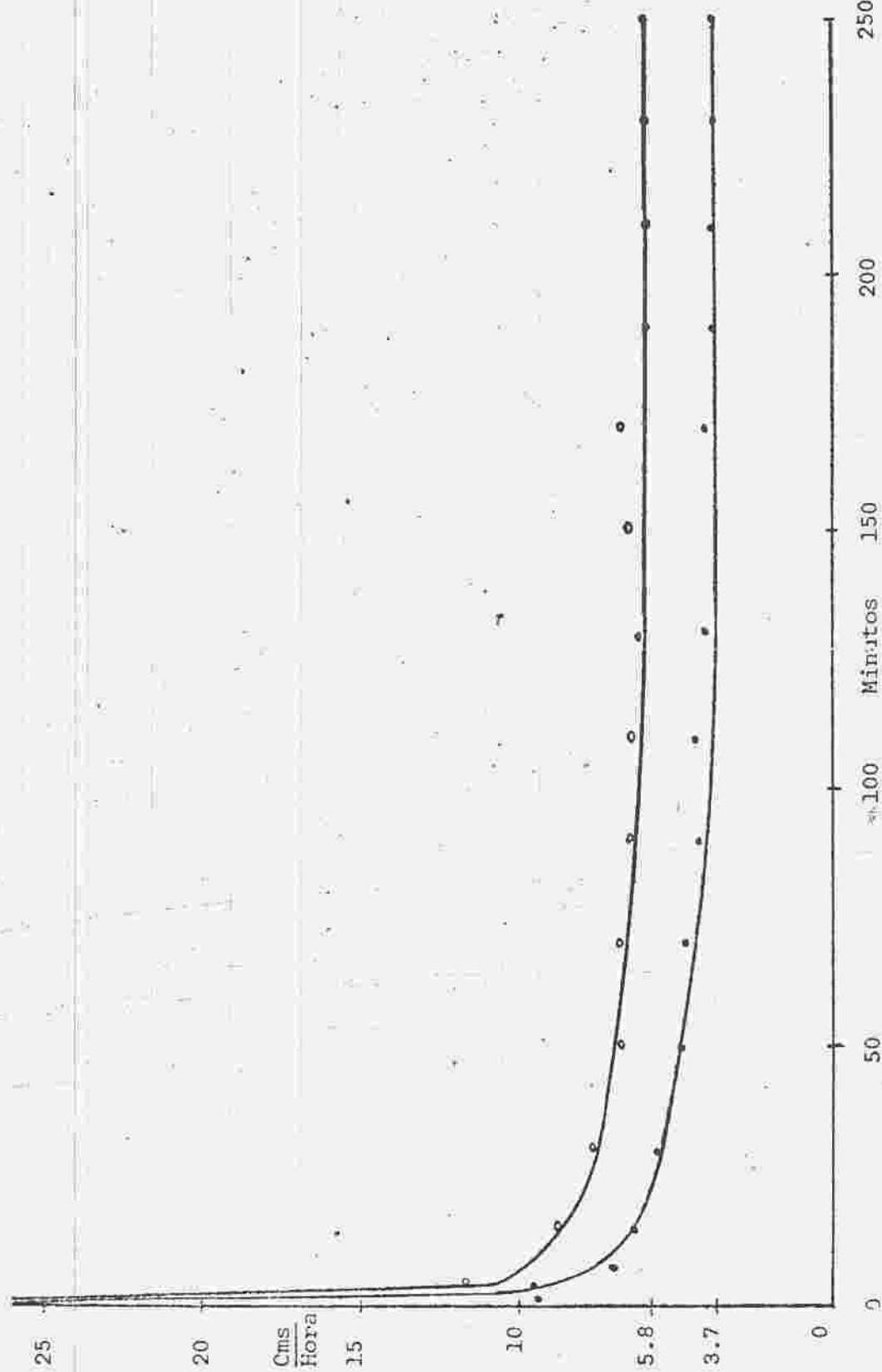


Figura 14. Promedios de la variación de la tasa de infiltración con el tiempo en condiciones iniciales (o) y finales (●) para la escarificación en papa.

