



EFFECTO DEL USO Y MANEJO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO EN EL DISTRITO DE RIEGO DEL RIO ZULIA, NORTE DE SANTANDER.

Valenzuela B. Ibonne G¹✉, Franyer Camarón R.² y Efraín Visconti M.³

¹Docente investigador.
Universidad Francisco de
Paula Santander-UFPS.
Facultad de Ciencias
Agrarias y del Ambiente.
Grupo de investigación
Ambiente y Vida- GIAV.

✉:
ibonnegeanethvb@ufps.ed

u.co.

²Estudiante de Ingeniería
Ambiental UFPS.

³Docente investigador.
Departamento de
Ingeniería Agronómica
UNET.

Palabras clave:
suelo, propiedades físicas,
arroz, bosque, manejo.

RESUMEN

El estudio de las propiedades físicas de un Entisol bajo dos sistemas de producción, un cultivo de arroz con el mismo uso desde hace más de 40 años y un sistema agroforestal (Bosque con cacao) con el mismo tiempo de uso, en el Distrito de riego del Río Zulia, Norte de Santander, tuvo como fin conocer el efecto de las prácticas de manejo del suelo sobre la densidad aparente, porosidad, textura, estabilidad de agregados y estabilidad estructural.

El trabajo consistió en una investigación de campo con diseño experimental factorial aleatorio de tres factores (Uso del suelo, Profundidad del suelo y Etapa del Cultivo) y tres repeticiones.

En los tres lotes de suelo estudiados la distribución de partículas minerales estuvo dominada por las arcillas, siendo las texturas dominantes las arcillosas. La estructura es fina, fuerte, muy dura y plástica en los lotes de arroz (AR y ASR), mientras que en el lote del bosque con cacao (BC) es fina, moderada, moderadamente dura y ligeramente plástica. Con respecto a la estabilidad de los agregados para todos los usos, todas las profundidades y todas las etapas, se encontraron agregados inestables a ligeramente estables.

Sobre la densidad aparente (Da) del suelo se expresó un efecto significativo de los tres factores evaluados, siendo el manejo de BC, la capa superficial y la etapa 5, los de menor Da. El suelo en todos los casos mostró limitaciones de porosidad, siendo el suelo en BC el que tiene las menores dificultades.

EFFECT OF USE AND MANAGEMENT ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN TWO CROP SYSTEMS AT THE ZULIA IRRIGATION DISTRICT, NORTE DE SANTANDER

Key words:
soil, physical properties,
rice, forest, management.

ABSTRACT

The assessment of Entisol use and management effect on soil physical properties of two different crop systems at the Zulia irrigation district of Norte de Santander Colombia was hold in two rice plot (AR and ASR) of more than 40 years and simultaneously in a plot of Forest with Cacao (BC). The measurement of bulk density (Bd), porosity and structural stability were used to achieve the effect on soil physical conditions.

Three plots in a randomized factorial field experiment were sampled to achieve the effect of use of soil, soil depth and the crop period, on the soil physical properties.

Clays dominate in the three plots at all depths, so fine textures are common in all soil samples. At the plots with rice the soil structure is fine, strong, very hard, and plastic. The plot of cacao forest has soil with fine, moderate, medium strong and medium plastic structure. Both rice and cacao forest has unstable and lightly unstable soil aggregates, at all depths and at all crops periods.

A statistically different effect on soil Da was observed by soil use, soil depth and crop period. Been the BC management, the surface horizon and the fifth crop period the less Da measured. At all cases the soil showed severe porosity restriction, been the BC management that with the lees severe porosity problems.

**SUELOS
ECUATORIALES**
45 (2): 41-47

ISSN 0562-5351

Rec.: 10.04.2015

Acep.: 24.11.2015

INTRODUCCIÓN

Las condiciones físicas del suelo, pueden ser alteradas negativamente por las prácticas de manejo intensivo de la agricultura convencional, afectando la capacidad natural de los mismos de auto recuperarse a través del tiempo, causando cambios significativos como, destrucción de la estructura, incremento de la densidad aparente debido al aumento de la compactación, generando reducción de la porosidad y dificultad a la penetración de las raíces. Lo cual repercute en la disminución en gran medida de la capacidad de producción del suelo, (*Bronick, C. y Lal R. 2005, Visconti, E. et al. 2013*).

