# EVALUACIÓN DE LA HIDROFOBICIDAD EN FRACCIONES DE TAMAÑOS DE AGREGADOS DE SUELOS TROPICALES BAJO DIFERENTES TIPOS DE USO Y MANEJO

**Jhulexy Olivieri[1]; Adriana Florentino[1]; Abelardo Ospina[1]**
[1]Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay; E-Mail: jhulexy.olivieri@gmail.com; florentinoa@agr.ucv.ve; ospina@agr.ucv.ve

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la hidrofobicidad de suelos bajo diferentes tipos de uso y manejo, utilizando el método de "Tiempo de Penetración de la Gota de Agua (TPGA)" y el de "Molaridad de la Gota de Etanol (MGE)". TPGA evalúa la persistencia de la repelencia al agua y MGA el grado de hidrofobicidad. Se tomaron muestras de suelo de 0-5 y 5 -10 cm y se obtuvieron fracciones de agregados con diámetro equivalente: < 4 <2, 2-4, 1-2, 0,5-1 0,25-0,5 y < 0,25 mm. Según los resultados, los suelos evaluados muestran diferentes niveles de hidrofobicidad, siendo la fracción < 0,25 mm en la profundidad de 0-5 cm la que presentó los valores más altos de TPGA y MED. Se concluye que los dos métodos utilizados no presentaron diferencias estadísticas significativas, observándose una relación positiva entre la persistencia de la hidrofobicidad de los suelos y su grado de hidrofobicidad.

**Palabras clave**: Repelencia al agua, agregados, materia orgánica, métodos TPGA y MED.

## INTRODUCCION

La hidrofobicidad es un parámetro de suelo importante, ya que su existencia se asocia a procesos de flujo y escorrentía superficial de agua (Jungerius y Dekker, 1990) y, junto a ella, un aumento de la erosión, lo cual conduce a un incremento del riesgo de contaminación de las aguas superficiales. Además, en los horizontes subsuperficiales repelentes al agua, la humedad muestra considerables variaciones espaciales, así como patrones de humedecimiento irregulares e incompletos (Dekker y Ritsema, 1996), dando lugar al característico patrón de flujo de agua preferencial. La hidrofobicidad es un fenómeno que se caracteriza por la pérdida de afinidad de un suelo por el agua, resistiéndose a ser mojado de manera temporal (Doerr et al., 2000, citado por Regalado *et al.*, 2003). Ésta es una propiedad que se manifiesta dependiendo de la humedad en el mismo, siendo más pronunciada en condiciones secas, ya que, con humedad alta se inducen cambios en la conformación molecular de las substancias orgánicas responsables de la hidrofobicidad (Dekker y Ritsema, 1994). La hidrofobicidad es consecuencia de una disminución en la energía libre de las partículas del suelo (Roy y McGill, 2002), debido al recubrimiento de las mismas por moléculas orgánicas anfifílicas (compuestos que tienen una parte terminal polar y la otra no polar, esto significa, que la parte polar es hidrofílica y la no polar es hidrofóbica) de origen vegetal, microbiano o por ácidos húmicos y lípidos (Wallis y Horne, 1992). Luego que se producen los compuestos hidrofóbicos, éstos se distribuyen en el suelo para imprimirle ese carácter de repelencia; van recubriendo total o parcialmente las partículas, agregados o paredes de los poros, trasmitiéndole al material afectado su comportamiento hidrofóbico (Jaramillo 2006). En Venezuela el problema de la hidrofobicidad ha sido

poco estudiado y es actualmente poco conocido; sin embargo, existen suelos con una gran variabilidad en sus propiedades que presentan graves problemas de degradación por erosión, sellado y encostrado, y con pérdidas de su calidad física, química y biológica, lo cual podría estar asociado a su grado de repelencia al agua. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la hidrofobicidad de fracciones de tamaño de agregados de suelos bajo diferentes tipos de uso y manejo y su variación con la profundidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó utilizando muestras de suelos provenientes de diferentes zonas agrícolas de Venezuela y que han sido sometidas a diferentes tipo de uso y manejo (labranza convencional, siembra directa, cultivos asociados y bosque natural).

