



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

# DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE AGREGADOS DEL SUELO EN DIFERENTES AGROECOSISTEMAS DEL DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER

## *Determination of stability of soil aggregates in different agroecosystems of the north Department of Santander*

María Teresa Buenaver Ortiz<sup>1</sup>, Edgar Alfonso Rodríguez Araujo<sup>2</sup>

### RESUMEN

Las actividades humanas han provocado un deterioro de las características físicas de los suelos, debido a la necesidad de alimentos y bienestar para la sociedad, lo cual se ve reflejado en el aumento de áreas dedicadas a la actividad agrícola. Esta investigación presentó como objeto determinar la estabilidad de agregados del suelo en los cuatro agroecosistemas más representativos del departamento Norte de Santander y comparar los valores obtenidos de la estabilidad de agregados con la humedad, textura, compactación, densidad aparente, densidad real y Porosidad total del suelo. Se encontró que los suelos cultivados con cacao mostraron ser muy estables, debido a la mayor resistencia de los suelos a ser degradados, al presentar un alto grado de porosidad total y un bajo nivel de densidad aparente. También se estableció que los suelos cultivados con Palma de Aceite, expresaron un alto nivel de porosidad, indicando que son suelos con buena aireación, baja compactación y alta presencia de materia orgánica. Pero los suelos cultivados de arroz, muestran alta degradación debido a que se elimina la materia orgánica presente en la superficie, y a un valor alto de densidad aparente y compactación, correlacionado con el bajo grado de porosidad total. En similar situación los suelos cultivados con café revelaron texturas arenosas al presentar densidad aparente mayor de 0.5 g. cm<sup>3</sup> y densidad real de 0.4 g. cm<sup>3</sup>, por lo tanto, el nivel de porosidad total del suelo cafetero es bajo y posee un mayor grado de compactación, siendo un suelo con baja estabilidad estructural.

### ABSTRACT

Human activities have caused a deterioration of the physical characteristics of the soils, due to the need for food and welfare for society, which is reflected in the increase in areas dedicated to agricultural activity. The objective of this research was to determine the stability of soil aggregates in the four most representative agroecosystems of the northern department of Santander and to compare the values of aggregate stability with moisture, texture, compaction, apparent density, real density and total porosity floor. It was found that the soils cultivated with cacao showed to be very stable, due to the greater resistance of the soils to be degraded, having a high degree of total porosity and a low level of bulk density. It was also established that the soils cultivated with Palm of Oil, expressed a high level of porosity, indicating that they are soils with good aeration, low compaction and high presence of organic matter. However, cultivated rice soils show high degradation due to the elimination of the organic matter present in the surface, and to a high value of apparent density and compaction, correlated with the low degree of total porosity. In a similar situation, the soils cultivated with coffee revealed sandy textures with an apparent density greater than 0.5 g. cm<sup>3</sup> and actual density of 0.4 g. cm<sup>3</sup>, therefore, the total porosity level of the coffee soil is low and has a higher degree of compaction, being a soil with low structural stability.

<sup>1</sup> Ingeniera Agrónomo en formación de la Universidad Francisco de Paula Santander

<sup>2</sup> Director del Proyecto, Ing. Agrónomo, Esp., y M.Sc en Ciencias Agrarias con énfasis en Suelos

### Palabras clave:

Diámetro ponderado medio, Porosidad Total, Densidad Aparente y Densidad Real.

### Key words:

Average Weighted Diameter, Total Porosity, Apparent Density and Actual Density.

Rec.: 19.09.2016

Acep.: 14.10.2016

## INTRODUCCIÓN

En Colombia se han transformado alrededor del 70% de los ecosistemas originales por actividades forestales y agropecuarias, además los suelos dedicados a la agricultura son cultivados en su gran mayoría, con monocultivos que han modificado severamente sus condiciones físicas, químicas y biológicas naturales (Gelvez, 2008).

Según Gabioud, Wilson & Sasal (2011), esta simplificación de los ecosistemas causadas por las actividades humanas hacen que el nuevo ecosistema no pueda proveer todo los servicios ambientales que presenta en su estado natural, afectando el funcionamiento de los procesos como la descomposición de la materia orgánica y el ciclaje de nutrientes.

