INFILTRACIÓN

Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo



INFILTRACIÓN

Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo



Reconocimientos

Este material fue elaborado como parte del Programa de Investigación del Cambio Climático, la Agricultura y la Seguridad Alimentaria del CGIAR (CCAFS) y financiado en parte por el componente 'Desarrollo sustentable con el productor', de la iniciativa 'Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional', que es respaldada por la SAGARPA. Esta serie se elaboró con base en las contribuciones y materiales aportados por A. Castellanos-Navarrete, A. Chocobar, R. A. Cox, S. Fonteyne, B. Govaerts, N. Jespers, F. Kienle, K. D. Sayre y N. Verhulst.

Si tiene alguna sugerencia respecto a cómo mejorar esta guía, por favor comuníquese con Bram Govaerts (b.govaerts@cgiar.org) o Nele Verhulst (n.verhulst@cgiar.org).

Con sede en México, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (conocido como el CIMMYT) es un organismo sin fines de lucro que se dedica a la investigación agrícola y la capacitación. El Centro trabaja para reducir la pobreza y el hambre mediante el aumento sustentable de la productividad del maíz y del trigo en el mundo en desarrollo. El CIMMYT cuenta con el banco de semillas de maíz y trigo más grande del mundo y es conocido en particular por haber iniciado la Revolución Verde que salvó millones de vidas en Asia, hecho que motivó que el Dr. Norman Borlaug, del CIMMYT, recibiera el Premio Nobel de la Paz. El CIMMYT es miembro del Consorcio del CGIAR y recibe fondos de gobiernos nacionales, fundaciones, bancos de desarrollo y otras instituciones públicas y privadas.

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2013. Todos los derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en esta publicación de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de éstos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. Las opiniones expresadas son las del (los) autor(es) y no necesariamente representan las del CIMMYT ni las de nuestros aliados. El CIMMYT autoriza el uso razonable de este material, siempre y cuando se cite la fuente.

Infiltración

1. Introducción

La velocidad de infiltración es la velocidad con la cual el agua penetra en el suelo. Generalmente se mide con base en la profundidad (en mm) de la lámina de agua que logra penetrar en el suelo en una hora. Una velocidad de infiltración de 15 mm/hora significa que una lámina de agua de 15 mm que se agrega en la superficie del suelo tardará una hora en infiltrarse completamente (Brouwer et al., 1988). La infiltración es un proceso complejo que depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como el contenido de humedad, de la cantidad de agua que ha recibido en el pasado, de los cambios estructurales en las capas de suelo y de cuánto aire se encuentra atrapado en el suelo (Walker, 1989). Hay varias características que influyen en la velocidad de infiltración como la textura y estructura del suelo, las grietas, las prácticas de cultivo y la expansión del suelo cuando se humedece (Chen-Wuing et al., 2003). El agua se infiltra con rapidez en suelos secos; esta velocidad se conoce como la velocidad de infiltración inicial, a medida que el agua sustituye al aire que se encuentra en los poros, el agua de la superficie se infiltra a una velocidad menor y finalmente, cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante, que es la velocidad de infiltración básica (Brouwer et al., 1988). Es importante saber cuál es la velocidad de infiltración básica para construir un sistema de riego eficaz. Cuando la cantidad de agua de riego excede la velocidad de infiltración, puede haber escurrimiento, lo que causa una distribución desigual del agua y, posiblemente, erosión.

Las curvas de infiltración y la infiltración básica se pueden obtener usando en campo un infiltrómetro de doble anillo. Sin embargo, hacer esta medición con el infiltrómetro toma mucho tiempo y, además, es un procedimiento invasor; por esta razón, más adelante hemos incluido un protocolo más sencillo. Otro método que se puede emplear es la infiltración con anillo pequeño, que resulta más rápida y no causa disturbios en el campo al grado que lo hace el infiltrómetro de doble anillo, pero la medición es menos precisa, ya que no compensa el flujo lateral. Una ventaja de la infiltración con anillo pequeño es que se puede utilizar para comparar las parcelas varias veces durante el ciclo de cultivo. Además, cuando se hacen mediciones con un infiltrómetro de doble anillo, el suelo siempre se satura, en tanto que las mediciones con infiltración de anillo pequeño se pueden realizar con cantidades variables de agua. Si se utiliza una pequeña cantidad de agua, esto da una idea de lo que pasa cuando llueve y si se utilizan cantidades mayores, se obtiene un valor más parecido a la velocidad de infiltración básica.