El muestreo se llevó a cabo, en el período de lluvia, en los diferentes sitios seleccionados de cada zona, tomando muestras alteradas compuestas a dos profundidades (0-5 y 5-10 cm.). Las muestras secas al aire fueron tamizadas para obtener siete (7) fracciones de agregados, utilizando tamices de 4, 2, 1, 0,5 y 0.25 mm, haciendo un tamizado suave (sin forzar la ruptura de los agregados, facilitando su ruptura natural) para así alterar lo menos posible los compuestos orgánicos que los recubren. La identificación de las zonas, el número de muestras y uso y manejo de los suelos se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Identificación de las zonas, número de muestras y uso y manejo de los suelos utilizados.

| Zona | Nº muestras | Uso y manejo e identificación de las muestras |
|---|---|---|
| Turén | 32 | Labranza convencional con maiz-sorgo (**L2**11, L212, **L2**21, L222, **L2**31, L23, **L3**11, **L3**12); siembra directa por más de 10 años ininterrumpidos (**L6**11, L612, **L6**21, L62, **L6**31, **L6**32) y cultivos asociados (**L7**11, L712 **)** |
| | | Labranza convencional maíz – fríjol: T11,T12,T81 y T82<br>Labranza convencional maíz – algodón: T21,T22,T71 y T72<br>Siembra directa maíz-frijol: T31,T32,T51 y T52<br>Siembra directa maíz-algodón: T41, T42, T61 y T62 |
| Quíbor | 4 | Labranza convencional cultivo de cebolla: QCL11 y QCL12 y siembra de pasto: QPL11 y QPL12; |
| Valle Medio del rio Yaracuy | 2 | Bosque natural: **BL**11 Y **BL**12 |
| San Pedro, estado Miranda | 4 | Barreras vivas con vetiver: **SV**L11 y **SV**L12 y sin vetiver: **SV**L11 y **SV**L12 |
| San Cristóbal | 2 | bajo cultivo con hortalizas: **SC**L11Y **SC**L12 |

Las variables de suelo medidas fueron: **distribución de tamaños de partículas** (método de Bouyoucos modificado por Day, 1965) descrito por Pla (1983); **pH** 1:1 en agua **(**método potenciométrico); **conductividad eléctrica** 1:1 y c**arbono orgánico total (**método descrito por Allison, 1965). La evaluación de la hidrofobicidad se hizo con el

método TPGA (Tiempo de penetración de la gota de agua) descrito por diversos autores (King, 1981). La prueba consistió en medir el tiempo que tarda en penetrar una gota de agua colocada en la superficie de una muestra de suelo. Utilizando un disco de aluminio con numerosas cavidades, se colocaron las fracciones de agregados (5 repeticiones) y sobre éstas 4 gotas de agua deionizada, a una temperatura promedio de 22 °C. Siguiendo el procedimiento antes mencionado y utilizando los mismos criterios se realizó la prueba del MED, la cual consistió en colocar una gota (40 µl) de solución acuosa de etanol, de concentración conocida sobre la superficie del suelo y medir el tiempo necesario para que ésta fuera adsorbida por el suelo. En tal procedimiento se utilizaron concentraciones que variaron de 0 a 5 mol/L, con intervalos de 0,2 mol/L (King 1981). La hidrofobicidad fue representada por la concentración de la solución etanólica a partir de la cual las gotas penetraban en la superficie de la muestra de suelo en menos de 5s. Se realizó análisis no paramétrico a los resultados, media y desviación estándar, utilizando el software estadístico InfoStat (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Características y propiedades de los suelos:**

Los suelos presentaron una gran diversidad de clases texturales tanto en la capa superficial como la subsuperficial. Tanto en la primera (0-5 cm) como en la segunda (5-10 cm) predominan los suelos de textura franca (F) y franco-limosa (FL).