El Departamento de Norte de Santander no es ajeno en este momento a la gran actividad agrícola; a nivel regional, encontramos la siembra de cuatro cultivos representativos de la región tales como el arroz, café, palma de aceite y cacao. Estas actividades agrícolas poco a poco se han convertido en una amenaza, debido a que en la zona no existe la cultura de efectuar análisis de suelos, que permita conocer a ciencia cierta cómo están estos suelos, y aplican los nutrientes y el agua sin conocer la necesidad del cultivo, aportándole cantidades insuficientes o exageradas, que impiden la nutrición efectiva de los cultivos (IFAPA, 2015).

Actualmente la degradación de la estructura del suelo a causa del uso agrícola ha sido documentada en numerosos estudios ya que es la gran problemática que se vive hoy en día en todo el mundo. Esto se debe a que ocurre una disminución de la estabilidad estructural y un aumento de los microagregados estables al agua a expensas de los macroagregados (Rivera, 1999). Así mismo, resulta del efecto combinado de la pérdida de la materia orgánica, de la disminución de la porosidad y del aumento de la densidad aparente del suelo formando bloques subangulares y angulares. Esto origina los suelos inestables que a pesar de tener una buena estructura, sus agregados se desintegran fácilmente bajo el efecto de la lluvia o de la labranza. Cuando esto sucede, se forma a menudo un encostramiento superficial, que forma un verdadero sello, que obstaculiza la germinación de las plantas, reduce la porosidad e incrementa la erosión (Cabría, Calandroni & Monterubbianesi, 2002).

De acuerdo con la problemática que presenta la desintegración estructural del suelo, el objetivo del presente proyecto fue demostrar la importancia y función de los agregados del suelo determinando su estabilidad en seco y húmedo, haciendo ver cómo se pueden destruir estos agregados por los malos manejos de las actividades agrícolas que se realizan en los cultivos como arroz, palma de aceite, café y cacao en Norte de Santander. Además, en el estudio se ejecutó una comparación de las labores realizadas en cada una de las áreas de cultivo para concluir cuál de los suelos se destruye más rápido por estas actividades. De esta forma, los agricultores tomen conciencia de lo que significa la destrucción de la estabilidad de agregados y cambien su forma de pensar y actuar en el momento de manejar los suelos para la producción de sus cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se llevó a cabo en el departamento Norte de Santander, zona nororiental del país, cerca de la frontera con la República Bolivariana de Venezuela. El trabajo comprendió veinte (20) lotes con suelos cultivados con cacao (*Teobroma cacao*), café (*Coffea arabica* L.), palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), y arroz (*Oryza sativa*). En los municipios de Cúcuta, El Zulia, Puerto Santander, Duranía y Arboledas. La zona disfruta de una temperatura máxima promedio es de 36 °C y mínima de 22 °C, con una precipitación promedio anual de 2.000 mm y una alta radiación solar durante la mayor parte del año.

### Selección del área de muestreo

En el área de estudio comprendió una extensión de 146.5 ha. La primera zona de estudio estuvo conformada por 41 hectáreas cultivadas con arroz (*Oryza sativa*), ubicadas en el municipio de Cúcuta; otro sistema de producción fue el suelo cultivado con café (*Coffea arabica* L.) ubicadas en Duranía y Arboledas con un área comprendida de 20.5 ha. El tercer suelo evaluado fue el cultivado con cacao (*Teobroma cacao*), ubicado en Cúcuta y Puerto Santander con una extensión de 34 ha. El último sistema analizado se ubica en el municipio de Cúcuta y El Zulia con una área de 51 ha cultivadas con palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.).

### Recolección de las muestras de suelo

Después de seleccionados los suelos, se siguió la metodología planteada por Cock, Álvarez & Estrada (2010), la cual consistió en entrar al lote a evaluar y caminar 100 metros, luego se recorren 200 metros para realizar el segundo punto de muestreo, por último se recorren 200 metros para realizar la última toma de muestras en forma diagonal. Finalmente, en cada uno de los lotes se tomaron 3 muestras (correspondiente a un kilo de suelo) un total de sesenta (60) muestras.

### Preparación de las muestras

Después del muestreo en campo, se procedió a secar las muestras al aire a temperatura ambiente durante 4 horas y luego se rompió con cuidado los terrones grandes (>5 cm) por las líneas de debilidad natural para producir agregados naturales. Enseguida se secó las muestras al aire durante dos semanas, posteriormente, se pasaron a través de un tamiz de 8 mm para retirar residuos vegetales gruesos, raíces o piedras >8 mm. Conjuntamente, se tomó una submuestra de 100 g para análisis posteriores. Finalmente, se mezcló muy bien la muestra antes de tomar la submuestra obteniendo una submuestra representativa (CIMMYT, 2013).

