



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

## **Trabajo de Graduación**

**Efecto de diferentes usos del suelo sobre la  
materia orgánica en la microcuenca La  
Danta, Somotillo, 2016**

**AUTOR**

**Br. Sharon Samanta Ruíz Balladares**

**ASESOR**

**Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza  
Corrales**

**Managua, Nicaragua**

**Mayo, 2017**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Trabajo de Graduación**

**Efecto de diferentes usos del suelo sobre la  
materia orgánica en la microcuenca La  
Danta, Somotillo, 2016**

**AUTOR**

**Br. Sharon Samanta Ruíz Balladares**

**ASESOR**

**Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza  
Corrales**

**Presentado ante el honorable tribunal examinador  
como requisito final para optar al título de Ingeniero  
en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal**

**Managua, Nicaragua**

**Mayo, 2017**

## INDICE DE CONTENIDOS

| <b>Sección</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| DEDICATORIA  | i             |
| AGRADECIMIENTO   | ii            |
| INDICE DE CUADROS  | iii           |
| INDICE DE FIGURAS  | iv            |
| INDICE DE ANEXOS   | v             |
| RESUMEN  | ix            |
| ABSTRACT   | x             |
| <b>I. INTRODUCCION</b>   | 1             |
| <b>II. OBJETIVOS</b>   | 3             |
| <b>III. MATERIALES Y METODOS</b>   | 4             |
| 3.1. Ubicación del sitio de estudio  | 4             |
| 3.2. Características Biofísicas  | 5             |
| 3.2.1. Suelo   | 5             |
| 3.2.2. Uso actual del suelo  | 5             |
| 3.3. Descripción de los sistemas de producción a evaluar                     | 5             |
| 3.3.1. Sistema Agroforestal Quesungual                                       | 5             |
| 3.3.2. Sistema Bosque Secundario   | 6             |
| 3.3.3. Sistema Tradicional de Cultivos                                       | 7             |
| 3.3.4. Sistema Silvopastoril   | 7             |
| 3.4. Determinación de la materia orgánica                                    | 8             |
| 3.4.1. Muestreo de suelo   | 8             |
| 3.4.2. Preparación de las muestras   | 9             |
| 3.5. Estabilidad de los agregados  | 9             |
| 3.5.1. Procedimiento   | 9             |
| 3.6. Porcentaje de rocas en la superficie                                    | 10            |
| 3.7. Determinación de la materia orgánica por medio del método Walkley-Black | 11            |

| <b>Sección</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 3.8. Determinación de la materia orgánica por medio del método de Perdida por Ignición                     | 12            |
| a) Calculo de MOP totales  | 13            |
| b) Contenido de arena  | 13            |
| c) La Materia Orgánica del Suelo (MOS) por la pérdida de todo el suelo en ignición                         | 13            |
| d) Porcentaje de MOP en SOM  | 14            |
| e) Cuantificación de las partículas de limo y arcilla (PSA)  | 14            |
| 3.9. Diseño metodológico   | 15            |
| 3.10. Variables evaluadas  | 15            |
| 3.11. Análisis estadístico   | 16            |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b>  | <b>17</b>     |
| 4.1. Estabilidad de los agregados en agua  | 17            |
| 4.2. Presencia de rocas en el suelo  | 18            |
| 4.3. Fraccionamiento de la materia orgánica  | 19            |
| 4.3.1. Contenido de Materia Orgánica Fracción mayores a 0.5 mm por el método de combustión seca (Ignición) | 19            |
| 4.3.2. Contenido de materia orgánica en la fracción 0.5 mm aplicando el método de Walkley-Black e Ignición | 20            |
| 4.3.3. Contenido de Materia Orgánica Particulada (MOP)   | 23            |
| 4.3.4. Contenido de Materia Orgánica Total (MOS)   | 24            |
| 4.4. Análisis de asociaciones entre las fracciones de MOS y otras propiedades                              | 25            |
| <b>V. CONCLUSIONES</b>   | <b>28</b>     |
| <b>VI. RECOMENDACIONES</b>   | <b>29</b>     |
| <b>VII. LITERATURA CITADA</b>  | <b>30</b>     |
| <b>VIII. ANEXOS</b>  | <b>36</b>     |



## DEDICATORIA

A mi madre **Elizabeth Balladares Halleslevens**, mi padrastro **Julio Carrillo Beltrán**, mi hermana **Elizabeth Ruiz Balladares**, por ser el sostén principal en toda mi vida y por el apoyo incondicional que me han ofrecido, moral y económico que me impulsaron a seguir adelante para poder alcanzar mi meta.

A mi mejor amiga **Oskarleth Mendoza**, quien fue un gran apoyo emocional durante el tiempo en que trabajaba esta tesis.

**Br. Sharon Ruiz Balladares**

## AGRADECIMIENTO

A mi asesor **MSc. Bismarck Mendoza**, por haber confiado en mí para la realización de ésta investigación. También por sus recomendaciones, asesoramiento, consejos y apoyo que siempre fueron de gran validez en mi desarrollo personal y profesional.

A todo el equipo del Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, principalmente a doña **Cornelia Palacios**, quien me apoyó enormemente y su ayuda contribuyó considerablemente para que esta investigación se realizara.

Al fondo de Cooperación Alemana, (BMZ). Proyecto Restauración de suelos degradados, ejecutado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)-Nicaragua, La Universidad de Hohenheim, y la Universidad Nacional Agraria (UNA).

A todas aquellas personas y amigos que estuvieron pendientes de mi investigación, que de una u otra forma fueron fuente de apoyo para salir adelante

**Br. Sharon Ruiz Balladares**

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>Cuadro</b>  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>1</b> Descripción de los tratamientos por sistemas de uso, Proyecto CIAT-Quesungual-Forraje 2011  | 8             |
| <b>2</b> Correlación múltiple entre el fracciones de materia orgánica y la textura, estabilidad en agua de agregados. Datos muestreados en 2015 en la finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. La fila en el valor superior representa el coeficiente de correlación y el valor en la parte baja representa la probabilidad | 25            |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b> |  | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| 1             | Ubicación de la microcuenca La Danta, Nicaragua  | 4             |
| 2             | Suelo debidamente identificado y tamizado  | 9             |
| 3             | Procedimiento para determinar estabilidad de agregados en agua   | 9             |
| 4             | Pesaje de rocas en cada una de las muestras de suelo   | 10            |
| 5             | Valoración del exceso de dicromato, método de Combustión Húmeda  | 11            |
| 6             | Muestra de suelo enjuagada a través de un tamiz, método de pérdida por ignición  | 12            |
| 7             | Porcentaje de estabilidad de agregados, A: sistemas de uso de suelos, B: posición en el relieve, C: profundidades, por el método Groosman and Pringle (1987), finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.      | 16            |
| 8             | Presencia de rocas en los suelos superficiales A: por sistema de uso del suelo, B: por profundidad, de la finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.  | 18            |
| 9             | Contenido de Materia orgánica fracción 0.5 mm, A: sistema de uso del suelo, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.  | 19            |
| 10            | Contenido de Materia orgánica fracción media, A: sistema de uso del suelo, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método de combustión húmeda, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.      | 20            |
| 11            | Contenido de Materia orgánica fracción 0.05 mm, A: sistema de uso del suelo, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015. | 21            |
| 12            | Análisis de correlación entre los métodos de combustión húmeda (Walkley-Black) y el método de pérdida por ignición (LOI), finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.  | 22            |
| 13            | Contenido de materia orgánica particulada total, A: sistema de uso, B: posición en el relieve, y C: profundidad, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.            | 23            |
| 14            | Contenido de Materia Orgánica Total, A: sistema de uso, B: posición en el relieve, y C: profundidad, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.                                    | 24            |
| 15            | Análisis de los contenidos de Materia Orgánica Fraccionada por combustión húmeda y seca con las propiedades texturales y la estabilidad de agregados en agua. Datos muestreados en la finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta, 2015 y 2016.                 | 26            |

## ÍNDICE DE ANEXOS

| <b>Anexo</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| 1. Volumen de Rocas en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015   | 36            |
| 2. Volumen de Rocas en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015  | 36            |
| 3. Volumen de Rocas en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015  | 36            |
| 4. Análisis de Varianza de la Fracción Media Volumétrica por el Método de Combustión Húmeda (Walkley-Black), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                  | 37            |
| 5. Análisis de Varianza de la Fracción Media Volumétrica por el Método de Combustión Húmeda (Walkley-Black), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 | 37            |
| 6. Análisis de Varianza de la Fracción Media Volumétrica por el Método de Combustión Húmeda (Walkley-Black), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                | 38            |
| 7. Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                            | 38            |
| 8. Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015           | 38            |
| 9. Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                                  | 39            |
| 10. Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                          | 39            |

| <b>Anexo</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>11.</b> Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015          | 40            |
| <b>12.</b> Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                         | 40            |
| <b>13.</b> Análisis de Varianza de la MOP Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                                  | 40            |
| <b>14.</b> Análisis de Varianza de la MOP Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                 | 41            |
| <b>15.</b> Análisis de Varianza de la MOP Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                             | 41            |
| <b>16.</b> Análisis de Varianza de la MOS Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                                  | 41            |
| <b>17.</b> Análisis de Varianza de la MOS Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                 | 42            |
| <b>18.</b> Análisis de Varianza de la MOS Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015                                | 42            |
| <b>19.</b> Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en t ha <sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015              | 42            |
| <b>20.</b> Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en t ha <sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 | 43            |

## **Anexo**

- 21.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 43
- 22.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 43
- 23.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 44
- 24.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 44
- 25.** Análisis de Varianza de la MOP Total en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 44
- 26.** Análisis de Varianza de la MOP Total en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 45
- 27.** Análisis de Varianza de la MOP Total en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 45
- 28.** Análisis de Varianza de la MOS Total en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 45
- 29.** Análisis de Varianza de la MOS Total en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 46



| <b>Anexo</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>30.</b> Análisis de Varianza de la MOS Total en $t\ ha^{-1}$ por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015 | 46            |
| <b>31.</b> Análisis de correlación utilizando un ACP, entre las variables Método LABSA y el de Combustión seca a 0.05 mm   | 46            |
| <b>32.</b> Valores de los Componentes Principales referidos según Figura 9.  | 47            |
| <b>33.</b> Hoja de cálculos para determinar el contenido de materia orgánica particulada y total de suelo utilizando el procedimiento de pérdida por ignición. La Danta, Somotillo. Proyecto UNA-CIAT-Restauración                 | 48            |

## RESUMEN

Cinco usos de la tierra; Sistema Tradicional (T), Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ), Pasto Nativo (Pn), Sistema Silvopastoril (SSP) y un Bosque secundario (Bs), fueron seleccionados para evaluar su efecto sobre los contenidos de la materia orgánica en el suelo (MOS) fraccionada. Localizados en la microcuenca La Danta, Somotillo-Nicaragua. El muestreo consideró las profundidades de 0-10 cm y 10-20 cm, en la parte alta y baja del relieve, para medir MOS mediante el método tradicional de combustión húmeda (Walkley-Black) y la pérdida por ignición. Se utilizó un diseño completo al azar, y un análisis de varianza utilizando el software InfoStat. Como resultado, mayores cantidades de MOS en el SAQ, seguido del Sistema Tradicional con 23.58 y 22.52 t ha<sup>1</sup> respectivamente, fueron obtenidas a través del método de combustión húmeda. Mientras que utilizando el método de pérdida por ignición se obtuvo mayor contenido de MOS en el SSP, seguido por el Sistema Tradicional con 6.83 y 4.85 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Adicionalmente, no se encontraron relaciones entre propiedades físicas de suelo y los contenidos de MOS a través de la combustión húmeda. Sin embargo, altas correlaciones significativas fueron encontradas entre la estabilidad de agregados y los contenidos de arena, limo y arcilla ( $r^2 = -0.97$  y  $0.97$ ;  $P > F = < 0.0001$ ). Estos resultados muestran que las bajas correlaciones entre ambos métodos se deben a la diferencia del procedimiento analítico, el efecto de los sistemas de uso de la tierra, el efecto del gradiente de la pendiente y los contenidos de arcilla en el suelo. Por lo tanto, se recomienda implementar sistemas agroforestales y aplicar estos estudios a otros tipos de suelo y usos sostenibles de la tierra.