TABLA 5. Variación entre los valores iniciales y finales de la resistencia a la penetración (kg/cm^2). a/

Tratamiento	Profundidad (cm,)					Promedio
	8	16	24	32	40	
CEBADA						
Testigo	+5,280	+4,236	+5,652	+3,180	+2,220	+4,113
Subsolación	+4,596	+2,880	+4,620	+0,708	+0,192	+2,523
Escarificac.	+5,988	+3,400	+5,316	+4,596	+5,400	+4,588
Promedio	+5,288	+4,505	+5,196	+2,828	+2,476	+3,741
PAPA						
Testigo	+5,090	+6,744	+3,576	+3,924	+3,744	+4,615
Subsolación	+2,112	+1,020	+1,944	+5,304	+2,100	+2,496
Escarificac.	+4,104	+3,624	+2,676	+6,156	+4,680	+4,248
Promedio	+3,768	+3,796	+2,732	+5,128	+3,508	+3,786

a/ el signo positivo indica que la resistencia a la penetración fue mayor en condiciones finales, en esa magnitud; el signo negativo muestra lo contrario.

bilidad; con la capacidad de retención de humedad (Y), el coeficiente de correlación 0.571, resultó significativo al nivel del 99 por ciento ($Y = 5,817 + 1,150X$). Estos resultados confirman lo discutido anteriormente con respecto al bajo grado de agregación del suelo al iniciar en ensayo.

En las Tablas 6 y 7 se presentan los análisis de varianza para el macollamiento, la producción y el puntaje del cultivo de la cebada y para la producción y clasificación del cultivo de la papa, respectivamente. Como ninguno de esos análisis mostró diferencia estadísticamente significativa, debería concluirse que los tratamientos de labranza no afectaron en diferente grado a los dos cultivos. Sin embargo, para poder definir al respecto, sería necesario allegar más datos.

En cuanto al efecto de los cultivos sobre la densidad aparente, fue mínimo y muy similar para la cebada y la papa (Tabla 1). Estos resultados confirman el hecho de que este parámetro es de difícil modificación, por lo menos en períodos cortos. La capacidad de retención de humedad disminuyó en los dos cultivos, casi en la misma magnitud, en tanto que la resistencia a la penetración aumentó de manera similar en los dos cultivos (Tablas 3 y 5). En contraposición a lo anterior, se tiene que la tasa básica de infiltración alcanzó un incremento mucho mayor en la cebada que en la papa (Tabla 4). La posible explicación a estos resultados es que el cultivo de la papa requiere más prácticas culturales, que en el caso presente se realizaron mecánicamente; esto lógicamente contribuyó a compactar el suelo, reduciendo así la tasa de infiltración en este cultivo. Un aspecto interesante a considerar es el hecho de que la cebada adquiere un mayor desarrollo radicular que la papa en los primeros cuarenta centímetros de profundidad, dentro de los cuales estaría localizada la supuesta capa dura del suelo. Esto hace pensar en la posibilidad de que ese desarrollo radicular haya influido en el incremento de la tasa básica de infiltración, especialmente en el caso de la cebada. El poco espesor que se supone tiene la capa dura, contribuye a sustentar la posibilidad de que las raíces colaboran en el rompimiento de aquella, aumentando, por tanto, la tasa básica de infiltración.

TABLA 6. Cuadrados medios y valores de F obtenidos en el análisis de varianza para macollamiento, producción y puntaje de la cebada.

Macollamiento a los sesenta días de la siembra				
P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	2	938	469	0,399 ns
Tratamientos	2	1.633	816	0,694 ns
Residual	4	4.699	1.175	
Total	8	7.270		
Producción				
P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	2	20,84	10,42	0,354 ns
Tratamientos	2	1,36	0,68	0,024 ns
Residual	4	117,93	29,48	
Total	8	140,13		
Puntaje				
P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	2	45,00	22,50	1,642 ns
Tratamientos	2	2,00	1,00	0,073 ns
Residual	4	55,00	13,70	
Total	8	102,00		

(ns) = no significativo al nivel del 95% de probabilidad.