### Determinación de la textura por el método del Hidrómetro de Bouyoucos

Al momento de determinar la textura se empleó la metodología descrita por García J., Medina H., & Núñez D. (2008). Para ello, se trasladó al vaso de la batidora eléctrica 50 gramos de suelo seco y tamizado, se añadió agua destilada hasta 7 centímetros por debajo del borde del vaso, para que no fuese derramada, luego se agregó 10 ml de Hexametáfosfato de sodio como agente dispersante, se ajustó el vaso a la batidora y se dejó dispersar por 15 minutos, seguido se trasladó la suspensión del vaso de la batidora al cilindro graduado teniendo cuidado de no perder el material en el proceso y se añadió agua destilada hasta unos 800 ml, se introdujo suavemente el hidrómetro y luego se completó con agua hasta 1000 ml, se retiró el hidrómetro y con un tapón de caucho N° 12 se tapó la boca del cilindro y se agitó ligeramente durante 1 minuto invirtiendo el cilindro varias veces, se colocó el hidrómetro cuidadosamente dentro de la suspensión y se leyó a los 40.

### Determinación de la densidad aparente (método del terrón parafinado)

En la determinación de la densidad aparente se utilizó un terrón, el cual fue amarrado con un hilo y sumergido por un segundo en un recipiente que contenía parafina líquida como se describe en la metodología de Ramírez R. (2012). Al parafinar el terrón fue necesario tener cuidado que la parafina no estuviera muy fría, alcanzando de esta manera un buen impregnado en el terrón, luego de este paso, se procedió a pesar el terrón con parafina y se registró los datos, seguido se sumergió el terrón en la probeta que contenía agua y se midió el volumen desalojado por el terrón, cuando se sumergió en la probeta.

### Determinación de la densidad real por el método del picnómetro

Para la determinación de la densidad real se pesó un picnómetro limpio y seco con la tapa, se introdujo 10 g de suelo seco al aire, se limpiaron las partículas de suelo que se encontraron adheridas al cuello del picnómetro. Posteriormente, se pesó el picnómetro con el suelo y la tapa, se adicionó agua hasta llenar completamente el picnómetro, luego se colocó la tapa, y se secó la parte exterior del picnómetro. Consecutivamente, se pesó el picnómetro con el suelo y el agua, se adicionó agua destilada y se pesó de nuevo (Torres, 2013; Universidad Nacional de Colombia, 2006).

### Determinación de la densidad real por el método del picnómetro

Esta característica se determina con base en las densidades real y aparente. Su cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\% \text{ de porosidad} = \frac{(D_r - D_a)}{D_r} \times 100$$

Da = densidad aparente

Dr = densidad real

### Determinación de la distribución de agregados en seco por el método del Shaker

En el método de Shaker o agitador mecánico, el primer paso que se realizó fue quebrar las muestras con los dedos índice y pulgar para que queden bien secas, juntamente, pesó 400 g de suelo y

registró su peso exacto; seguidamente, se pasó a través del Shaker, agitando durante 2 minutos. Posteriormente, se pasó la fracción retenida de cada tamiz a la bandeja de aluminio previamente marcada con el número del tamiz y nombre de la muestra. Al final, se limpió con ayuda de una brocha para que no quedaran residuos de muestra en los tamices, conjuntamente, se registró su peso, se llevó al horno a 105°C de temperatura durante 24h. Por último, se sacó del horno, y se registró nuevamente su peso final (IFAPA, 2015).

### Determinación de la estabilidad de agregados por el método del Yoder

Se preparó la muestra de suelo a trabajar, para ello se pesó alrededor de 100g de suelo, luego introdujo el juego de tamices en el recipiente con agua, (se introdujo de forma inclinada para evitar que quedara aire debajo de los tamices). Confirmando que la malla del tamiz superior quedara a ras con la superficie del agua cuando oscila el aparato, dejado remojar durante 20 minutos; rápidamente la muestra se agitó en el Yoder por otros 20 minutos. Posteriormente se sacaron los tamices del agua y se dejaron drenar por unos minutos. Además, se sacó el material retenido de cada tamiz sobre las bandejas de aluminio utilizando un frasco lavador, de ahí se llevó al horno a 105°C de temperatura durante 24h. Después se sacó del horno, y se halló la masa de suelo seco de cada una de las fracciones. Más tarde, se colocó el suelo en la misma bandeja de aluminio y se agregó Hexametáfosfato, dejándolo por 20 minutos, y se llevó nuevamente al horno a 105°C por 24h. Por último, se restó de la agregación total las partículas primarias y así obtener los agregados del suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Agregados en suelo cultivado con Arroz

