

# LA INFILTRACION DEL AGUA EN ALGUNOS SUELOS DE LOS LLANOS ORIENTALES Y SUS IMPLICACIONES EN SU USO Y MANEJO

E. Amézquita<sup>1</sup> y H. Londoño<sup>2</sup>

UNIDAD DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

026887

27 NOV 1998

## Resumen

A través del tiempo se ha predicado que los oxisoles presentan excelentes características físicas, que son suelos permeables, de alta capacidad de infiltración, presentando por lo tanto buen drenaje interno; sin embargo, hoy es necesario aceptar que ellos son muy sensibles a perder muchas de esas características cuando se intervienen con implementos agrícolas; por lo tanto su manejo debe considerar su susceptibilidad a degradación física.

Conscientes de que es necesario profundizar en el conocimiento del comportamiento físico de los suelos de los Llanos Orientales en función de uso, se ha iniciado un estudio para establecer las propiedades físicas más sensibles a las acciones de la maquinaria. Dentro de éstas, llama la atención la baja capacidad de infiltración básica que en general presentan los suelos, lo cual está indicando que tienen baja capacidad de "aceptancia de lluvias", y que por lo tanto se produce gran cantidad de escorrentía superficial indicativa de la dominancia de drenaje superficial. En términos de balance hídrico equivaldría a concluir que se puede estar en una situación de suelos "secos" dentro de un clima húmedo.

En el trabajo se presentarán algunos datos de infiltración para diferentes sistemas de uso del suelo y se relacionarán con las precipitaciones. Estos primeros análisis permiten concluir que se debe hacer un estudio específico sobre aceptación de lluvias en los Llanos bajo condiciones intervenidas y no intervenidas.

**Palabras Claves:** suelo tropical, oxisol, infiltración, aceptación de lluvias, maquinaria.

## SUMMARY

For a long time it has been accepted that tropical soils, specially oxisols, have excellent physical characteristics, that they are permeable, with high infiltration and drainage rates. However, we have to accept today that tropical soils are very susceptible to degradation by human intervention, especially by the use of intensive and tillage and by rainfall erosivity.

Knowing by experience, that soils of the Eastern plains of Colombia are very susceptible to physical degradation, a study to identify the properties that are more vulnerable to use of machinery has been started to try to establish some indicators of degradation. One of the parameters that reflect the actual condition of soils and that is sensible to changes is infiltration, which is really low in the soils that have been studied even under native savanna. This means that they have a low rainfall acceptance capacity and that could behave as "dry soils" under wet climate. The values of infiltration rate found varied from 3 to 15 mm/h for different conditions of use and management systems when it was determined even at different depths.

**Key words:** Tropical soils, oxisols, infiltration, rainfall acceptance capacity, machinery.

<sup>1</sup>Sección Física de Suelos, Programa de Trópico Bajo, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

<sup>2</sup> Ing. Agr., Universidad Nacional, Medellín, Antioquia, Colombia.



## 1. INTRODUCCION

El suelo es esencialmente un medio poroso, en el cual a través del tiempo se han ido acumulando los nutrientes que requieren las plantas y en donde se almacena agua procedente de las lluvias, la cual los disuelve para que sean tomados por las plantas (Amézquita, ). Las plantas toman  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y pierden agua de las hojas durante el proceso de transpiración. Si el suelo está húmedo, las plantas pueden reemplazar fácilmente el agua transpirada, pero si requieren extraer más agua y ésta no es suministrada por lluvia o por irrigación, entonces el agua del suelo se agota a tal punto que las plantas son incapaces de absorberla, presentándose seguidamente una disminución en su actividad fisiológica (Hsiao, 1973; Bradford and Hsiao, 1982), la cual se reflejará posteriormente en términos económicos al momento de la cosecha. Cuando el agua del suelo es escasa, las plantas cierran sus estomas y ajustan el ángulo de contacto de sus hojas (Passioura, 1982) reduciendo la toma de  $\text{CO}_2$  o previniéndola (Schulze, 1982); entonces la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas se reduce o incluso se para.

El proceso mediante el cual el agua entra al suelo se conoce como Infiltración (Baver, et al., 1972; Hillel, 1982) y es el primer estado de movimiento del agua en el suelo (Iwata et al., 1988).

Los suelos que presentan buena agregación y estabilidad estructural facilitan la infiltración. La agregación es fuertemente dependiente del contenido de materia orgánica del suelo superficial (Lal, 1985) por lo cual un buen manejo de la materia orgánica superficial en forma de residuos es clave para el manejo de la infiltración.

La medida de infiltración del agua durante un evento de lluvia es de gran importancia práctica, ya que determina la cantidad de agua que correrá sobre la superficie del suelo (escorrentía) durante la lluvia. Si el agua corre sobre la superficie del suelo, en lugar de infiltrarse dentro de este, se reduce la cantidad de agua disponible para las plantas, al mismo tiempo que se incrementa el riesgo de erosión. Por lo tanto es de vital importancia el conocimiento de los procesos de infiltración para lograr un manejo eficiente tanto del agua como del suelo (Hillel, 1982).

La escorrentía es fuertemente dependiente de la cantidad e intensidad de las lluvias y de la capacidad de infiltración del agua por el suelo. La capacidad de infiltración es el flujo de agua que el suelo puede absorber a través de su superficie cuando esta permanece en contacto con la presión atmosférica. Cuando la intensidad de lluvia o el riego exceden la capacidad de infiltración, ocurre la escorrentía y se va incrementando a medida que avanza el evento de lluvia porque así mismo va disminuyendo la capacidad de infiltración (Pla, 1977).

Desde el punto de vista de conservación de agua y control de erosión, la condición ideal sería aquella en la cual la capacidad de infiltración igualara a la intensidad de la lluvia y la capacidad de campo fuese lo suficientemente alta como para retener la cantidad de agua

necesaria para el buen crecimiento de las plantas (Baver, 1972). En Colombia, en las áreas de ladera por uso y manejo inadecuado de suelos (sobrepastoreo y falta de prácticas de conservación) la infiltración ha disminuido notablemente de tal manera que en épocas de lluvia se produce gran cantidad de escorrentía y una vez deja de llover a los pocos días (4-6) se notan los síntomas de deficiencia de agua.

La capacidad de infiltración es una propiedad muy dinámica que puede cambiar con las estaciones y con el manejo del suelo. Los factores que más afectan la capacidad de infiltración en áreas planas son: La textura, la estructura, la permeabilidad, el contenido inicial de humedad, el encostramiento, el sellamiento superficial, la porosidad, la continuidad del espacio poroso y la uniformidad del perfil (Primavesi, 1982). En áreas pendientes es afectada por la estructura, el grado de pendiente, la cobertura vegetal, la rugosidad de la superficie y por el tipo de manejo que se esté dando al suelo (Lal, 1985).

El deterioro de estos factores es generalmente ocasionado por prácticas agronómicas erradas, especialmente de labranza, que conducen a la disminución progresiva de la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua por el suelo, creando ambientes cada vez más secos y menos aptos para el óptimo crecimiento de las plantas (Primavesi, 1982).

