
AGREGADOS ESTABLES Y SU RELACIÓN CON LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN SUELOS BAJO DIFERENTES USOS

Flores Bestalia¹, Ferrer Jairo ¹, Cabrales Eliecer ²

¹ CIESA - Universidad Rómulo Gallegos

² Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

bestalia.flores@gmail.com,

Resumen

El estudio se realizó en la cuenca “Callecitas”, municipio Juan Germán Roscio, estado Guárico, caracterizada por altas pendientes. Se evaluó la relación entre los agregados estables al agua y la conductividad hidráulica saturada del suelo bajo diferentes usos. Fueron seleccionados diez puntos de muestreo, a tres profundidades, completamente al azar siguiendo un diseño de grandes parcelas bajo los usos: maíz, conuco, hortalizas, ganadería y bosque. Las variables evaluadas fueron: distribución de tamaño de partículas, agregados estables al agua, densidad aparente y porosidad (macro y micro). Se confirmó la normalidad de las variables y se realizó un análisis de varianza (Duncan $p \leq 0,05$). Los suelos son de textura franca ($> 30\%$ de limo). Los agregados estables mostraron diferencias significativas entre los usos, predominando diámetros > 2 mm, siendo los menores valores en maíz y conuco con 58 y 54% respectivamente. En cuanto a la densidad aparente, el conuco y bosque exhibieron los valores más bajos con $1,08 \text{ Mg.m}^{-3}$ (1^{er} horizonte), siendo la máxima para la ganadería con $1,36 \text{ Mg.m}^{-3}$. La conductividad hidráulica fue superior a 2 cm.h^{-1} , solamente la ganadería mostró un valor más bajo en el primer horizonte $0,54 \text{ cm.h}^{-1}$, considerado de alto riesgo en estos suelos con pendiente promedio de 30%. Se concluyó que el uso y manejo del suelo incrementa el potencial de erosión y degradación de los suelos.

Palabras clave: cuenca Callecitas, agregados estables, degradación, manejo del suelo, erosión.

Introducción

La mecanización de las áreas agrícolas provocan el deterioro de la estructura del suelo y en algunos casos, suele inducir a la formación de capas compactas o densas a una profundidad cercana a los 20 cm [Cabria y Culot, (2000); Cabria et al., (2002)]. Como consecuencia de esta capa compacta, se produce el encharcamiento en los suelos cuando el caudal crítico es superado, lo cual sucede cuando la intensidad de aplicación de la lámina de riego o lluvia supera a la conductividad hidráulica saturada (K_s) de la capa del suelo que se está mojando (Aruani y Behmer, 2004).

El movimiento y la disponibilidad del agua y aire pueden estar influenciados por el estado de agregación. La estabilidad de estos agregados depende de la fuerza con que las arcillas y otros componentes inorgánicos del suelo son sorbidos a la materia orgánica particulada, residuos microbianos y otros coloides orgánicos y compuestos de origen microbiano. Bajo este marco conceptual, la naturaleza de la estabilidad de los agregados depende de la relativa cantidad y fuerza de varios tipos de asociaciones órgano-minerales y agentes de enlace [Cabria et al., 82002)]. La conductividad hidráulica de los suelos, es una propiedad que depende no solo de la infiltración, sino del tiempo que el agua dura en la superficie para luego entrar y que se mitigue con ello la escorrentía superficial, transporte de suelo, pesticidas y otros. El conocimiento de la conductividad hidráulica, tanto saturada como no saturada, es necesario

como dato inicial en modelos numéricos para predecir el comportamiento del flujo del agua o fluidos a través del suelo, los cuales se obtienen mediante pruebas de laboratorio y/o campo [Rojas et al., (2008)].

La cuenca de estudio tiene una superficie de 600 hectáreas aproximadamente, es una zona montañosa influenciada por el ascenso orográfico de los vientos cargados de humedad y la exposición de las pendientes (MARNR, 1998). Los suelos se clasifican como moderadamente profundos. La pedregosidad superficial es una característica importante así como las afloraciones rocosas en los sitios de mayor pendiente. Los usos que predominan son la ganadería, monocultivo de maíz, conuco y en los últimos años un incremento significativo de cultivos hortícolas.