El análisis de estabilidad de agregados del suelo para el cultivo de Arroz mostró diferencias para las variables (69.66%). El análisis de componentes principales (ACP) (ver Figura 1) del eje uno (51.67%) y el eje dos (17.99%) para las variables diámetro geométrico medio seco (DGMS), diámetro ponderado medio suelo (DPMS), limo (L), Humedad Volumétrica (HUV), agregados estables seco

(AES), agregados extremos seco (AGES) y Compactación (COM) presentan resultados favorables debido a que estos suelos al estar en constante humedecimiento y secado generan rompimiento de los agregados del suelo tanto en la superficie causando el encostramiento y dentro del suelo provoca compactación (FAO, 2003; Lal y Shukla, 2004), manifiestan que la desintegración de los agregados en pequeñas partículas hace que los poros se tapen y se selle la superficie, lo cual reduce la conductividad hidráulica del suelo (Lal y Shukla, 2004). Es por este motivo que el sistema de producción de arroz aumenta los agregados secos estables y extremos además de la compactación (Cacchiarelli, Galantini & Rosell, 2008).

Según el ACP las variables agregados extremos húmedo (AGEH), agregados estables húmedo (AEH), agregados finos húmedo (AFH), índice de estabilidad estructural húmedo (IEH), porosidad total (POT), densidad real (Dr), agregados intermedio húmedo (AGIH), densidad aparente (Da), diámetro geométrico medio húmedo (DGMH), diámetro ponderado medio húmedo (DPMH), arcilla (A) presentan resultados normales cuando la inmersión directa de suelo seco en agua a presiones de aire atmosférico, causa un gran ruptura de agregados generando agregados más pequeños y partículas primarias. Los agregados débiles se rompen por causa de la salida rápida de aire interno cuando éste es desplazado por el agua (Gale et al., 2000).

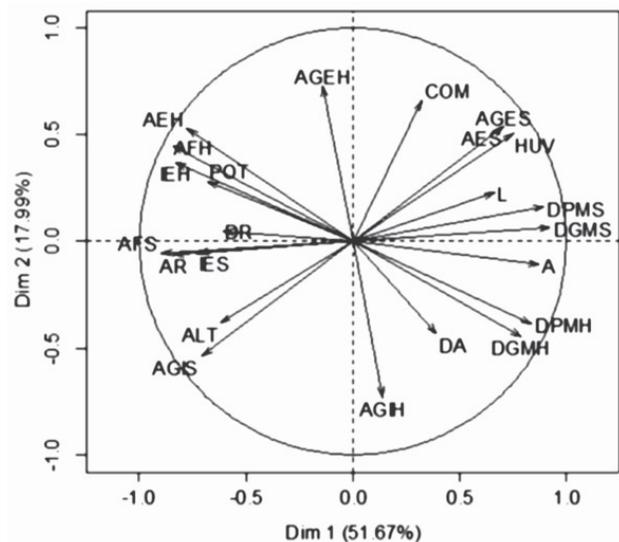


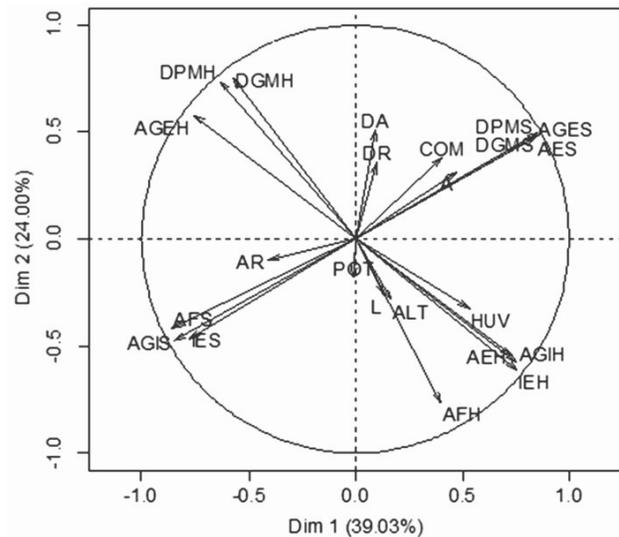
Figura 1. Proyección de las variables en el sistema de producción de arroz.