*Palabras claves:* Combustión húmeda, Ignición, estabilidad de agregados, rocas, quesungual, sistema silvopastoril

## ABSTRACT

Five uses of land; traditional agriculture (T), Silvopastoral System (SSP), Natural Forest (B), Quesungual Agroforestry System (SAQ), and native pasture (Pn), were selected to evaluate their effect on soil organic matter fractionated content (SOM). Located in La Danta micro-basin, Somotillo-Nicaragua. Sampling considered depths of 0-10 cm and 10-20 cm, in the upper and lower part of the relief, to measure SOM by the traditional method of humid combustion (Walkley-Black) and Loss by Ignition. We used a completely randomized design and an analysis of variance using the InfoStat software. As a result, larger amounts of SOM in the SAQ, followed by the Traditional System with 23.58 and 22.52 t ha<sup>-1</sup> respectively, were observe through the humid combustion method. While using the loss by Ignition method, it was obtain higher content of SOM in the SSP, followed by the Traditional System with 6.83 y 4.85 t ha<sup>-1</sup> respectively. Additionally, no relationships were find between soil physical properties and SOM contents through humid combustion. However, high significant correlations were find between the stability of aggregates and the contents of sand, silt and clay ( $r^2 = -0.97$  y  $0.97$ ;  $P>F= <0.0001$ ). These results show that the low correlations between the two methods are due to the difference in the analytical procedure, the effect of the land use systems, the effect of the gradient of the slope and the clay contents in the soil and therefore it is recommended to implement agroforestry systems and apply these studies to other types of soil and sustainable land uses.

*Key words:* humid combustion, Loss by Ignition, Aggregate stability, rock, quesungual, silvopastoral system

## I. INTRODUCCION

La materia orgánica de los suelos (MOS) puede ser definida como una serie de fracciones a lo largo de un continuo proceso de descomposición. Su balance es mantenido por el aporte del mantillo al suelo, el cual ingresa al mismo proceso de descomposición como materia orgánica particulada (MOP). Conceptualmente, la MOP, a la que algunos autores también la denominan macro materia orgánica (Wilson *et al.*, 2001), es la fracción transitoria de la MOS que, en ese continuo de transformación, se encuentra en un estado intermedio entre el mantillo más o menos reciente y la materia orgánica humificada (MOH) y estable.

La MOS juega un rol trascendental en la mantención de la fertilidad integral del suelo, la que debe considerar la fertilidad química, física y biológica de éste (Sierra *et al.*, 1988). Sin embargo, en la producción agropecuaria, no existen métodos de rutina que midan su contribución a la productividad, o bien no hay un consenso amplio sobre su forma de aplicación. El conocimiento sobre el aporte de nutrientes que ella realiza es escaso, motivo por el cual las estimaciones de la necesidad de fertilizantes se basan más en la disponibilidad inicial, rendimiento esperado e historia de cultivos, que en la cantidad y la calidad de la MOS (Magdoff *et al.*, 1984; Dahnke & Johnson, 1990).

Las estrategias actuales de conservación y restauración de suelos consideran importante el fraccionamiento de la materia orgánica o del carbono orgánico (CO) del suelo, dado que puede proveernos información sobre el ciclado de diferentes materiales orgánicos y sus características funcionales o estructurales (Cambardella *et al.*, 1993).

La literatura cita diversos métodos de aislamiento de las fracciones de materia orgánica particulada (Cambardella & Elliott, 1992; Galantini, 2005), y de determinación del CO de las mismas. No obstante, la determinación del CO de las fracciones de la materia orgánica y de la materia orgánica total (MOT) del suelo se realiza con frecuencia por combustión por vía húmeda (Walkley & Black, 1934), por ignición (Davies, 1974), o mediante el uso de un autoanalyzer (Cambardella *et al.*, 2001).

En los laboratorios de suelo a nivel nacional con frecuencia tienden a utilizar aún el método de combustión húmeda de Walkley-Black, este consiste en la oxidación húmeda de la muestra de suelo con dicromato de potasio en medio ácido. El calor desprendido, durante la incorporación del ácido sulfúrico, es el que permite la oxidación parcial del C. En este proceso se produce una reducción del dicromato, equivalente al contenido de C que es oxidado. El dicromato residual es luego titulado con sal ferrosa (Carreira, 2005). Este método es más costoso, insume más tiempo y es ambientalmente menos recomendable porque utiliza grandes cantidades de ácido sulfúrico y presenta como producto de desecho tóxico al ion cromo, el cual es altamente cancerígeno.

Esta situación ha conllevado a la búsqueda de alternativas para la determinación de la MOS que no implique el uso de reactivos de alto costo, de difícil adquisición y altamente contaminantes al ambiente y de riesgos a la salud pública. Una opción es el método de calcinación o pérdida por ignición (Schulte & Hopkins, 1996), el cual cuantifica directamente el contenido de MOS y se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas. Esta técnica de LOI es propuesta como exacta y de bajo costo para determinar MOS (Abella & Zimmer, 2007).

Es por ello que el objetivo principal de este trabajo fue evaluar de manera preliminar dos métodos analíticos para la determinación de la MOS, los cuales son combustión húmeda de Walkley-Black y pérdida de MOS por ignición (LOI), en sitios con diferentes tipos de cobertura vegetal: Sistema Tradicional (T), Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ), Pasto Nativo (Pn), Sistema Silvopastoril (SSP) y un Bosque Secundario (Bs) de la microcuenca La Danta, Somotillo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General**

Evaluar el efecto de diferentes usos del suelo sobre los contenidos de materia orgánica, utilizando dos métodos (Combustión Húmeda y Pérdida por Ignición), establecidos en la microcuenca La Danta, municipio Somotillo-Nicaragua, 2016.

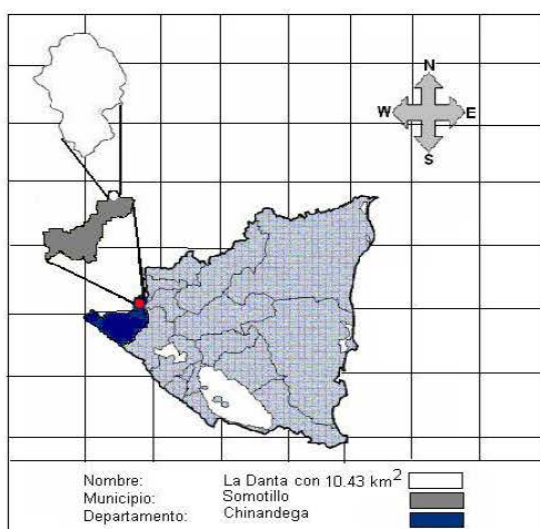
### **2.2.Objetivos Específicos**

- a) Evaluar los contenidos de materia orgánica en diferentes usos de la tierra (Bosque secundario, Sistema Agroforestal Quesungual, Pasto nativo, Sistema Silvopastoril, y Tradicional) y su relación con la estabilidad de agregados, textura y contenido de rocas en la superficie.
- b) Validar el método de pérdida por ignición y compararlo con el método de combustión húmeda (Walkley Black).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación del sitio de estudio

El ensayo se estableció en la microcuenca La Danta, localizada en el municipio de Somotillo, departamento de Chinandega, a 18 km del casco urbano municipal y 87 km de la cabecera departamental. Situada entre las coordenadas 13°10'26' a 13°10'03'' de latitud norte y 86°51'35'' a 86°51'35'' longitud oeste, con una extensión de 10.43 km<sup>2</sup> (Hoja topográfica # 2855 III, 1:50000 INETER, 1989).



**Figura 1.** Ubicación de la microcuenca La Danta, Nicaragua.

El área se encuentra en la zona climática de Sabana según clasificación de Köppen (1984), con una precipitación promedio anual entre 1400 – 1600 mm distribuido en 6 meses de lluvias, con una temperatura media anual entre 24°-25 °C y clasificada ecológicamente en la zona de vida bosque húmedo subtropical, método Holdridge (1979). Las condiciones topográficas son irregulares en su mayoría, el relieve corresponde a la provincia Tierras alta del interior (región central), y de las sub provincias estribaciones occidentales de las serranías, en los paisajes montañosos colinados y de planicies tobaceas, basálticos y andesíticas. Esta área pertenece a la era cenozoica, en periodo terciario, donde se originó una erupción volcánica la que arrojó materiales litológicos (ignimbrita, tobas dacíticas, lavas y andesitas).



## **3.2. Características Biofísicas**

### **3.2.1. Suelo**

Los suelos de la microcuenca La Danta son de origen volcánico, bien drenado, perteneciente al periodo Terciario de la Era Cenozoica, donde se originó una erupción volcánica que arrojó materiales litológicos (ignimbrita, tobas dacíticas, lavas y andesitas) sobre un relieve escarpado. En su mayoría son suelos arcillosos friables, moderadamente profundos pertenecientes a los órdenes de suelo: Alfisoles (36.24 %), Molisoles (16.2 %), Vertisoles (0.38 %), asociación Entisoles asociados con Molisoles (15.62 %), asociación Alfisol Entisol (35.85 %), y la asociación Molisol Alfisol (26.27 %) del área en estudio. (Rodríguez *et. al.*, 2010).

### **3.2.2. Uso actual del suelo**

El uso actual de la tierra en esta zona presenta un 30 % de las tierras bajo uso agrícola y un 40 % en pasturas tradicionales, entre el uso agrícola se realiza la siembra de granos básicos aunque predominan pendientes muy inclinadas que oscilan entre 50 % y 80 %. (INTA, 2005).

## **3.3. Descripción de los sistemas de producción a evaluar**

### **3.3.1. Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ)**

El sistema de Quesungual es una adaptación de un sistema agroforestal indígena, que puede encontrarse en el ecosistema de bosques tropicales secos (de 140 a 800 msnm). Este sistema se caracteriza por tres capas de vegetación: mulch, cultivos, arbustos y árboles dispersos. Generalmente combina cultivos de granos, árboles y arbustos que se regeneran naturalmente, árboles frutales y madereros del alto valor y para múltiples propósitos. Una parcela típica tiene varios árboles, arbustos podados y unos 15 a 20 árboles grandes de especies madereras y frutales. La diversidad de especies en el sistema es alta (Álvarez *et al.*, 2001).

Se abandonan las prácticas de quema, y la densidad de la vegetación y de las plantas se controla a mano; además, algunos agricultores usan herbicidas antes de la siembra. Se intercalan cultivos de maíz-sorgo, maíz-frijoles, se usan tecnologías de labranza cero, de mulch y de siembras directas. Se usa la vegetación natural como cultivo de cobertura, entre los cultivos de granos (Álvarez *et al.*, 2001).

El material de la poda es usado como mulch para cubrir el suelo. Se retiran del campo aquellas ramas y troncos que pueden ser usados como leña o como postes. En general no se podan los árboles madereros y frutales de alto valor. Los agricultores logran una densidad ideal manejando la regeneración natural. Antes de sembrar el segundo cultivo (generalmente frijol) se limpia el campo por segunda vez, pero no siempre se podan los árboles y los arbustos. Los fertilizantes minerales son caros y por eso sólo se usan cuando se cultiva maíz o sorgo como primer cultivo. Se deshierba una sola vez durante la temporada agrícola, y esto se hace ya sea manualmente o usando un herbicida. La cosecha se lleva a cabo de la manera tradicional (Álvarez *et al.*, 2001).

### **3.3.2. Sistema Bosque Secundario (Bs)**

El bosque secundario es una secuencia de cobertura boscosa, que surge después de la devastación antropógena total (de más de 90 %) de la cobertura boscosa primaria, medrando en una superficie de tal dimensión, que el cambio del microclima y las diferentes condiciones de regeneración conducen a una estructura distinta a la del bosque original, con otra composición de especies arbóreas y otra dinámica, sin haber aún alcanzado de nuevo su estado original, es decir que se diferencia claramente del estado del bosque original (Emrich *et al.*, 2000).

Según Emrich *et al* (2000), ésta definición también abarca tantas situaciones diferentes del bosque secundario que parece necesario desarrollar un sistema de clasificación que permita describir con más precisión la "clase de bosque secundario" y las condiciones básicas más importantes, con lo que se lograría un mejor entendimiento a nivel internacional.

### **3.3.3. Siembra tradicional de cultivos (T)**

Los cultivos tradicionales son aquellos que han sido desarrollados localmente durante largos años de experiencia empírica y experimentación campesina (Remmers, 1993). Tales como maíz, frijol, arroz, trigo y en general todos los granos oleaginosos comestibles.

El término de agricultura tradicional se deriva de la forma en que se difunden los conocimientos, y se distingue por lo reducido de la cantidad y la calidad de la energía usada en el agro ecosistema; predomina en las tierras agrícolas del mundo con climas favorables o marginales para la producción (Gene Wilken, 1987).

### **3.3.4. Sistema Silvopastoril (SSP)**

Es "aquel sistema de uso de la tierra donde las leñosas de aptitud forestal crecen en asociación con hierbas de valor forrajero y animales (domésticos y/o silvestres), en un arreglo espacial y temporal, con múltiples interacciones ecológicas y económicas entre los componentes del sistema", según la definición de Young (1987).