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la estabilidad de los agregados estables al agua y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos de ladera de la cuenca Callecitas del municipio Juan Germán Roscio, estado Guárico, Venezuela, bajo diferentes usos de la tierra: maíz, conuco, ganadería, hortalizas y bosque.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la cuenca “Callecitas”, municipio Juan Germán Roscio, estado Guárico, Venezuela, enmarcada en las coordenadas UTM: 664500 – 670000 Este y 1090500 – 1093500 Norte, con precipitación

promedio anual de 1465 mm/año, temperatura y evapotranspiración promedio anual de 22,1 °C y 1302 mm, respectivamente; agroecológicamente, según escala Holdridge, pertenece a un bosque húmedo premontano (MARNR, 1998).

Se utilizó un diseño completamente al azar en parcelas grandes (2000 m²) para los usos: maíz (M), conuco (C), hortalizas (H), ganadería (G) y bosque (B), establecidas en suelos con pendientes alrededor del 30%, por lo que la preparación del terreno para los cultivos de maíz y hortalizas es realizada con arado de tracción animal. En cada sistema de uso se recolectaron 10 muestras de suelo al azar para las tres primeras capas presentes en los 45 cm superiores.

Los agregados estables se determinaron usando la técnica descrita por Yoder (1936) y Pla (1983), pasando los agregados por un tamiz de malla 4 mm de abertura, la densidad aparente, porosidad total, macroporos y microporos fueron determinados por el método del cilindro [Haines, (1930); Blake y Hartge, (1986)], la conductividad hidráulica saturada (K_s) por el método del permeámetro de carga constante (Pla, 1983). Se confirmó la normalidad de las variables y se realizó un análisis de varianza (Duncan $p \leq 0,05$), utilizando el paquete estadístico Infostat [Di Rienzo *et al.*, (2011)].

Resultados y Discusión

Se encontró predominio de partículas de tamaño limo ($>30\%$ de limo) en los suelos

bajo diferentes usos. La textura del suelo franco a franco limoso fue dominante en todo el perfil y el contenido de arcilla en muchos de los casos, no supera el 10 % (Tabla 1).

12 Tabla 1. Propiedades físicas del suelo

USO	Prof. (cm)	A (%)	L (%)	a (%)	Clase	Da	EPT (%)	Macro (%)	Micro (%)	MO (%)
G	0-15	13,5	37,7	48,7	F	1,36 a	61,7 c	11,8 b	49,9 bc	2,4 b
	15-25	17,0	41,0	41,9	F	1,37 a	62,0 ab	10,2ab	51,8 b	1,9ab
	>25	22,9	46,9	30,1	F	1,40 a	61,9 a	8,6 ab	53,2 abc	1,6 a
H	0-15	15,5	35,0	49,3	F	1,20 b	61,7 c	21,3 a	40,4 c	2,1 b
	15-25	18,1	36,4	45,4	F	1,31 a	62,5 ab	12,6 a	50,3 b	1,3 b
	>25	19,0	37,6	43,2	F	1,36 a	57,0 a	10,4 a	46,6 c	0,6 b
M	0-18	23,2	35,3	41,4	F	1,17 b	69,9 b	16, ab	53,8 ab	2,3 b
	18-30	20,6	40,6	38,7	F	1,31 a	73,6 a	8,0 a	65,6 a	2,1 a
	>30	28,2	42,6	29,1	F	1,33 a	72,1 a	6,1 a	66,0 a	1,6 a
C	0-20	15,2	38,2	46,4	F	1,08 b	64,2 bc	21,8 a	42,4 c	1,7 b
	20-32	17,3	39,1	43,4	F	1,25 a	60,9 ab	12, ab	48,9 b	1,4 b
	>32	16,4	37,4	46,0	F	1,26 a	61,7 a	12,4 a	49,2 bc	1,1 b
B	0-20	10,5	51,8	37,6	F	1,08 b	80,9 a	9,1 b	71,7 a	3,1 a
	20-42	16,8	62,6	20,5	FL	1,30 a	62,9 ab	9,5 ab	53,3 ab	1,8ab
	>42	21,4	53,6	24,8	FL	1,30 a	67,2 a	8,0 ab	59,2 ab	1,3ab