Mientras que las variables: agregados finos seco (AFS), arena (AR), índice de estabilidad estructural seco (IES), agregados intermedios seco (AGIS); según el Análisis de componentes principal (ACP) presentaron los resultados más bajos, dado a que estas variables son las primeras en perderse cuando se humedecen los suelos generando reducción de la infiltración del agua, incrementando el escurrimiento y la erosión edáfica, lo cual resulta en un uso del agua poco eficiente.

### Agregados en suelo cultivado con Café

Los suelos cultivados en café en el departamento de Norte de Santander presentaron diferencias en el análisis de estabilidad de agregados para las variables (63.03%). El ACP del eje uno (39.03%) y el eje dos (24,00%). Conjuntamente para las variables AES, DPMS, DGMS, COM; el suelo agrícola exhibió textura arenosa al presentar densidad aparente (Da) mayor de 0.5 g.cm<sup>3</sup>, igualmente la densidad real (Dr) fue alta con un valor aproximado de 0.4 g.cm<sup>3</sup>, por lo tanto, el nivel de porosidad total (POT) del suelo cafetero es bajo y posee un mayor grado de compactación como se observa en la figura 2. Por otra parte, los autores Cortés, Camacho & Leiva (2013), en su investigación realizada en los suelos cafeteros del país encontraron que valores promedios de Da entre 0.67 y 0.72 g.cm<sup>3</sup>, en suelos con características de textura arenosa con menor porosidad y mayor peso del suelo seco por unidad de volumen, la cual afecta la productividad de los cultivos.

De igual forma, las variables AR, AFS, AGIS, IES en el suelo presentaron bajas diferencias significativas entre cada una de ellas, estos resultados son similares a los obtenidos por Salamanca & Sadeghian (2005), los cuales evaluar la densidad aparente en relación con otras propiedades en los suelos, determinando que en los cultivos de café tecnificados se presentaron un alto valor de densidad aparente (1.32 g. cm<sup>3</sup>), con un bajo nivel de porosidad y alta grado de compactación. Por otra parte, en los cultivos tradicionales de café, la densidad aparente fue baja con valores promedios de 0.16 y 0.17 g. cm<sup>-3</sup> lo que indicó un alto nivel de porosidad y mayores agregados del suelo.



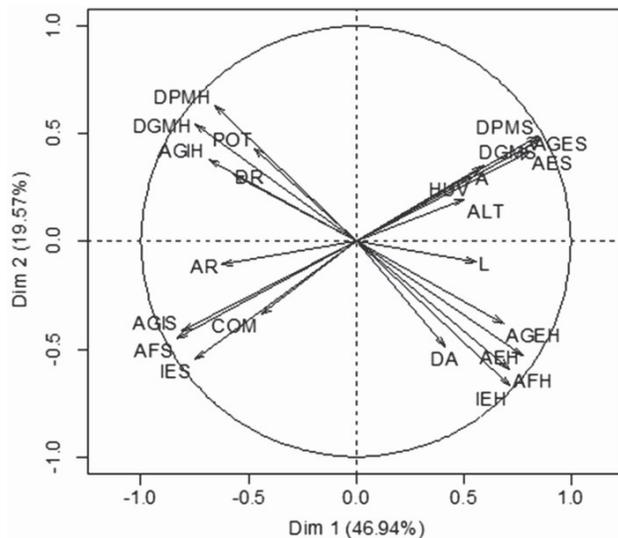
**Figura 2.** Proyección de las variables en el sistema de producción de café.

### Agregados en suelo cultivado con Cacao

Los suelos cultivados con cacao en el departamento Norte de Santander presentaron diferencias significativas para las variables (66.51%), en la investigación de estabilidad de agregados. El análisis de componentes principales (ACP) del eje uno (46.94%) y el eje dos (19.57%). En donde en primer lugar se presentó valores favorables para las variables ALT, HUV, A, AES, AGES, DGMS y DPMS, de acuerdo con los criterios de Pulido, Lobo & Lozano (2009), los valores de DMPS entre 0.4 y 0.8 mm son medianamente estables presentando alto contenido de materia orgánica que le genera nutrientes al suelo y estabilidad los agregados.

Conjuntamente, en la variable Da se registró valores normales con una media de 0.5 g. cm<sup>-3</sup>, indicando que el suelo posee un alto contenido de materia orgánica. Por tal razón, en el análisis en suelos cultivados con Cacao se observó valores normales para las variables AGEH, AEH, AFH, IEH, L, debido a que la materia orgánica constituye un fuerte agente de unión entre las partículas minerales del suelo y asegura su estabilidad estructural (Gutiérrez, 2010), en especial en suelos alofánicos (IFAPA, 2015); tiene también un efecto hidrofóbico en la superficie de las partículas minerales, disminuyendo la velocidad de humectación de los agregados y reduciendo el riesgo de colapción.