La identificación de las necesidades de manejo de suelo y agua exige tener el conocimiento claro de las condiciones físicas del suelo, ya que estas se pueden alterar radicalmente por actividades como la mecanización. Por eso, es importante conocer las propiedades físicas del suelo que son mejores para las plantas que se vayan a cultivar, para manejar apropiadamente las relaciones suelo-planta-agua-atmosfera.

Por su parte *Díaz, et al. 2009*, encontraron que el monocultivo del arroz y pastoreo del ganado vacuno deterioraron las propiedades físicas del suelo, mientras que la rotación anual arroz-soya las modificó negativamente en poca magnitud al cabo de tres años de evaluaciones. También se afectó el rendimiento agrícola más intensamente donde ocurrió la mayor degradación de las propiedades físicas del suelo en breve tiempo.

Otros autores como *Tuzzin de Moraesa, M. 2016*, estudiaron la calidad física del suelo de algunos sistemas de labranza y cultivo después de dos décadas en la región subtropical de Brasil. Ellos señalan que la sostenibilidad de los sistemas de producción de los cultivos depende de la preservación de la calidad física del suelo a través del tiempo. En el estudio buscaron determinar los efectos a largo plazo de los sistemas de cultivo en los atributos físicos y propiedades hidráulicas de un Oxisol en el sur de Brasil. No hubo interacción entre los sistemas de labranza y cultivo, sin efectos de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo en el sistema de cultivo. Independientemente del sistema de cultivo, el efecto cincelado en las propiedades físicas del suelo persistió durante menos de 22 meses, y se limita a menos de 0,20 m de profundidad del suelo. La adopción de NT mejora la calidad física del suelo, y el cincelado del suelo periódicamente con el objetivo de interrumpir capas compactadas, debe evitarse debido a sus efectos en la reducción del nivel de compactación del suelo

Por su parte otros autores como *Lima, C. et al. 2009*, quienes estudiaron como los sistemas de manejo de arroz con riego afectan las propiedades físicas y

químicas del suelo, en tierras bajas del estado de Rio Grande do Sul, en el sur de Brasil, reportan que la degradación en estos suelos es cada vez más fuerte ya que la intensidad de las actividades agrícolas conduce a una mayor densidad del suelo, y una tasa de infiltración de agua inferior. El análisis reveló que las propiedades físicas y químicas del suelo se vieron afectadas por las prácticas de manejo adoptadas por los agricultores. Los resultados mostraron que el efecto principal de los sistemas de manejo del suelo, estaba en una propiedad física: densidad aparente. Se encontró un aumento en la densidad del suelo en los sistemas de pre-germinadas y convencionales, lo cual está asociado a una reducción significativa en el volumen ocupado por macroporos, una indicación de degradación estructural. El sistema de manejo semi-directa, asociado con las operaciones de menos labranza intensiva redundó en mejores condiciones del suelo y un mejor estado de la materia orgánica de éste.

Las practicas convencionales de manejo del suelo en el distrito de riego del Zulia, durante más de cuatro décadas, podría ser la causa principal de la degradación de la calidad del suelo y la reducción de su capacidad de producción de arroz. El propósito de este proyecto se centra en evaluar el estado actual del suelo en un cultivo de arroz en comparación del suelo de bosque con cacao que es el sistema natural más próximo en la zona y que corresponde al mismo suelo seleccionado. Dicha comparación permitirá ver las posibles afectaciones y alteraciones ocurridas. Las propiedades físicas del suelo estudiadas son: distribución de partículas minerales, estructura, densidad aparente, estabilidad de agregados y porosidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del Sitio de estudio.

La investigación se realizó en dos fincas del sector Buena Esperanza Vereda Las Vacas del Distrito de Riego del Rio Zulia en el Departamento de Norte de Santander (Colombia), localizadas a 08° 12' 49" N 72°31' 13" O y 80 msnm para los lotes con el cultivo de arroz y 08° 12' 43,3" N 72° 31' 30,6" O y 90 msnm para el lote del Bosque con Cacao.