En otras palabras, un sistema silvopastoril es el que permite que sus componentes, árboles forestales, pasturas y animales de producción, se ubiquen bajo un esquema de manejo racional integral, que tienda a mejorar a mediano o largo plazo, la productividad, la sustentabilidad y la rentabilidad de la explotación; todo ello teniendo en cuenta, las distintas condiciones y tiempos de producción de los diversos componentes (Martín *et al.*, 2009).

Lo enunciado implica que el manejo de un sistema silvopastoril involucra el conocimiento y el ensamble de numerosas variables que afectan a cada uno de los componentes citados, sin olvidar los recursos suelo y agua. Se producen así, una serie de interacciones que condicionan la productividad de cada componente y del conjunto (Martin *et al.*, 2009).

En la zona de estudio los pastos asociados con árboles pueden ser pasturas locales o nativas y en el ensayo se introdujeron pastos mejorados de *Brachiaria*.

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos por sistemas de uso, Proyecto CIAT-Quesungual-Forraje 2011

| Sistema                         | Trt | Descripción de Tratamientos  | Área           |      |
|---------------------------------|-----|--|----------------|------|
|                                 |     |  | m <sup>2</sup> | Has  |
| Bosque secundario               | Bs  | Bosque secundario  | 5,269.3        | 0.53 |
| Sistema Agroforestal Quesungual | SAQ | Sistema Quesungual con árboles dispersos y regulación de sombra.   | 1,089          | 0.11 |
| Pasturas                        | Pn  | Pasturas nativas con pocos arboles   | 5,269.5        | 0.53 |
|                                 | SSP | Pastura en potrero con buena cobertura de árboles, como son los sistemas silvopastoriles.                  |                |      |
| Agrícola tradicional            | T   | Sistema tradicional, con poca cobertura vegetal y aplicación de agroquímicos (fertilizantes y herbicidas). | 1,089          | 0.11 |

### 3.4. Determinación de la Materia Orgánica del Suelo

#### 3.4.1 Muestreo de suelo

Las muestras de suelo se tomaron con un monolito de 1000 cm<sup>3</sup> (10\*10\*10 cm) construido localmente de acero, el cual se profundizaba con un mazo de madera y se extraía con una pala cuidadosamente para no romper la estructura de las mismas y no perder suelo.

El suelo excavado se colocó en bolsas plásticas debidamente identificadas. Un total de veinte muestras fueron tomadas en campo. Las cuales corresponden a dos posiciones en el relieve (alta y baja), y dos profundidades (0-10 y 10-20 cm), por cada parcela en cada uno de los tratamientos (cinco).

Posteriormente, las muestras extraídas fueron colocadas en un termo de plástico y transportadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria, localizado en la capital Managua, en el km 12.5 carretera norte a 230 km de distancia del sitio en estudio.

### 3.4.2. Preparación de las muestras

Después del muestreo de campo, las muestras se secaron al aire libre y se retiraron residuos vegetales gruesos y raíces. Para cada muestra fue necesario tener una bandeja debidamente identificada, donde se colocaron las fracciones de suelo después del tamizado y durante el secado.

En el laboratorio, las muestras traídas de campo fueron fraccionadas en 100 sub muestras, las cuales 60 sub muestras fueron utilizadas para el método de combustión húmeda y 40 sub muestras para el método de pérdida por ignición. Al mismo tiempo, se extrajeron 40 sub muestras para determinar la estabilidad de los agregados y conocer el porcentaje de humedad de éstas. Con la información recopilada, se elaboraron las bases de datos, que incluían la materia orgánica de las diferentes fracciones, analizada tanto con el método de combustión húmeda como por el método de ignición.



**Figura 2.** Suelo debidamente identificado y tamizado, 2016.

### 3.5. Estabilidad de los agregados

#### 3.5.2. Procedimiento

De acuerdo a la metodología de Grossman (1987), para la determinación de la estabilidad de los agregados es necesario usar la fracción del tamaño de 0.5-2 mm.

Todo el material de suelo secado al aire se pasó a través de un tamiz de 2 mm utilizando la fuerza mínima necesaria.



**Figura 3.** Procedimiento para determinar estabilidad de agregados en agua, 2016.



Se pesaron 3 g para cada muestra de suelo, previamente secada al aire y tamizada por 0.5-2 mm uniformemente, y se colocaron en otro tamiz de 0.050 mm sumergido en unos 500 ml de agua destilada, respectivamente. La malla del tamiz debía estar al menos a 2 cm por debajo de la superficie del agua. Se dejó reposar durante toda la noche.

Posteriormente, el tamiz sumergido en agua destilada se agitó (subió y bajó) 20 veces en 40 segundos, tratando de no elevarlo lo suficiente para que el aire no entrara por debajo. Las partículas de suelo que permanecieron sobre el tamiz correspondieron a los agregados estables. Después del tamizado en húmedo, el contenido restante se colocó en un beaker de 50 ml y se metió al horno a 105 °C por 24 h o hasta que éste estuviera completamente seco.

### 3.6. Porcentaje de rocas en la superficie

En el laboratorio, se determinó la relación volumen roca y volumen suelo. Pesando la muestra completa y separando la roca del suelo, para así obtener el peso del suelo y el peso y volumen de la roca, utilizando una balanza electrónica. Las rocas que fueron separadas del suelo, se colocaron en bandejas de plástico con agua destilada y se dejaron reposar aproximadamente por una hora para sellar los poros de éstas. Posteriormente, se colocaron en beakers de 500 ml con agua destilada para conocer el volumen de estas, aplicando el principio de Arquímedes.



**Figura 4.** Pesaje de rocas en cada una de las muestras de suelo, 2016.

### 3.7. Determinación de la materia orgánica por medio del método Walkley-Black, 1946

Se pesaron 0.5 g de suelo secado al aire y se transfirió al Erlenmeyer de 500 ml. Luego se prepararon cinco blancos. Con el dispensador automático, se agregaron 10 ml de solución de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en el Erlenmeyer de 500 ml, ladeando la muestra. Con un dispensador se agregaron cuidadosamente 20 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado en el Erlenmeyer, ladeando la solución y después de 30 minutos de reposar la solución se agregaron 200 ml de agua para detener la reacción.

Posteriormente, se agregaron 4 gotas del indicador *o*-fenantrolina y se valoró el exceso de dicromato en la solución con sulfato ferroso heptahidratado ( $Fe_2SO_4 \cdot 0.5 N$ ).

Existen tres virajes de color que determinan la cantidad de cromato en la solución: verde-azul-rojo ladrillo, la cantidad de sulfato utilizada determina cuanto cromato se oxidó.



**Figura 5.** Valoración del exceso de dicromato, método de Combustión Húmeda, 2016.

#### a) Calculo de C orgánico

$$\text{Organic C\%} = \frac{(\text{meq } K_2Cr_2O_7 - \text{meq } FeSO_4)(0.003)(100\%) * f}{g \text{ water-free soil}}$$

El resultado se multiplica por el factor de corrección de humedad = 1.30

Luego se multiplica por el factor de conversión = 1.724 para obtener la MOS



### 3.8. Determinación de la materia orgánica por medio del método de pérdida por Ignición

Se pesaron 30 g de suelo de cada sub-muestra en un vial de plástico de 40 dram para el análisis.

Se añadieron 90 ml de solución de hexametáfosfato a 0.5 % al suelo en cada vial y se tapó bien para agitarse durante la noche a 120 RPM en un agitador de vaivén.

Pasadas las 12 horas, se agitó con fuerza el contenedor para desalojar todo el material de los lados del recipiente y se vertió la mezcla de suelo y hexametáfosfato a través de los tamices 0.5 mm y 0.050 mm, permitiendo al líquido escapar a través de la parte inferior (0.050 mm) del tamiz a un erlenmeyer. Se enjuagó el frasco y la tapa con agua destilada, pasando el agua de enjuague en el tamiz.

Se enjuagó la parte superior (0,5 mm) del tamiz con agua destilada para pasar todo el material menor que 0,5 mm en el tamiz 0,050 mm luego cuidadosamente se separó este tamiz del inferior y se enjuagó el material retenido en el tamiz de 0,050 mm con agua hasta que todo el limo y arcilla dispersa se lavara a través del tamiz

Posteriormente, se colocaron todos los beakers conteniendo las diferentes muestras lavadas, en el horno a una temperatura de 105 °C por al menos 24 horas.



**Figura 6.** Muestra de suelo enjuagada a través de un tamiz, método de pérdida por ignición, 2016.

Pasado dicho período de tiempo se retiraron los beakers y se dejaron enfriar en un desecador para registrar el peso seco de estos y colocarlos en el horno de mufla a una temperatura de 450 °C durante 4 horas.

Antes de realizar las pesadas las muestras fueron colocadas en un desecador, con silica gel, para que alcanzaran la temperatura ambiente y no absorbieran humedad y se calcularon las fracciones de MOP por la pérdida de ignición.

$$\frac{\text{fracción MOP mg}}{\text{suelo g}} = \frac{\text{peso de la fracción a } 55^{\circ}\text{C} - \text{peso después de 4 horas } 450^{\circ}\text{C}}{\text{peso inicial (30 g) a } 55^{\circ}\text{C}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{\text{gramo}}$$

**a) Cálculo de MOP totales:**

$$\frac{\text{MOP total mg}}{\text{suelo g}} = 0.053 - 0.5 \text{ mm fracción MOP} + 0.5 - 2.0 \text{ mm fracción MOP}$$

**b) Contenido de arena**

Contenido de arena en el suelo (0.05 a 2.0 mm partículas) es un subproducto de este análisis y se puede calcular:

$$\% \text{ arena} = \frac{\text{peso de la fracción después de 4 horas a } 450^{\circ}\text{C}}{\text{peso seco al horno de 30 g de suelo inicial secado al aire a } 55^{\circ}\text{C}} \times 100\%$$

**c) La Materia Orgánica del Suelo (MOS) por la pérdida de todo el suelo en ignición**

Se pesaron 5 g de suelo de cada muestra, se colocaron en beakers y se pusieron en el horno a una temperatura de 105 °C durante toda la noche. Posteriormente, se retiraron del horno y

se dejaron enfriar en un desecador para luego registrar el peso seco de cada una de las muestras. La hoja de cálculos en Excel, se puede observar en el anexo 39.

A continuación, se colocaron en el horno mufla a 450 °C por 4 horas, pasado dicho periodo de tiempo, se retiraron y se dejaron enfriar en un desecador para posteriormente registrar el peso seco de cada una de las muestras.

Para calcular la MOS de todo el suelo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{MOS mg}}{\text{suelo g}} = \frac{\text{peso del suelo + bandeja a } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso después de 4 horas a } 450^{\circ}\text{C}}{\text{suelo + peso de la bandeja a } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso de la bandeja}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{\text{gramo}}$$

#### **d) Porcentaje de MOP en SOM**

Calculo del porcentaje de MOP en toda la pérdida por ignición del suelo por:

$$\% \text{ MOP del MOS totales} = \frac{\text{Total MOP LOI mg/g}}{\text{Todo el suelo LOI mg/g}} \times 100$$

#### **e) Cuantificación de las partículas de limo y arcilla (PSA)**

Para determinar limo y arcilla, se pesaron beakers de 500 ml, se transfirió el suelo restante en el procedimiento del punto 3.6, previamente descrito, a dichos beakers y se dejaron reposar durante al menos 60 minutos con una orientación vertical para permitir que las partículas se asienten.

Después de que las partículas se han asentado, se introdujeron al horno a 105° C hasta un peso constante (durante la noche). Se dejaron enfriar los recipientes en un desecador, y se registró el peso seco de estos a ±0,01 g.

Las proporciones relativas de limo y arcilla en la sub muestra seca se calculó como:

- Sub muestra total (g) = limo secado al horno (g) + arcilla secada al horno (g)
- Proporción de limo = limo secado al horno (g) / sub muestra total (g)

Estas se utilizaron para calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla (textura)

$$\% (\text{limo} + \text{arcilla}) = 1 - \% \text{ de arena}$$

$$\% \text{ de limo} = \text{proporción de limo} \times \% (\text{limo} + \text{arcilla})$$

$$\% \text{ de arcilla} = 100 - (\% \text{ de arena} + \% \text{ de limo})$$

### **3.9. Diseño metodológico**

El método tradicional de laboratorio utilizado en LABSA, es por combustión húmeda de y conocido como Walkley-Black. Este procedimiento fue comparado con el método por ignición o LOI por sus siglas en inglés.