G=Ganadería, **H**=Hortalizas, **M**=Maíz, **C**=Conuco, **B**=Bosque, **A**=Arcilla, **L**=Limo, **a**=Arena,
Clase= Clasificación textural USDA, **Da**= Densidad aparente en Mg.m³, **EPT**= Espacio poroso total, **Macro**= Macroporos,
Micro= Microporos, **MO**= Materia Orgánica. Letras distintas difieren significativamente (p<0,05)

No se encontraron valores extremos de densidad aparente en los suelos bajo los diferentes usos, en todos los casos, estuvo por debajo de los $1,4 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$. La baja densidad que se reporta en esta investigación pudiera estar explicada por altos contenidos de calcio y materia orgánica que favorece la agregación del suelo, mejorando con ello la porosidad y la densidad aparente del suelo.

Se encontraron diferencias significativas entre los usos evaluados para el primer horizonte (Tabla 1). El uso ganadería presenta los valores más altos ($1,36 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$), esto puede causar la reducción de la tasa de infiltración y flujo de agua en el suelo, disminuyendo el almacenamiento de agua en los estratos inferiores, lo que aunado a la escasa vegetación estaría generando un impacto directo en el suelo, incrementando la pérdida de suelo por erosión en zonas de altas pendientes. Estos hallazgos coinciden con los reportes de Aruani y Behmer (2004) para suelos agrícolas Argentinos, encontrando que el impacto directo de las gotas de lluvia generaron pérdidas de suelo por erosión, afectando su productividad. En la segunda y tercera capa no se observan diferencias significativas entre los usos, lo que refleja que éstos están afectando, fundamentalmente, los primeros 20 cm de suelo.

El espacio poroso total para los usos evaluados no presenta niveles críticos de poros que pudiesen indicar problemas de infiltración del agua en el suelo y desarrollo de las raíces de las plantas, observándose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para la primera capa (Tabla 1), presentándose

los valores más altos en el uso bajo bosque seguido de maíz, con valores de 80.9 y 69.9%, respectivamente; mientras que en los usos conuco, ganadería y hortalizas los valores obtenidos son muy similares.

Estos valores sugieren que la vegetación y los residuos en superficie ofrecen protección al suelo frente al impacto de las gotas de lluvias, así como una acción cementante producto de la incorporación de los residuos al suelo, que unido al calcio favorecen la agregación del suelo, mejorando la tasa de infiltración y almacenamiento de agua en el mismo. Por otro lado, en los usos maíz, conuco y hortalizas, el alto porcentaje de porosidad total puede deberse al laboreo del suelo, mientras que en ganadería pudiese existir influencia del pasto, el cual a través de las raicillas está generando una mejor estructuración del suelo mediante la incorporación de materia orgánica, lo cual concuerda con estudios realizados por Lamela *et al.*, (2009) en silvopastorías españolas.

Para el segundo horizonte continúan las diferencias significativas entre los usos (Tabla 1). El uso de maíz presenta los valores más altos de porosidad en relación al resto de los usos; sin embargo, estas diferencias no son significativas. La mayor cantidad de porosidad para maíz puede estar asociada al laboreo del suelo y posiblemente a la presencia de malezas, las cuales a través de las raíces podrían incrementar dicha porosidad.

En el tercer horizonte no se observan diferencias significativas entre los usos (Tabla 1), lo que indica que los usos bajo estudio estarían afectando principalmente los primeros 20 cm de

suelo. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Fernández (2004) en cuanto al efecto de la labranza en suelos agrícolas.