Las fincas se encuentran dentro de la zona de vida Bosque seco tropical con temperatura máxima promedio de 36°C y mínima de 22°C, con una precipitación promedio anual de 2000 mm y alta radicación solar durante la mayor parte del año.

El área de estudio comprende dos sistemas: sistema agrícola con cultivo de arroz (Arroz con riego AR y Arroz sin Riego ASR) y un sistema agroforestal de bosque con cacao (BC), el cual abarca un área de

2,62 Ha y 3,25 Ha respectivamente, para evaluar en total un área aproximada de 5,87 Ha.

Evaluación de las propiedades físicas en el perfil del suelo.

Se realizó la descripción del perfil del suelo en cada lote correspondiendo a un Entisol con tres horizontes diferenciados para determinar la profundidad de muestreo de 0-10, 10-30 y 30-60 cm. El trabajo consistió en una investigación de campo con diseño experimental factorial aleatorio de tres factores (Uso del suelo, Etapa del Cultivo y Profundidad del suelo) con tres repeticiones. Teniendo

en cuenta el ciclo vegetativo del cultivo, se realizaron cinco muestreos: Etapa 1 (barbecho), Etapa 2 (1 mes después de la siembra), Etapa 3 (2 mds), Etapa 4 (3 mds) y Etapa 5 (a la cosecha) para el caso del arroz e igualmente se muestreo en el Bosque con Cacao.

Las propiedades físicas determinadas para cada lote, con el objetivo de realizar la evaluación son: distribución de partículas minerales (textura), densidad aparente, estabilidad estructural, consistencia, porosidad total y distribución del espacio poroso.

El análisis estadístico de los datos se efectuó con el sistema informático Statgraphics 5.1, aplicando el ANOVA luego de la verificación de cumplimiento de los supuestos estadísticos.

Cuadro 1. Metodologías empleadas para la evaluación de propiedades físicas del suelo.

ATRIBUTOS DEL SUELO	METODOLOGÍA EMPLEADA	UNIDADES	REFERENCIA
Distribución de partículas minerales (textura).	Bouyoucos y utilización de tamices	% arenas % limos % arcillas.	Descrito por Pla, 1977
Densidad Aparente	Método del cilindro metálico tipo Uhland	Mg/m ³	Descrito por Pla, 1977
Espacio poroso total	Método de la mesa de tensión	%	Descrito por Pla, 1977
Distribución del espacio poroso	Método de la mesa de tensión	%	Descrito por Pla, 1977
Consistencia del suelo	Método organoléptico astm	%	Descrito por Pla, 1977
Estabilidad de agregados	Método de tamizado en húmedo (Yoder modificado) Yoder 1936	%DMP	Descrito por Pla, 1977

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el suelo estudiado todos los lotes tienen reacción fuertemente ácida en su horizonte superficial (5.19), mientras que cambia a medianamente ácida con la profundidad (6.15). Con respecto a la materia orgánica del suelo, esta es alta en el horizonte superficial (4.66%) de los tres lotes y desciende apreciablemente a partir del segundo horizonte (2.59%).

En la distribución de partículas minerales, se encontró una dominancia de las arcillas en todo el perfil de los lotes con arroz, mientras que en el lote con bosque los limos son la partícula más dominante.

El suelo sometido al manejo con arroz muestra un tipo de estructura masiva de 0 a 30 cm de profundidad, lo cual expresa una destrucción de la misma como consecuencia de la mecanización excesiva en condición de saturación, llamada batido. Por otra parte, el suelo de bosque con cacao tiene un tipo de estructura granular, propia de un sistema con mejores condiciones.

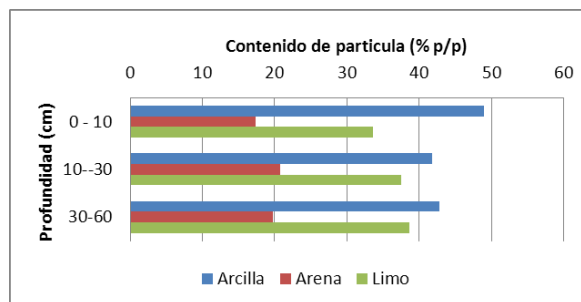


Figura 1. Distribución de partículas minerales en el suelo del lote AR.