### **3.10. Variables evaluadas**

- a) Porcentaje de materia orgánica por cada fracción (gruesa, media y fina)
- b) Porcentaje de limo, arcilla y arena
- c) Porcentaje de Estabilidad de agregados por el método sumersión húmeda
- d) Proporción de rocas en la superficie del suelo
- e) Porcentaje de Humedad gravimétrica del suelo

La presente investigación se enfocó en la cuantificación de la materia orgánica en sus tres fracciones (gruesa, mediana y liviana) utilizando como tratamiento experimental los diferentes usos del suelo, en la microcuenca La Danta: Quesungual (SAQ), Pastos Nativos, Bosque, Silvopastoril (SSP) y Tradicional. Tomando en cuenta la parte alta y baja del relieve, y dos profundidades en cada parcela experimental. El tamaño de las parcelas experimentales fue de 1000 m<sup>2</sup> (20 por 50 m).

### **3.11. Análisis estadístico**

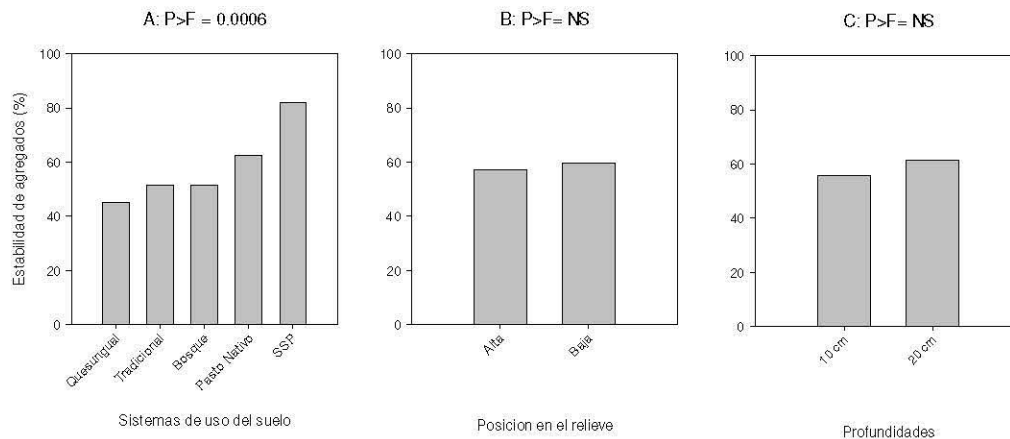
Los datos de campo y laboratorio se procesaron a través de programas Excel, realizándose un análisis estadístico con la prueba Fisher. El diseño estadístico de las variables utilizado fue un Diseño Completo al Azar dividido en 2 profundidades y dos posiciones. Para las regresiones se utilizó la prueba de Poinson. Los análisis multivariados para determinar grados de asociación entre variables se realizaron a través del procedimiento ACP (Análisis de Componentes Principales). El software utilizado fue InfoStat y para graficar Sigmaplot 2012.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Estabilidad de los agregados en agua

La agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias, arena, limo y arcilla, se unen formando unidades secundarias, agregados, debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes también de la actividad microbiana (Soil Science Society of America, 1997). En este estudio, fueron observadas diferencias significativas en la estabilidad de agregados en los sistemas con pasturas, comparado con los sistemas agrosilvícolas y el bosque secundario. Los valores fueron: 81.98, 62.58, 51.50, 51.43 y 45.18 % para los tratamientos SSP, Pn, Bs, T y SAQ respectivamente (Figura 3; A). El mismo estudio muestra similares resultados de acuerdo a la posición en el relieve y profundidades del suelo evaluadas (Figuras 3; B y C).

Según Nadal *et al* (2012), en su estudio sobre la estabilidad de los agregados del suelo en ambientes forestales, se logró observar una relación directa entre el incremento de la humedad y la estabilidad de los agregados y también un efecto positivo del contenido de MOS y de carbonatos sobre estos.



**Figura 7.** Porcentaje de estabilidad de agregados, A: sistemas de uso de suelos, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método Groosman and Pringle (1987), finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

## 4.2. Presencia de rocas en el suelo

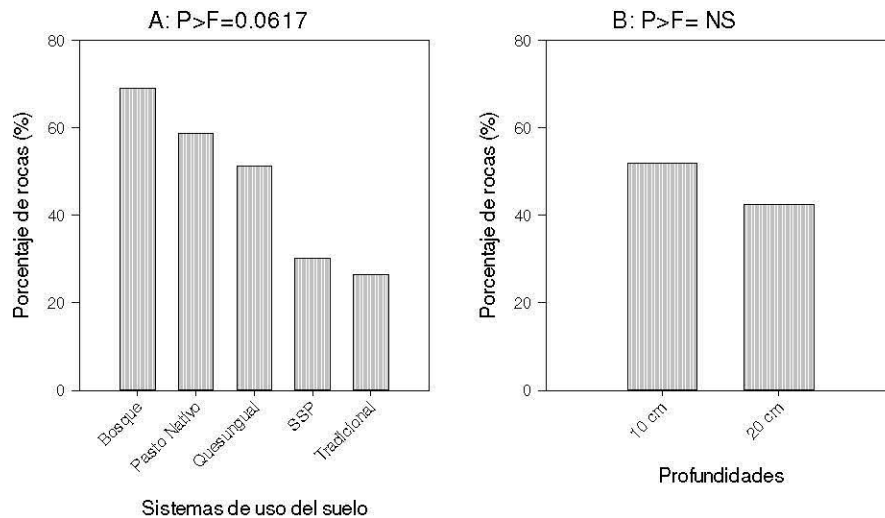
En Nicaragua en los años 80, los programas de conservación promovieron la limpieza de rocas en la superficie de los terrenos agrícolas para realizar barreras muertas de piedras (PASOLAC, 1999), Dicha actividad implicaba mucho trabajo y mayor escorrentía superficial dentro de la parcela. En Lempira Sur, los agricultores con sistemas Quesunguales reconocieron que la presencia de rocas en la superficie del suelo trae muchos beneficios al sistema de cultivo, entre estos están: conservan mayor humedad debajo de la roca, la macro fauna se protege debajo de ella y se protege al suelo del impacto de la gota de lluvia y reduce la velocidad de la escorrentía superficial.<sup>1</sup>

La cantidad de rocas en la superficie del suelo en los primeros 20 cm de profundidad fue estadísticamente diferentes en los sistemas de usos de la tierra evaluados ( $P > F = 0.0617$ ; Figura 2; Anexo 1), donde se muestra que las parcelas con mayor presencia de roca porcentual son: el Bosque, Pasto Nativo y el sistema Quesungual. Con menores porcentajes de roca en las parcelas usadas con Sistemas Silvopastoriles y cultivos tradicionales. Los valores fueron 69, 58.75, 51.25, 30.13 y 26.38 % respectivamente. Esto está relacionado probablemente a los criterios que el agricultor determina para seleccionar las parcelas de uso mayor o prioritario, lo cual coincide con la selección de terrenos de menores gradientes de pendiente y de menor presencia de rocas en la superficie, para realizar la actividad agrícola y de establecimiento de pasturas para el ganado.

El análisis del contenido de roca por profundidad de 0-10 y 10-20 cm fue similar. Sin embargo, esta tiende a ser mayor en los primeros 10 cm (Figura 2; B).

<sup>1</sup>Comunicación personal con Mendoza Reynaldo Bismarck. Docente UNA, Facultad de Recursos Naturales





**Figura 8.** Presencia de rocas en los suelos superficiales A: por sistema de uso del suelo, B: por profundidad, de la finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

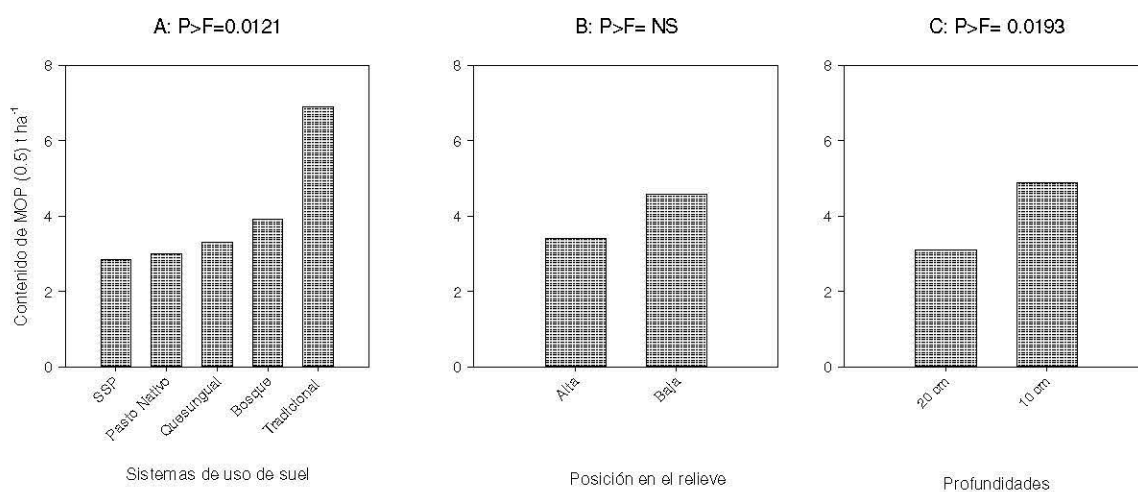
### 4.3. Fraccionamiento de la materia orgánica

#### 4.3.1. Contenido de Materia Orgánica fracción mayor a 0.5 mm por el método de pérdida por ignición

En la Figura 9 se puede observar que el contenido de materia orgánica en la fracción entre 2 y 0.5 mm realizada por el método de ignición evaluado en diferentes sistemas de uso del suelo presenta diferencias estadísticas ( $P > F = 0.0121$ ). Siendo el sistema que presenta el mayor contenido, el Tradicional (T), seguido por el Sistema de Bosque Secundario (Bs) con valores de 6.89 y 3.92 t ha<sup>-1</sup> (Anexos 7, 19).

Probablemente debido a la ausencia de la quema agrícola y la formación de un mantillo o mulch por malezas y residuos de cultivos de maíz y frijol, dejados en la superficie del suelo luego de las cosechas durante los ciclos de primera y postrera.

Según la posición en el relieve no hay diferencias estadísticas en el contenido de materia orgánica; sin embargo, el análisis de varianza indica que de acuerdo a las profundidades si hay diferencias estadísticas ( $P > F = 0.0193$ ), siendo en los primeros 10 cm el contenido más alto de materia orgánica. Esto puede deberse a que es en esta profundidad donde se dan los procesos de mineralización de materia orgánica proveniente de la biomasa área de la vegetación.



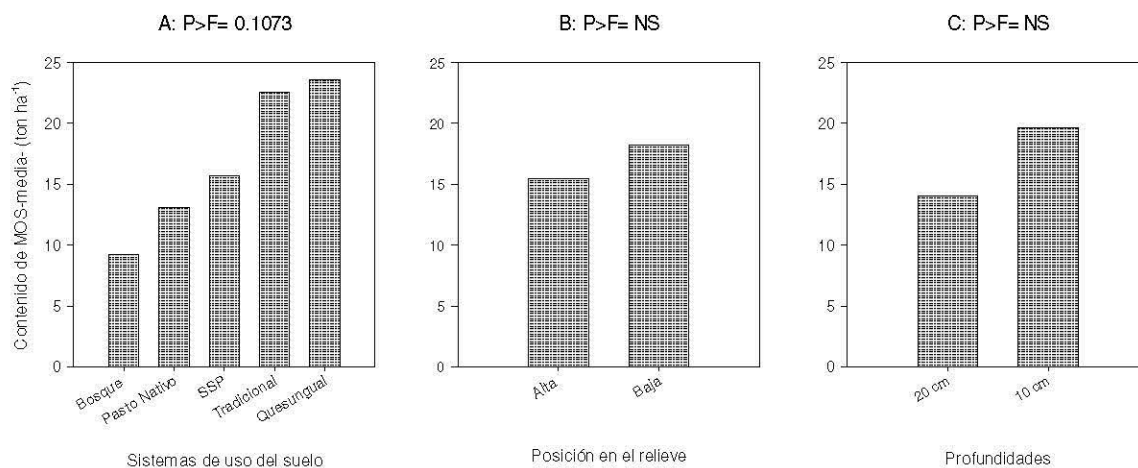
**Figura 9.** Contenido de Materia orgánica fracción 0.5 mm, A: sistema de uso del suelo, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

#### 4.3.2. Contenido de materia orgánica en la fracción 0.5 mm aplicando el método de Walkley-Black e Ignición

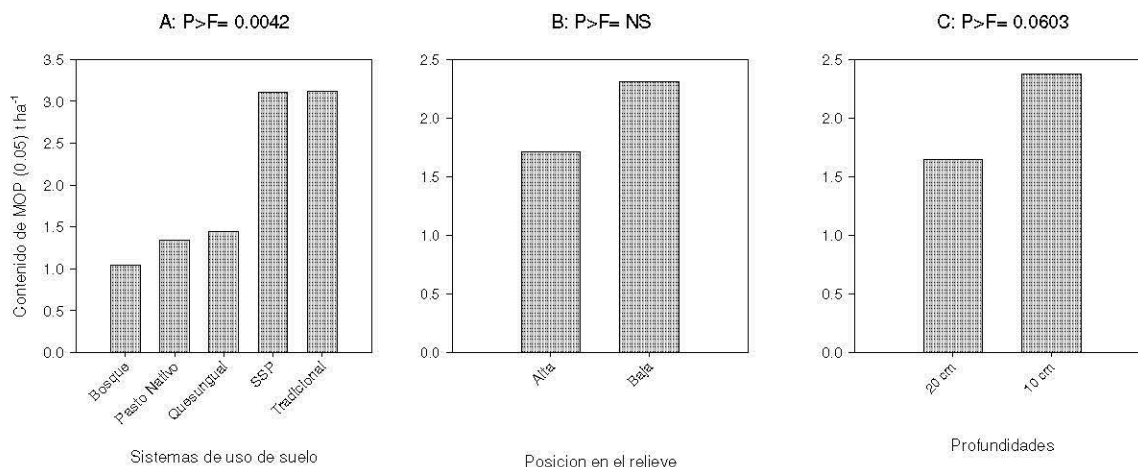
Con respecto al contenido de materia orgánica en la fracción menor a 0.5 mm, aplicando el método tradicional en LABSA (Combustión Húmeda o Walkley- Black) reveló diferencias estadísticas entre los diferentes sistemas de uso de la tierra ( $P > F = 0.1073$ ). Acumulándose mayores contenidos de MOS en el Sistema Quesungual, seguido por el Sistema Tradicional (Figura 10; Anexo 4).