## **2. MATERIALES Y METODOS**

En suelos de los Llanos Orientales de Colombia, correspondientes a la Unidad Da y clasificados como Typic haplustox isohipertérmicos caolíníficos (IGAC, 1983), ubicados en las cercanías de Puerto López y Carimagua se hicieron evaluaciones de infiltración bajo diferentes condiciones de uso y manejo para estudiar como había sido afectada. Las determinaciones se hicieron por triplicado. Los datos experimentales se ajustaron al modelo de Philip (1957). En el trabajo se presentan las curvas promedio.

El método usado en este trabajo es el de los anillos concéntricos descrito por Forsythe (1985) y Bouwer (1986), que consiste esencialmente en medir durante un periodo de tiempo (2 horas en este caso), el flujo de agua a través de la superficie del suelo, empleando un juego de cilindros infiltrómetros, con una lámina de agua permanente sobre la superficie del suelo.

### **Materiales:**

Un juego de cilindros infiltrómetros que constaba de dos anillos metálicos de 32 y 50 cm de diámetro y de 30 cm de alto, 1 reglilla, plástico, recipientes para agua, equipo para la instalación de los anillos, cronómetro, formato para datos.(Forsythe, 1980; IGAC, 1990)

### **Procedimiento:**

Bajo cada condición de estudio, se seleccionó un sitio representativo y cuidando al extremo de que no se modificara la superficie natural existente en ese momento en el suelo. Se colocó el cilindro de diámetro menor (cilindro interior) en el sitio de selección y se presionó contra el suelo usando un maso golpeador hasta que el cilindro había penetrado más o menos 15 cm. en forma uniforme. Luego se repitió esa misma operación pero para el cilindro de

diámetro mayor (cilindro exterior). Hasta que los anillos quedaran al mismo nivel.

Se agregó agua al anillo exterior teniendo el cuidado de que esta no pasará al anillo interior. Se colocó un plástico en el cilindro interior y se le agregó agua hasta obtener una columna de unos 12 cm sobre el suelo y se iniciaron las lecturas de lámina infiltrada vs tiempo durante un período de 2 horas.

Se hicieron determinaciones a diferentes profundidades para estudiar la continuidad del espacio macroporoso del suelo, partiendo del principio que si el suelo es uniforme, las infiltraciones serán aproximadamente iguales. Si hay capas compactadas ella será diferente.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

Para facilitar la presentación y discusión de los resultados éstos se presentarán para las dos localidades especificando los tipos de uso y manejo bajo los cuales se hicieron las determinaciones. Para cada condición se hicieron tres replicaciones. Se presenta el comportamiento promedio.

#### 3.1 Carimagua

*a) Unidad Yopare bajo sabana nativa.*

El comportamiento de la infiltración acumulada y de la velocidad de infiltración, junto con el ajuste por Philip (1957), se presenta en los gráficos 1 y 2, para diferentes profundidades: 0, 10, 20 y 40 cm.

Los datos a juzgar por los valores de  $r^2$  muestran que el ajuste es muy bueno, por lo tanto el modelo representa bien los datos obtenidos en campo.

Analizando el comportamiento en profundidad se observa que las menores cantidades de infiltración acumulada ocurrieron a profundidades de 10, 20 y 0 cm respectivamente y que la mayor cantidad ocurrió a 40 cm. De este comportamiento queda claro que el movimiento vertical del agua esta regido en este suelo por el comportamiento de la infiltración a 10 cm de profundidad cuya velocidad de infiltración básica o conductividad hidráulica saturada es de solo 3-5 mm/hora.

La velocidad de infiltración a 0 cm es de 18 a 20 mm/hora, indicando que el suelo solo puede absorber agua cuando las precipitaciones son inferiores a esta cantidad. Cuando son superiores se produce escorrentía, la cual parece ser la que ocasiona las mayores pérdidas de agua de esos suelos (Pla, 1977).

Como la lixiviación de nutrientes tiene que ver con la cantidad de agua infiltrada queda claro que aunque a 40 cm, la velocidad de infiltración sea más alta 35 a 40 mm/hora, ésta está regida por los menores valores que ocurran por encima de esta profundidad, por lo cual es de concluir que la lixiviación no es tan alta como anteriormente se había presumido.

## b) *Introducciones-Culticore-Arroz*

En este caso las determinaciones obedecen a un suelo cultivado con arroz. Igual que en el caso anterior la cantidad de agua infiltrada (Fig. 3) y su velocidad variaron con la profundidad. Las menores ocurrieron a 10 y 0 cm y las mayores a 20-40 cm (Fig. 4), las velocidades de infiltración variaron entre 5-7 mm/hora a los 10 cm, 9-11 mm/hora a 0 cm, 18-20 mm/hora a 20 cm y 20-24 cm/hora a 40 cm, indicando nuevamente que son bajas y que puede haber limitaciones en el mojamiento de los suelos. La sensación de los autores es que se puede estar en un clima húmedo con precipitaciones de 2300 mm o más por año, pero bajo una condición de suelo "relativamente" seco, porque el ingreso de agua al suelo es afectado por la baja infiltración.

### 3.2 Matazul (Puerto López)

Los datos que se presentan han sido obtenidos bajo cuatro condiciones de manejo: sabana nativa, dos, cuatro y ocho pases de rastra y a dos profundidades 0 y 5 cm de profundidad.

#### a) *Sabana nativa*

Los datos experimentales (Fig. 5) muestran que inicialmente hay ingreso de agua (sortividad) pero que posteriormente ella se disminuye drásticamente hacia los 5 a 20 minutos donde se para el proceso al encontrar una capa o minicapa con diferente distribución de tamaño de poros que disminuyen la conductividad. Posteriormente se inicia de nuevo el proceso de infiltración. Esto que realmente ocurre en el campo y que es ocultado por el modelo de ajuste de Philips en lo que hay que manejar con prácticas adecuadas de labranza.

La velocidad de infiltración a 0 cm de profundidad es extremadamente baja 3-5 mm/hora y es ocasionada por sellamiento superficial causado por baja estabilidad estructural y dispersión de partículas finas (McIntyre, 1958; Tarchitzky et al, 1984). Cuando no se considera el sellamiento superficial siempre se sobreestima la infiltración (Chiang et al., 1993). A 5 cm de profundidad la velocidad fue mayor 10-12 mm/hora pero el mojamiento del suelo esta regido por el sellamiento superficial.

#### b) *Suelo intervenido*

Bajo las condiciones de haber recibido el suelo 2, 4 y 8 pases de rastra no es muy claro el comportamiento de la infiltración (Figs. 6, 7 y 8) respecto a la Sabana nativa, lo general es que la cantidad de agua acumulada al final de 2 horas es de aproximadamente 50-55 mm tal como ocurrió en sabana nativa. Sin embargo, se observa que los datos experimentales se apartan un poco del modelo de ajuste a medida que se incrementa el número de pases. Carter (1988) reporta sobre la influencia de la labranza en la variabilidad temporal de la macroporosidad del suelo. El mayor desafío que han tenido los físicos del suelo durante este siglo ha sido el de predecir el movimiento del agua a partir de las propiedades hidráulicas del suelo. Esto es especialmente cierto en el caso de la predicción de la conductividad hidráulica no saturada (Youngs, 1995).