En cuanto a la macroporosidad, todos estuvieron por encima del 10% a excepción del bosque (Tabla 1). Los bajos valores de macroporos, en el bosque, pueden estar asociado al alto contenido de limo ($> 30\%$) que presentan estos suelos, esta información es similar a que reporta Fernández (2004) en suelos de la Estación Experimental de Aragón.

Se aprecian diferencias significativas en la primera capa de suelo para los diferentes usos (Tabla 1). El conuco y hortalizas presentan los valores más altos en macroporosidad, 21,8 y 21,3%, respectivamente; mientras que maíz, ganadería y bosque muestran valores similares (Tabla 1). Es importante resaltar que estos resultados contradicen los valores encontrados por DeMaria *et al.*, (1998) y Corona (1998), quienes al comparar el contenido de macroporos, bajo diferentes usos, encontraron, en suelos de bosque, un mayor contenido de macroporos.

Este contenido de macroporos pudiese influir notablemente en el flujo de agua dentro del perfil, sin embargo, los valores pudieran ser menos críticos en el bosque, ya que la vegetación existente reduciría la velocidad de caída de las gotas de lluvia, mejorando su penetración en el suelo, mientras que en el caso de la ganadería con suelos desnudos, esta condición favorece las pérdidas de suelo por erosión.

En el caso de hortalizas, maíz y conuco altamente mecanizados, la presencia de poros no capilares ($> 30\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro)

son de alto a muy alto, lo cual puede afectar la retención de agua en el suelo, el anclaje de las plantas haciéndolas más susceptibles a las caídas por los vientos, produciendo el acame de las mismas y reduciendo así la productividad de los cultivos. Esta información concuerda con lo reportado por Martin *et al.*, (2008) quienes manifiestan que el uso de labranza puede favorecer la macroporosidad al inicio del cultivo, pero que usos sucesivos conllevan a su disminución.

En la segunda capa, aún cuando se presentan diferencias significativas para los macroporos (Tabla 1), las mismas no son tan marcadas por lo que se puede decir que los usos están afectando, fundamentalmente, la primera capa de suelo; sin embargo, es importante señalar que el uso bajo maíz es el que presenta los valores más bajos, lo que pudiese sugerir la formación de una posible capa compactada a partir de los 20 cm de profundidad.

En la tercera capa continúan las diferencias significativas entre los usos (Tabla 1). El conuco es el que presenta mayor porcentaje de macroporos; ganadería y hortalizas valores similares y bosque valores intermedios entre estos últimos, y maíz, el cual presenta los valores más bajos. Estos resultados indican que en el caso del uso maíz estaría mostrando tendencia a la compactación de los suelos a partir de la segunda capa. En el caso del bosque, es el suelo donde hay mayor contenido de limo ($> 50\%$) y pudiera estar incidiendo en la agregación del suelo, lo cual no es tan evidente en el primer horizonte ya que el contenido de materia orgánica estaría mejorando la

agregación del mismo.

La microporosidad del suelo presenta diferencias significativas entre los usos ($p<0.05$), siendo el bosque el que presenta los valores más altos de microporos (Tabla 1), seguido de ganadería y maíz, mientras que hortalizas presenta los valores más bajos y conuco, valores intermedios, entre ganadería y hortalizas. Esto posiblemente se debe al grado de disturbación a la que es sometido el suelo durante las labores de cosecha. En la segunda y tercera capa de suelo continúan las diferencias significativas entre los usos; siendo el uso maíz el que presente los valores más altos de microporos, seguido del bosque, lo cual favorece la retención y almacenamiento del agua en el suelo garantizando de esa manera la recarga de las fuentes de agua (Tabla 1).

