



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

# CARACTERÍSTICAS DEL INFITRÓMETRO DE DOBLE ANILLO (ANILLOS DE MUNZ)

<b>Apellidos, nombre</b>	Ibañez Asensio, Sara (sibanez@prv.upv.es) Moreno Ramón, Héctor (hecmora@prv.upv.es) Gisbert Blanquer, Juan Manuel (jgisbert@prv.upv.es)
<b>Departamento</b>	Producción Vegetal
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

## 1 Resumen

En este artículo vamos a explicar las características del infiltrómetro de doble anillo como herramienta para determinar la conductividad hidráulica de un suelo saturado.

## 2 Introducción

Para la consecución de los objetivos propuestos es necesario que comprendas con claridad la diferencia entre conductividad hidráulica, permeabilidad e infiltración, para lo cual te recomendamos que leas con atención el punto 4 del presente documento y que, de ser necesario, consultes el módulo "Medida de la conductividad hidráulica de un suelo saturado mediante la técnica del doble anillo" elaborado para las asignaturas "Clasificación, evaluación, conservación y manejo de suelos" y "Hidrología e hidrogeología" impartidas en la ETSIA.

Los puntos en los que se estructura este documento son los siguientes:

1. Resumen de las ideas clave
2. Introducción
3. Objetivos
4. Antecedentes
5. Descripción del dispositivo. Esquema general
6. Recomendaciones de uso
7. Resumen
8. Bibliografía

## 3 Objetivos

Con el presente artículo docente se pretende que el lector sea capaz de:

- Elegir el material más adecuado para nuestros propósitos
- Identificar la ubicación más idónea
- Medir correctamente la conductividad hidráulica de un suelo cuando la capa freática está muy alejada de la superficie o es inexistente.

## 4 Antecedentes

El método consiste en **saturar** una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación **medir la variación del nivel del agua** en el cilindro interior.

Esta información nos ayudará a decidir cuál es el tipo de riego óptimo de un suelo determinado, qué caudal deben aportar los goteros o qué medidas adoptar para

evitar que las plántulas introducidas en una reforestación sufran un exceso de agua. ¿Puedas imaginar las repercusiones que tendría que murieran por ello?.

Aunque es muy posible que al inicio de la experiencia el suelo esté seco o parcialmente húmedo y por lo tanto en condiciones de no saturación, los valores inicialmente muy elevados irán descendiendo con gran rapidez como consecuencia de la presión ejercida por la columna de agua, mayor cuanto más alta sea ésta.

El tiempo que transcurra hasta alcanzarse las condiciones finales de saturación dependerá de la *humedad previa*, la *textura* y la *estructura* del suelo, el *espesor del horizonte* por el que discurre el agua, y la *altura del agua* en el anillo interior.

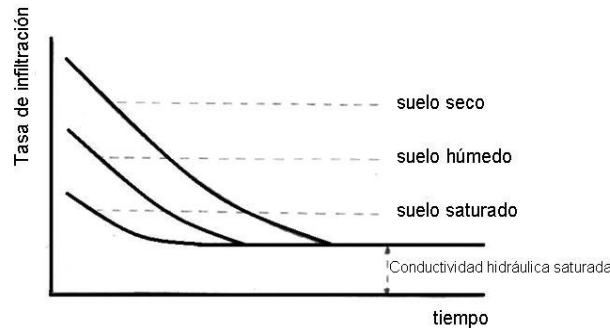


Figura 1.- Evolución de la tasa de infiltración

Lógicamente el tiempo de saturación será menor cuanto:

- mayor sea la humedad previa del suelo
- ..... sea el tamaño individual de las partículas de suelo (textura)
- ..... sea la cantidad y estabilidad de los agregados del suelo (estructura)
- ..... sea el espesor del horizonte del suelo por el que circula el agua
- ..... sea la altura de la lámina de agua en el anillo interior

La tasa de infiltración es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie. Normalmente la expresamos en mm/h y su valor máximo coincide con la conductividad hidráulica del suelo saturado.

Ten en cuenta que las tasas de infiltración obtenidas con el método del doble anillo en condiciones de no saturación no son muy fiables y tampoco son indicativas del comportamiento del suelo en condiciones de campo. no es habitual, ni aún siquiera cuando se riega a manta, que sobre la superficie del terreno haya una lámina de agua de varios cm de altura y sólo es así en condiciones excepcionales como las inundaciones o las grandes avenidas de agua.