Bouwer (1986) encontró que cuando la velocidad de infiltración se basa en mediciones realizadas con un infiltrómetro de cilindro se producen muchos errores e incertidumbres. Por ejemplo. pueden ocurrir errores de medición debido al romper el suelo en la inserción del cilindro. Si el suelo tiene costras u otras capas restrictivas en o cerca de la superficie los infiltrómetros las rompen, lo cual provoca incrementos dramáticos en la velocidad de infiltración. Asimismo, las arcillas y otras partículas finas que se suspenden temporalmente en el agua dentro del cilindro, se pueden depositar en el suelo durante la medición, con lo cual se crea una capa restrictiva en la superficie.

La metodología del tiempo de saturación fue propuesta por Govaerts et al. (2006) a fin de corregir los errores mencionados y brindar una forma rápida, confiable y sencilla (por lo cual podría ser útil para la investigación en las parcelas) para medir la infiltración directa en la superficie. En esta metodología, un aro de alambre se coloca sobre la superficie del suelo para no romper su estructura. Como el alambre no impide que el agua fluya y salga del área, esta metodología también produce una medida indirecta del escurrimiento (que no es tomado en cuenta en las mediciones realizadas con el infiltrómetro de cilindro).

Las medidas directas del escurrimiento suelen requerir mucho tiempo y esfuerzo (Barthes y Roose, 2002; Hellin, 2006). El escurrimiento está relacionado con la erosión, la cual depende de la calidad física de la superficie del suelo (es decir, la estabilidad de los agregados en la capa superficial del suelo) (Barthes y Roose, 2002) y del manejo agronómico (por ejemplo, la presencia de una cobertura de residuos vegetales impide que las gotas de lluvia impacten directamente en el suelo) (Neave y Rayburg, 2007). El tiempo de saturación es una manera de medir la infiltración versus el escurrimiento, tomando en cuenta dos aspectos: la calidad física del suelo y el manejo de éste. Estas mediciones son una herramienta para comparar la infiltración entre distintos suelos, asimismo, brindan información sobre la baja o alta incidencia de escurrimiento acorde con las diferentes prácticas de manejo. Con frecuencia, los factores de manejo agronómico no se han considerado en las metodologías para medir infiltración; por ejemplo, Anderson e Ingram (1993) recomendaban retirar la hojarasca de la superficie antes de realizar la medición, sin tomar en cuenta que el manejo de residuos modifica sustancialmente la velocidad de infiltración del agua en el suelo (Hellin, 2006).

Por la variabilidad de la calidad física del suelo, especialmente de la capa superficial de éste, y de la cantidad variable de residuos en la superficie debido a la descomposición y el manejo, se recomienda tomar muchas mediciones espaciales y temporales

del tiempo de saturación. Estas mediciones son rápidas y no rompen el suelo, pero su gran desventaja es que no son cuantitativas. Los valores del tiempo de saturación solo se pueden utilizar para hacer comparaciones entre parcelas de un mismo ensayo. Como esta medición es fácil y rápida de hacer, también se puede emplear en el campo para mostrarles a los productores la diferencia entre la infiltración de una parcela y otra con diferentes manejos.

Cada uno de los métodos que hemos resumido aquí tiene sus ventajas y desventajas (Tabla 1). Por tanto, es preciso decidir cuál método emplear en cada estudio según los objetivos de la investigación, los recursos disponibles y el sistema de producción.

2. Infiltrómetro de doble anillo

2.1. Materiales y equipo

- Se utilizan aproximadamente 200 L de agua en cada medición (dependiendo del suelo; se requiere menos agua cuando se usa un anillo de láminas de metal en vez de una melga de suelo)
- Cubetas
- 2 cilindros con 15 cm de diámetro
- Una pala
- Equipo de excavación, si se hace una medición a profundidad
- Láminas de metal de aproximadamente 60 x 30 cm (solo si las hay o si se hacen mediciones en la superficie)
- Un recipiente de agua pequeño (de aprox. 500 ml de capacidad)
- Bolsas de plástico
- Un martillo
- Un pedazo de madera
- 2 varas o reglas de medir
- Arpilla o tela de yute
- Un cronómetro
- 2 ó 3 personas
- Una hoja de datos y un lápiz