Esto previene sobre la influencia de la labranza en la infiltración, la cual posiblemente no pudo ser detectada convenientemente por las bajas velocidades de infiltración básica. Los datos obtenidos confirman nuevamente en esta localidad que el mojamiento de los suelos del llano puede ser muy escaso y que pueden estarse presentando deficiencias hídricas que pasan desapercibidas pero que de alguna forma pueden estar afectando negativamente los rendimientos. Esto pareciera estar en discordia con lo que se esperarfa encontrar en un clima húmedo, sin embargo, es necesario advertir que en el comportamiento de las lluvias en el llano, la alta frecuencia de ocurrencia de las lluvias durante la época húmeda, subsana en parte la baja capacidad de "aceptancia de lluvia" en los suelos y cumple una buena función de hidratación de los cultivos.

La importancia de la frecuencia de las lluvias es comentada por Amézquita *et al.* 1995, para el área de influencia de Carimagua. El diagrama de la Figura 9, muestra que desde la semana 16 hasta la 43, es 100% probable tener por lo menos una lluvia (los datos fueron calculados con base en 20 años de registro). Esta condición de alta probabilidad de lluvias es de especial importancia para la hidratación de cultivos y para el mojamiento de suelos si se hacen prácticas de manejo superficial del suelo, que incrementen y mantengan la infiltración, haciendo que los suelos aumenten su aceptación de lluvias.

Es necesario hacer evaluaciones más sistemáticas de la condición de infiltración, de tal manera que haya cobertura para poder desarrollar prácticas de suelos que armonicen la condición climática y con el comportamiento físico de los suelos.

#### 4. CONCLUSIONES

Los valores de infiltración encontrados en los suelos estudiados son bajos e indican que se deben estar produciendo grandes cantidades de escorrentía que hasta ahora han pasado desapercibidas por los técnicos, ya que siempre se aceptó que los suelos tropicales poseían altas infiltraciones.

La influencia del número de pases de rastra en la infiltración respecto a los valores encontrados en sabana nativa no fueron significativos posiblemente porque aún en sabana nativa la infiltración fue baja.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

AMEZQUITA, E. 1994. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. *In:* F. Silva, ed. Fertilidad de suelos diagnóstico y control. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 137-154.

AMEZQUITA, E., D. FRIESEN y J.I. SANZ. 1995. Indicadores de sostenibilidad: Parámetros edafoclimáticos y perfil cultural. IV Taller Internacional de Sistemas Agropastoriles para suelos ácidos de las sabanas. 25-26 Septiembre, 1995. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

- BAVER, L.D., R.W. GARDNER y R.W. GARDNER. 1972. Soil physics, John Wiley & Sons. New York.
- BOUWER, H. 1986. Intake rate: cylinder infiltrometer. In, A. Klute (ed). Methods of soil analysis. Part 1. 2nd. ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSA. Madison. p.. 825-844.
- BRADFORD, K.J. y T.C. HSIAO. 1982. Physiological responses to moderate water stress. *In*: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler, eds. Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Encyclopedia of plant physiology New Series vol 12B. Springer-Verlago, Berlin, pp 263-324
- CARTER, M.R. 1988. Temporal variability of soil macroporosity in a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. Soil tillage. Res. 12:37-51.
- CHIANG, S.C., D.E. RADCLIFFE y W.P. MILLER. 1993. Hydraulic properties of surface seals in Georgia sils. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:1418-1426.
- FORSYTHE, W. 1985. Física de suelos: Manual de laboratorio. 1a ed. IICA, San José de Costa Rica. 212 p.
- HILLEL, D. 1982. Introduction to soil physics. Academic Press. 224p.
- HSIAO, T. 1973. Plant responses to water stress. Annual review of plant physiology. 24: 519-570.
- IGAC. 1983. Suelos de Colombia, Bogotá, Colombia, Subdirección Agrológica. Escala 1:1.500.000. 24 planchas.
- IWATA, S., T. TABUCHI and B.P. WARKENTIN. 1988. Soil-water interactions. Mechanisms and applications. Marcel De Kker, Inc. New York.
- McINTYRE, D.S. 1958. Permeability measurements of soil crust formed by raindrop impact. Soil Sc. 85:185-189.
- LAL, R. 1985. Surface soil degradation and management strategies for sustained productivity in the tropics. IBSRAM Proceedings. No. 3. 167-177.
- MONTENEGRO, H y D. MALAGON. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC. Subdirección agrológica. Bogotá. Colombia, 813 p.
- PASSIOURA, J.B. 1982. Water in the soil-plant-atmosphere continuun. *In*: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler, eds. Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Encyclopedia of plant physiology New Series vol 12B. Springer-Verlago, Berlin, pp 5-33.

- PHILIP, J.R. 1957. The theory of infiltration. 1. The infiltration equation and its solution. *Soil Sci.* 83:345-357.
- PLA, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. U. Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay.
- PRIMAVESI, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. El Ateneo 5a. Ed. Buenos Aires, Argentina.
- SCHULZE, E.D. y A.E. HALL. 1982. Stomatal responses, water loss and CO<sub>2</sub> assimilation rates of plants in contrasting environments. *In*: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler, eds. *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation.* Encyclopedia of plant physiology New Series vol 12B. Springer-Verlag, Berlin, pp 181-261
- TARCHITZKY, J., A. BANIN, J. MORIN y Y. CHEN. 1984. Nature, formation and effects of soil crust formed by waterdrop impact. *Geoderma* 33:135-155.
- YOUNG, E.G. 1995. Developments in the physics of infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 307-313.

# INFILTRACION ACUMULADA

## Yopare - Sabana - Jun /95

(Ajuste por Philip)