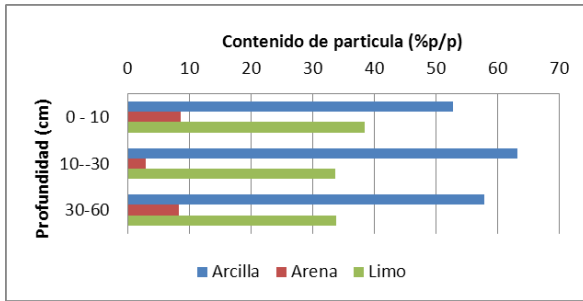


Figura 2. Distribución de partículas minerales en el suelo del lote ASR.

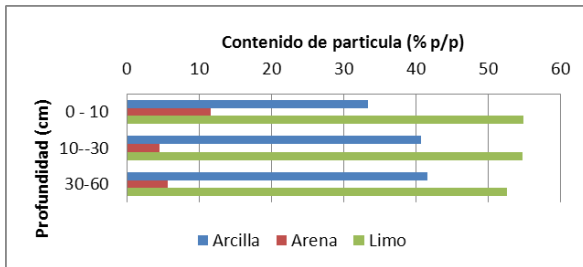


Figura 3. Distribución de partículas minerales en el suelo del lote BC.

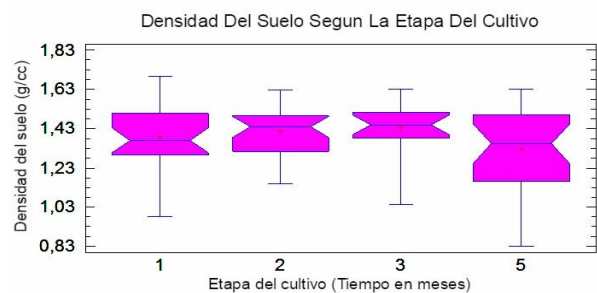
Cuadro 2. Tipo, clase de tamaño y grado de desarrollo de la estructura y consistencia.

Uso	Profundidad	Tipo	Clase	Grado	Consistencia en seco	Consistencia en húmedo	Consistencia en mojado
AR	0 - 10	Masiva	Fina y media	Fuerte	Muy dura	Muy firme	Plástico
	10 - 30	Masiva	Fina y media	Fuerte	Extra dura	Muy firme	Plástico
	30 - 60	Bloques subangular	Fina y media	Fuerte	Extra dura	Muy firme	Plástico
ASR	0 - 10	Masiva	Fina y media	Fuerte	Extra dura	Muy firme	Plástico
	10 - 30	Masiva	Fina y media	Fuerte	Extra dura	Muy firme	Plástico
	30 - 60	Bloques subangular	Fina y media	Fuerte	Extra dura	Muy firme	Muy plástico
BC	0 - 10	Granular	Fina y media	Moderada	Ligeramente dura	Firme	Ligeramente pegajosa
	10 - 30	Granular	Fina y media	Fuerte	Muy dura	Muy firme	Muy pegajosa
	30 - 60	Bloques subangular	Fina y media	Fuerte	Muy dura	Muy firme	Muy pegajosa

Respecto a la Da en función de la profundidad se aprecia que de 0 - 10 cm se presentó el valor más bajo de 1,25 Mg/m³ a pesar de la mecanización y anegación, se asume que es influencia ejercida por el sistema radicular, pero a mayores profundidades la Da observada fue 1,43 Mg/cm³ en 10 - 30 cm y 1,47 Mg/m³ en 30 - 60 cm, evidenciando una fuerte compactación.

El análisis de varianza (Anova) para la densidad aparente mostró que los tres factores: uso, profundidad y etapa del cultivo, tienen efecto estadísticamente significativo (p<0.05) sobre la Da.

La Da durante el ciclo del cultivo en las etapas 1, 2 y 3 sus medias fueron similares 1,38; 1,41; 1,43 Mg/m³ respectivamente, mostrando que hay una disminución de la Da por efecto de la mecanización en la primera etapa y luego se produce un incremento progresivo el cual compacta el suelo. La etapa 5 reflejó la Da más baja 1,32 Mg/m³, es decir hay un descenso que se asume causado por el sistema radicular.