2.2. Procedimiento

Se clavan dos anillos en el suelo a una profundidad de 10 cm, dejando un espacio de 15 cm entre ellos. Al clavar los anillos, se les puede colocar encima un pedazo de madera para protegerlos de cualquier daño; durante el clavado, es importante mantener los costados de los anillos en posición vertical. La vara de medir se clava en el suelo hasta que se siente firme (aproximadamente 3 a 10 cm, dependiendo de la dureza del suelo) y se marca el nivel cero. Enseguida se construye una melga en el suelo de 20 cm de altura alrededor de los dos anillos (mantenga por lo menos 10 cm entre la orilla de cada anillo y la orilla de la melga) y se coloca una bolsa de arpilla (o de otro material apropiado) contra la parte interna de la melga para proteger la superficie de suelo cuando se vierte el agua. Se utiliza una cubeta para añadir agua al espacio entre los anillos y la melga hasta una altura de aproximadamente 10 cm. Se vierte agua en esa parte de la melga a fin de que el agua no se salga lateralmente del infiltrómetro. Se debe mantener el agua que está dentro de los anillos y en la melga al mismo nivel, para evitar que haya infiltración de la parte de enmedio de los anillos hacia afuera. Las mediciones se pueden hacer en la superficie (si está rodeada de la melga) o en una fosa de una profundidad determinada (Figura 1). Si se cuenta con láminas de metal, éstas se pueden utilizar en vez de las melgas al realizar mediciones en la superficie.

Para iniciar este ensayo, se vierte agua en cada anillo (se utiliza el recipiente de agua pequeño y el suelo se protege con una bolsa de plástico) hasta que llegue a una altura de aproximadamente 10 cm. Este proceso debe ser rápido, anotando la hora en que comienza y el nivel de agua según la marca de la vara que se utilizó para medir. Cuando el nivel de agua disminuye aproximadamente 1 cm, se anotan el tiempo y el nivel de agua. A continuación, se vuelve a llenar el anillo hasta la altura original de aproximadamente 10 cm y los detalles se anotan una vez más, antes de iniciar otra medición.

Realice por lo menos una medición cada 30 minutos, si se trata de un suelo arcilloso, y una cada 20 minutos, si se trata de suelos de textura más gruesa. Continúe con el ensayo hasta que la disminución en el nivel de agua sea constante durante intervalos de tiempo iguales. El ensayo se puede detener cuando se obtiene la misma lectura por lo menos tres veces consecutivas. El nivel del agua debe ser igual fuera y dentro del anillo durante todo el período de medición. Conviene cubrir los anillos con bolsas de plástico durante la medición, para evitar la evaporación.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de varios métodos que se emplean para medir la infiltración.

	Infiltrómetro de doble anillo	Infiltración con anillo pequeño	Tiempo de saturación
Ventajas	Preciso	Rápido	Rápido
	Compensa el flujo lateral	Menos disturbio del suelo	Toma en cuenta factores de manejo como la cobertura de residuos
	Cuantitativo	Cuantitativo	No disturba el suelo
Desventajas	Rompe el suelo Toma tiempo	No compensa el flujo lateral Es menos preciso	No es cuantitativo Es de corta duración (solo infiltración directa)

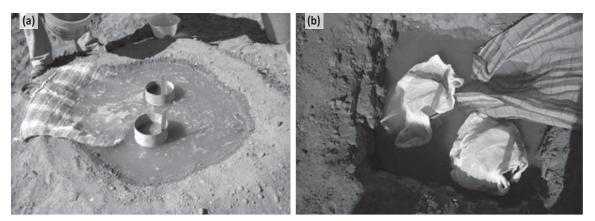


Figura 1. (a) Medición de la infiltración en la superficie del suelo con dos anillos de 15 cm rodeados por una melga de tierra (antes de cubrir los anillos con bolsas de plástico); (b) Medición de la infiltración a una profundidad de 40 cm en una fosa de 60 x 60 cm (los anillos están cubiertos con bolsas de plástico para evitar la evaporación).