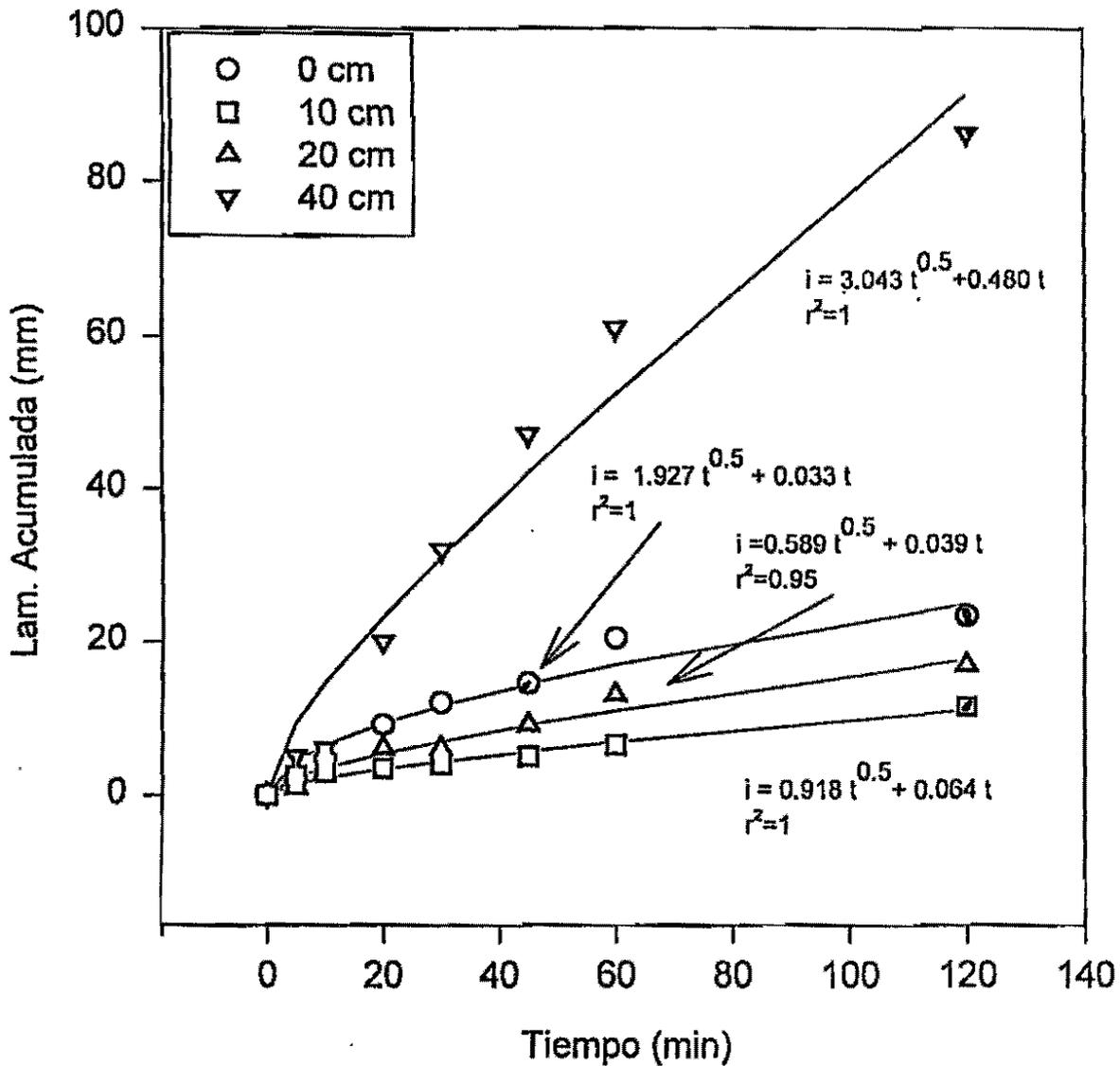


Fig. 1. Comportamiento de la infiltración acumulada a diferentes profundidades en Yopare, bajo sabana nativa. Carlomagua.

# VELOCIDAD DE INFILTRACION

## Yopare - Sabana - Jun /95

(Ajuste por Philip)

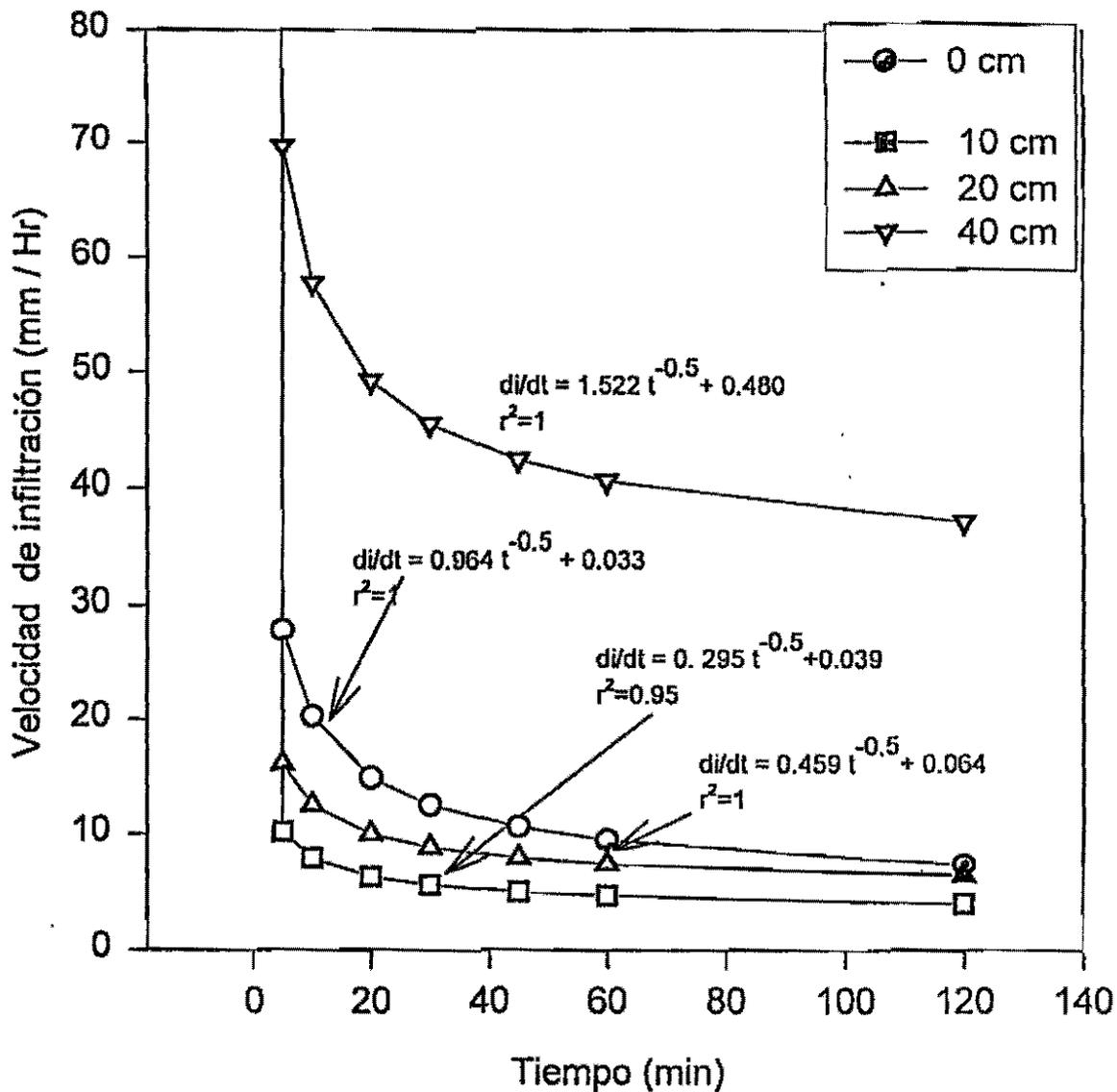


Fig. 2. Velocidad de infiltración a diferentes profundidades en Yopare, sabana nativa. Carimagua.