TABLA 7. Cuadrados medios y valores de F obtenidos en el análisis de varianza para producción, primera y segunda clase en el cultivo de la papa.

Producción				
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	2	104,01	52,00	1,702 ns
Tratamientos	2	1,23	0,61	0,020 ns
Residual	4	122,21	30,55	
Total	8	227,45		
Primera clase				
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	2	94,93	47,46	2,069 ns
Tratamientos	2	0,16	0,08	0,004 ns
Residual	4	91,75	22,94	
Total	8	186,84		
Segunda clase				
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	2	49,10	24,55	1,612 ns
Tratamientos	2	23,00	11,50	0,757 ns
Residual	4	60,90	15,20	
Total	8	133,00		

(ns) = no significativo al nivel del 95% de probabilidad.

5. CONCLUSIONES

1. La capacidad de retención de humedad disminuyó en los dos cultivos y en todos los tratamientos, aunque el descenso fué más marcado en el testigo y cultivo de la papa. Esto hace pensar que este parámetro puede reducirse durante un período vegetativo y que esa disminución es posible atenuarla algo mediante el uso de alguno de los dos implementos empleados en este estudio.
2. La tasa básica de infiltración aumentó en forma considerable, principalmente en el tratamiento de subsolación. Lo anterior parece confirmar la presencia de una capa de suelo dura, en las zonas de la serie Tibaitatá que han sido sometidas a laboreo continuo; es decir, el subsolador posiblemente rompió esa supuesta capa dura.
3. En tanto que la densidad aparente no sufrió modificación, la resistencia que ofrece el suelo a la penetración incrementó de manera notable. En el primer caso se confirma la dificultad para alterar este parámetro con implementos de labranza. El aumento en la resistencia a la penetración está indicando que posiblemente el suelo tenía un muy bajo grado de agregación al iniciar el ensayo.
4. De acuerdo a lo manifestado arriba, los parámetros edafotécnicos de riego son alterados en grado diverso, por las operaciones de labranza. Por consiguiente, al diseñar un sistema de riego es necesario tener en cuenta el manejo que se ha dado y que se piensa dar al suelo.
5. Cuando se relacionaron los tratamientos de labranza con los cultivos éstos no presentaron respuesta estadísticamente significativa, ni en la producción ni en la calidad. Tampoco se observó que los cultivos afectaran de una manera marcada a los parámetros edafotécnicos de riego.

6. Como es muy posible que los parámetros edafotécnicos de riego sufran cambios más definidos, al someter los suelos a diferentes tipos de labranza, se considera necesario prolongar la experimentación por un período de tiempo relativamente considerable.

RESUMEN

En un terreno representativo de la serie de suelos Tibaitatá, correspondiente a la Sabana de Bogotá, Colombia; se llevó a cabo un ensayo para determinar la interacción entre tres tipos de labranza, testigo, subsolación y escarificación; cuatro parámetros edafotécnicos de riego, densidad aparente, capacidad de retención de humedad, tasa básica de infiltración y resistencia del suelo a la penetración y dos cultivos: cebada y papa.

Ninguno de los tratamientos alteró el valor de la densidad aparente, que presentó valores más bajos a mayores profundidades. La capacidad de retención de humedad disminuyó en forma general, especialmente a mayores profundidades y de manera considerable en el testigo y cultivo de la papa. La tasa básica de infiltración presentó inicialmente valores altos que se incrementaron aún más hacia el final del ensayo; el aumento fue más acentuado en la subsolación, lo que parece confirmar la existencia de una capa de suelo dura a unos cuarenta centímetros de profundidad y formada por el tráfico continuo de maquinaria agrícola. La resistencia a la penetración alcanzó valores mucho mayores en condiciones finales, lo que hace creer que al iniciar el ensayo el grado de agregación del suelo era bajo.