Sin embargo, cuando se aplica el método de pérdida por ignición para el suelo entre la fracción de 0.5 y 0.05 mm, el sistema de uso de la tierra con mayor acumulación de MOS fue el Sistema Tradicional (T) seguido por el Sistema Silvopastoril (SSP), ( $P > F = 0.0042$ ), (Figura 11; Anexos 10, 22). Estos resultados no incluyen la fracción particulada o gruesa que se localiza entre 2 y 0.5 mm.

Los altos valores de materia orgánica en el Sistema Tradicional y SSP pueden estar relacionados al uso previo de estas tierras, ya que anteriormente el sistema tradicional había sido manejado como un sistema quesungual y en el SSP al ser removido el horizonte orgánico de la superficie en las partes altas del relieve por la escorrentía superficial (Horizonte A), dio lugar al afloramiento del horizonte B cargado de más contenido de arcilla, donde se logró observar tasas de infiltración lentas probablemente por haber una mayor compactación por el pisoteo del ganado y mayores contenidos de arcilla por erosión de los horizontes superficiales (Avilés, A. 2016).

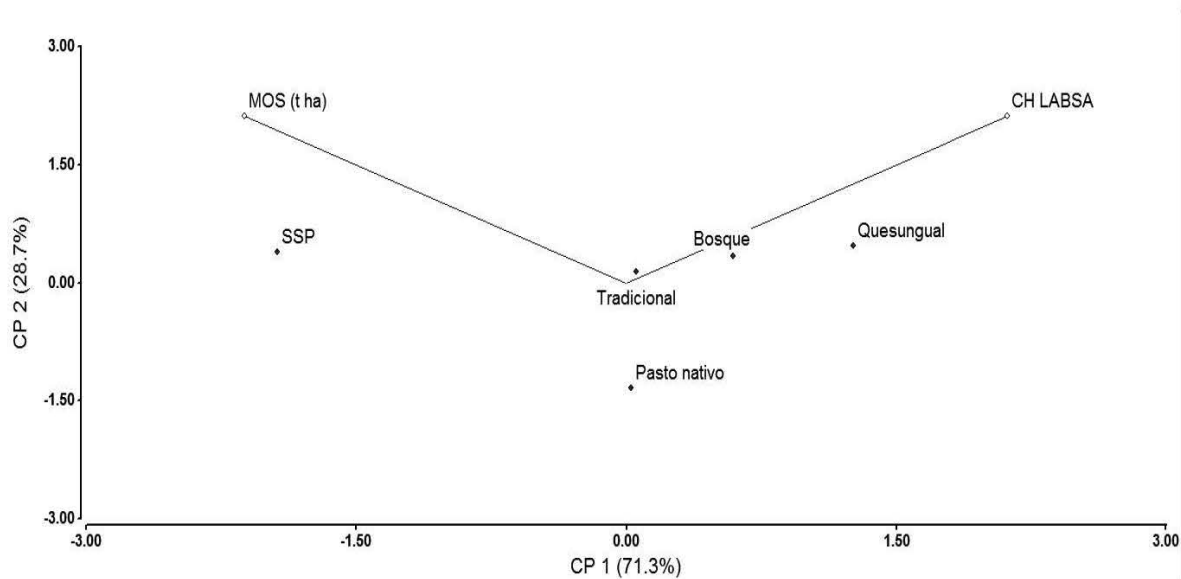


**Figura 10.** Contenido de Materia orgánica fracción media, A: sistema de uso del suelo, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método de combustión húmeda, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.



**Figura 11.** Contenido de Materia orgánica fracción 0.05 mm, A: sistema de uso del suelo, B: posición en el relieve, y C: profundidades, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

Por consiguiente, ambos métodos no presentan correlación estadística significativa (Figura 12), dado que la combustión húmeda mide la oxidación de la materia orgánica y la Ignición, la diferencias de peso volumétrico de la materia orgánica del suelo. Es probable que los sistemas radicular de los cultivos forrajeros con mayor densidad de raíces finas y mayor humedad por los altos contenidos de arcilla, incorpora mayor cantidad de tejidos finos como fuente de materia orgánica lábil al suelo. Esto cambio en los sistemas Quesunguales, donde existe alto volumen de rocas superficiales, raíces gruesas y hojarasca con residuos de cultivos en la superficie, los cuales toman mayor tiempo en descomposición comparado con las raíces de los pastos.

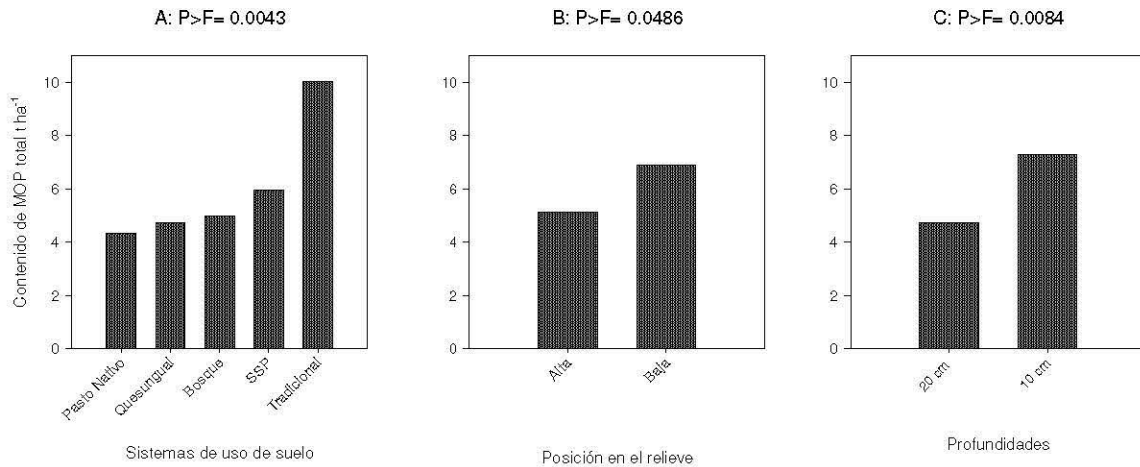


**Figura 12.** Análisis de correlación entre los métodos de combustión húmeda (Walkley-Black) y el método de pérdida por ignición (LOI), finca de Don Isidro Zúñiga, La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

Según los resultados obtenidos mediante el método de pérdida por ignición, estos reflejan un mayor grado de confiabilidad que combustión húmeda, porque la pérdida por ignición no excluye la fracción macro de la materia orgánica, pero se tendrían que realizar tablas de interpretación de niveles críticos diferentes.

#### 4.3.3. Contenido de Materia Orgánica Particulada (MOP)

De acuerdo al análisis de varianza realizado, se observaron diferencias significativas en el contenido de MOP total (Figura 13; Anexos 13, 25), tanto a nivel de tratamiento como en posición y profundidades, siendo el sistema tradicional el que tiene mayor contenido con  $10.01 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido del SSP con  $5.96 \text{ t ha}^{-1}$ .

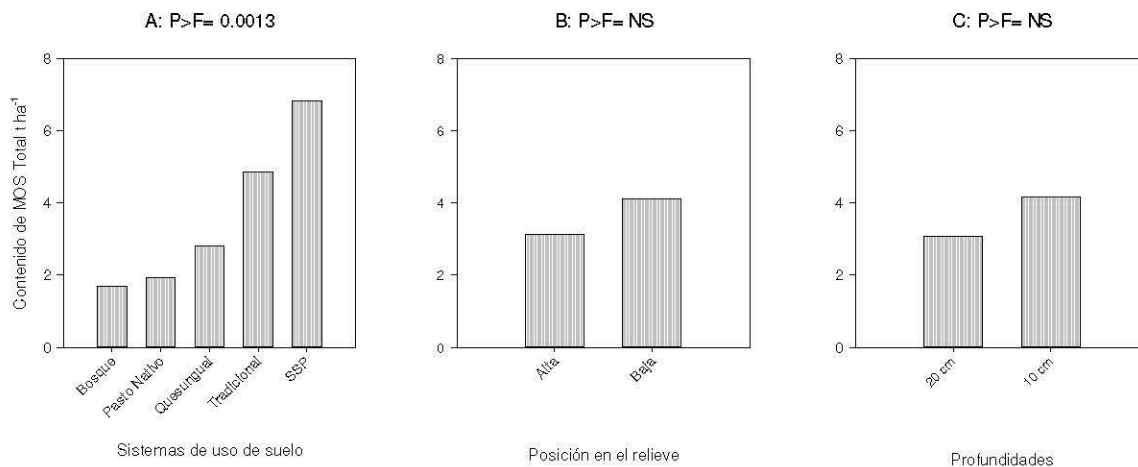


**Figura 13.** Contenido de materia orgánica particulada total (MOP total), A: sistema de uso, B: posición en el relieve, y C: profundidad, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

#### 4.3.4. Contenido de Materia Orgánica Total (MOS)

El contenido de MOS calcinada sin ser fraccionada mostró diferencias altamente significativas a nivel de tratamiento. En la Figura 14, se observa mayores contenido de MOS en sistema Silvopastoril (SSP) con 6.83 t ha<sup>-1</sup>, seguido del Sistema Tradicional, Quesungual y Pasto Nativo con 4.85, 2.81 y 1.92 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, siendo el más bajo el sistema Bosque con 1.69 t ha<sup>-1</sup>. Estos resultados difieren de los contenido de MOP en la fracciones 0.5 y 0.05, donde el mayor contenido de MOP se obtuvo en los sistemas Tradicionales. Lo cual explica que la exclusión de la fracción fina menor a 0.05 (limo y arcilla), constituye otra fuente importante de MOS, la cual es mayor en los sistemas con pastos por poseer mayores contenidos de arcilla, raíces finas de pastos, y probablemente incremento en temperatura ambiente, humedad y menor presencia de roca en el sub suelo.

Tanto a nivel de posición en el relieve y profundidades no existen diferencias estadísticas en el contenido de materia orgánica (Anexos 16, 28).



**Figura 14.** Contenido de Materia Orgánica total, A: sistema de uso, B: posición en el relieve, y C: profundidad, por el método de pérdida por ignición, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015.

#### 4.4. Análisis de asociaciones entre las fracciones de MOS y otras propiedades

Los contenidos de MOS están asociados al uso de la tierra y a otras propiedades físicas de los suelos. El presente estudio muestra correlaciones positivas y altamente significativa entre la MOP total y la fracción MOP 0.5 y 0.05 ( $r^2 = 0.93$ ,  $r^2 = 0.76$ ;  $P > F < 0.0001$  y  $0.0001$ ) (Cuadro 2). De igual manera se observa alta y positiva correlación entre la MOS total y la fracción particulada MOP total ( $r^2 = 0.9$ ;  $P > F < 0.0001$ ). Por otro lado, se determinó una estrecha relación entre la estabilidad de agregados con los contenidos de limo y arcilla y una correlación negativa a los contenidos de arena ( $r^2 = 0.97$  y  $r^2 = -0.97$ );  $P > F < 0.00001$  para ambos casos respectivamente (Cuadro 2).