# INFILTRACION ACUMULADA

## Culticore - Arroz - Jun /95

(Ajuste por Philip)

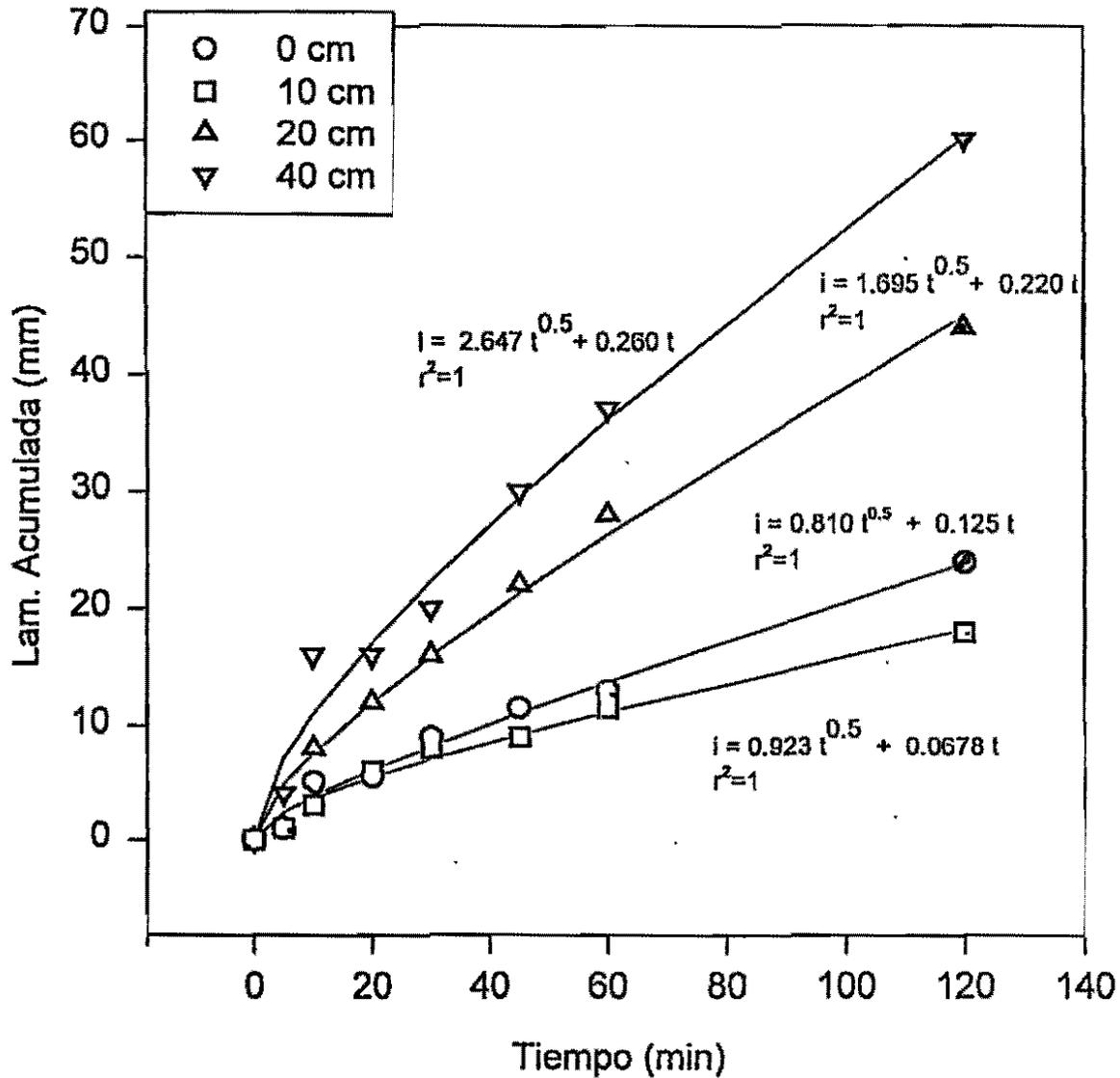


Fig. 3. Infiltración acumulada a diferentes profundidades en suelo cultivado con arroz. Carimagua.

# VELOCIDAD DE INFILTRACION

## Culticore - Arroz - Jun /95

(Ajuste por Philip)

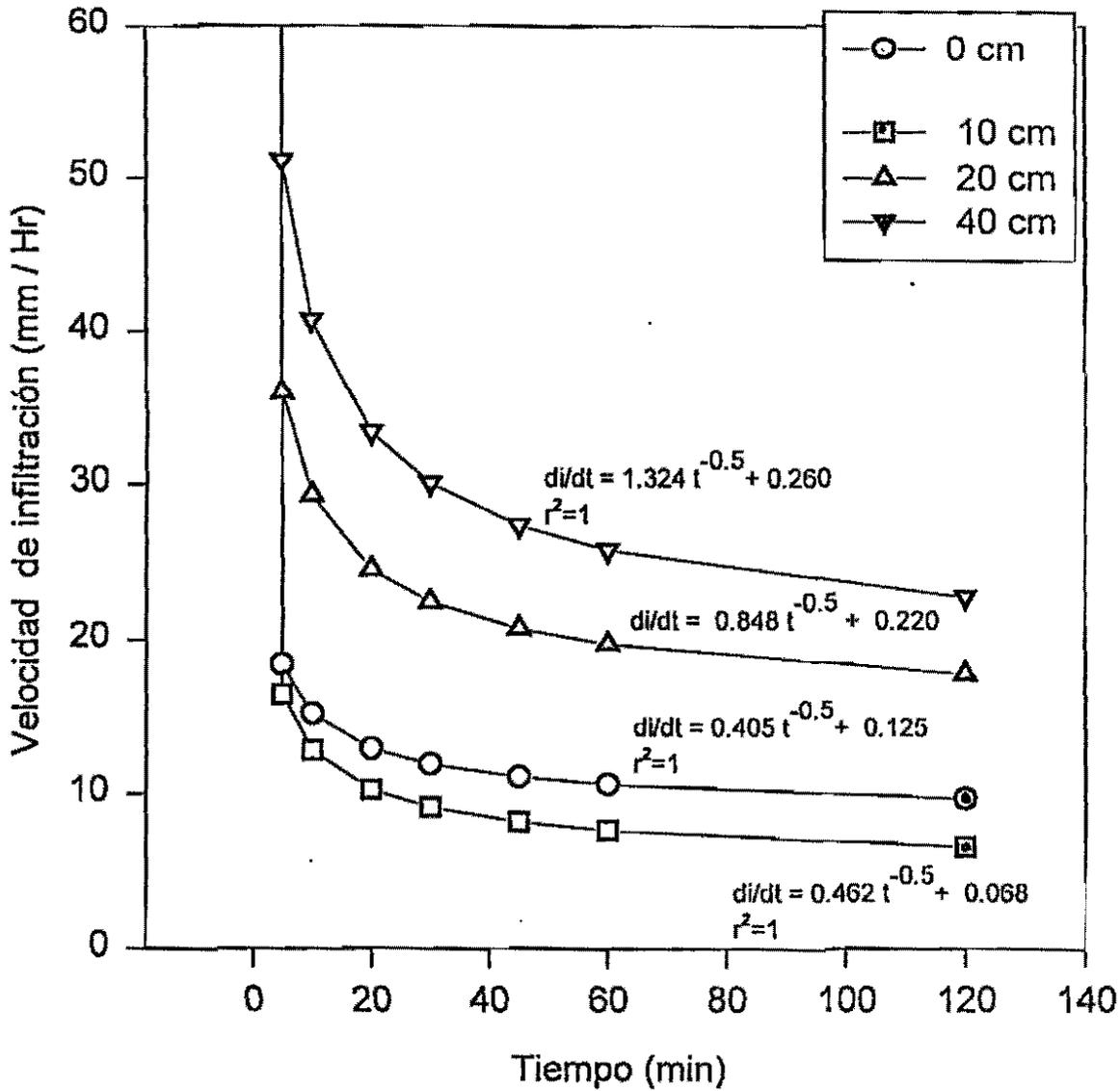
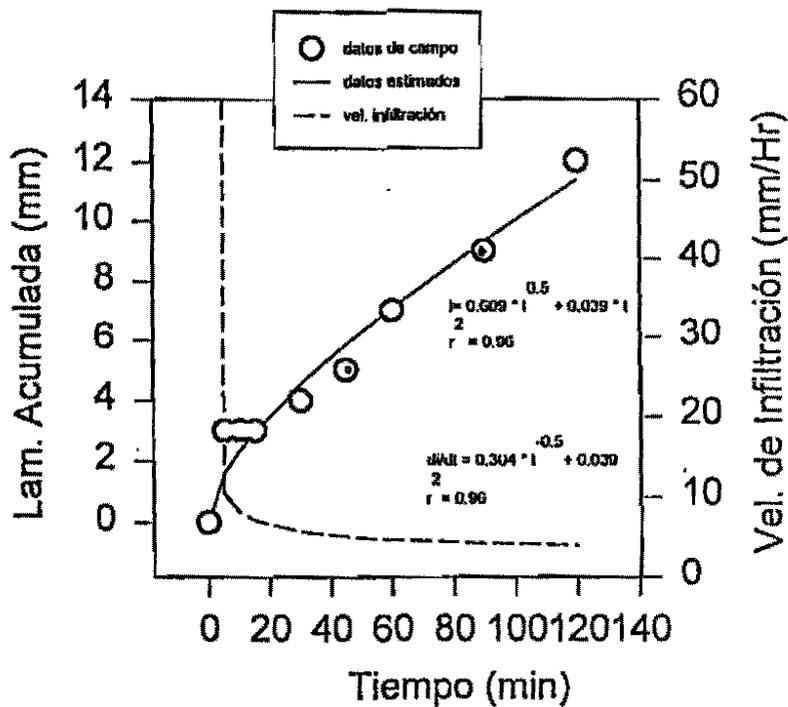