**pH, CE y Carbono orgánico:** Según los valores de pH de los suelos estos se pueden clasificar desde suelos moderadamente ácidos (5,62) hasta suelos ligeramente alcalinos (7,71). En cuanto a la CE los valores van desde 0,1 a 2,68 (dS/m), desde no salinos hasta ligeramente salinos, destacando el suelo Quibor por ser el que presenta mayor valor de C.E. El porcentaje de carbono orgánico (% CO) es variable, ya que la mayoría de los suelos presentan un bajo contenido de carbono orgánico (Olivieri, 2008); esto coincide con lo que indica Figuera (2006) que la MO varía entre los ambientes y sistemas de producción, de acuerdo a la textura y mineralogía del suelo. La misma autora expresa que en las zonas tropicales se presentan bajos contenidos de materia orgánica tanto en áreas cultivadas como en zonas naturales, producto de la deforestación y quema de los residuos de cosecha, unido a la altas temperaturas ambientales lo que produce altas tasas de descomposición. Los suelos que tienen mayor contenido de materia orgánica y carbono orgánico son los suelos de Turén, uno de ellos esta bajo bosque y el otro esta manejado bajo siembra directa desde hace 10 años, y el suelo que presenta menor contenido de materia orgánica y carbono orgánico pertenece a Quibor y ha sido utilizado bajo labranza convencional en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) por muchos años. En la segunda profundidad el carbono orgánico también es bajo y menor que en la primera.

**II.- Persistencia de la repelencia al agua – índice del "Tiempo de penetración de la gota de agua" TPGA.**

En el Gráfico 1 se observa el TPGA en los diversos rangos de tamaños de agregados de todos los suelos analizados, a la profundidad de 0-5 cm. De los 22 suelos analizados a esa profundidad 18 presentan el tiempo superior a 1 segundo donde resalta la fracción mas fina <0,25mm con el mayor tiempo, por lo tanto se puede decir que los suelos presentan cierto grado de repelencia. y en la mayoría de las fracciones de agregados <4mm , <2 mm, 2-4mm, 1-2 mm, 0,5-1mm, estas tienen tiempo menor a uno (1),

Exceptuando los suelos de Quibor cebolla que en las fracciones (<4mm, <2mm y 0,5-0,25mm) presentan un tiempo de dos (2), cinco (5), tres (3) segundos respectivamente y los suelos de Quibor pasto en las <2mm tiene un tiempo de cuatro (4) segundos donde se nota que presenta cierta repelencia del suelo al agua en estas fracciones, es decir que en la mayoría de las fracciones se observa cierto grado de repelencia. Contreras et al.(2003) expresan que este hecho sugiere que el tamizado previo no homogeniza suficientemente las muestras de campo. Cuevas (2006) expresa que si se rompe este continuo de materiales orgánicos sobre la superficie, también se observa una disminución de la resistencia a la humectación de los suelos.

En el Gráfico 2, se observa el TPGA en la capa subsuperficial donde destaca que en los 22 suelos analizados a esa profundidad 7 de ellos presentan solo en la fracción de agregados <0,25 mm un tiempo superior a 1 segundo; exceptuando el suelo de Quibor cebolla que también en el rango de agregados <2 mm presenta esta condición.