2.3 Los cálculos

La velocidad de infiltración básica k_s se calcula siguiendo la fórmula de Reynolds y Elrick (1990) y Reynolds et al. (2002) (Figura 2):

$$\frac{q_s}{k_s} = \frac{H}{C_1 d + C_2 a} + \frac{1}{\alpha (C_1 d + C_2 a)} + 1$$

donde:

q_s = la velocidad de infiltración cuasi-constante (medida) (mm h⁻¹)

k_s = velocidad de infiltración básica (mm h⁻¹)

H = profundidad estable del agua contenida en el anillo (utilizar el promedio del nivel de agua inicial y final) (cm)

 $C_1 = 0.316 \pi$ (constante empírica de d \geq 3 cm y H \geq 5 cm)

 $C_2 = 0.184 \,\pi$ (constante empírica de d \geq 3 cm y H \geq 5 cm)

d = profundidad a la que fue insertado el anillo en el suelo (cm)

a = radio del anillo (cm)

 α = longitud macroscópica efectiva (cm⁻¹)

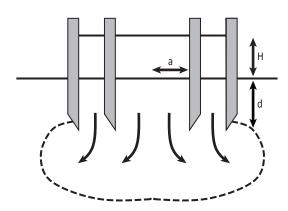


Figura 2. Representación esquemática de las variables de la ecuación.

Cuando se determina que la velocidad de infiltración básica (k_s) es igual a la cuasi-estable velocidad de infiltración (q_s) medida en el campo, con frecuencia K_s es sobre-estimada, ya que q_s depende de H, d, a y α (Reynolds et al., 2002). A continuación se describen las categorías de textura y estructura del suelo que se utilizan para realizar la estimación de α dependiendo de las características del sitio (Tabla 2), así como un rango de velocidades de infiltración básicas correspondientes a diferentes texturas del suelo (Tabla 3).

Tabla 2.Estimación de α con base en distintas categorías de textura o estructura del suelo (adaptado de Elrick et al. 1989).

Categorías de la textura y estructura del suelo	α (cm ⁻¹)
Materiales compactados, no estructurados, arcillosos o limosos, como los revestimientos y cubiertas de los vertederos o los sedimentos lacustres o marinos	0.01
Suelos de textura fina (arcillosos o limosos) y sin estructura; puede incluir algunas arenas finas	0.04
La mayoría de los suelos estructurados, desde los arcillosos hasta los francos; también incluye suelos arenosos finos e intermedios no estructurados. Esta es la categoría que más se aplica a los suelos agrícolas	0.12
Suelos arenosos gruesos y cascajos; puede incluir también suelos altamente estructurados o agregados, así como suelos con grietas grandes y/o numerosas, y macroporos	0.36

Tabla 3. Fluctuación de la velocidad de infiltración básica según la textura del suelo (Brouwer et al. 1988).

Tipo de suelo	Velocidad de infiltración básica (mm h ⁻¹)		
Arenoso	Más de 30		
Franco arenoso	20–30		
Franco	10–20		
Franco arcilloso	5–10		
Arcilloso	1–5		

2.4 Ejemplo realizado

Se midió la infiltración en un agujero de 1.10 m de profundidad en un perfil pedológico en Ciudad Obregón, Sonora, México. A esa profundidad la textura era la de un suelo franco arcilloarenoso. Utilizando la Tabla 4 se estima que $q_S = 9 \text{ mm/20 min} = 27 \text{ mm/hora}$.

$$\frac{q_s}{k_s} = \frac{H}{C_1 d + C_2 a} + \frac{1}{\alpha (C_1 d + C_2 a)} + 1$$

$$= \frac{9.55 \text{ cm}}{0.316\pi \times 10 \text{ cm} + 0.184\pi \times 7.5 \text{ cm}} + \frac{1}{0.04 (0.316\pi \times 10 \text{ cm} + 1)} + 1 = 3.42$$

$$k_s = \frac{27 \text{ mm/h}}{3.42} = 7.89 \text{ mm/h}$$

Tabla 4. Ejemplo de una medición de infiltración con un nivel de cero a los 4.5 cm en un suelo franco arcillo-arenoso no estructurado.

Tiempo (h, min y s)	Lectura de niv Antes del Ilenado	vel de agua (cm) Después del Ilenado	Diferencia en el tiempo (min)	Diferencia en el nivel de agua (mm)
0.00.00		14.5		
0.05.39	13.5	14.5	5.39	10
0.26.34	13.5	14.5	21.05	10
0.44.58	13.5	14.5	18.24	10
1.04.35	13.7	14.5	19.37	8
1.24.54	13.6	14.5	20.19	9
1.45.00	13.6	14.5	20.05	9
2.05.00	13.6	14.5	20.00	9
2.25.00	13.6	14.5	20.00	9
2.45.00	13.6	14.5	20.00	9