Fig. 4. Velocidad de infiltración a diferentes profundidades en suelo cultivado con arroz. Carimagua.

# INFILTRACION ACUMULADA y VELOCIDAD DE INFILTRACION

Matazul - Sabana Nativa - Profundidad 0 cm - Jun / 95



Matazul - Sabana Nativa - Profundidad 5 cm - Jun / 95

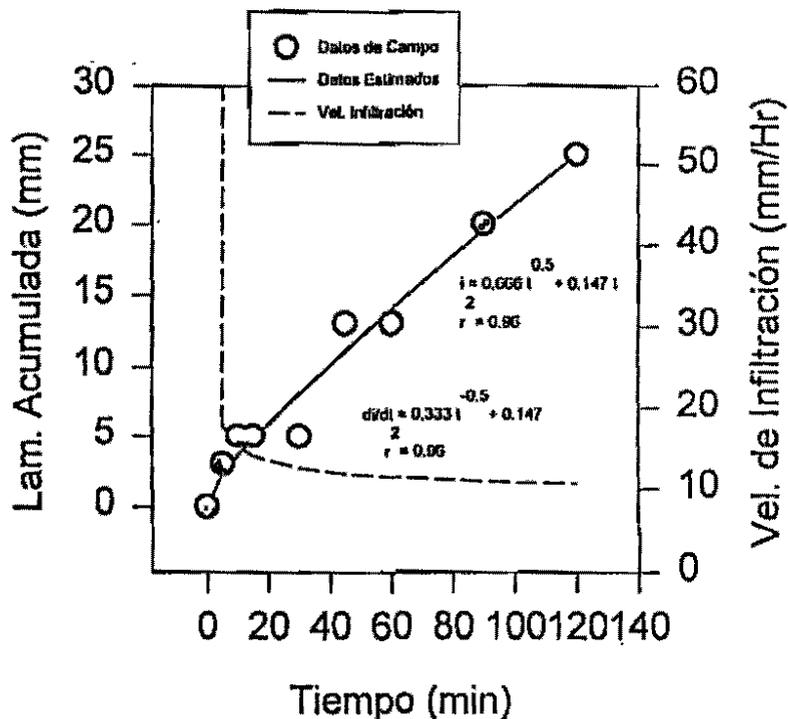
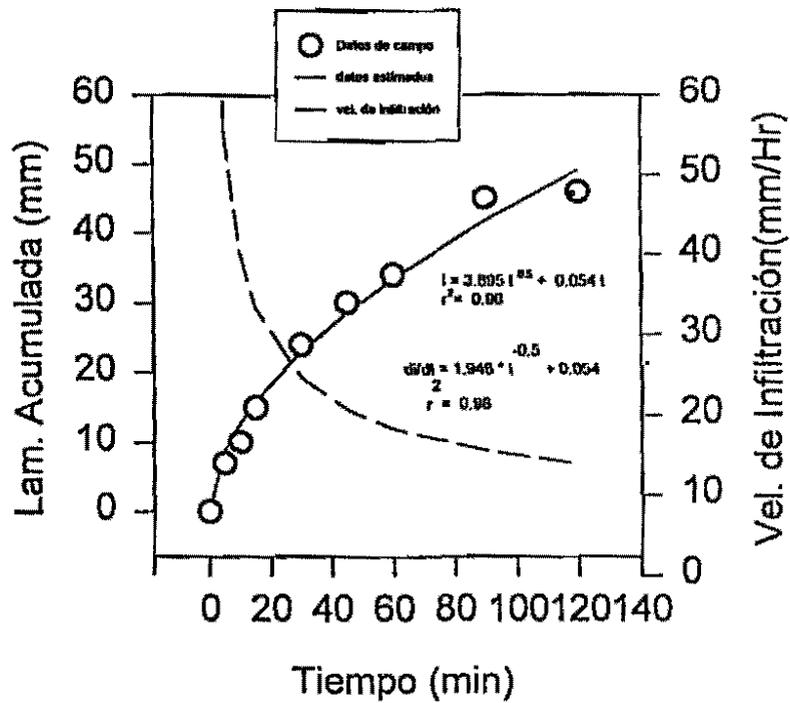


Fig. 5. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración en sabana nativa a dos profundidades. Matazul.