Para entender el grado de asociación entre varias variables, se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP) (Figura 15; Anexo 32). El cual en su CP 1, con un 47.4% de la varianza, explica que las propiedades físicas de los suelos; textura (arena, y limo más arcilla) y la estabilidad de los agregados en agua están asociados positiva y negativamente a los contenidos de MOS total y en su fracción particulada 0.05 mm por el método de ignición.

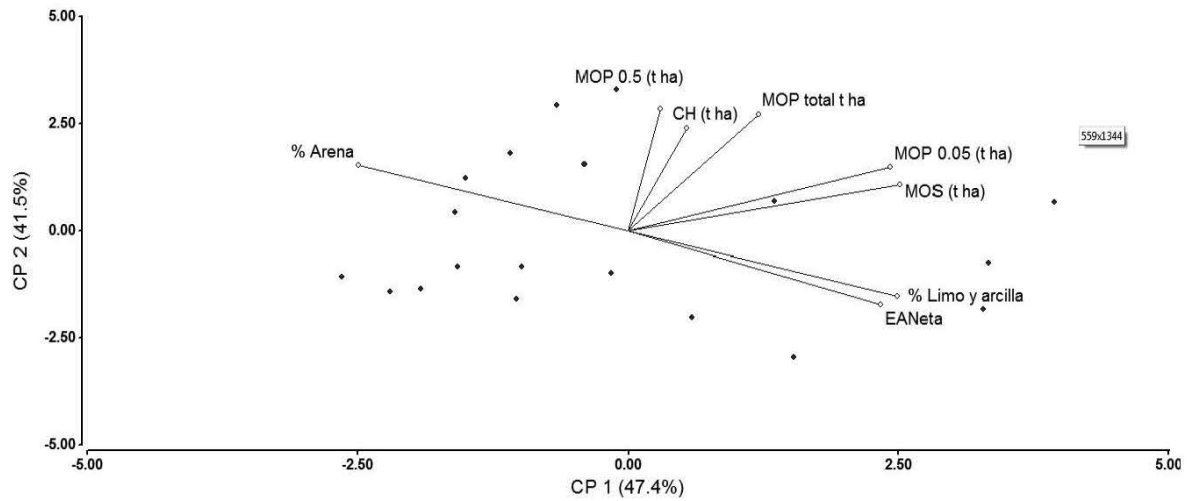
Dado que la MOS total no excluye las texturas finas (limo más arcilla), y la fracción particulada de 0.05 es muy cercana a las fracciones físicas pequeñas y a los contenidos de arcilla que son importante para la estabilidad de agregados del suelo.

El componente principal 2 (CP2, con un (41.5% de varianza), explica que el método de combustión húmeda tiende a relacionarse más con la fracción particulada 0.5 y la MOP total. Fenómeno relacionado al tamaño de partícula utilizado en LABSA para realizar el análisis de MOS por método de combustión húmeda.

**Cuadro 2.** Correlación múltiple entre el fracciones de materia orgánica y la textura, estabilidad en agua de agregados. Datos muestreados en 2015 en la finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. La fila en el valor superior representa el coeficiente de correlación y el valor en la parte baja representa la probabilidad

|                                    | <b>MOP<br/>0.5<br/>(t ha)</b> | <b>MOP<br/>0.05<br/>(t ha)</b> | <b>MOP<br/>Total<br/>(t/ha)</b> | <b>MOS<br/>Total<br/>(t ha)</b> | <b>CH LABSA<br/>0.5<br/>(t ha)</b> | <b>Arena<br/>(%)</b> | <b>Limo y<br/>Arcilla<br/>(%)</b> | <b>EAA<br/>(%)</b> |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|
| <b>MOP 0.5<br/>(t ha)</b>          | <b>1</b>                      |                                |                                 |                                 |                                    |                      |                                   |                    |
| <b>MOP 0.05<br/>(t ha)</b>         | 0.47<br>0.0351                | <b>1</b>                       |                                 |                                 |                                    |                      |                                   |                    |
| <b>MOP Total<br/>(t ha)</b>        | 0.93<br><0.0001               | 0.76<br>0.0001                 | <b>1</b>                        |                                 |                                    |                      |                                   |                    |
| <b>MOS Total</b>                   | 0.32<br>NS                    | 0.90<br><0.0001                | 0.60<br>0.0049                  | <b>1</b>                        |                                    |                      |                                   |                    |
| <b>CH LABSA<br/>0.5<br/>(t ha)</b> | 0.56<br>0.0101                | 0.48<br>0.0336                 | 0.61<br>0.0043                  | 0.44<br>0.0512                  | <b>1</b>                           |                      |                                   |                    |
| <b>Arena<br/>(%)</b>               | 0.33<br>NS                    | -0.45<br>0.0438                | 0.06<br>NS                      | -0.55<br>0.0125                 | 0.22<br>NS                         | <b>1</b>             |                                   |                    |
| <b>Limo y<br/>Arcilla<br/>(%)</b>  | -0.33<br>NS                   | 0.45<br>0.0438                 | -0.06<br>NS                     | 0.55<br>0.0125                  | -0.22<br>NS                        | -1.00<br><0.0001     | <b>1</b>                          |                    |
| <b>EAA<br/>(%)</b>                 | -0.39<br>0.0860               | 0.39<br>0.0849                 | -0.13<br>NS                     | 0.44<br>0.0505                  | -0.25<br>NS                        | -0.97<br><0.0001     | 0.97<br><0.0001                   | <b>1</b>           |





**Figura 15.** Análisis de los contenidos de Materia Orgánica Fraccionada por combustión húmeda y seca con las propiedades texturales y la estabilidad de agregados en agua. Datos muestreados en la finca de Don Isidro Zúñiga, micro cuenca La Danta, 2015 y 2016.

## V. CONCLUSIONES

Los mayores contenidos de materia orgánica de los suelos fueron encontrados en la superficie de los sistemas agroforestales Quesungual y sistema Silvopastoril, con similares valores en las parcelas con sistema Tradicional, la cual fue previamente manejada como Quesungual. Fenómeno asociado probablemente al aporte de biomasa aérea y radicular, temperaturas y humedad del suelo. A la vez, los mayores contenidos de roca superficial en los bosques secundarios y la acumulación de arcilla en la superficie de las pasturas por erosión, redujeron los contenidos de materia orgánica en el bosque, y aumentó la estabilidad de agregados en las pasturas.

El método de pérdida por ignición al fraccionar físicamente el suelo, permite medir la fracción lábil o particulada, la cual es ignorada por el método tradicional de combustión húmeda. Este rescata información sobre las fuentes de materia orgánica en el suelo, por basarse en las diferencias de peso volumétrico y no por la oxidación de la misma (combustión húmeda). Razón por la cual, los contenidos de MOS en este estudio variaron significativamente, obteniéndose mayores cantidades en el Sistema Agroforestal Quesungual (SAQ), seguido del Sistema Tradicional (T) con 23.58 y 22.52 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que utilizando el método de Pérdida por Ignición se obtuvo mayor contenido de MOS en el Sistema Silvopastoril, seguido por el Sistema Tradicional con 6.83 y 4.85 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

## VI. RECOMENDACIONES

Promover el uso del método de pérdida por ignición en los laboratorios del país, para determinar materia orgánica en el suelo, y así evitar mayores costos, mayor pérdida de tiempo y mayor contaminación con el desecho tóxico ion cromo producto de la realización del método de combustión húmeda (Walkley-Black), el cual es cancerígeno para las personas.

Es necesario realizar estudios, que consideren: diferentes tipos de suelo, usos de la tierra ambiente, vegetación y aumentar el número de réplicas muestras de suelo, para continuar perfeccionando el método de pérdida por ignición.

Elaborar un manual metodológico para aplicar el método de ignición como el más eficiente para estimar la MOS y que esto de origen a una norma técnica obligatoria en el país para que los laboratorios lo implementen.

## VII. LITERATURA CITADA

**Álvarez Welches, Luis; Cherrett, Ian. 2001.** Agricultura de Conservación: El sistema Quesungual en Honduras Una alternativa a la tala y quema. FAO, Proyecto Lempira Sur, Honduras. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en:  
<http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-hacia-la-recuperacion-de-la-vida-en-el-suelo/agricultura-de-conservacion-el-sistema-quesungual>.

**Aviles Silva, EA., 2016.** Efectos de los sistemas de cultivo-arboles-pastos sobre la erosión laminar y la calidad de suelo en la micro cuenca Tecomapa, municipio de Somotillo-Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua. 95 pp.

**Cambardella C.A., E.T. Elliott. 1993.** Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56: 449-457.

**Cambardella, C.A., A.M. Gajda, J.W. Doran, B.J. Wienhold, & T.A. Kettler. 2001.** Estimation of particulate and total organic matter by weight loss on ignition. p. 349-380 In R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett & B.A. Stewart (eds)

**Carreira, D. 2005.** Carbono oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. Pp. 91-102. *En: L Marbán & S Ratto (eds).* Tecnologías en análisis de suelos. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.

**Comité Técnico Interagencial del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe.** Conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques tropicales húmedos de América Latina y el Caribe, XII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, Bridgetown, Barbados Marzo 2-7, 2000. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Consultado 15 feb. 2015. Disponible en:  
<http://www.dominicanaonline.org/diccionariomedioambiente/es/definicionVer.asp?id=48>

- Dahnke, W.C. and G. Johnson, 1990.** Testing soils for available nitrogen. In R.L. Westerman (Ed.), *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 127-139.
- Davies, B. 1974.** Loss-on ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Sci. Proc.* 38: 150.
- Emrich, Anette; Pokorny, Benno; Sepp, Cornelia. 2000.** Investigación de los bosques tropicales: Importancia del manejo de los bosques secundarios para la política de desarrollo. Carrillo, A. / Servicios Lingüísticos de la GTZ Patrick Spittler/ Universität Göttingen. República Federal de Alemania. 210 p.
- Fassbender H. W., 1987.** Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura. San José de Costa Rica. 420 p.
- Galantini, J.A., 2005.** Separación y análisis de las fracciones orgánicas. En: Manual “Tecnología en Análisis de Suelos: Alcances a laboratorios agropecuarios” (Eds. L. Marban y S. Ratto) de la AACCS. Capitulo IV parte 2, 103-114.
- Garcias Dávila, Daniel; Dublon, Maureen; Bonilla, Henry. 2012.** Uso y Distribución de los suelos en Nicaragua.
- Gene Wilken, Good Farmers. 1987.** Traditional Agriculture/ Resource Management in Mexico and Central America, University California Press, Berkeley.
- Grossman R. B. 1987.** Methods Appendix: Agronomically-Related Soil Survey Characterization Procedures. Soil Scientist, NSSL; Lincoln, NE.
- Holdrige, L. R. 1979.** Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de cuencas Agrícolas. San José, Costa Rica. p 99.

**Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. 1989.**

**Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria 2005.** Diagnostico sub cuenca Tecomapa. Oficina de extensión Somotillo pacifico norte. Chinandega, Nicaragua. 121p.

**Jackson, M. 1976.** Análisis químico de suelos. Omega 3º ed. Barcelona, España. 662 p.

**Kettler, T. USDA-ARS, 1999.** Soil Particle Size Determination by Sieving and Sedimentation. 4pp (No publicado).

**Kettler, T.A. J.W. Doran, and T.L. Gilbert. 2001.** Simplified Method for Particle-Size Determination to Accompany Soil-Quality Analyses. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:849-852.

**Koppen W. 1984.** La división de los climas sobre la base de temperatura, precipitación y el curso de las clasificaciones climáticas. México D.F. p. 2-45.

**Magdoff, F.R.; D. Ross, and J. Amadon, 1984.** A soil test for nitrogen availability to corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 48, 1301–1304.

**Martin, Guillermo; Agüero, Sofía. 2009.** Sistema Silvopastoril: Una estrategia de producción para ecosistemas del NOA. Facultad de Agronomía, UNTucumán.

**Morales L. C. S. 1996.** Disponibilidad del hierro influenciado por la aplicación de ácidos húmicos extraídos de cachaza. Tesis de grado M.Sc. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 92 p.

**Nadal-Romero D. Regüés P. Salvador D. Torri. 2012.** La estabilidad de los agregados del suelo en ambientes forestales y acarcavados del Pirineo Central. Consultado 8 feb 2016. Disponible en:

<https://www.mysciencework.com/publication/show/59eb143ce5f02098d55f2137436a3>

909

**Rodríguez, I. Calero. C.A, Avilés A.S, Mendoza R.B. 2010.** Estudio detallado de suelos en áreas de laderas por toposecuencia de la microcuenca la Danta, Somotillo – Chinandega. Universidad Nacional Agraria. 105p.