La producción y calidad de los cultivos, no ofrecieron respuesta estadísticamente significativa a los tratamientos de labranza y tampoco afectaron de un modo considerable a los parámetros edafotécnicos de riego. Todo lo anterior permite recomendar la continuación de la experimentación durante un período relativamente grande.

SUMMARY

An assay was carried out in the Bogota Plateau, Republic of Colombia, in a field representative of the soil series "Tibaitata", with the purpose of determining the interaction among three systems of tillage, check, subsoiling and scarifying; four edaphotechnical irrigation parameters, bulk density, water retention capacity, basic infiltration rate and soil resistance to penetration; and two crops, barley and potatoes.

None of the treatments changed the bulk density value; bulk density registered lower values as the depth of the soil became greater, being considerably so in the check and in the potato crop. The basic infiltration rate initially showed higher values which increased as the assay was performed; a considerable increase was noticed in the subsoiling tillage system, which appears to confirm the existence of a hard soil layer at a depth of 40 cms. formed by the heavy agricultural machinery traffic. The resistance to penetration reached greater values than in the final conditions, which makes one to conclude that the degree of soil aggregation was low at the beginning of the assay.

The yield and quality of the crops did not show a statistically significant response to the tillage treatments and neither they affected, in a considerable way, to the edaphotechnical irrigation parameters. This discussion allows the author to recommend to continue with this experiment during a relatively longer period of time.

BIBLIOGRAFIA

1. AMBURGEY, L.R. 1964. Soil management. Tucson, University of Arizona. Bull. A-11. 18p.
2. BATEMAN, H.P. 1963. Compaction on soil physical properties and crop response, Effect of field machine. Trans. ASAE. 6 : 19-23.
3. BERTRAND, S.J. 1965. Rate of water intake in the field. In Black, G.A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. pp.197-209.
4. BLAKE, G.R. 1965. Bulk density. In Black, G.A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. pp. 374-390.
5. CARRERA, E.; J. DICROTT y E.B. ALEXANDER. 1968. Estudio general de clasificación de los suelos de la cuenca alta del Río Bogotá para fines agrícolas. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 197p.
6. CARTER, L.M. and J.R. TAVERNETTI. 1968. Influence of precision tillage and soil compaction on cotton yield. Trans. ASAE. 11 : 65-73.
7. CONTRERAS, S.R.; L.G. CASTIBLANCO; A. MIRANDA y L. VILBUENA. 1971. Manual del cultivo de la cebada en Colombia. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. 133p.
8. DAVIDSON, D.T. 1965. Penetrometer measurements. In Black, G. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. pp.472-484.
9. ESTRADA, N; L. LUJAN; E. PEREZ; A. RODRIGUEZ y L. LOPEZ. 1970. El cultivo de la papa. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. (Hoja divulgativa 001).

10. CARDNER, T.H. 1965. Water content. In Black, C.A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. pp.82-127.
11. GILL, W.N. 1959. Soil bulk density changes due to moisture changes in soil. Trans. ASAE. 2 : 104-107.
12. _____ . 1968. Influence of compaction hardening of soil on penetration resistance. Trans. ASAE. 11 : 741-745.
13. HARRIS, K; L.J. BREE and W.H. FULLER. 1965. Minimum tillage in the Southwest. Tucson, University of Arizona, Bull. A-39. 16p.
14. HAUSER, V.L. and H.M. TAYLOR. 1964. Evaluation of deep-tillage treatments on a slowly permeable soil. Trans. ASAE. 7 : 134-137.
15. HENDERSON, D.V. and H.R. HAISE. 1967. Control of water intake rates. In Dinaver H. C. ed. Irrigation of agricultural lands. Madison, American Society of Agronomy. pp.925-940.
16. HENLEY, J.F. and J.S. MCKILBEN. 1967. Effect of soil strength on corn root penetration. Trans. ASAE. 10 ; 281-283.
17. HORFON, R.E. 1933. The role of infiltration in the hydrologic cycle. In Daver D.D. Soil physics. New York, 3rd. ed., 1961. 370p.
18. JUNCKER, P.H. and J.J. MADISON. 1967. Soil moisture characteristics of sand-peat mixes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 5-7.
19. LOWRY, F.E.; H.N. TAYLOR and M.G. HUCK. 1970. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34 : 306-309.