Figura 2.- Detalle de altura del agua en el interior del anillo

El método original desarrollado por Munz parte de la idea de que colocados los dos anillos y obtenida la situación de saturación, la diferencia de nivel del agua ( $H$ ) en los anillos interior y exterior provoca un flujo de agua que será de entrada hacia el anillo interior (figura 3a) si la altura es mayor en el tubo exterior, o de salida si es inferior (figura 3b).

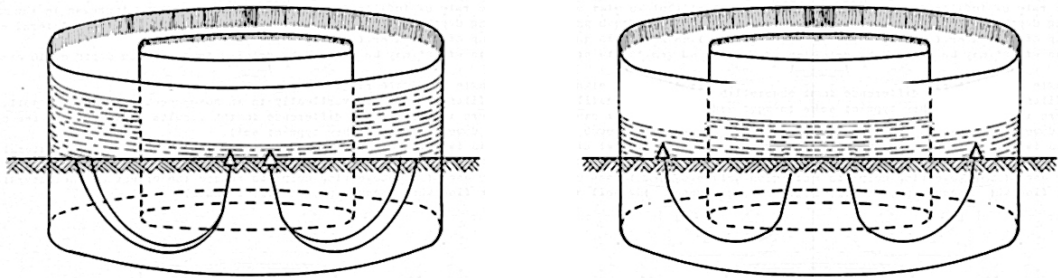


Figura 3.- Efecto de la diferencia de niveles de agua entre ambos anillos. 3a) el flujo entra hacia el anillo interior 3b) El flujo abandona del anillo interior

En cualquier caso, además de la componente del flujo de agua  $Q_H$  debida a la diferencia de nivel  $H$  entre los dos anillos, el agua abandona ambos cilindros por la superficie del suelo en el que están instalados como consecuencia de su porosidad. Por tanto, el flujo neto que abandona (o penetra en su caso) el anillo interior es en realidad el resultado de dos componentes: la componente debida a la diferencia de nivel de agua en los anillos, el "leakage"; y la componente debida a la capacidad de absorción del suelo, la **infiltración**.

El problema radica precisamente en poder aislar para cada condición de  $H$  la componente del flujo "leakage" de la componente de infiltración a partir del valor del flujo neto del tubo interior (valor objeto de la medición). Para ello se adopta la hipótesis de que la componente debida a la absorción es constante durante la realización de la experiencia y no resulta afectada por los cambios del nivel del agua en el cilindro interior.

La hipótesis efectivamente es válida si las medidas se realizan en un corto espacio de tiempo y si  $H$  se mantiene relativamente pequeño. De otra parte, si  $H=0$  entonces el flujo en el tubo interior se debe únicamente a la absorción del suelo, siendo éste precisamente el propósito de la técnica propuesta en esta sección.



¡¡ Fíjate bien en este aspecto porque esto es precisamente lo que deberás intentar cuando tú mismo realices la medida de la conductividad hidráulica en campo ¡!!!

El anillo exterior también tiene como función el evitar la infiltración horizontal del agua por debajo del cilindro interior, de tal forma que las medidas se correspondan con seguridad al flujo vertical.

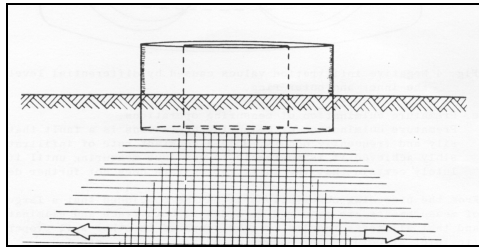


Figura 4.- Flujo de agua en el suelo generado por el doble anillo

## 5 Descripción del dispositivo. Esquema general.

Los anillos utilizados pueden ser de hierro o de acero. Sin embargo, si tenemos en consideración la elevada pedregosidad de los suelos mediterráneos, en la mayoría de las ocasiones no será aconsejable utilizar los cilindros de acero. Aunque si lo piensas un poco seguro que encuentras algunas condiciones (tipo de suelo, técnica de manejo, cubierta vegetal,...) en la que puedes dejar los anillos de hierro en casa.

Los cilindros de hierro (que pesan bastante más y son muy incómodos de llevar hasta lugares muy alejados del coche) son más difíciles de encontrar. Lo más normal es encargarlos a algún herrero de confianza, mientras que los equipamientos convencionales proporcionados por la mayoría de las casas comerciales son de acero y constan de tres juegos de anillos de diferentes diámetros.

En el modelo de mayor aceptación el equipo consta de tres juegos de 2 anillos cada uno de ellos. Los diámetros de los anillos pequeños son 28, 30 y 32 cm. y los diámetros correspondientes a los anillos externos son 53, 55 y 57 cm (figura 5).

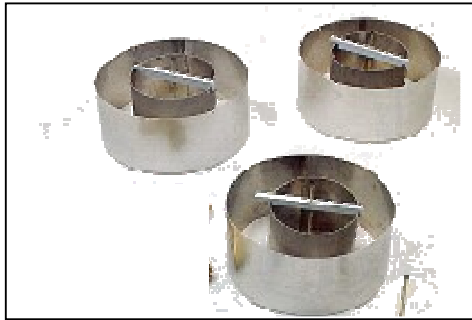


Figura 5.- Juegos de anillos

Con este material se pueden realizar simultáneamente hasta tres experiencias en localizaciones próximas de características edáficas similares; de esta forma conseguirás eliminar en mayor medida la influencia de la variabilidad espacial de los suelos que si únicamente realizas una prueba.

Debes buscar emplazamientos distantes menos de 10 metros y, a ser posible, cerca de una calicata descrita y así disponer de información detallada acerca del suelo. Para la interpretación de los resultados es conveniente hacer un muestreo de la humedad a diferentes profundidades antes y después del ensayo.

Como otros accesorios dispones de tres juegos de flotadores graduados para medir la fluctuación del nivel del agua, un martillo y una cruceta o tapa de conducción de esfuerzos (figura 7). El martillo de goma y la tapa, o cruceta en su caso, se emplean para clavar los dos anillos simultáneamente hasta la misma profundidad. La tapa está provista de un cabezal que absorbe la fuerza del impacto del martillo al tiempo que distribuye esta homogéneamente por el borde de los dos anillos.



Figura 7.- Detalle de la instalación de los anillos

## 6 PROCEDIMIENTO

Deberán tomarse en consideración los siguientes aspectos:

- Elección de la ubicación de los anillos
- Colocación, llenado de agua y toma de medidas
- Cálculo de la conductividad hidráulica (K) con los datos obtenidos

### 6.1 Elección de la ubicación de los anillos

La bondad de los datos y la fiabilidad de los resultados obtenidos dependen en gran medida de la idoneidad del lugar elegido para su realización y de la conveniencia de la metodología usada. Los aspectos más relevantes a considerar en relación a la ubicación de los anillos son los siguientes:

1.- Debes encontrar una localización representativa del suelo a estudiar

Esta claro que trasladar el equipo y el agua para llenar los anillos puede resultar algo pesado, pero no seas cómodo y ¡no te quedes en el lugar más fácil!

2- Evita ubicar los anillos en zonas compactadas. Los terrenos compactados por vehículos o personas presentan una tasa de infiltración menor que las zonas adyacentes (sobre todo en los suelos de textura fina).

Ten cuidado y evita compactar el suelo con tus propias pisadas, tanto mientras buscas el lugar idóneo como durante la colocación de los anillos. NO LO OLVIDES.



¡¡ Además fíjate si el suelo está húmedo, y si es así, ten cuidado!!

Quizás te ayude recordar en qué condiciones trabajan las máquinas apisonadoras que se ven en las carreteras en obras. ¿No te ha llamado la atención el camión cisterna que marcha por delante mojando la tierra?

4.- En los suelos ricos en arcillas expansibles no instales los anillos sobre las grietas de expansión-contracción. Cuando la textura del terreno es fina el tamaño de los poros es muy pequeño y la absorción del agua se ve más afectada por la estructura del suelo que en el caso de los suelos arenosos.

5.- La tasa de infiltración es particular para cada horizonte del suelo, asumiéndose homogénea en todo el espesor del mismo. En suelos con varios horizontes de características diferentes, el paso del frente húmedo

de un horizonte a otro quedará reflejado en la tasa de infiltración medida con el infiltrómetro.



Recuerda que es muy importante que no finalices la experiencia si antes no has alcanzado una tasa de infiltración constante. Estás midiendo la conductividad hidráulica en condiciones de saturación y debes confirmar que todo el horizonte por el que circula el agua lo esté.

6.- Por último cabe señalar que la tasa de infiltración puede sufrir variaciones estacionales como consecuencia de cambios en la composición del agua o en su temperatura, en el crecimiento de la vegetación, etc.

## 6.2 Colocación, llenado de agua y toma de medidas

Es muy importante que realices estas tres operaciones sin alterar el suelo. No debes cambiar su porosidad natural. Puesto que los factores determinantes de la capacidad de absorción de los suelos son múltiples y fáciles de modificar es conveniente actuar siguiendo una serie de normas básicas:

1.- Colocar los anillos sobre la ubicación elegida comprobando que no queden ni piedras ni raíces bajo el filo de ninguno de los ellos; puedan deformar los aros con facilidad.

2.- Asegurarse de que el cilindro interior esté totalmente centrado en el exterior.