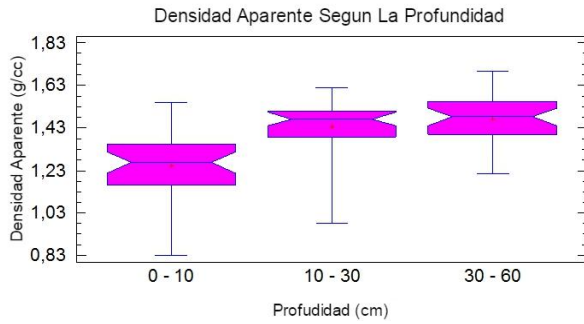


Figura 4. Efecto de la etapa de cultivo sobre la densidad aparente del suelo. **Figura 5.** Efecto de la profundidad sobre la densidad aparente del suelo.

Para el factor uso del suelo, se observa que en AR y ASR los valores son 1,44 y 1,45 Mg/m³ respectivamente, evidenciando que, en el cultivo de arroz en ambas formas de manejo del riego, hay una fuerte degradación física. Lo cual debe generar reducción de la porosidad total, la aireación, y la

permeabilidad, condiciones que limitan el desarrollo de las raíces. En el sistema agroforestal de bosque con cacao la Da fue de 1,26 Mg/m³ lo cual evidencia mejores condiciones físicas, como consecuencia debe existir una mayor porosidad del suelo, mejor permeabilidad, buena aireación del suelo y mejor desarrollo de las raíces.

La porosidad total y la distribución de la porosidad (macroporos y microporos), muestran un efecto debido a la profundidad, a la etapa del cultivo y al uso. Con respecto a la profundidad hay una diferencia significativa ($p < 0.05$) de la Da en el horizonte superficial con respecto a los horizontes subsuperficiales, lo cual evidencia una fuerte compactación en el subsuelo. Es remarcable que en todos los casos la macroporosidad es inferior al 10%, lo cual indica una muy severa degradación del suelo debido a la compactación. Situación que genera déficit de suministro de aire para la actividad biológica y serias limitaciones para las raíces.

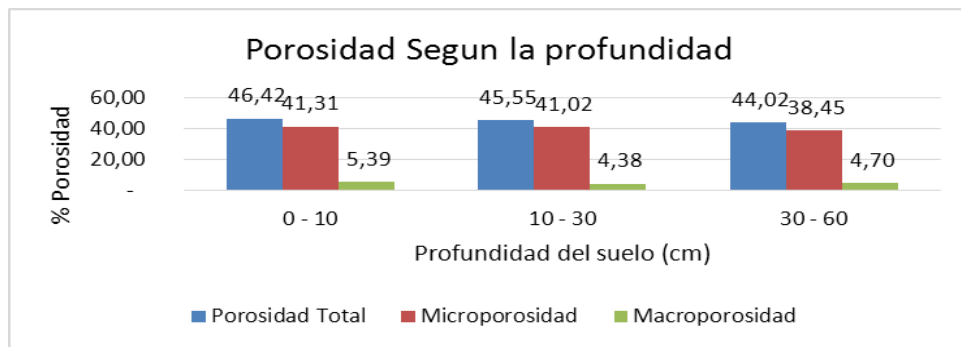


Figura 6. Efecto de la profundidad sobre la porosidad y la distribución de la porosidad.

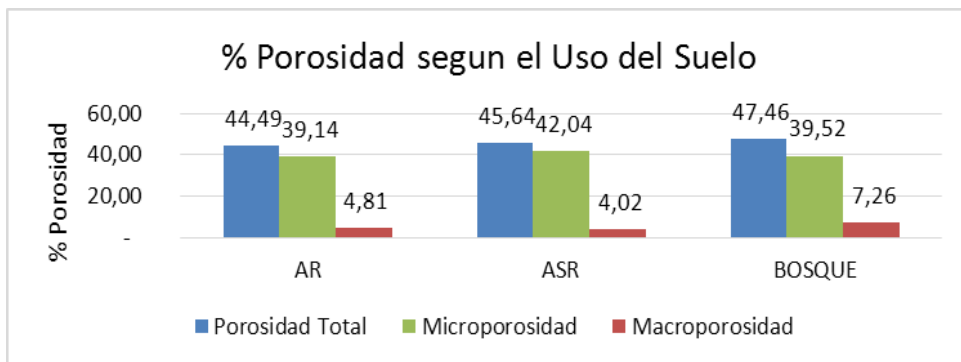


Figura 7. Efecto del uso sobre la porosidad y la distribución de la porosidad.