Tabla 2. Agregados estables al agua (AEA)

USO	Prof. (cm)	AEA (%)				
		>2 mm	1–2 mm	0.5 – 1 mm	0.25 – 0.5 mm	<0,25 mm
Ganadería	0 – 15	75,67 c	5,45 a	2,97 a	1,76 a	14,15
Hortalizas	0 – 15	70,48 bc	6,74 a	2,84 a	1,68 a	18,26
Maíz	0 – 18	58,64 a	14,64 b	7,22 b	4,36 b	15,14
Conuco	0 – 20	54,11 a	14,82 b	8,50 b	3,77 b	18,8
Bosque	0 – 20	64,06 ab	15,22 b	7,09 b	3,42 b	10,21

Se observa relación entre las fracciones de agregados estables al agua, de esa manera, en la medida que aumenta una de las fracciones, la otra disminuye o viceversa. Esta relación es mayor entre las fracciones de agregados estables al agua $> 2,0$ mm y $1,0 – 2,0$ mm. Los usos maíz y conuco generaron ligeros cambios en la distribución de tamaño

Las diferentes fracciones de agregados estables al agua mostraron diferencias significativas (Tabla 2). Se observa un predominio de macroagregados ($> 0,25$ mm) con respecto a los microagregados ($< 0,25$ mm), predominando los agregados mayores de 2 mm para los distintos usos, donde la ganadería y hortalizas presentan los valores más altos con 75,6 y 70,5%, respectivamente; mientras que el conuco mostró el menor valor con 54,1%. En la medida que se disminuye el diámetro de los agregados (1 – 2, 0,5 – 1 y 0,25 – 0,5 mm) son los usos maíz, conuco y bosque los que presentan los valores más altos. De 1 - 2 mm se puede notar que el bosque suele tener mayor proporción con 15,2% y el menor para ganadería con 5,4% (Tabla 2).

de agregados estables; sin embargo, la estabilidad estructural de los suelos es alta debido posiblemente al alto contenido de calcio presente en el suelo lo cual estaría favoreciendo la unión de las partículas minerales, aumentando la capacidad de resistencia del suelo al impacto de las fuerzas externas. En cuanto a la conductividad hidráulica

saturada se observan valores superiores a 2 cm.h^{-1} , en todos las capas y para casi todos los usos, a excepción de ganadería y bosque que presentan valores bajos para el primer horizonte (Figura 1); lo que de acuerdo con Florentino (1998) son muy altos a extremadamente altos. Esto puede comprometer la capacidad de entrada y distribución del agua en

el suelo y con ello el aporte de agua a los acuíferos a través del tiempo, sobre todo porque se trata de una zona de altas pendientes, por lo que se pueden considerar como suelos de alto riesgo a los que hay que manejar con cuidado para mitigar las pérdidas de suelos por erosión (Cabrales, 2008).