**Rosell, RA; JC Gasparoni & JA Galantini. 2001.** Soil organic matter evaluation. Pp. 311-322. *En:* R Lal; J Kimble; R Follett & B Stewart (*eds.*). Assessment Methods for Soil Carbon. Lewis Publishers, USA.

**Schnitzer, M., and Khan, S.U., eds. (1978).** “Soil Organic Matter” Elsevier, New York.

**Schnitzer, M. A. 2000.** A lifetime perspective on the chemistry of soil organic matter. *Advances in Agronomy*, Vol. 68. p.1-59.

**Sierra B, Carlos; Rojas W, Carlos. 1988.** La materia orgánica y su efecto en las características físico-químicas y biológicas del suelo. Consultado 10 dic 2014. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29542.pdf>

**Siragusa/Kettler/Duran, USDA. 2003.** Particulate Organic Matter (0.053-2.00 mm) and Soil Organic Matter estimation by Loss on Ignition with Soil Particle Size Analysis. 3pp. (No publicado).

**Sparks, Donald L. Environmental Soil Chemistry. Academic Press. 2003.** 2<sup>nd</sup> ed. p. 75-79.

**Soil Science Society of America. 1997.** Glossary of Soil Science Terms. 1996. Soil Science Society of America. Madison WI. 138 p.

**Stevenson, F.J., 1982.** “Humus Chemistry”. John Wiley & Sons, New York.

**Stevenson, F. J. 1994.** Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2nd ed. John Wiley & Sons. Nueva York.

**Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central**

**(PASOLAC), 1999.** Guía técnica de Conservación de suelos y agua. 1ra edición, San Salvador, El Salvador. 222 p.

**Remmers, G. G. A. 1993.** Agricultura Tradicional en la Contraviesa (Granada).

Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Consultado 8 feb 2016. Disponible en:

[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_ays/a066\\_07.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_ays/a066_07.pdf)

**Walkley, A. 1946.** A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effects of variation in digestion condition and inorganic soil constituents. Soil Sci. 63: 251-263.

**Walkley, A. and Black, I.A. 1934.** An examination of a method for determining soil organic

matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

**Wilson, J. 2001.** Estudio de las Fracciones Orgánicas en Suelos de la Argentina. Ed. J. Galantini – Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur – Ediuns, 2008. 39 p.

**Young, A. 1987.** Soil productivity, soil conservation and land evaluation. Agroforestry Systems, 5:277-291.





## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Volumen de Rocas en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

| Variable | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Vol Roca | 20 | 0.52           | 0.30              | 45.46 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC       | gl | CM      | F    | p-valor |
|-------------|----------|----|---------|------|---------|
| Modelo      | 6438.38  | 6  | 1073.06 | 2.34 | 0.0937  |
| Tratamiento | 5400.93  | 4  | 1350.23 | 2.95 | 0.0617  |
| Posicion    | 605.00   | 1  | 605.00  | 1.32 | 0.2714  |
| Profund     | 432.45   | 1  | 432.45  | 0.94 | 0.3492  |
| Error       | 5959.93  | 13 | 458.46  |      |         |
| Total       | 12398.30 | 19 |         |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=32.70857

Error: 458.4558 gl: 13

| Tratamiento  | Medias | n |     |
|--------------|--------|---|-----|
| Tradicional  | 26.38  | 4 | A   |
| SSP          | 30.13  | 4 | A   |
| Quesungual   | 51.25  | 4 | A B |
| Pasto nativo | 58.75  | 4 | A B |
| Bosque       | 69.00  | 4 | B   |

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Anexo 2.** Volumen de Rocas en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=20.68672

Error: 458.4558 gl: 13

| Posicion | Medias | n  |   |
|----------|--------|----|---|
| alta     | 41.60  | 10 | A |
| baja     | 52.60  | 10 | A |

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Anexo 3.** Volumen de Rocas en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=20.68672

Error: 458.4558 gl: 13

| Profund | Medias | n  |   |
|---------|--------|----|---|
| 20.00   | 42.45  | 10 | A |
| 10.00   | 51.75  | 10 | A |

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Anexo 4.** Análisis de Varianza de la Fracción Media Volumétrica por el Método de Combustión Húmeda (Walkley-Black), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|--------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Comb. Humeda | 20 | 0.49           | 0.25              | 47.48 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|-------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo.     | 797.53  | 6  | 132.92 | 2.08 | 0.1258  |
| Tratamiento | 602.51  | 4  | 150.63 | 2.36 | 0.1073  |
| Posicion    | 38.90   | 1  | 38.90  | 0.61 | 0.4489  |
| Profund     | 156.12  | 1  | 156.12 | 2.45 | 0.1417  |
| Error       | 829.29  | 13 | 63.79  |      |         |
| Total       | 1626.82 | 19 |        |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=12.20098

Error: 63.7916 gl: 13

| Tratamiento  | Medias | n | E.E.     |
|--------------|--------|---|----------|
| Bosque       | 9.24   | 4 | 3.99 A   |
| Pasto nativo | 13.11  | 4 | 3.99 A B |
| SSP          | 15.66  | 4 | 3.99 A B |
| Tradicional  | 22.52  | 4 | 3.99 B   |
| Quesungual   | 23.58  | 4 | 3.99 B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 5.** Análisis de Varianza de la Fracción Media Volumétrica por el Método de Combustión Húmeda (Walkley-Black), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.71658

Error: 63.7916 gl: 13

| Posicion | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| alta     | 15.43  | 10 | 2.53 A |
| baja     | 18.22  | 10 | 2.53 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 6.** Análisis de Varianza de la Fracción Media Volumétrica por el Método de Combustión Húmeda (Walkley-Black), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=7.71658

Error: 63.7916 gl: 13

| Profund | Medias | n  | E.E.   |
|---------|--------|----|--------|
| 20.00   | 14.03  | 10 | 2.53 A |
| 10.00   | 19.62  | 10 | 2.53 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 7.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable     | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|--------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOP 0.5 mg g | 20 | 0.75           | 0.64              | 39.93 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.     | 390.48 | 6  | 65.08 | 6.64 | 0.0022  |
| Tratamiento | 289.43 | 4  | 72.36 | 7.39 | 0.0025  |
| Posicion    | 27.06  | 1  | 27.06 | 2.76 | 0.1204  |
| Profund     | 73.99  | 1  | 73.99 | 7.55 | 0.0166  |
| Error       | 127.35 | 13 | 9.80  |      |         |
| Total       | 517.82 | 19 |       |      |         |

**Anexo 8.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.02388

Error: 9.7959 gl: 13

| Posicion | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| alta     | 6.67   | 10 | 0.99 A |
| baja     | 9.00   | 10 | 0.99 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 9.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.02388

Error: 9.7959 gl: 13

| Profund | Medias | n  | E.E. |   |
|---------|--------|----|------|---|
| 20.00   | 5.91   | 10 | 0.99 | A |
| 10.00   | 9.76   | 10 | 0.99 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 10.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOP 0.05 mg g | 20 | 0.57           | 0.37              | 35.64 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo.     | 27.59 | 6  | 4.60 | 2.86 | 0.0530  |
| Tratamiento | 18.43 | 4  | 4.61 | 2.87 | 0.0664  |
| Posicion    | 1.27  | 1  | 1.27 | 0.79 | 0.3910  |
| Profund     | 7.89  | 1  | 7.89 | 4.91 | 0.0452  |
| Error       | 20.90 | 13 | 1.61 |      |         |
| Total       | 48.49 | 19 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.93688

Error: 1.6076 gl: 13

| Tratamiento  | Medias | n | E.E. |     |
|--------------|--------|---|------|-----|
| Quesungual   | 2.28   | 4 | 0.63 | A   |
| Pasto nativo | 2.60   | 4 | 0.63 | A   |
| Tradicional  | 4.02   | 4 | 0.63 | A B |
| Bosque       | 4.06   | 4 | 0.63 | A B |
| SSP          | 4.83   | 4 | 0.63 | B   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 11.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.22499

Error: 1.6076 gl: 13

Posicion Medias n E.E.

alta 3.31 10 0.40 A

baja 3.81 10 0.40 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 12.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.22499

Error: 1.6076 gl: 13

Profund Medias n E.E.

20.00 2.93 10 0.40 A

10.00 4.19 10 0.40 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 13.** Análisis de Varianza de la MOP Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable         | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOP total (mg g) | 20 | 0.77           | 0.66              | 30.47 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC     | gl | CM     | F     | p-valor |
|-------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Modelo.     | 516.36 | 6  | 86.06  | 7.14  | 0.0016  |
| Tratamiento | 346.12 | 4  | 86.53  | 7.18  | 0.0028  |
| Posicion    | 40.03  | 1  | 40.03  | 3.32  | 0.0915  |
| Profund     | 130.21 | 1  | 130.21 | 10.80 | 0.0059  |
| Error       | 156.74 | 13 | 12.06  |       |         |
| Total       | 673.10 | 19 |        |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.30432

Error: 12.0568 gl: 13

Tratamiento Medias n E.E.

Quesungual 7.25 4 1.74 A

Pasto nativo 8.71 4 1.74 A B

SSP 9.06 4 1.74 A B

Tradicional 13.26 4 1.74 B

Bosque 18.69 4 1.74 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 14. Análisis de Varianza de la MOP Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.35475  
 Error: 12.0568 gl: 13  

| Posicion | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| alta     | 9.98   | 10 | 1.10 | A |
| baja     | 12.81  | 10 | 1.10 | A |

 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 15. Análisis de Varianza de la MOP Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.35475  
 Error: 12.0568 gl: 13  

| Profund | Medias | n  | E.E. |   |
|---------|--------|----|------|---|
| 20.00   | 8.84   | 10 | 1.10 | A |
| 10.00   | 13.95  | 10 | 1.10 | B |

 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 16. Análisis de Varianza de la MOS Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable       | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|----------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOS total mg g | 20 | 0.70           | 0.56              | 32.70 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.     | 125.71 | 6  | 20.95 | 4.99 | 0.0074  |
| Tratamiento | 106.21 | 4  | 26.55 | 6.32 | 0.0047  |
| Posicion    | 0.66   | 1  | 0.66  | 0.16 | 0.6978  |
| Profund     | 18.84  | 1  | 18.84 | 4.49 | 0.0540  |
| Error       | 54.58  | 13 | 4.20  |      |         |
| Total       | 180.29 | 19 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=3.13008  
 Error: 4.1984 gl: 13  

| Tratamiento  | Medias | n | E.E. |   |
|--------------|--------|---|------|---|
| Pasto nativo | 3.73   | 4 | 1.02 | A |
| Quesungual   | 4.50   | 4 | 1.02 | A |
| Bosque       | 6.24   | 4 | 1.02 | A |
| Tradicional  | 6.47   | 4 | 1.02 | A |
| SSP          | 10.38  | 4 | 1.02 | B |

 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 17.** Análisis de Varianza de la MOS Total en mg g por el Método de Pérdida por Ignición (LOD), en relación a la posición en el tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.97963  
 Error: 4.1984 gl: 13  
 Posicion Medias n E.E.  
 alta 6.08 10 0.65 A  
 baja 6.45 10 0.65 A  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 18.** Análisis de Varianza de la MOS Total por el Método de Pérdida por Ignición (LOD), en relación a la profundidad, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.97963  
 Error: 4.1984 gl: 13  
 Profund Medias n E.E.  
 20.00 5.30 10 0.65 A  
 10.00 7.24 10 0.65 A  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 19.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en  $t\ ha^{-1}$  por el Método de Pérdida por Ignición (LOD), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOP 0.05 mg g | 20 | 0.57           | 0.37              | 35.64 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo.     | 27.59 | 6  | 4.60 | 2.86 | 0.0530  |
| Tratamiento | 18.43 | 4  | 4.61 | 2.87 | 0.0664  |
| Posicion    | 1.27  | 1  | 1.27 | 0.79 | 0.3910  |
| Profund     | 7.89  | 1  | 7.89 | 4.91 | 0.0452  |
| Error       | 20.90 | 13 | 1.61 |      |         |
| Total       | 48.49 | 19 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.93688  
 Error: 1.6076 gl: 13  
 Tratamiento Medias n E.E.  
 Quesungual 2.28 4 0.63 A  
 Pasto nativo 2.60 4 0.63 A  
 Tradicional 4.02 4 0.63 A B  
 Bosque 4.06 4 0.63 A B  
 SSP 4.83 4 0.63 B  
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Anexo 20.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.22499

Error: 1.6076 gl: 13

| Posicion | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| alta     | 3.31   | 10 | 0.40 | A |
| baja     | 3.81   | 10 | 0.40 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 21.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.5 mm en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.22499