Otra de la variable estudiada en el análisis de componentes principales (ACP) fue POT, se evidencio un alto nivel de porosidad en el suelo cultivado con Cacao; de acuerdo, con la literatura el alto porcentaje de porosidad total en los suelos agrícolas es un buen indicador de que el suelo posee buena distribución de las partículas que permite la aireación. Al mismo tiempo en la figura 3, se detalla un nivel aceptable en las variables, Dr, DPMH, DGMH, AGIH, acontece a que se presentan contenidos de microporos altos, según lo descrito por Rincón, Castro & Gómez (2008), estos favorecen la conducción de agua capilar desde el nivel freático hasta la superficie.



**Figura 3.** Proyección de las variables en el sistema de producción de cacao.

Esto es importante, porque cuando el agua freática asciende a los horizontes superficiales, ocupa la mayor parte del espacio poroso, manteniendo el suelo con altos contenidos de humedad durante las épocas secas y favoreciendo su saturación y encharcamiento con pocas precipitaciones en las épocas húmedas del año.

De manera general, la medición de las variables hídricas indica que el suelo presenta baja infiltración, probablemente influenciada por su alto nivel de porosidad que permite la retención del agua; además que el suelo presenta una buena estabilidad de sus agregados por presentar valores de diámetro

ponderados medios. Estos resultados son apoyados por Osorio N. (2012), el cual indica que DMP con altos valores demuestran gran la cantidad de macoagregados presentes en los suelos, siendo característico de suelos sometidos a poco labranza como los cultivos de Cacao, palma y maderables.

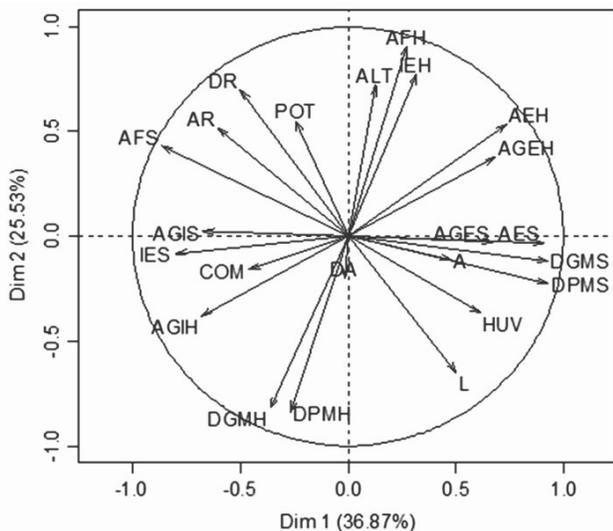
### **Agregados en suelo cultivado con Cultivo de palma**

El análisis de estabilidad de agregados del suelo para el cultivo de Palma de Aceite mostró diferencias para las variables (62.4%). El ACP del eje uno (36.87%) y el eje dos (25.53%). En tanto, para la variable AGEH, AEH, IEH, AFH y ALT presentan valores favorables en la retención de humedad, puesto que los suelos agrícolas de palma en el municipio El Zulia, muestran altos contenidos de arcilla, al ser golpeados por las gotas de lluvia precipitan en los canales dejados por las raíces y en las grietas interagregado, actuando como cementantes en los agregados del suelo, debido a su composición estable a la acción del agua (Rincón et al., 2008).

En cambio, para las variables AGES, AES, L, HUV, A, DPMS y DGMS, se presentaron valores normales, esto concuerda con los rangos mencionados por Taboada & Taboada (2003), en donde menciona que los 7 mm de diámetro ponderado medio indica estabilidad en suelos, Por otra parte, las variables POT se portó alto grado de porosidad, indicando que es un suelo con buena aireación y existe presencia de materia orgánica, asimismo las variables Dr, AR, AFS, AGIS, presentan resultados aceptables, conjuntamente se comparan con los obtenidos por Salamanca & Sadeghian (2005), el cual indica características importantes a estimar la susceptibilidad de estos suelos a la erosión. A medida que aumenta el tamaño de las partículas del suelo se reduce la agregación y la estabilidad de los mismos, permitiendo que la partícula de menor tamaño y agentes agregados sean arrastrados con mayor facilidad por el agua con lo que se aumenta los riegos de erosión y disminuye la fertilidad de los suelos.