FIG. 6. INFILTRACION ACUMULADA y VELOCIDAD DE INFILTRACION

Matazul - Dos Pases de Rastra - Profundidad 0 cm - Jun / 95



Matazul - Dos Pases de Rastra - Profundidad 5 cm - Jun / 95

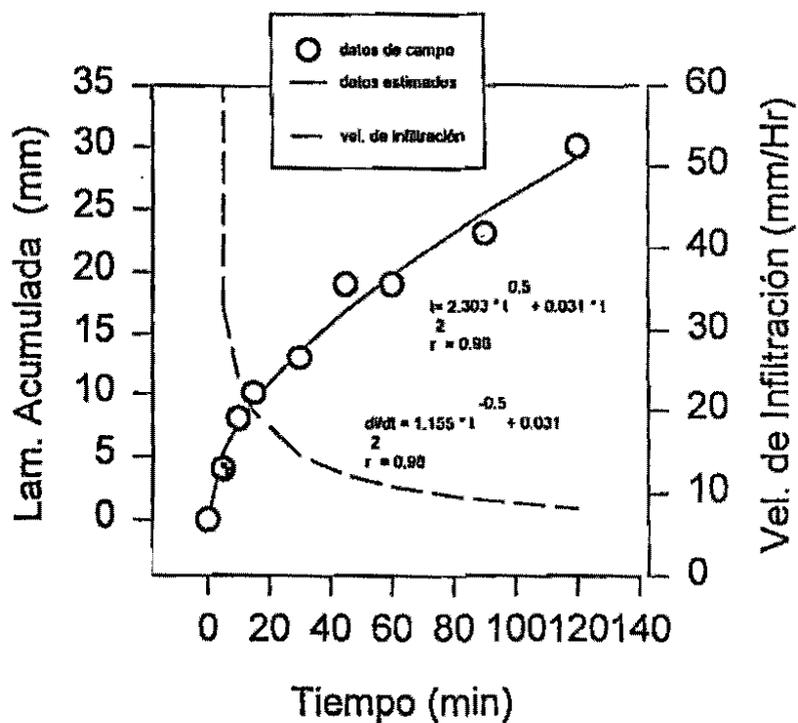
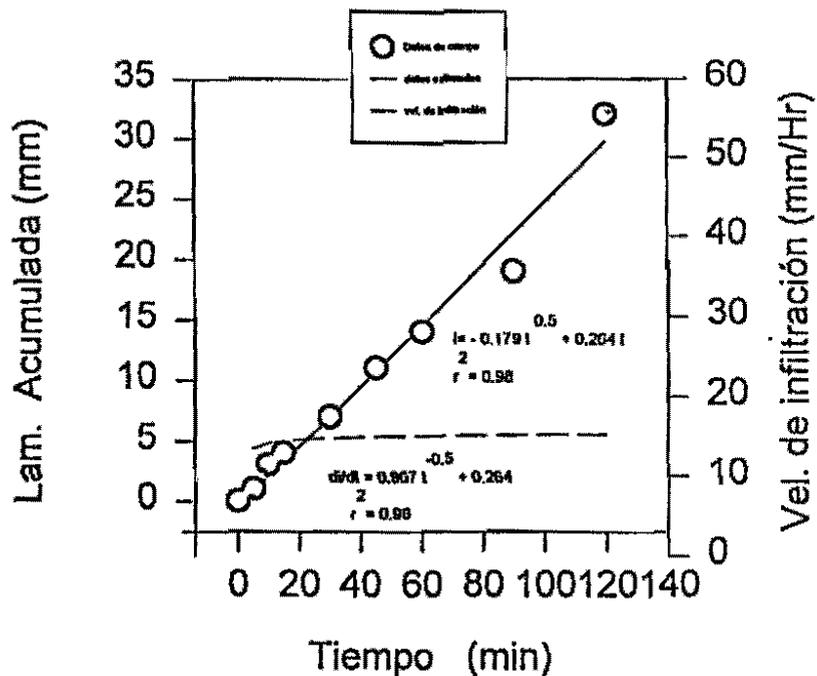


FIG. 7.

**INFILTRACION ACUMULADA y VELOCIDAD DE INFILTRACION**

**Matazul - Cuatro Pases de Rastra - Profundidad 0 cm - Jun / 95**



**Matazul - Cuatro Pases de Rastra - Profundidad 5 cm - Jun / 95**

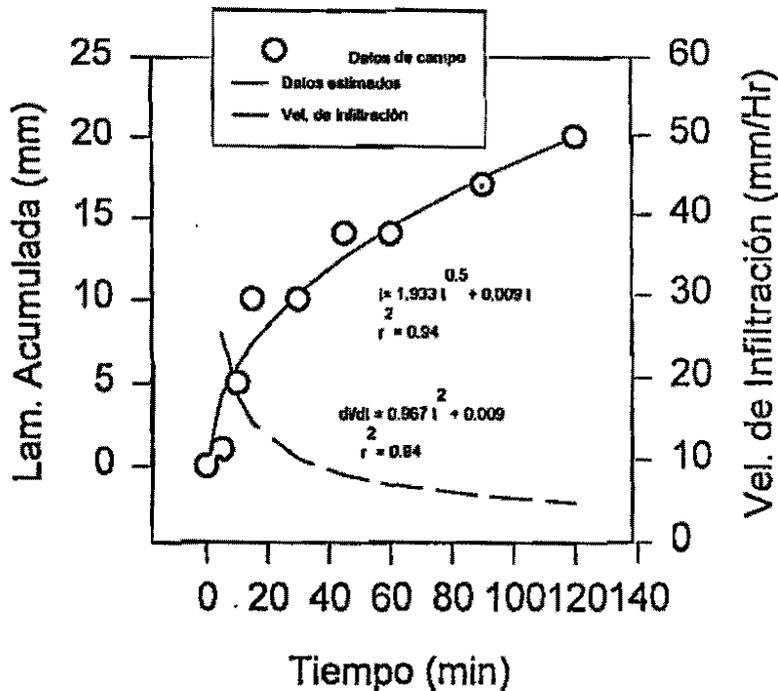
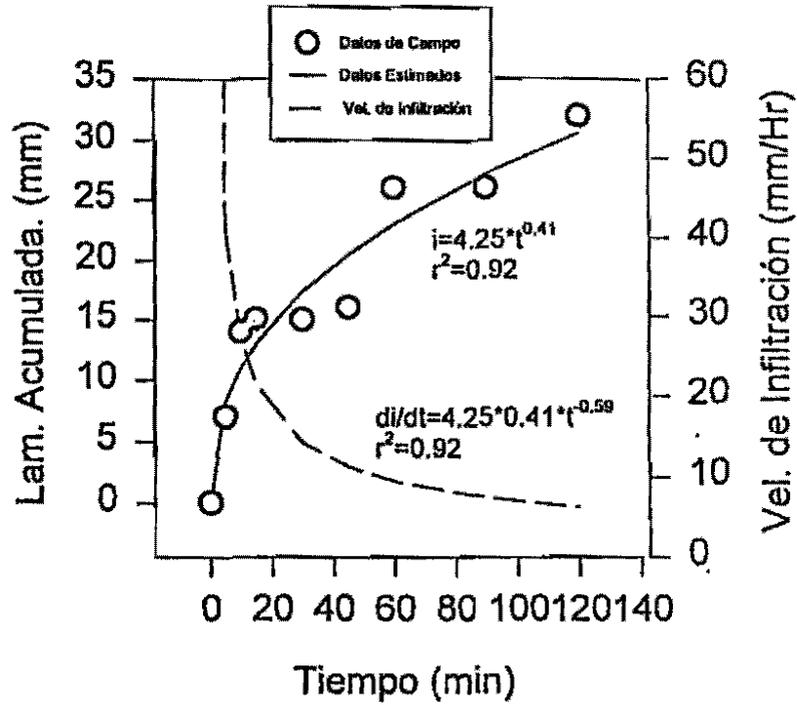