3.- Clavar los cilindros en el suelo a igual profundidad en todo su perímetro, y hacerlo además al mismo tiempo. Los anillos ladeados o que no han sido introducidos de forma homogénea presentan mayor riesgo de sufrir fugas de agua.

Tanto el anillo exterior como el interior deben llegar hasta 10 cm de profundidad (así se evita en mayor medida el drenaje lateral)

4.- Clavados los anillos comenzaremos a llenar cuidadosamente de agua ambos anillos, empezando siempre por el exterior. Resulta muy conveniente "tapizar" el suelo de, al menos, el anillo central con arena gruesa, grava o algún tipo de plástico. De esta forma evitaremos que el impacto directo del agua sobre el suelo desnudo provoque la desagregación de las partículas y el sellado de los poros.

5.- Comprobar que no existan fugas de agua provocadas por la presencia de piedras o raicillas. Si has cumplido escrupulosamente el punto 1 esto no te debería pasar pero si hubiera alguna, tápala con el mismo barro de alrededor.

Si quieres mantener constante el nivel del agua durante toda la experiencia deberás utilizar algún tipo de dispositivo dispensador del agua.





7.- Debes intentar mantener el mismo nivel del agua en el interior de ambos anillos. Como norma general el llenado inicial no debe sobrepasar los 10 cm, y tampoco debes dejar que el nivel descienda a menos de 5 cm.

¡RECUERDA! Si el nivel en el anillo exterior es mayor que en cilindro central el agua tenderá a penetrar desde el suelo produciéndose errores de lectura (Figura 3a).

8.- Es aconsejable realizar las medidas a intervalos regulares, ya sea de tiempo o de descenso de la lámina de agua en el interior del cilindro; de este modo es más fácil identificar cuándo la tasa de absorción permanece constante.

9.- Una vez alcanzada la tasa de infiltración constante es aconsejable continuar las medidas hasta tener la absoluta certeza de que el agua esta circulando por un mismo horizonte.

10.- Debido a la elevada variabilidad de los suelos y a los posibles errores asociados al método será necesario realizar más de una medida; en cualquier caso, para estar seguros de que todos resultados de las pruebas son correctos deberán contrastarse con otras propiedades del suelo determinantes del movimiento del agua en el suelo como la textura, la estructura, el contenido en materia orgánica, etc.

### 6.3 Cálculo de la conductividad hidráulica (K) con los datos obtenidos

Para calcular la conductividad hidráulica del suelo en condiciones de saturación a partir de las medidas obtenidas durante la experiencia elaboraremos una tabla de resultados. Deberás incluir tantas series como nº de veces hayas tenido que rellenar el anillo interior hasta comprobar que la tasa de infiltración se ha estabilizado.

SERIE PRIMERA			
Nº Lectura	Tiempo (minutos)	Altura (mm)	Tasa de infiltración (mm/h)
1			
2			
3			
4			
5			
etc			
SERIE SEGUNDA			
1			
2			
3			
etc...			

Recuerda que según la ley de Darcy, la velocidad de infiltración del agua en un medio no saturado medido con el infiltrómetro de anillo puede indicarse mediante la siguiente expresión:

$$v = K_1 \frac{\phi + z + h}{z}, \text{ donde:}$$

$v$  = velocidad de infiltración [LT-1]

$K_1$  = conductividad capilar o permeabilidad insaturada [LT-1]

$\Phi$  = fuerza de succión en el frente húmedo [L]

$z$  = distancia al frente húmedo [L]

$h$  = altura de la columna de agua [L]

La influencia de  $\Phi$  y  $h$  en relación a  $z$  decrece cuando  $z$  y la humedad del suelo se incrementa, llegando un momento en que la velocidad de infiltración permanece cte. En este momento  $V_{cte} \approx K$ .

## 7 Cierre

La determinación de la conductividad hidráulica mediante el infiltrómetro de doble anillo resulta sencilla y cómoda si conocemos las reglas básicas del procedimiento a seguir.

## 8 Bibliografía

Bouwer, H. 1961. A double tube method for measuring hydraulic conductivity of soil in situ above a water table. Soil Sci. Soc. Proc.: 334-339.

Bouwer, H. 1962. field determination of hydraulic conductivity above a water table with the double-tube method. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 26 (4 July-Agost): 330-335.

Porta, J.; López-Acevedo, M. & Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y medio ambiente. Madrid: Ediciones Mundi Prensa. 807 pp.

Eijkelkamp. 2003. Operating Instructions. The Netherlands.

Catálogo comercial EIJKELKAMP [www.eijkelkamp.com](http://www.eijkelkamp.com)