20. IYLES, L. and N.P. WOODRUFF. 1963. Effects of moisture and soil packers on consolidation and cloddiness of soil. *Trans. ASAE.* 6 : 275-277.
21. PERCZAK, H.B. 1965. Mínima labranza en el cultivo del maíz. *Acta Agronómica (Colombia)* 15 : 109-148.
22. PETERS, D.B. 1965. Water availability. *In* Black, C.A. ed. *Methods of soil analysis.* Madison, American Society of Agronomy. pp.279-285.
23. PROWSE, E.D. and M.B. COX. 1966. Water intake and runoff rates of two small watersheds in relation to cropping treatment. *Trans. ASAE.* 9 : 340-342.
24. SHARMA, M.L. and G. UEHARA. 1968. Influence of soil structure on water relations in low humic latosols I. Water retention. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32 : 765-770.
25. SHAW, B.T.; H.M. HAISE and R.D. EARNWORTH. 1942. Four years' experience with a soil penetrometer. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 7 : 48-55.
26. SWAMY, RAO, A.L.; R.C. HAY and H.P. BATEMAN. 1960. Minimum tillage- Its effect on soil physical properties and crop responses. *Trans. ASAE.* 3 : 2-8.
27. TANCHANDEPHONGS, S. and J.L. DAVIDSON. 1970. Bulk density, aggregate stability and organic matter content as influenced by two wheatland soil management practices. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34 : 302-305.
28. TOVEY, R. and C.J. PAUL. 1966. Measurement of intake rate for sprinkler irrigation design. *Trans. ASAE.* 9 : 359-363.

A P P E N D I C E

Tabla 1. Valores de los parámetros edafotécnicos de riego de los lotes circunvecinos.

Lote	Profundidad (cm.)	Resistencia a la penetra- ción, (Kg./cm ²)	Densidad aparente (g./cc.)	Agua aprovechable (%)
A	10	11,364	1,065	7,470
	30	7,242	1,042	7,669
B	10	8,712	0,909	8,944
	30	14,431	0,874	13,479
6	10	6,624	0,841	9,886
	30	10,982	0,725	17,282
10	10	7,596	0,860	8,411
	30	8,258	1,177	8,477
Promedio	10	8,574	0,924	8,678
	30	10,228	0,954	11,727

Tabla 2. Valores de la densidad aparente (g/cc.) para condiciones iniciales y finales. a/

Tratamiento	Profundidad (cm.)					Promedio
	0-8	8-16	16-24	24-32	32-40	
CEBADA						
Testigo	0,912	0,971	0,868	0,901	0,860	0,902
	0,959	0,940	0,953	0,945	0,861	0,938
Subsolación	0,931	1,014	0,938	0,906	0,925	0,943
	0,972	0,969	0,946	0,855	0,855	0,919
Escarificac.	0,960	0,910	0,957	0,996	0,838	0,932
	0,960	0,948	0,925	0,883	0,813	0,906
Promedio	0,934	0,965	0,921	0,934	0,874	0,926
	0,964	0,952	0,941	0,894	0,853	0,921
PAPA						
Testigo	0,907	0,960	0,844	0,832	0,849	0,878
	0,930	0,985	0,822	0,763	0,699	0,840
Subsolación	0,933	0,872	0,781	0,792	0,718	0,819
	0,934	0,916	0,791	0,759	0,796	0,839
Escarificac.	0,941	0,914	0,888	0,734	0,783	0,852
	0,965	0,955	0,888	0,789	0,698	0,859
Promedio	0,927	0,915	0,938	0,786	0,783	0,850
	0,943	0,952	0,834	0,770	0,751	0,846

a/ de cada pareja de valores, el que está en la parte superior corresponde a las condiciones finales, el otro a las condiciones iniciales.