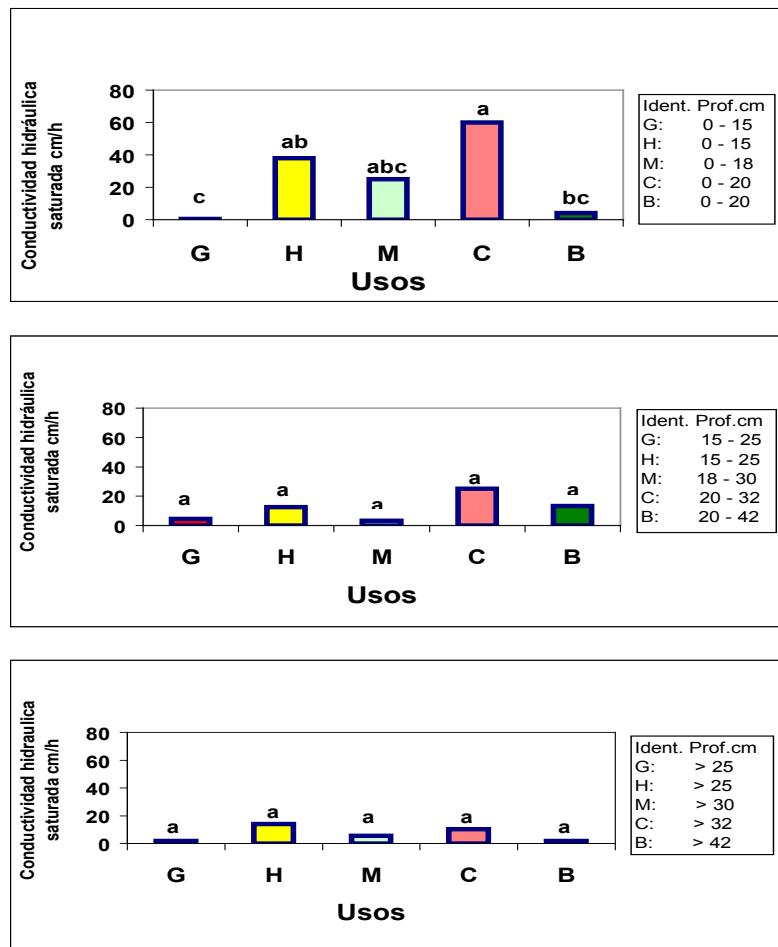


Figura 1. Comparación de medias de la conductividad hidráulica saturada

Se observan diferencias significativas entre los usos en la primera capa (Figura 1), encontrándose que el conuco es el que presenta los valores más altos de conductividad hidráulica saturada (65 cm.h⁻¹), debido a que este uso es sometido a arado con buey y está conformado por maíz y cultivos de raíces (yuca y ocumo) y que al momento de la cosecha requieren de la completa disturbación del suelo. El bosque y ganadería muestran los valores más bajos, 0,5 y 0,8 cm.h⁻¹, respectivamente, estos valores pueden deberse, en el caso del bosque, al contenido de limo y para ganadería al pisoteo del ganado, lo que pudiera estar impidiendo el paso del agua a través de los poros. Estos resultados son similares a los reportados por Coello *et al.*, (2010) en suelos agrícolas ecuatorianos de distintas granulometrías.

En la segunda y tercera capa no se observan diferencias significativas entre los usos (Figura 1), siendo su valor por debajo de los 20 cm.h⁻¹. Hortalizas, conuco y bosque presentaron los valores más altos de conductividad hidráulica saturada, lo que posiblemente se debe, en el caso de hortalizas al porque frecuente que se realiza al cultivo, mientras que el conuco está determinado por el tipo de cultivos que lo conforman (maíz, yuca y ocumo), el cual es mecanizado al momento de la siembra causando la desagregación del suelo.

Se evidencia que el uso y manejo del suelo está afectando significativamente la agregación y la permeabilidad de los suelos. Los resultados muestran como

los usos conuco, maíz y hortalizas, sometidos a mecanización, presentan una conductividad hidráulica saturada extremadamente alta (> 20 cm.h⁻¹), coincidiendo con lo afirmado por Cabria y Culot (2000) y Dornec y Dec (2007) quienes encontraron que la labranza puede incrementar la conductividad hidráulica hasta en un 100% al inicio del cultivo. El uso ganadería y bosque presentaron tendencias similares de conductividad hidráulica saturada. Se puede concluir que el uso y manejo de los suelos está incrementando el potencial de degradación de los suelos, comprometiendo la producción de agua tanto en cantidad como en calidad.

Conclusiones

Los resultados muestran como los usos conuco, maíz y hortalizas, sometidos a mecanización, presentan una conductividad hidráulica saturada extremadamente alta (> 20 cm.h⁻¹) disminuyendo en profundidad, lo que incrementaría la penetración de agua en la capa superficial incrementando los riesgos de formación de surcos.