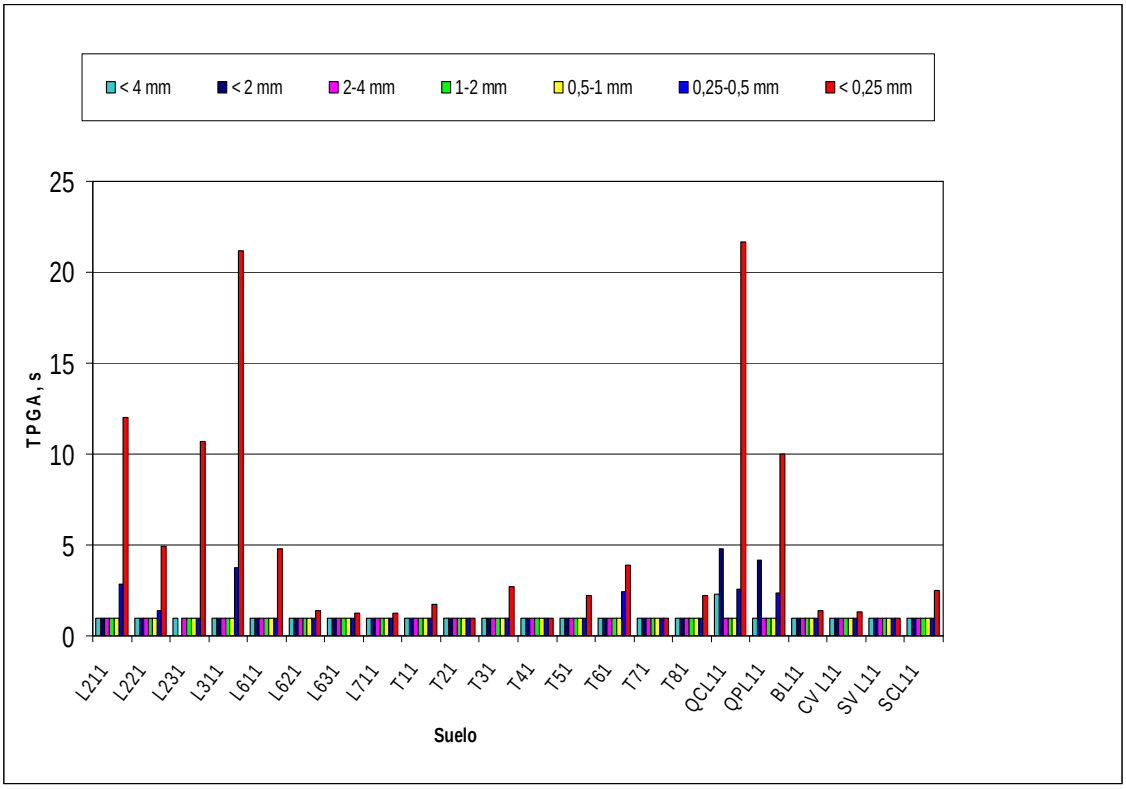


Grafico 1. Tiempo de penetración de la gota de agua (TPGA,s) en las fracciones de agregados de los suelos (0-5 cm).

**Grado de hidrofobicidad de los suelos – Índice MED.**

Según los resultados promedios obtenido en el método de la molaridad de la gota de etanol en los diferentes tamaños de agregados de los suelos analizados en la primera capa (0-5), se encontró que de los 22 suelos analizados 7 presentan una concentración de 0,2 -0,6 mol/L en la fracción de agregado más fina <0,25mm a excepción de Quibor cebolla (QCL11) que también en la fracción <2 mm presenta una concentración 0,2 mol/L, por lo tanto se puede decir que estos suelos presentan cierto grado de hidrofobicidad o repelencia al agua. Por lo tanto la mayoría de los suelos analizados en las fracciones de agregados <4 mm; <2 mm; 2-4 mm; 1-2 mm, 0,5-1 mm; 0,25-0,5 mm

presentan una concentración de 0 mol/L ,es decir que estos suelos en esas fracciones de agregados no presentan repelencia al agua, considerándose hidrofílicos.
En la capa subsuperficial, de los 22 suelos analizados a esa profundidad 3 de ellos presentan solamente en la fracción mas fina de agregados <0,25 mm una concentración de 0,2-04 mol/L, los suelos que presentan esta condición son los siguientes : L212, QCL11 y QPL12 con concentraciones de 0,2; 0,4 y 0,2 respectivamente, es decir que estos suelos presentan cierto grado de hidrofobicidad.