Condiciones	Límites de confianza al 95% - (g/cc.)				
Iniciales	+ 0,030	0,007	0,037	0,050	0,049
Finales	+ 0,038	0,037	0,045	0,052	0,048

Tabla 3. Valores de la capacidad de retención de humedad (% lv), para condiciones iniciales y finales. a/

Tratamiento	Profundidad (cm.)				Promedio
	0-10	10-20	20-30	30-40	
CEBADA					
Testigo	11,631	9,017	8,036	12,816	10,374
	10,314	8,535	11,142	15,234	11,290
Subsolación	10,116	9,204	9,199	12,123	10,160
	10,550	8,896	12,364	21,017	13,207
Escarificac.	10,507	8,280	11,046	16,005	11,459
	9,429	11,166	14,818	14,522	12,484
Promedio	10,751	8,834	9,427	13,647	10,664
	10,078	9,532	12,775	16,923	12,327
PAPA					
Testigo	8,565	6,433	6,712	7,143	7,213
	9,694	8,819	11,676	15,303	11,373
Subsolación	10,973	19,881	19,850	17,843	17,137
	9,282	17,491	22,131	23,677	18,145
Escarificac.	8,883	12,312	14,661	15,838	12,935
	9,433	9,710	16,864	18,485	13,623
Promedio	9,474	12,875	13,741	13,608	12,424
	9,470	12,007	16,890	19,155	14,380

a/ de cada pareja de valores, el que está en la parte superior corresponde a las condiciones finales, el otro a las condiciones iniciales.

Condiciones	Límites de confianza al 95% - (% agua aprovechable)			
Iniciales	+ 0,410	2,740	3,245	2,963
Finales	+ 0,895	3,851	0,877	6,848

Tabla 4. Valores de la tasa básica de infiltración (cm/hora), para condiciones iniciales y finales.

Tratamiento	Cond. iniciales	cond. finales
CEBADA		
Testigo	1,5	10,0
Subsolación	4,2	14,7
Escarificación	1,2	8,2
Promedio	2,3	11,0
PAPA		
Testigo	4,2	6,6
Subsolación	4,2	11,4
Escarificación	5,8	3,7
Promedio	4,7	7,2
Límites de confianza al 95% - (cm/hora)	$\pm 1,416$	2,427

Tabla 5. Valores de la resistencia a la penetración (kg/cm²) para condiciones iniciales y finales. a/

Tratamiento	Profundidad (cm.)			Promedio		
	8	16	24			
CEBADA						
Testigo	9,480	9,324	12,084	12,844	11,844	11,119
	4,200	5,088	6,432	9,684	9,624	7,006
Subsolación	8,416	8,244	12,012	9,696	7,904	9,454
	3,816	5,364	7,392	8,988	8,712	6,931
Escarificac.	9,876	8,388	12,000	13,668	12,120	11,210
	3,888	4,988	6,684	9,072	6,720	6,622
Promedio	9,256	8,652	12,032	12,076	10,956	10,594
	3,968	4,147	6,836	9,248	8,480	6,853
PIPA						
Testigo	8,820	10,572	10,104	10,068	9,696	9,852
	3,730	3,828	6,528	6,144	5,952	5,237
Subsolación	6,612	7,512	9,924	10,896	11,748	9,338
	4,500	6,492	7,980	5,592	9,648	6,842
Escarificac.	8,724	10,416	12,828	12,468	12,048	11,297
	4,620	6,792	10,152	6,312	7,368	7,049
Promedio	8,052	9,500	10,952	11,144	11,164	10,162
	4,284	5,704	8,220	6,016	7,656	6,376

a/ de cada pareja de valores, el que está en la parte superior corresponde a las condiciones finales, el otro a las condiciones iniciales.