Con respecto a las variables IES, COM, AGIH, DGMH, DPMH, y Da presentaron los resultados más bajos, dado a que las diferencias entre las variables seco y húmedo son bastante significativas (ver figura 4). Estos resultados son propios de suelos

con estructura estable, puesto que presentaron baja nivel de densidad aparente y además un alto nivel de porosidad que no permite que exista compactación y que retenga humedad, debido a su textura ligeramente arenosa (Barral et al., 2007).



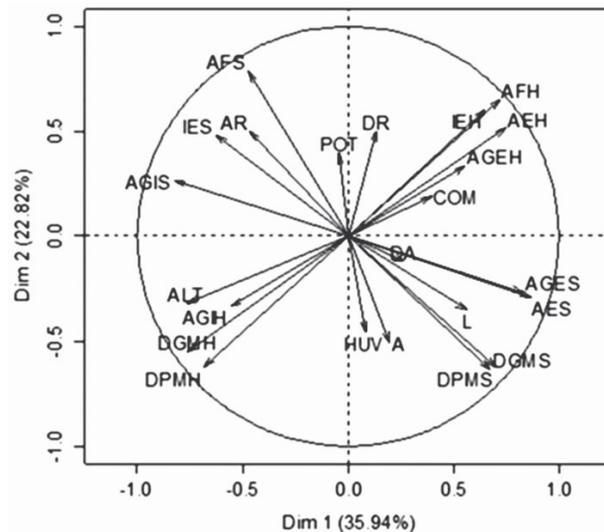
**Figura 4.** Proyección de las variables en el sistema de producción de palma.

### Relación de todos los sistemas evaluados

El análisis de estabilidad de agregados del suelo para los diferentes sistemas evaluados mostró diferencias entre los tipos de uso del suelo (58.76%). El ACP del eje uno (35.94%) y el eje dos (22.82%). En las variables COM, AGEH, AEH, AFH, IEH y DR, presentan resultados óptimos, pues la mayor parte de estos suelos se encuentran constantemente en contacto con el agua, y se secan rápidamente porque ocurre infiltración, este secado rápido genera encostramiento, al ocurrir ruptura de los agregados del suelo tanto en la superficie como en su interior, provoca compactación (Lal y Shukla, 2004),

Por otra parte, para las variables de POT, AFS, AR, IES, AGIS, se registró resultados aceptables en estos suelos, debido a que la mayor parte de los suelos analizados mostraron pérdida de su nivel de porosidad, ocasionando baja estabilidad estructural como se describe en la figura 5.

Conjuntamente, las variables HUV, A, DPMS, DGMS, L, Da, AES, AGES, registró valores nor-



**Figura 5.** Proyección de las variables en los cuatro sistemas de producción en el departamento de Santander.

males, puesto que se encontraron mayor inestabilidad en aquellos que presentaban contenidos elevados de limo y baja cantidad de arcilla, determinado de esta forma que el suelo es medianamente estable, con uniones débiles o transitorias entre las partículas de los agregados.

Según Meza y Geissert (2006), confirma que estos cambios granulométricos podrían deberse a un empobrecimiento de las partículas más finas de la matriz del suelo (con un enriquecimiento concomitante de partículas gruesas), producidos por el transporte selectivo de material por erosión hídrica en la época lluviosa o por erosión eólica en la época seca.

### CONCLUSIONES

Se logró determinar que la estabilidad de los agregados del suelo en seco y húmedo en cuatro agroecosistemas del departamento Norte de Santander, resaltando que los suelos cultivados con Cacao (*Theobroma cacao*), revelaron ser muy estables, pues el agregado mostró mayor resistencia y poca degradación.

Conjuntamente se estableció que los suelos de Palma de Aceite (*Elaeis guineensis*), obtuvieron resultados aceptables, con un alto nivel de porosidad, indicando que es un suelo con buena aireación

y presencia de materia orgánica, estas características no permite que exista compactación y que retenga humedad, debido a su textura ligeramente arenosa, confirmando estabilidad estructural.

Por otra parte, al comparar los valores obtenidos de la estabilidad de agregados con la humedad del suelo (volumétrica), textura, COM, Da, Dr y POT, se observó que en los suelos de arroz (*Oryza sativa*), de Norte de Santander, presentan degradación debido a que se elimina la materia orgánica presente en la superficie.

## REFERENCIAS

- BARRAL M., BUJÁN E., DEVESA R., IGLESIAS M., y VELASCO-MOLINA M (2007). Comparación de la estabilidad estructural de suelos de prado y cultivo. Santiago de Compostela, España.
- CABRÍA 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. Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires. *Ciencia del Suelo* 20 (2) 69-80.
- CACCHIARELLI J., GALANTINI N., & ROSELL R. (2008). Estabilidad estructural y p en fracciones de agregados en la cuenca del el A° Divisorio (Coronel Pringles, Ba). *Ci. Suelo (Argentina)* 26(1): 71-79.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) (2013). Estabilidad de los agregados del suelo tamizando en húmedo Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo. México.
- COCK J., ÁLVAREZ D., & ESTRADA M. (2010). Guía práctica para la caracterización del suelo y el terreno. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Corporación Biotec y Universidad Nacional de Colombia. Palmira-valle del cauca, Colombia.
- CORTÉS C., CAMACHO-TAMAYO & LEIVA F. (2013). Análisis multivariado del comportamiento espacial y temporal de la resistencia del suelo a la penetración. *Acta Agronómica*. 62(3), 268-278.
- FAO. (2003). Optimizing soil moisture for plant production; the significance of soil porosity. By Francis Shaxson and Richard Barber. *FAO Soils Bulletin* No. 79. FAO, Rome.
- GALE, W.J., CAMBARDELLA, C.A., BAILEY, T.B. (2000). Root-derived carbon and the formation and stabilization of aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 201-207.
- GABIOUD E., WILSONI M., & SASAL M. (2011). Análisis de la estabilidad de agregados por el método de le bissonnais en tres órdenes de suelos. *Ciencia del suelo. Argentina*. 29(2): 129-139.
- GARCÍA J., MEDINA H., & NÚÑEZ D. (2008). El método del hidrómetro: influencia de los tiempos de lecturas en el cálculo de la distribución del tamaño de partículas en suelos de La Habana. *Cultivos Tropicales*, 29(2), 21-26.
- GELVEZ I. (2008). Efecto del uso del suelo sobre descomposición de hojarasca y grupos funcionales microbianos (Cuenca del Río La Vieja, Quindío). Pontificia Universitaria Javeriana.
- GUTIÉRREZ, A. (2010). Densidad aparente en suelos forestales. Recuperado 02 de 04 de 2013, de escuela universitaria técnica agrícola, universidad de Sevilla: <http://dijital.cesc.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20pdf>
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN AGRARIA Y PESQUERA (IFAPA) (2015). Medida de la estabilidad de los agregados. Unión Europea.
- LAL, R., SHUKLA, M.J. (2004). *Principles of Soil Physics*. Marcel Dekker, New York, 2004, viii + 716 pp. ISBN 0-8247-5324-0.
- MEZA E., Y GEISSERT D. (2006). Estabilidad de estructura en andisoles de uso forestal y cultivado. *Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. TERRA Latinoamericana* 24 (2): 163-170.
- OSORIO N. (2012). Muestra de suelos. Universidad Nacional de Colombia, A. A. 3840 Medellín, Colombia.
- PULIDO M., LOBO D., & LOZANO S. (2009). Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Universidad Central de Venezuela. Agrocienca* 43: 221-230.
- RAMÍREZ R. (2012). Guía componente práctico. Química agrícola. Universidad nacional abierta y a distancia escuela de ciencias básicas tecnología e ingeniería. Bogotá-Colombia.
- RIVERA J. (1999). Susceptibilidad y predicción de la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera colombiana. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Colombia.
- RINCÓN A., CASTRO H., & GÓMEZ M. (2008). Caracterización física de los suelos sulfatados ácidos del Distrito de Riego del Alto Chicamocha (Boyacá) y su aplicación al manejo. *Agronomía Colombiana* 26(1), 134-145.

SALAMANCA J., & SADEGHIAN S. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en los suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 56(4): 381 - 397.

TABOADA M., & TABOADA M. (2003). Estabilidad estructural de horizontes superficiales de suelos de prado y cultivo de la provincia de a Coruña (no, España). *EDAFOLOGÍA*, 10 (3): 131-137.

TORRES A. (2013). Estudio de la composición fisicoquímica de los lodos fluviovolcánicos de

armero-Tolima y su relación con los procesos de sucesión vegetal 25 años después de la erupción del volcán arenas del nevado del Ruíz. Universidad del Tolima. Ibagué-Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (2006). *METODOLOGIA FISICA*. Escuela de Geo ciencias. Recuperado de: [http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/metodologia\\_fisica.html](http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/metodologia_fisica.html). Consultado el 09 de enero de 2017.