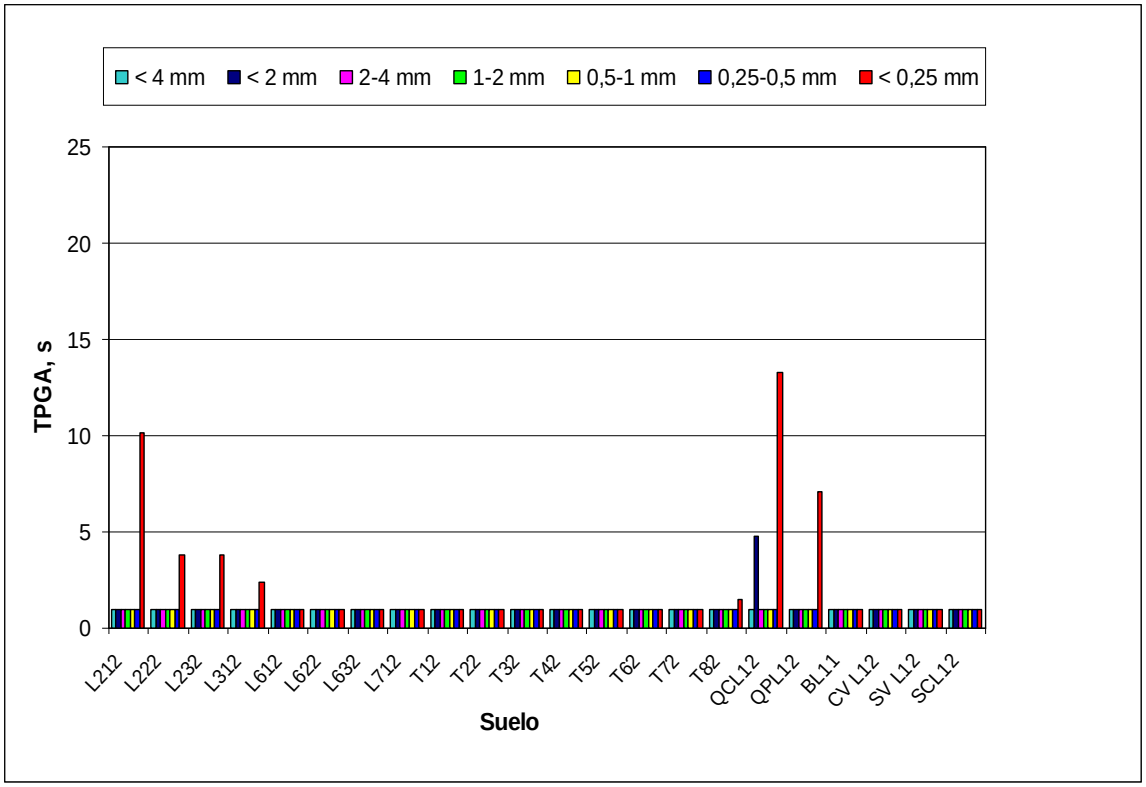


Grafico 2. Tiempo de penetración de la gota de agua (TPGA,s) en las fracciones de agregados de los suelos (5-10 cm).

**Clasificación de los suelos según los índices TPGA y MED:**
La clasificación consistió en separar los suelos en clases de acuerdo a la severidad a la repelencia al agua que estos posean, quedando así 7 clases que van desde los suelos que no presentan repelencia al agua o hidrofílicos hasta los suelos que presentan muy alta repelencia al agua, es decir suelos hidrofóbicos.

De los 22 suelos analizados (representando estos el 100%) en la primera profundidad estudiada, se observó (Cuadro 2) que el 68% de los suelos no presentan repelencia al agua alguna, según el criterio utilizado por Dekker y Ritsema, (1994) que se basa en que un suelo se considera repelente cuando una gota de agua tarda 5 segundos o mas en penetrar al mismo; y el resto de los suelos 32% presentan cierto grado de repelencia al agua. Esta misma clasificación fue empleada para agrupar los suelos analizados en la segunda profundidad.

Cuadro 2. Distribución porcentual de los suelos según las clases de hidrofobicidad

| Clases | | 0 – 5 cm | | 5 – 10 cm | |
|---|---|---|---|---|---|
| **TPGA(s)** | **Clase de hidrofobicidad** | **%** | **% Total de suelos hidrofóbicos** | **%** | **% Total de suelos hidrofóbicos** |
| <1 | Ninguna | 40,91 | 32 | 72,71 | 14 |
| 1 - 3 | Leve | 18,18 | | 4,55 | |
| 3-5 | Baja | 9,09 | | 9,09 | |
| 5-8 | Moderadamente baja | 9,09 | | 4,55 | |
| 8-12 | Moderadamente alta | 9,09 | | 4,55 | |
| 12- 16 | Alta | 4,55 | | 4,55 | |
| >16 | Muy alta | 9,09 | | 0 | |

(Clases adaptadas por A. Florentino)

Cuadro 3. Distribución porcentual de los suelos según las clases de hidrofobicidad

| Clases | | 0 – 5 cm | | 5 – 10 cm | |
|---|---|---|---|---|---|
| **MED mol/L** | **Grado de hidrofobicidad** | **%** | **% Total de suelos hidrofóbicos** | **%** | **% Total de suelos hidrofóbicos** |
| <00,5 | Ninguno | 68 | 32 | 86 | 14 |
| 0,05-0,1 | Leve | 0 | | 0 | |
| 0,1-0.2 | Bajo | 0 | | 0 | |
| 0,2-0,3 | Moderadamente bajo | 14 | | 9 | |
| 0,3-0,4 | Moderadamente alto | 0 | | 0 | |
| 0,4-0,5 | Alto | 9 | | 5 | |
| >0,5 | Muy alto | 9 | | 0 | |

(Clases adaptadas por A. Florentino)

Comparando los resultados de las dos profundidades estudiadas (0-5 y de 5-10 cm) respecto al porcentaje total de los suelos que presentan hidrofobicidad (Cuadro 2), se puede observar que se reduce el grado de repelencia a medida que aumenta la profundidad, incidiendo con mayor severidad en la primera capa del suelo.

En el Cuadro 3 se muestran los resultados aplicando el MED. La capa superficial (0-5 cm) también presenta el mayor porcentaje de suelos con hidrofobicidad (32%). Esto coincide con lo encontrado por Dekker y Ritsema (1994), e igualmente por Jaramillo (2003, 2005) citado por Jaramillo (2006), donde llegaron a la conclusión que la hidrofobicidad se ubica, en el caso más común, en la superficie del suelo.

## CONCLUSIONES

Los suelos bajo estudio presentaron diferentes niveles de hidrofobicidad. Los suelos de Turén L311, L211, L231, L221 y L611, en la fracción de agregados <0.25 mm, mostraron mayor repelencia al agua variando entre 22 a 5 segundos respectivamente de

TPGA. Igualmente el suelo Quibor bajo cebolla (22 s) seguido del pasto (10 s) en la misma fracción.

En general se encontró mayor hidrofobicidad en la capa superficial de los suelos que en la sub-superficial, asociado a un mayor contenido de materia orgánica.

Tanto la persistencia como el grado de hidrofobicidad presentaron una tendencia similar, indicando que mientras más tarda la gota de agua en penetrar al suelo, el grado de hidofobicidad es mayor. Ambos métodos se complementan.

**Agradecimientos:** Al FONACIT por el financiamiento parcial de esta investigación a través del Proyecto G-2002000557 y al Instituto y Departamento de Edafología de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, L. E. . (1965). Organic Carbon. En: Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA. P. 545 – 566.

CONTRERAS,S.; A. SOLÉ-BENET, (2003). Hidrofobia en suelos mediterráneos semiáridos:implicaciones hidrológicas para una pequeña cuenca experimental en el SE Ibérico. Rev. C. & G., 17 (1-2), 29-45.

CUEVAS, J. (2006). Efecto de la materia orgánica y el manejo sobre la hidrofobicidad de suelos volcánicos. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. 6 (2):13-27.

DEKKER, L. W.; C.J. RITSEMA, (1994). How water moves in a water repellent sandy soil. I. Potential and actual water repellency. Water Resour. Res. 30 (9): 2507-2517

DEKKER, L. W.; C.J. RITSEMA,. (1996). Uneven moisture patterns in water repellent soils. Geoderma. 70:87-99.

FIGUERA, K. (2006). Caracterización de diferentes fracciones de la materia orgánica en suelos agrícolas venezolanos. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. p 32-34.

INFOSTAT (2004). InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 318 p.

JARAMILLO, D.F. (2006). Repelencia al agua en suelos: una síntesis. Rev. Acad. Colomb.Cienc. 30 (115): 215-232.

JUNGERIUS, P.D.; L.W. DEKKER, (1990). Water erosion in the dunes. Catena supplement. 18:185-193.

KING, P. M. (1981).Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement. Aust. J. Soil Res. 19: 275-285.

OLIVIERI, J. 2008. Evaluación de la hidrofobicidad de suelos bajo diferentes tipos de uso y manejo. Trabajo de Grado. Departamento de Edafología, Facultad de Agronomía-UCV, Maracay, 81 p.

PLA, I. (1983). Metodología para la caracterización física con fines de diagnostico de problemas de manejo y conservación de suelo en condiciones tropicales. Alcance N°. 37. Rev.Fac.Agron. Maracay – Venezuela. 93p.

REGALADO C. M; G. GARCÍA-SANTOS; J.M. HERNÁNDEZ; A. PÉREZ; A.R. SOCORRO. (2003). Caracterización de la zona no saturada de un bosque maduro de laurisilva en el parque nacional de garajonay: hidrofobicidad e implicaciones hidrológicas. Estudios de la Zona No Saturada del Suelo.5:193-199

ROY, J. L.; W. B. MCGILL. (2002). Assessing soil water repellency using the molarity of ethanol droplet (MED) test. Soil Sci. 167: 8397.

WALLIS, M.G.; D.J. HORNE, (1992). Soil water repellency. Soil Sci. 20:91–146.