Al evaluar la estabilidad de agregados al humedecimiento, se calcula el diámetro medio ponderado (DMP), y se analiza el efecto de los distintos factores sobre el mismo. Consiguiéndose que

los factores profundidad del suelo y etapa del cultivo no presentan efecto significativo sobre el DMP. Mientras que si hay un efecto significativo ($p < 0.05$) del uso sobre el DMP. La estabilidad estructural de los

agregados en función del uso del suelo, reveló que AR no muestra mayores diferencias con ASR, lo cual evidencia que debido a la mecanización en ambos lotes hay muy baja estabilidad. Mientras que el sistema agroforestal de BC si muestra diferencias ($p < 0.05$) con AR y ASR, y presentó un valor mayor, evidenciando mejor estabilidad estructural de los

agregados. Sin embargo, en los tres sistemas de manejo las condiciones son de mala estabilidad, asociadas seguramente a la distribución de partículas minerales. En los tres lotes estudiados los agregados son clasificados como agregados ligeramente estables y erosionables como consecuencia de resistencia de los agregados.

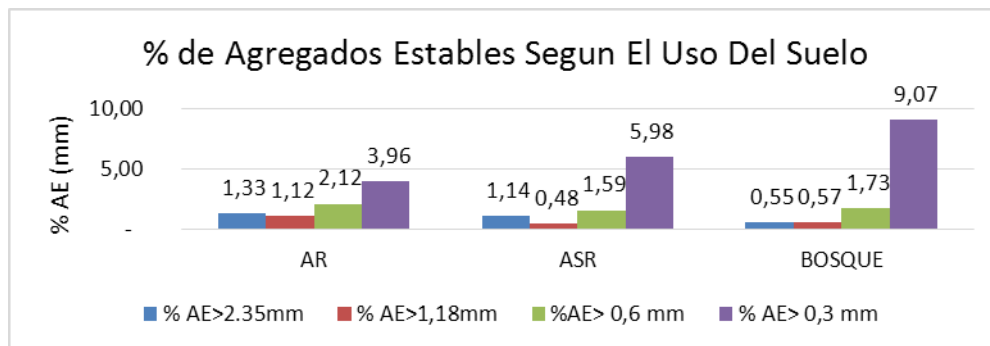


Figura 8. Distribución de agregados estables al agua según el uso del suelo.