3. Infiltración con anillo pequeño

3.1. Materiales y equipo

- Cilindros de 15 cm de diámetro
- Agua
- Cubetas
- Un vaso de precipitado de 250 ml
- Un cronómetro
- Una hoja de datos y un lápiz

3.2. Procedimiento

Es importante medir el contenido de humedad del suelo antes o después de medir infiltración con anillo pequeño. El cilindro se entierra en el suelo a una profundidad de 1 cm (para evitar que

el agua se escurra), teniendo cuidado de eliminar cualquier residuo o maleza antes de insertar el cilindro. Se vierte agua (250 ml) dentro del cilindro en el momento 0 y se inicia la contabilidad del tiempo con un cronómetro. Se registra el tiempo requerido para que toda el agua se infiltre. Otra forma de hacer esto es agregar de manera consecutiva agua al suelo, de 10 a 15 veces volúmenes de 100 ml de agua cada vez, anotando el tiempo requerido para que cada volumen se infiltre.

Cuando esto se hace en un sistema de siembra en camas, si las mediciones se realizan encima de la cama y en el surco pueden anotarse por separado.

3.3. Ejemplo realizado

En este ejemplo, 250 ml de agua se infiltró en 89 segundos. Por tanto, la velocidad de infiltración es:

$$=\frac{250 \text{ ml}}{89 \text{ s}} = 2.81 \text{ ml/s}$$

4. Infiltración directa en la superfice o tiempo de saturación

4.1. Materiales y equipo

- Una regadera (una pequeña para hacer las mediciones en camas)
- Agua (5 I para cada muestra)
- Una regla de medir (min. 30 cm)
- · Cinta adhesiva blanca
- Un aro de alambre de metal (que tenga 53 cm de diámetro para mediciones en plano o 40 cm para hacer mediciones en camas)
- Un cronómetro
- Una hoja de datos y un lápiz

4.2. Procedimiento

Primero, la regadera se calibra para saber los valores exactos de agua que se vierten. Esto se logra agregando volúmenes conocidos de agua en la regadera y midiendo con una regla adherida a la misma el nivel que alcanza el agua (Figura 2).

Para realizar mediciones en campo, coloque el aro de alambre en el suelo (el surco de siembra debe quedar dentro del diámetro del aro), sin impedir que el agua salga del área (papel de la primera persona; ver la Figura 3). Una segunda persona indica el nivel de agua dentro de la regadera, mientras una tercera persona anota todos los datos en la hoja de datos. La segunda persona vierte el agua en el centro del aro a un ángulo estable, desde una altura de 75 cm (Figura 4) y la tercera persona inicia el cronómetro. Cuando

el agua comienza a salir del aro (esto lo indica la primera persona), la segunda persona detiene el flujo de agua y también el cronómetro (esto da el tiempo de saturación). La tercera persona anota el tiempo transcurrido y el nivel final de agua en la regadera.

Es importante mantener el flujo de agua que sale de la regadera lo más constante posible durante toda la medición. Para lograr esto, es necesario evitar que haya grandes fluctuaciones en el nivel del agua dentro de la regadera. Por tanto, hay que llenar la regadera regularmente. Por regla general, el nivel del agua no debe descender a menos de dos terceras partes del nivel máximo.

4.3 Cálculos

Primero, las anotaciones del volumen de agua en la regadera y el nivel de la misma, son utilizadas para establecer la relación entre el nivel de agua en la regadera y el volumen de agua en la misma. Esto se hace realizando una regresión sencilla



Figura 3. Una regadera calibrada.



Figura 4. Aro de alambre colocado sobre el suelo antes empezar a medir.

en Excel, lo cual produce una ecuación de la siguiente forma: Volumen = $a \times$ Nivel. Los niveles de agua medidos se convierten en volúmenes utilizando esta ecuación.

Las mediciones del tiempo de saturación que se caracterizan por flujos comparables son válidas para hacer más análisis. Para verificar que el flujo de agua es constante y eliminar los valores atípicos se utiliza la siguiente fórmula:

Flujo =
$$V_{inicial} - V_{final}$$
 t

donde:

Flujo = velocidad del flujo (I s⁻¹)

V_{inicial} = volumen de agua en la regadera antes de la medición (I)

V_{final} = volumen de agua en la regadera después de la medición (I)

t = tiempo de saturación (s)

4.4. Ejemplo realizado

Para calibrar la regadera, se agrega una serie de volúmenes de agua conocidos a la regadera y se anota el nivel correspondiente dentro de la misma (Tabla 5). La relación entre el nivel y el volumen de agua es: Volumen = 0.6317 × Nivel (Figura 6).



Figura 5. El agua se vierte en el centro del aro desde una altura de 75 cm.

Tabla 5. Ejemplo de mediciones realizadas al calibrar la regadera.

Nivel de agua (cm)	Volumen de agua (I)
0	0
0.6	0.5
1.3	1
2.4	1.5
3	2
3.7	2.5
4.6	3
5.5	3.5
6.5	4
7.3	4.5
8	5
8.7	5.5
9.5	6
10.4	6.5
11.2	7
12	7.5
12.8	8
13.5	8.5
14.1	9
15	9.5
15.7	10
16.5	10.5

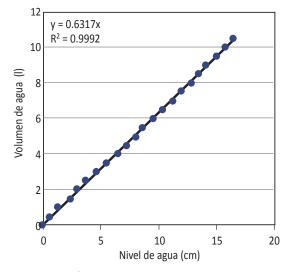


Figura 6. Regresión del volumen de agua y los datos del nivel de agua.

Se realizaron cuatro mediciones diferentes del tiempo de saturación en una misma parcela experimental (Tabla 6).

El volumen inicial (V_{inicial}) y el volumen final (V_{final}) se calculan con base en los niveles correspondientes medidos con la regla adherida a la regadera calibrada.

Así pues, para la primera repetición, el V_{inicial} fue de 12.64 l y el V_{final} fue de 11.69 l. Por tanto, el flujo se calcula como sigue:

Flujo=
$$\frac{V_{inicial} - V_{final}}{t} = \frac{12.63 \text{ } | -11.69 \text{ } |}{8.526 \text{ } \text{s}} = 0.11 \text{ } | /s$$

Tabla 6. Ejemplo de la medición del tiempo de saturación.

Repetición	Tiempo de saturación (s)	Nivel inicial (cm)	Nivel final (cm)
1	8.526	20.00	18.50
2	6.916	18.50	17.00
3	9.200	10.00	8.00
4	8.666	16.00	15.10

5. Referencias

Anderson, J.M., Ingram, J.S.I. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. 2nd edition. CAB International, Wallingford, pp. 221.

Barthes, B., Roose, E. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion: validation at several levels. Catena. 47, 133–149.

Bouwer, H. 1986. Intake rate: Cylinder infiltrometer. In: Klute, A., Campbell, G.S., Jacson, R.D., Mortland, M.M., Nielsen, D.R. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part I. ASA and SSSA, Madison, WI, USA, pp. 825–843.

Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., Heibloem, M. 1988. Irrigation water management: Irrigation methods. Training manual no 5. FAO Land and water development division, FAO, Rome.

Liu, C-W., Cheng, S-W., Yu, W-S., Chen, S-K. 2003. Water infiltration rate in cracked paddy soil. Geoderma. 117, 169–181.

Elrick, D.E., Reynolds W.D., Tan K.A. 1989. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. Ground Water Monit. Rev. 9, 184–193.

Govaerts, B., Sayre, K.D., Deckers, J. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. Soil Till. Res. 87: 163–174.

Hellin, J. 2006. Better land husbandry: from soil conservation to holistic land management. Science Publishers, Enfield and Plymouth, 325 p.

Neave, M., Rayburg, S. 2007. A field investigation into the effects of progressive rainfall-induced soil seal and crust development on runoff and erosion rates: The impact of surface cover. Geomorphology 87, 378–390.

Reynolds, W.D., Elrick, D.E. 1990. Ponded infiltration from a single ring: I. Analysis of steady flow. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 1233–1241.

Reynolds, W.D., Elrick, D.E., Youngs, E.G., Amoozegar, A. 2002. Field methods (vadose and saturated zone techniques). In: Dane, J.H., Topp, G.C. (eds.). Methods of soil analysis. Part 4. SSSA Book Series No. 5. SSSA, Madison, WI. pp. 817–826.

Walker, W.R. 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO, Rome.

			•••	~
Hoia de	datos –	Infiltración	con anillo	pequeno

Página/.....

Fecha de medición:/ Experimento:			
Parcela	Medición	Tiempo requerido para infiltrar 250 ml (s)	

Fecha de medición://	Experimento:

Parcela	Repetición	Nivel inicial (cm)	Nivel final (cm)	TTP (s)