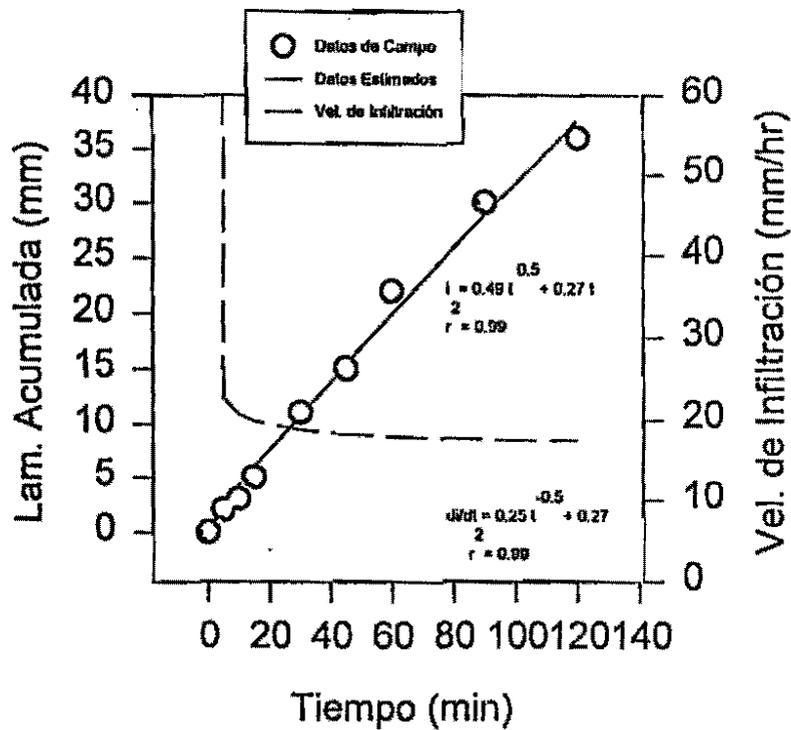
FIG. 8.

**INFILTRACION ACUMULADA y VELOCIDAD DE INFILTRACION**

**Matazul- Ocho Pases de Rastra - Profundidad 0 cm - Jun /95**



**Matazul - Ocho Pases de Rastra - Profundidad 5 cm- Jun /95**



# Probabilidad Semanal de Caída de Lluvia en Carimagua (20 Años de Registro)

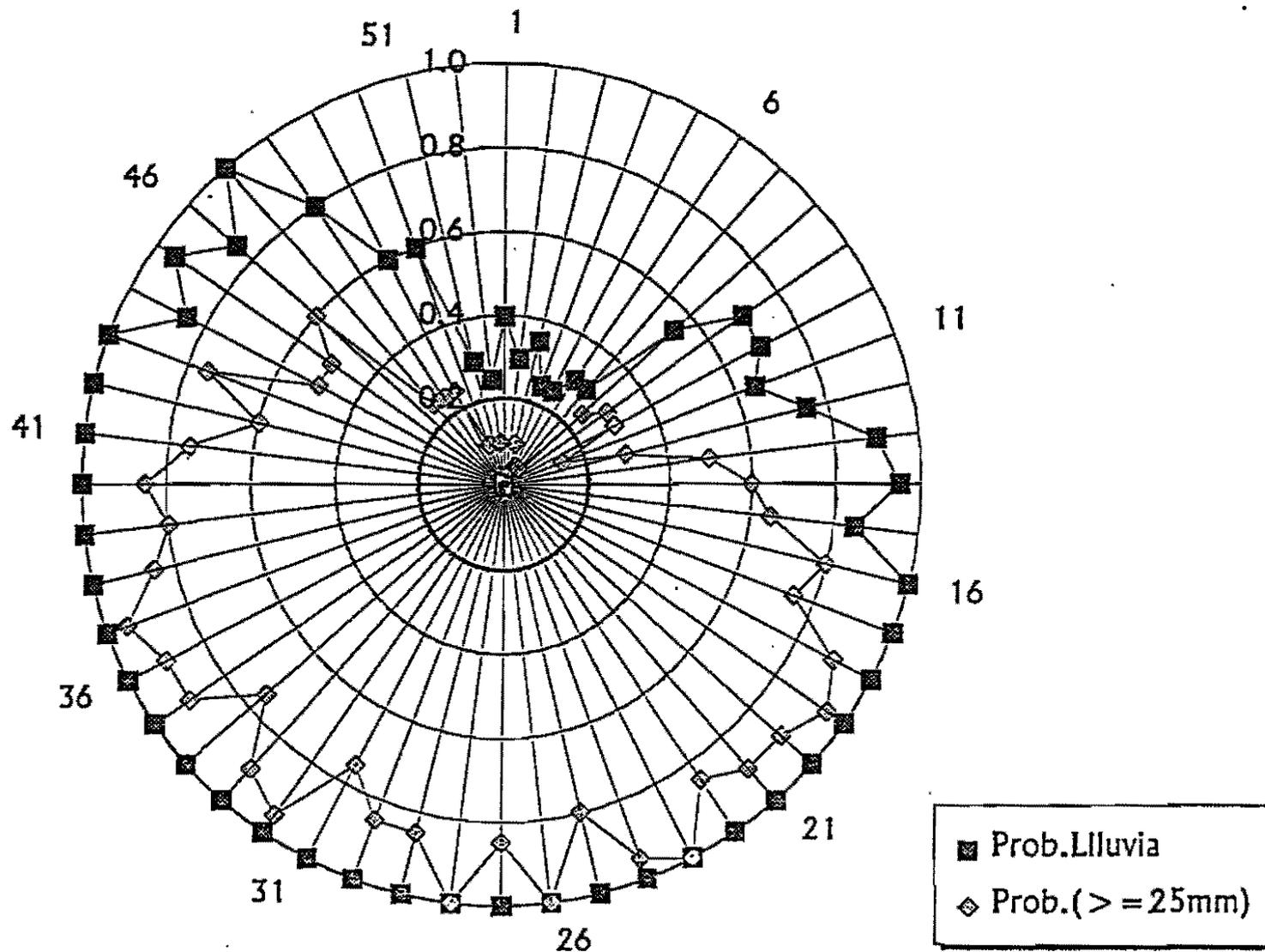


FIG. 9