Error: 1.6076 gl: 13

| Profund | Medias | n  | E.E. |   |
|---------|--------|----|------|---|
| 20.00   | 2.93   | 10 | 0.40 | A |
| 10.00   | 4.19   | 10 | 0.40 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 22.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable        | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|-----------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOP 0.05 (t ha) | 20 | 0.72           | 0.59              | 39.55 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|-------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo.     | 21.02 | 6  | 3.50 | 5.53 | 0.0048  |
| Tratamiento | 16.51 | 4  | 4.13 | 6.52 | 0.0042  |
| Posicion    | 1.82  | 1  | 1.82 | 2.88 | 0.1136  |
| Profund     | 2.68  | 1  | 2.68 | 4.23 | 0.0603  |
| Error       | 8.23  | 13 | 0.63 |      |         |
| Total       | 29.25 | 19 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.21572

Error: 0.6333 gl: 13

| Tratamiento  | Medias | n | E.E. |   |
|--------------|--------|---|------|---|
| Bosque       | 1.04   | 4 | 0.40 | A |
| Pasto nativo | 1.34   | 4 | 0.40 | A |
| Quesungual   | 1.45   | 4 | 0.40 | A |
| SSP          | 3.11   | 4 | 0.40 | B |
| Tradicional  | 3.12   | 4 | 0.40 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 23.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.76889

Error: 0.6333 gl: 13

| Posicion | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| alta     | 1.71   | 10 | 0.25 A |
| baja     | 2.31   | 10 | 0.25 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 24.** Análisis de Varianza de la Fracción 0.05 mm en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.76889

Error: 0.6333 gl: 13

| Profund | Medias | n  | E.E.   |
|---------|--------|----|--------|
| 20.00   | 1.65   | 10 | 0.25 A |
| 10.00   | 2.38   | 10 | 0.25 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 25.** Análisis de Varianza de la MOP Total en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CLAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable         | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOP total (t ha) | 20 | 0.76           | 0.64              | 30.39 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.     | 133.83 | 6  | 22.31 | 6.70 | 0.0021  |
| Tratamiento | 86.09  | 4  | 21.52 | 6.47 | 0.0043  |
| Posicion    | 15.75  | 1  | 15.75 | 4.73 | 0.0486  |
| Profund     | 31.99  | 1  | 31.99 | 9.61 | 0.0084  |
| Error       | 43.26  | 13 | 3.33  |      |         |
| Total       | 177.09 | 19 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.78667

Error: 3.3277 gl: 13

| Tratamiento  | Medias | n | E.E.   |
|--------------|--------|---|--------|
| Pasto nativo | 4.33   | 4 | 0.91 A |
| Quesungual   | 4.74   | 4 | 0.91 A |
| Bosque       | 4.97   | 4 | 0.91 A |
| SSP          | 5.96   | 4 | 0.91 A |
| Tradicional  | 10.01  | 4 | 0.91 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 26.** Análisis de Varianza de la MOP Total en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.76245

Error: 3.3277 gl: 13

| Posicion | Medias | n  | E.E. |   |
|----------|--------|----|------|---|
| alta     | 5.11   | 10 | 0.58 | A |
| baja     | 6.89   | 10 | 0.58 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 27.** Análisis de Varianza de la MOP Total en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.76245

Error: 3.3277 gl: 13

| Profund | Medias | n  | E.E. |   |
|---------|--------|----|------|---|
| 20.00   | 4.74   | 10 | 0.58 | A |
| 10.00   | 7.27   | 10 | 0.58 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 28.** Análisis de Varianza de la MOS Total en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación al tratamiento, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Análisis de la varianza

| Variable   | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|------------|----|----------------|-------------------|-------|
| MOS (t ha) | 20 | 0.75           | 0.64              | 41.15 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo.     | 86.94  | 6  | 14.49 | 6.53 | 0.0023  |
| Tratamiento | 76.26  | 4  | 19.07 | 8.59 | 0.0013  |
| Posicion    | 4.78   | 1  | 4.78  | 2.15 | 0.1661  |
| Profund     | 5.90   | 1  | 5.90  | 2.66 | 0.1271  |
| Error       | 28.86  | 13 | 2.22  |      |         |
| Total       | 115.80 | 19 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.27611

Error: 2.2200 gl: 13

| Tratamiento  | Medias | n | E.E. |     |
|--------------|--------|---|------|-----|
| Bosque       | 1.69   | 4 | 0.74 | A   |
| Pasto nativo | 1.92   | 4 | 0.74 | A   |
| Quesungual   | 2.81   | 4 | 0.74 | A B |
| Tradicional  | 4.85   | 4 | 0.74 | B C |
| SSP          | 6.83   | 4 | 0.74 | C   |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 29.** Análisis de Varianza de la MOS Total en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a la posición en el relieve, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.43954

Error: 2.2200 gl: 13

| Posicion | Medias | n  | E.E.   |
|----------|--------|----|--------|
| alta     | 3.13   | 10 | 0.47 A |
| baja     | 4.11   | 10 | 0.47 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 30.** Análisis de Varianza de la MOS Total en t ha<sup>-1</sup> por el Método de Pérdida por Ignición (LOI), en relación a las profundidades, finca de Don Isidro Zúñiga, microcuenca La Danta. Proyecto UNA-CIAT- Restauración de suelo, 2015

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.43954

Error: 2.2200 gl: 13

| Profund | Medias | n  | E.E.   |
|---------|--------|----|--------|
| 20.00   | 3.08   | 10 | 0.47 A |
| 10.00   | 4.16   | 10 | 0.47 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 31.** Análisis de correlación utilizando un ACP, entre las variables Método LABSA y el de Combustión seca a 0.05 mm

Análisis de componentes principales  
Datos estandarizados

Matriz de correlación/Coeficientes

|            | MOS (t ha) | CH LABSA |
|------------|------------|----------|
| MOS (t ha) | 1.00       |          |
| CH LABSA   | -0.43      | 1.00     |

Matriz de correlación/Probabilidades

|            | MOS (t ha) | CH LABSA |
|------------|------------|----------|
| MOS (t ha) |            |          |
| CH LABSA   | 0.4738     |          |

Autovalores

| Lambda | Valor | Proporción | Prop | Acum |
|--------|-------|------------|------|------|
| 1      | 1.43  | 0.71       | 0.71 |      |
| 2      | 0.57  | 0.29       | 1.00 |      |

Autovectores

| Variables  | e1    | e2   |
|------------|-------|------|
| MOS (t ha) | -0.71 | 0.71 |
| CH LABSA   | 0.71  | 0.71 |

**Anexo 32.** Valores de los Componentes Principales referidos según Figura 9.

**Correlaciones con las variables originales**

| <u>Variables</u> | <u>CP 1</u> | <u>CP 2</u> |
|------------------|-------------|-------------|
| MOP 0.5 (t ha)   | 0.10        | 0.91        |
| MOP 0.05 (t ha)  | 0.84        | 0.47        |
| MOP total t ha   | 0.42        | 0.87        |
| MOS (t ha)       | 0.87        | 0.34        |
| CH (t ha)        | 0.19        | 0.77        |
| % Arena          | -0.86       | 0.49        |
| % Limo y arcilla | 0.86        | -0.49       |
| EANeta           | 0.80        | -0.55       |

**Anexo 33.** Hoja de cálculos para determinar el contenido de materia orgánica particulada y total de suelo utilizando el procedimiento de pérdida por ignición. La Danta, Somotillo. Proyecto UNA-CIAT-Restauración

| Tratamiento  | Posic | Prof | MOP<br>0.5ton/ton | Da<br>g/cc | prof<br>(m) | área<br>(ha) | p S H<br>(t/ha) | MOP<br>0.5<br>mg/g | MOP<br>0.5<br>(ton/ha) | MOP<br>0.05<br>mg/g | MOP<br>0.05<br>(ton/ha) | MOP<br>total<br>mg g | MOS<br>total<br>mg/g | %MOP<br>del<br>MOS |
|--------------|-------|------|-------------------|------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Pasto nativo | baja  | 10   | 0.011998198       | 1.06       | 0.1         | 10000        | 1060            | 11.998             | 12.7180                | 2.134               | 2.2619                  | 14.1321              | 3.5882               | 65.6414            |
| Pasto nativo | baja  | 20   | 0.004330093       | 1.06       | 0.1         | 10000        | 1060            | 4.330              | 4.5898                 | 2.516               | 2.6664                  | 6.8456               | 3.1569               | 36.1402            |
| Pasto nativo | alta  | 10   | 0.005182173       | 1.42       | 0.1         | 10000        | 1420            | 5.182              | 7.3586                 | 2.597               | 3.6873                  | 7.7788               | 3.7338               | 34.7221            |
| Pasto nativo | alta  | 20   | 0.002920003       | 1.42       | 0.1         | 10000        | 1420            | 2.920              | 4.1464                 | 3.171               | 4.5033                  | 6.0913               | 4.4347               | 22.8923            |
| SSP          | alta  | 10   | 0.004954028       | 0.91       | 0.1         | 10000        | 910             | 4.954              | 4.5081                 | 7.701               | 7.0079                  | 12.6550              | 13.9615              | 15.1070            |
| SSP          | alta  | 20   | 0.002170775       | 0.91       | 0.1         | 10000        | 910             | 2.171              | 1.9754                 | 2.610               | 2.3749                  | 4.7806               | 5.9960               | 13.2882            |
| SSP          | baja  | 10   | 0.0073131         | 0.95       | 0.1         | 10000        | 950             | 7.313              | 6.9474                 | 5.450               | 5.1778                  | 12.7634              | 11.0208              | 19.3020            |
| SSP          | baja  | 20   | 0.002504966       | 0.95       | 0.1         | 10000        | 950             | 2.505              | 2.3797                 | 3.544               | 3.3672                  | 6.0493               | 10.5614              | 9.5463             |
| Bosque       | alta  | 10   | 0.015600346       | 0.94       | 0.1         | 10000        | 940             | 15.600             | 14.6643                | 2.806               | 2.6378                  | 18.4065              | 5.6125               | 54.6584            |
| Bosque       | alta  | 20   | 0.006635378       | 0.94       | 0.1         | 10000        | 940             | 6.635              | 6.2372                 | 2.645               | 2.4863                  | 9.2804               | 4.1539               | 37.2354            |
| Bosque       | baja  | 10   | 0.023227991       | 1.02       | 0.1         | 10000        | 1020            | 23.228             | 23.6925                | 6.254               | 6.3792                  | 29.4821              | 9.0881               | 54.0668            |
| Bosque       | baja  | 20   | 0.013066342       | 1.02       | 0.1         | 10000        | 1020            | 13.066             | 13.3276                | 4.522               | 4.6120                  | 17.5879              | 6.1158               | 47.9299            |
| Tradicional  | alta  | 10   | 0.010194151       | 0.96       | 0.1         | 10000        | 960             | 10.194             | 9.7863                 | 5.229               | 5.0195                  | 15.4228              | 10.5036              | 24.4723            |
| Tradicional  | alta  | 20   | 0.011387477       | 0.96       | 0.1         | 10000        | 960             | 11.387             | 10.9319                | 2.269               | 2.1783                  | 13.6566              | 4.1560               | 54.7655            |
| Tradicional  | baja  | 10   | 0.009274209       | 1.11       | 0.1         | 10000        | 1110            | 9.274              | 10.2943                | 4.861               | 5.3959                  | 14.1354              | 6.8089               | 34.5999            |
| Tradicional  | baja  | 20   | 0.006120706       | 1.11       | 0.1         | 10000        | 1110            | 6.121              | 6.7939                 | 3.716               | 4.1247                  | 9.8366               | 4.4171               | 37.1152            |
| Quesungual   | alta  | 10   | 0.00336955        | 1.12       | 0.1         | 10000        | 1120            | 3.370              | 3.7738                 | 2.082               | 2.3313                  | 5.4510               | 3.3181               | 27.3801            |
| Quesungual   | alta  | 20   | 0.004328128       | 1.12       | 0.1         | 10000        | 1120            | 4.328              | 4.8475                 | 1.951               | 2.1849                  | 6.2789               | 4.9736               | 21.0409            |
| Quesungual   | baja  | 10   | 0.006493477       | 1.29       | 0.1         | 10000        | 1290            | 6.493              | 8.3765                 | 2.744               | 3.5396                  | 9.2373               | 4.7321               | 32.5341            |
| Quesungual   | baja  | 20   | 0.005675376       | 1.29       | 0.1         | 10000        | 1290            | 5.675              | 7.3212                 | 2.351               | 3.0327                  | 8.0263               | 4.9919               | 26.7977            |