En relación al uso ganadería (90% de la cuenca), el sobrepastoreo estaría afectando la macro porosidad, densidad aparente tanto en superficie como en profundidad favoreciendo de igual manera las pérdidas de suelo por erosión. El uso y manejo de los suelos está incrementando el potencial de degradación de los suelos, comprometiendo la producción de agua tanto en cantidad como en calidad.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, A.; Forsithe, W. (2009). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelo en Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense*: 29(1): 85-94.
- Aruani, M.; Behmer, S. (2004). Efecto de la granulometría y la compactación del suelo sobre la distribución de raíces en manzano. *Revista RIA*: 33(2): 43-54.
- Cabrales, E. (2008). Introducción a los suelos para la acuicultura. Montería: Centro de publicaciones Universidad de Córdoba. 120pp.
- Cabria, F.; Culot, J. (2000). Efecto de la labranza convencional sobre la sortividad y conductividad hidráulica saturada en uodosoles del sureste de la provincia de buenos aires. *Revista Ciencia del Suelo* 18 (1): 1-8.
- Cabria, F.; Calandroni, M.; Monterubbianesi, G. (2002). Tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas. *Revista Ciencia del Suelo* 20(2): 69-80.
- Coello, C., De Bièvre, B., Pacheco, E. y Cisneros, P. (2010). Análisis de métodos de estimación de la conductividad hidráulica saturada en suelos degradados. Cuencas: Universidad de Cuenca. 16p.
- Corona, A. (1998). Soil quality indicators for evaluating soil degradation in the river wathershed, Venezuela. Tesis inédita de Maestría. Universidad de Cornell. USA. 150 pp.
- Demaria, I; Viera, S.; Dechen, S. (1998). Assessment of soil quality usin parameter indicators. En 16º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier. Francia. 3 pp.
- Dornec, J.; Dec, D. (2007). La permeabilidad del aire y conductividad hidráulica saturada como herramienta para la caracterización funcional de los poros del suelo. *Revista científica de suelos y nutrición vegetal*: 7(2): 1-13.
- Fernández, M. (2004). Efectos del laboreo sobre las propiedades hidrofísicas y balance hídrico del suelo durante el periodo de barbecho de una rotación cebada-barbecho en condiciones de secano semiárido del centro de Aragón. Tesis Ph.D. conservación de suelos. Universitat de Lleida. 160pp.
- Florentino, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: Selección de indicadores físicos. Valores críticos. Instituto de Edafología. Facultad Agronomía. Maracay. 9 pp.
- Flores, B. (2006). Impacto de los sistemas de producción agrícola sobre la calidad de suelo para la producción sostenible de agua y su relación con los riesgos de desertificación en la Subcuenca “Callecitas” del Río “El Castrero”, Estado Guárico. (Tesis inédita de Doctorado), Facultad Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 144p.
- Lamela, L.; López, O.; Sánchez, T.; Díaz, M.; Valdés, R. (2009). Efecto del sistema silvopatoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. *Revista Pastos y Forrajes*: 32(2): 1-12.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. (1998). Zonificación agroclimática del Estado Cojedes y del Estado Guárico. Dirección general sectorial de información e investigación del ambiente. Dirección de Hidrología y Meteorología. División de estudios e investigación. Caracas. Vol.

- 1B. 140 pp.
- Martín, J.; Adema, E.; Aimar, S.; Babinec, F. (2008). Efecto del rolado sobre propiedades fisicoquímicas del suelo en el Ecotono Caldenal - Monte Occidental. Publicación técnica No. 76. Buenos Aires: E.E.A. INTA Anguil. 30pp.
- Pérez, R.; Bracho, A.; Domínguez, C. (2007). Caracterización físico ambiental del municipio Juan Germán Roscio del estado Guárico Venezuela, área piloto en la creación de indicadores de sostenibilidad en espacios rurales iberoamericanos. i seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores. Almería, 16-17 Octubre, 2007. 60pp.
- Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima/ Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (2000). Léxico estratigráfico de Venezuela, [en línea], de <http://www.pdv.com/lexico/lexico.htm>
- Rojas, L.; Rojas, H.; Menjívar, J. (2007). Estimación de la conductividad hidráulica saturada in situ en un suelo tratado con vinaza. Revista Acta agronómica. 57(2): 12-17.