Condiciones	Límites de confianza al 95% - (kg/cm ²)				
Iniciales	+ 0,595	1,108	1,544	1,213	1,611
Finales	+ 1,080	1,260	0,941	1,369	1,319

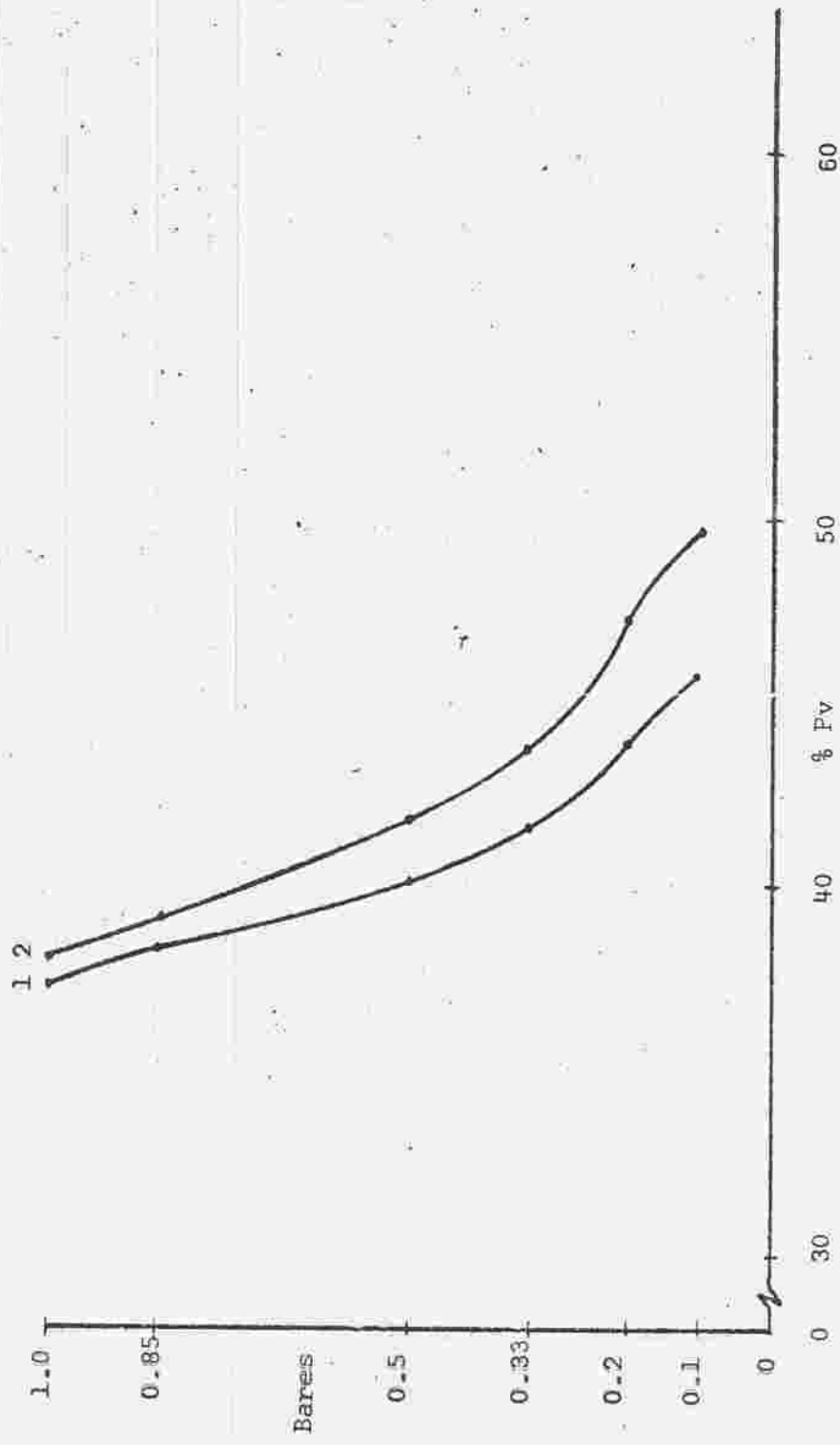


Figura 15. Capacidad de Retención de Humedad (Promedios) en los suelos de los lotes circunvecinos, a las profundidades 0 - 10 cms. (1) y 20 - 30 cms (2).