CONCLUSIONES

- Se determinó a través de un análisis estadístico descriptivo que los suelos de arroz con riego y restricciones de riego presentan una textura arcillosa mientras que en el sistema agroforestal a una profundidad 0 – 10 cm se encontró un suelo de textura franco arcilloso limosa y a mayores profundidades arcilloso limosa, lo que evidencio un suelo, más evolucionado y fértil en el sistema agroforestal debiéndose a que el material del suelo está en un continuo proceso de transformación generando materia orgánica proveniente de organismos y material vegetal en descomposición la cual se ha estado acumulando por décadas en la superficie del suelo y en la medida que aumenta la profundidad esta disminuye en contraste con los otros dos lotes sometidos prácticas convencionales de manejo del suelo .
- En los lotes de arroz con riego y arroz con restricciones de riego ambos sistemas muestran amplia similitud en su tipo de estructura, clase, grado de desarrollo y consistencia, causadas principalmente por el uso y manejo del suelo, generando como resultado la degradación de la estructura del suelo convirtiéndola en una masa inconsistente y compacta, el sistema agroforestal presenta diferencias en el grado de desarrollo, su consistencia en seco, húmedo, mojado y la forma de los agregados individuales es diferente a profundidades superficiales y subsuperficiales siendo el resultado de las actividades biológicas, y la relación suelo-planta.
- El porcentaje de agregados estables al agua en función de la profundidad, presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), la distribución de los agregados estables decrece a medida que aumenta la profundidad del suelo. La distribución de agregados según el uso del suelo, estadísticamente mostro diferencias significativas en los tres usos para los agregados estables a 2,36, 1,18 y 0,3 mm, los agregados estables a 2,36 mm, presentaron la mayor concentración en AR y ASR, el uso AR y BC presentaron la mayor concentración de agregados estables a 1,18 mm, el ASR presento la menor concentración de este tipo de agregados, la distribución de los agregados estables a 0,6 mm estadísticamente no presentaron diferencias significativas, aunque las variaciones son pocas los agregados más afectados son los de ASR, es decir se encuentran en menor porcentaje que AR y bosque con cacao, el sistema agroforestal contiene la mayor concentración de agregados estables a 0,3 mm que las demás disposiciones AR y ASR.
- El diámetro medio ponderado de los agregados de cada uno de los tres usos, son clasificados como agregados ligeramente estables a la disgregación en condiciones de humedad.
- La densidad aparente durante el ciclo del cultivo, mostro un aumento hasta la etapa tres, posteriormente su valor desciende, en función de la profundidad la densidad presento un constante incremento a medida que se avanzaba en profundidad y para el uso del suelo son similares AR y ASR pero contrastan con el BC su densidad

es menor a la de los otros dos tratamientos en definición el uso y manejo del suelo influye significativamente en la densidad aparente del suelo.

- La porosidad en consecuencia disminuye a medida que la densidad aparente aumenta, la porosidad total desciende su porcentaje hasta la etapa 3 y su valor incrementa para la etapa 5, la macro y microporosidad mostraron el mismo patrón que la porosidad total, pero con amplias diferencias, los macroporos fueron los que presentaron el menor porcentaje, siendo este inferior al 10 % durante las 5 etapas. Con la profundidad, la porosidad total, la macro y microporosidad disminuyen, pero dicha disminución es poca, los macroporos nuevamente presentaron porcentajes inferiores al 10 % en cada profundidad y en los tratamientos los AR y ASR presentaron los menores porcentajes de porosidad total, macroporosidad y microporosidad a diferencia del bosque, aun así, en ninguno de los tres tratamientos la macroporosidad supera el 10 %. Esto evidencia un suelo con severa degradación física.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Francisco de Paula Santander, Vicerrectoría Asistente de Investigación y Extensión-Proyecto FINU #004-2015 por la financiación para llevar a cabo el presente estudio. Así mismo, se agradece a los propietarios de las fincas evaluadas (Sr. Germán Ortega y Sra. Teresa Carreño) por facilitar sus lotes para llevar a cabo la investigación, a los Laboratorios de Suelos Agrícolas y Calidad Ambiental de la Universidad Francisco de Paula Santander y al de Calidad de Suelos Agrícolas de la Universidad Nacional Experimental del Táchira por su colaboración al permitir la realización de algunas pruebas para el presente estudio.

REFERENCIAS

- BRITO, J., ROJAS, I. y ROBERTI, R. 1990. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencias. FONAIAP – CENIAP. Maracay, Venezuela.
- BRONICK, C. J. y LAL, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.
- DÍAZ, G, S. CABRERA, J, A. RUIZ, M. 2009. Scielo. Obtenido de Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*.: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362009000300007&script=sci_arttext>.
- LIMA, W. H. 2009. Los sistemas de gestión de arroz de riego afectan a las propiedades físicas y químicas del suelo. *Suelo y labranza de Investigación*, 1-3.
- PLA, I. 1977. Metodología para caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. UCV – FAGRO. Maracay, Venezuela.
- TUZZIN DE MORAESA, H. 2016. Calidad física del suelo de los sistemas de labranza y cultivo después de dos décadas en la región subtropical de Brasil. *Suelo y labranza de investigación*, 1-8.
- VISCONTI, E., RAMIREZ, B., GOMEZ, J. y TORRES, S. 2013. Efecto de un residuo orgánico sobre los índices estructurales del suelo en un sistema de agricultura protegida. *Memorias del XX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela.