

INFORME CIENTÍFICO TÉCNICO

TÍTULO DEL PROGRAMA: Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica en Cuba.

TÍTULO DEL PROYECTO: Impactos de la Agricultura de Conservación sobre propiedades del suelo en áreas de diferentes agroecosistemas del país.

Código: P211LH005-022

Institución Ejecutora: Instituto de Suelos, Minag.

Fecha de terminación: 2019



Programa: Uso Sostenible de los Componentes de la Diversidad Biológica en Cuba.

Identificación del proyecto: Impactos de la Agricultura de Conservación sobre propiedades del suelo en áreas de diferentes agro ecosistemas del país.

Código: P211LH005-022

Periodo: 2016-2019.

Institución ejecutora: Instituto de Suelos, MINAG.

Colectivo de autores.

| No | Nombre y Apellidos | % Participación | Institución de Procedencia |
|----|----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 1 | Oneyda Hernández Lara | 40 | Sede IS |
| 2 | Teresa Forbes López | 20 | Sede IS |
| 3 | Tania La Guardia Madrazo | 25 | Sede IS |
| 4 | Luis Rivero Ramos | 10 | Sede IS |
| 5 | Madelin Monaga Castillo | 35 | Sede IS |
| 6 | Dalmacio Bosh Infante | 15 | Sede IS |
| 7 | Mario La O. Quiala | 20 | Sede IS |
| 8 | José Javier Tapanes | 25 | Sede IS |
| 9 | Nereida Chávez González | 20 | Sede IS |
| 10 | Adrián Bueno | 25 | Sede IS |
| 11 | Anisbet Linares | 20 | Sede IS |
| 12 | Amaury Aguilar González | 30 | IAGRIC |
| 13 | Marta Paula Ricardo | 15 | IAGRIC |
| 14 | Julián Herrera | 15 | IAGRIC |
| 15 | Greco Cid Lazo | 15 | IAGRIC |
| 16 | José A. Martínez Cañizares | 10 | IAGRIC |
| 17 | Aleida Leiva Leyva | 15 | IAGRIC |
| 17 | Damián Lora Cabrera | 15 | IAGRIC |
| 18 | José García Lamas | 10 | IAGRIC |
| 19 | Mayra Wong Barreiro | 10 | IAGRIC |
| 20 | Reinaldo Cun | 10 | IAGRIC |
| 21 | Felicita González | 10 | IAGRIC |
| 22 | Pedro Paneque Rondon | 10 | IAGRIC |
| 23 | Yenier Asoy Capote | 15 | IAGRIC |

Objetivos planteados en el proyecto y resultados alcanzados.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar en agro ecosistemas cubanos la Agricultura de Conservación como práctica agrícola alternativa para la protección de los suelos y su efecto sobre la fauna edáfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Monitorear las variaciones en indicadores de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo como resultado de la introducción de principios de Agricultura de Conservación.
2. Determinar las variaciones en las reservas de carbono en el suelo, como resultado de la implementación de la Agricultura de Conservación.
3. Calcular índices de calidad de suelo a partir de la fauna edáfica (macro y mesofauna de suelo) y de sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, como resultado de la introducción de la Agricultura de Conservación.
4. Evaluar impactos socio-económicos y servicios ambientales que pueden generarse por la introducción de la Agricultura de Conservación.

Tarea 1. Diagnóstico inicial de las áreas y establecimiento de la línea base para los indicadores a monitorear en el corto, mediano y largo plazo.

Se identificarán y se hará la georreferenciación de las áreas dentro de las fincas de intervención. Se hará, siempre que se considere pertinente por los expertos, la apertura, descripción y caracterización de perfiles de suelos en las áreas de intervención. Se considerará, en caso de existir, la información de perfiles de suelo anteriores que coincidan en características con los sitios de estudio. La clasificación de los suelos se hará según la nueva versión de Clasificación de Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999), en caso de poder utilizar perfiles clasificados por versiones anteriores se utilizará las correlaciones establecidas.

Se realizará un muestreo de suelo representativo del área de intervención en la profundidad 0-20 cm, para caracterizar los indicadores químicos, físicos y biológicos de seguimiento y establecer la línea base para cada uno de ellos (Los métodos a emplear se explican en las tareas que se detallan posteriormente). Se identificarán puntos de referencia en la zona aledaña con características similares al área de estudio y que se continúe explotando por las tecnologías agrícolas tradicionales con el mismo régimen de cultivos para su uso como referencia en el tiempo.

Se hará un expediente personalizado que contenga datos socioeconómicos de la historia de la finca, profundizando en aquellos referidos a los rendimientos del o los cultivos principales en los últimos 5 años en las áreas de intervención, se utilizará la información que tenga fuentes de verificación a través de balances económicos, reportes oficiales de registros de producción u otras fuentes. Se utilizarán métodos de encuestas locales para acceder a otros aspectos sociales asociados a la cultura agrícola tradicional en la localidad y que permita apreciar cambios en la

percepción futura de esta tecnología. –

Tarea 2. Talleres de capacitación técnica y socialización para la implementación de los principios de la agricultura de Conservación en las fincas seleccionadas.

Como paso previo, se darán capacitaciones especializadas “*in situ*” para sensibilizar a los campesinos involucrados en las ventajas ambientales y económicas que representa esta práctica, en el manejo y conducción del equipamiento especializado, así como en el manejo de los cultivos y de las prácticas agrícolas a seguir, en las ventajas de esta práctica como alternativas de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático. Se procurará la participación de decisores locales y campesinos aledaños para procurar un mayor compromiso y adopción futura de estas tecnologías.

Se concibe un taller intermedio y otro al final del proyecto con la participación de los campesinos implicados, así como expertos en las disciplinas de suelos, mecanización, riego, ecología, y cambio climático para actualizar y socializar estas prácticas. Estos talleres se concibe realizarlos en los sitios de intervención con mejores resultados

Tarea 3. Seguimiento de indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, así como de las características visuales del perfil en las áreas de aplicación de los principios de la AC.

La determinación de la resistencia del suelo a la penetración se determinará usando un penetrómetro digital; La densidad de suelo se determinará tomando muestras no alteradas en campo en el período húmedo, asociadas a su % de humedad y la Capacidad Máxima de Retención de Humedad y determinación de estructura del suelo, se realizarán según las normas vigentes. Para estos casos, los análisis se realizarán cada dos años, coincidiendo el primer muestreo con la determinación de la línea base.

Los indicadores químicos (MOS, pH, N, P, K, CE y SST), se evaluarán cada dos años para la profundidad de 0-20 cm, utilizando las normas cubanas vigentes para cada una de estas determinaciones.

La Macrofauna y Mesofauna del suelo se determinarán anualmente en el periodo seco y lluvioso según la Metodología TSBF (Anderson e Ingram, 1993 modificado por Lavelle *et al.*, 2003) y la de Socarras e Izquierdo, 2014, respectivamente.

Los indicadores de actividad biológica del suelo se determinarán al igual que los anteriores, anualmente en periodo seco y lluvioso usando los siguientes métodos: el COS_L según Weil *et al.* 2003, la RB, RIC, CN según reporta Calero *et al.*, 2010.

Todos los muestreos de suelos se realizarán alejados de acciones agrotécnicas que alteren la biota del suelo, se hará coincidir cuando correspondan todos los análisis sobre los mismos puntos.

Al finalizar el proyecto se hará por los expertos una evaluación de los cambios en las características visuales de los primeros horizontes del perfil como resultado de las prácticas de AC.

Se empleará el paquete estadístico SPS 20 para el procesamiento de todos los datos, considerando la distribución estadística de cada población.

Tarea 4. Determinación de la reserva de carbono del suelo.

Para la determinación de la reserva de carbono en el suelo se medirá la densidad del suelo en todos los horizontes del perfil. Se determinará su por ciento de carbono orgánico total y se hará un

análisis de las inclusiones de suelo. El cálculo de las Reserva de Carbono en el suelo, será según la metodología descrita en el Atlas de suelo de América Latina y el Caribe, 2014 (Gardi *et al.*, 2014). El análisis de todos los horizontes del perfil de suelo se hará al principio y final del proyecto.

Se monitoreará con frecuencia anual las variaciones en los primeros 20 cm de profundidad, por ser esta el área biológicamente más activa en la transformación de los residuos al suelo

Tarea 5. Relacionar la composición de la fauna edáfica del suelo (meso y macrofauna) con los indicadores físico, químico y biológico estudiados.

Se realizará el análisis de componentes principales de las densidades, biomasa y riqueza de especies de la macro y mesofauna, con las propiedades del suelo monitoreadas.

Se seleccionarán las propiedades de suelo que más influyen sobre las densidades, biomasa y riqueza de especies de la macro y mesofauna de suelo, vinculando esto con los cambios que se generan por las prácticas de la AC

Se realizará el cálculo de índices de calidad del suelo a partir de los movimientos de la fauna edáfica debido a la introducción de los principios de AC. IBQS (Ruiz *et al.*, 2011) y el GISQ (Velásquez *et al.*, 2007), y siempre que sea posible el Índice de Calidad del Suelo, calculado a partir del SEMCAS. Font *et al.* (2012).

Tarea 6. Determinación de los impactos sociales y económicos generados por la introducción de las prácticas de AC.

Levantamiento de los datos de Rendimiento, Producción y Costo por Peso de las áreas donde se implementa la AC, con frecuencia semestral (por campaña).

Análisis de las entradas y salidas del sistema, a nivel de área con principios de AC (definir Método).

Análisis de percepción de la apropiación de los beneficios de la introducción de las prácticas de AC en las comunidades donde están enclavadas las fincas evaluadas. (Extensionista y psicóloga UNAH)

Tarea 7. Determinación de impactos socioeconómicos y ambientales generados por la introducción de las prácticas de AC.

Se recogerá semestralmente durante todo el proyecto los datos del rendimiento de los productos agrícolas, costo por peso, fuerza de trabajo, salarios, productividad del agua y otros indicadores de interés descritos en el procedimiento vigente para el levantamiento de impactos que se utiliza en el PNAP "Evaluación de impactos económicos, tecnológicos, sociales y ambientales en áreas de los

Polígonos Demostrativos para la Conservación de los Recursos Naturales” que conduce el Instituto de Suelos. (Calero *et al.*, 2014 y 2015).

RESULTADOS Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES

| Resultados Planificados | Entidad Responsable | Actividades Principales | Inicio | Término | Indicadores verificables |
|--|---|---|------------------------|-------------------------|--|
| Áreas de intervención diagnosticadas y línea base establecida. | IS Sede (IS Pinar, IS Guantánamo, IAgric, IES, Unidades productivas implicadas) | Recorridos de campo. Descripción de sitios, Muestreo de suelos y preparación de muestras para análisis de laboratorio. Determinaciones en campo. Determinaciones analíticas. Apertura y descripción de perfiles en las áreas de AC. | Ene./2016 | Nov./2016 | Resultados del diagnóstico y valores de línea base. Georreferenciación de las áreas |
| | IS Sede e IES | Determinaciones de la meso y macrofauna inicial. | | | |
| | IS Sede e IAgric | Asistencia técnica en el manejo de maquinaria y riego. Determinaciones del régimen hídrico. | | | |
| 2- Primer taller de capacitación y sensibilización a los actores claves y locales donde se implementará la AC. | IS Sede | Vista a áreas donde se comienza la implementación de la AC (Con experto FAO). | Feb./2016 | Noviembre./2016 | Relatoría de los Talleres y fotos que documentan la visita |
| 3- Determinado el efecto de las prácticas de AC sobre propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. | IS Sede (IS Pinar y Guantánamo) | Muestreo y determinación química (MOS, pH, N, P, K, CE y SST) | Ene./2018 | Dic./2019 | Resultados analíticos Terminado documento completo de publicación científica. Ponencia en Evento Científico. |
| | | Muestreo y determinación biológica (COSL, la RB, RIC, CN) | Ene./2017 | Sept./2019 | |
| | | Muestro y determinación de Macro y meso fauna | 2017,2018, 2019 | | |
| | | Determinación de Densidad del suelo, resistencia a la penetración, CMRH. | Ene./2018 Ene./2019 | Sept./2018 Nov./2019 | |
| | IS Sede e IAgric | Determinaciones del régimen hídrico al final del proyecto. | Ene./2019 | Dic./2019 | |
| 4- Segundo taller socialización de los resultados con los actores claves y locales donde se desarrolla la AC. | IS Sede | Preparación del taller, convocatoria de los implicados y visita a áreas del proyecto donde se implementa la AC. | Ene./2018 | Sept./2018 | Relatoría del Taller |

Informe final del Proyecto: IMPACTOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO EN ÁREAS DE DIFERENTES AGRO ECOSISTEMAS DEL PAÍS.

| | | | | | |
|--|---------------|---|------------|------------|--|
| 5- Determinación de la reserva de carbono en el suelo. | IS Sede | Determinación inicial y final en todos los horizontes del perfil de suelo | Dic/2016 | Sept/2019 | Datos de reserva de carbono Ponencia en Evento Científico. |
| | | Monitoreo anual en las variaciones de reserva de carbono en los primeros 20 cm | Abril/2016 | Sept/2019 | |
| 6- Calculados los Índices de calidad de suelo. | IS Sede e IES | Calculo de densidades, biomasa y riqueza de especies de la macro y mesofauna de suelo | Ene./2016 | Dic./2019 | Resultados analíticos Publicación científica. Ponencia en Evento Científico. |
| | | Identificación de las propiedades F y Q del suelo que más influyen sobre la macro y mesofauna de suelo | Ene./2017 | Sept./2017 | |
| | | Calculo de del IBQS y el GISQ. | Ene./2017 | Nov./2019 | |
| 7- Efectos socioeconómicos y ambientales de la introducción de AC. | IS Sede | Levantamiento de informaciones económicas rendimiento de los productos agrícolas, costo por peso, fuerza de trabajo, salarios, productividad del agua | Ene./2017 | Dic./2019 | Informe técnico de resultados. |
| | UNAH | Encuestas para medir percepción de la apropiación de los beneficios de la introducción de las prácticas de AC. | Ene./2019 | Dic./2019 | |
| 8- Tercer taller socialización de los resultados con los actores claves y locales donde se desarrolla la AC. | IS Sede | Preparación del taller, convocatoria de los implicados y visita a áreas del proyecto donde se implementa la AC. | Mar./2018 | Dic./2019 | Relatoría del Taller |

En el certificado de ejecución del año 2016, no se reportó las ejecuciones de las otras entidades, pero el reporte de los gastos fue ejecutado al 100%.

Correspondencia entre la relación costo-beneficio alcanzada y la prevista (para los proyectos de innovación).no procede.

Valoración cualitativa: Magnitud y características del aporte alcanzado: repercusión nacional o internacional, patentes, doctorados, eventos, publicaciones, etc.

Los resultados previstos formarán parte de tres tesis de doctorado y constituyen la contraparte de proyecto BASAL Y OP-15. Se debe destacar que estas tesis aún están en sus inicios, debido al atraso de la llegada de la maquinaria que es muy específica para este sistema.

Tesis de grado presentada en opción al título de Ingeniero Civil titulada “Evaluación del balance hídrico de un suelo ferralítico cultivado bajo principios de Agricultura de Conservación”. 2017.

En opción al título Doctoral. Estudio de las propiedades biológicas del suelo bajo dos sistemas, convencional y agricultura de conservación.

En opción al título Doctoral. Evaluación de tecnología conservacionista en la producción agrícola como alternativa para detener la degradación de los suelos.

Se han realizado publicaciones en revistas de impacto, participación en eventos y talleres.

- XXI Congreso Latinoamericano y XV Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo “Todos los Suelos en la Mitad del Mundo” Quito – Ecuador, 2016. Evaluación de indicadores físicos, químicos y biológicos de suelo en Artemisa, Cuba.
- Taller de suelo y cambio climático, Cuba, palacio de las convenciones, 2016. “Suelo-Cambio Climático- Agricultura de Conservación” Donde se presentaron algunos de los resultados del Diagnóstico de la Finca La Nanita y el plan de manejo recomendado con agricultura de conservación, destacando el efecto que pueden tener estas prácticas ante los efectos del Cambio Climático.
- 1er Taller ASOCAM Selección de Medidas de Adaptación al Cambio Climático 2016. Celebrado del 3-8 de febrero en Hotel Comodoro, La Habana, Cuba.
- 2do Taller ASOCAM Selección de Medidas de Adaptación al Cambio Climático 2016. Celebrado del 1-5 de junio en Lagos de Mayajigua, Villa Clara, Cuba.
- Congreso Internacional de Suelos, 2018. “Efectos tempranos en la macrofauna edáfica de la implementación de la agricultura de conservación en un suelo Ferralítico Rojo”.
- Fórum de Base de Ciencia y Técnica. Instituto de Suelos, 2018. Incidencia de la Agricultura de Conservación en la macro fauna edáfica en dos agro ecosistemas.
- Convención Internacional de Ingeniería Agrícola, 2018. Título: Evaluación del régimen hídrico en un suelo Ferralítico Rojo bajo principios de Agricultura de Conservación.

Impacto previsto y alcanzado: Ambiental, Económico y Social

El impacto de los resultados se resume en lo económico, como medioambiental, social y científico. En lo económico, se ahorra considerablemente los gastos de combustible 85%,

energía y tiempo para realizar otras actividades al eliminar la preparación del suelo. Desde el punto de vista ambiental se observa de manera paulatina una recuperación de las propiedades del suelo, lo cual incide en su fertilidad, regeneración y en el aumento de la biodiversidad. En el ámbito social, la implementación de estas nuevas prácticas agrícolas favorece la incorporación de un elevado número de miembros de las comunidades a la lucha contra la degradación de los suelos, agua y del medio ambiente, lo cual incide en una mejoría de la calidad de vida de las personas involucradas.

En el aspecto científico, se incrementan y divulgan, por diversas vías, los conocimientos relacionados con esta nueva tecnología a partir de la capacitación de un total de 250 productores, profesionales y técnicos, con una amplia participación femenina.

De esta forma se trazaron las bases para el desarrollo de la estrategia del gobierno relacionada con la aplicación de la Agricultura de Conservación, para los Programas de Mejoramiento y Conservación del suelo y para el Programa de Agricultura Suburbana a nivel del país. Se trazó la hoja de ruta y la política a seguir para el desarrollo y adopción de la agricultura de conservación en Cuba, además de la creación de un grupo de expertos conformado por especialistas internacionales y nacionales, estos últimos pertenecientes a distintos organismos.

Otro aspecto importante lo constituye el nivel de sinergia alcanzado con otros proyectos como OP-15 GEF, y Basal –PENUD que actualmente se utilizan los conocimientos adquiridos para la implementación de la Agricultura de Conservación.

Opinión del cliente: No procede.

Vínculo con instituciones extranjeras o internacionales logrado.

Se han realizado capacitaciones por parte de diferentes expertos internacionales en el tema de maquinaria, uso de plantas de cobertura y otros aspectos generales de la tecnología. En estos espacios se han compartido las experiencias de otros países. También se han realizado visitas a las diferentes áreas de estudio a partir de las cuales se han realizado algunas recomendaciones.

Dictamen del Consejo Científico sobre el Informe Final del Proyecto: **En Anexo.**

índice

| | |
|----------------------------------|-----------|
| RESUMEN | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 14 |
| 1. ÁREAS DE ESTUDIO. | 14 |
| 1.1. GÜIRA DE MELENA..... | 14 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.1.1. | FINCA LA NANITA, 2 HA (CCS NICETO PÉREZ) Y FINCA SANTA ANA II, 2 HA (CCS FRANK PAÍS). | 14 |
| 1.1.2. | ALQUÍZAR. FINCA PULIDO, 2 HA. | 14 |
| 3. | TAREA 1. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LAS ÁREAS Y ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE PARA LOS INDICADORES A MONITOREAR EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO. | 16 |
| 4. | TAREA 2. TALLERES DE CAPACITACIÓN TÉCNICA Y SOCIALIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LAS FINCAS SELECCIONADAS. | 16 |
| 5. | TAREA 3. SEGUIMIENTO DE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO, ASÍ COMO DE LAS CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL PERFIL EN LAS ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. | 17 |
| 5.1. | INDICADORES FÍSICOS | 17 |
| 5.1.1. | RESISTENCIA DEL SUELO A LA PENETRACIÓN (RP). | 17 |
| 5.1.2. | DENSIDAD APARENTE (DA). | 17 |
| 5.1.3. | CURVA CARACTERÍSTICA O CURVA TENSIÓN HUMEDAD, CTH. | 17 |
| 5.1.4. | HUMEDAD VOLUMÉTRICA (WV, % VOL). | 17 |
| 5.1.5. | BALANCE HÍDRICO DEL SUELO. | 17 |
| 5.2. | INDICADORES QUÍMICOS (MATERIA ORGÁNICA (MO), PH, N, P, K, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) Y SALES SOLUBLES TOTALES (SST). | 18 |
| 5.3. | INDICADORES BIOLÓGICOS (RESPIRACIÓN BASAL (RB), RESPIRACIÓN INDUCIDA POR CARBONO (RIC), CARBONO LÁBIL DEL SUELO (COS _L). | 18 |
| 6. | TAREA 4. DETERMINACIÓN DE LA RESERVA DE CARBONO DEL SUELO. | 18 |
| 7. | TAREA 5. RELACIONAR LA COMPOSICIÓN DE LA FAUNA EDÁFICA DEL SUELO (MESO Y MACROFAUNA) CON LOS INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS ESTUDIADOS. | 19 |
| 7.1. | MACRO Y MESOFAUNA. | 19 |
| 7.2. | CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER. | 19 |
| 8. | TAREA 6. DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS GENERADOS POR LA INTRODUCCIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. | 20 |
| | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| 1. | RESULTADO 1. ÁREAS DE INTERVENCIÓN DIAGNOSTICADAS Y LÍNEA BASE ESTABLECIDA. | 21 |
| 1.1. | TAREA 1. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LAS ÁREAS Y ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE PARA LOS INDICADORES A MONITOREAR EN EL CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO. | 21 |
| 1.1.1. | DESCRIPCIÓN DEL PERFIL. FINCA LA NANITA. MUNICIPIO GÜIRA DE MELENA. | 21 |
| 1.1.2. | DESCRIPCIÓN DEL PERFIL. FINCA SANTA ANA II. MUNICIPIO GÜIRA DE MELENA. | 22 |
| 1.1.3. | DESCRIPCIÓN DEL PERFIL. FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR. | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 2. RESULTADO 2. PRIMER TALLER DE CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A LOS ACTORES CLAVES Y LOCALES DONDE SE IMPLEMENTARÁ LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN..... | 25 |
| 2.1. TAREA 2. TALLERES DE CAPACITACIÓN TÉCNICA Y SOCIALIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LAS FINCAS SELECCIONADAS..... | 25 |
| 3. RESULTADO 3. DETERMINADO EL EFECTO DE LAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS, FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO..... | 26 |
| 3.1. TAREA 3. SEGUIMIENTO DE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL SUELO, ASÍ COMO DE LAS CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL PERFIL EN LAS ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN. | 26 |
| 3.1.1. ESTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LOS SITIOS DE ESTUDIO..... | 26 |
| 3.1.1.1. GÜIRA DE MELENA..... | 26 |
| 3.1.1.2. FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR..... | 27 |
| 3.1.2. PROPIEDADES FÍSICAS (DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (DA), RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (RP), TEXTURA Y CAPACIDAD MÁXIMA DE RETENCIÓN DE HUMEDAD, BALANACE HÍDRICO)..... | 28 |
| 3.1.2.1. GÜIRA DE MELENA..... | 28 |
| 3.1.2.2. FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR..... | 32 |
| 3.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS..... | 38 |
| 3.1.3.1. GÜIRA DE MELENA..... | 38 |
| 3.1.3.2. FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR..... | 40 |
| 3.1.4. PROPIEDADES BIOLÓGICAS..... | 40 |
| 3.1.4.1. RESPIRACIÓN BASAL. FINCA LA NANITA. GÜIRA DE MELENA..... | 40 |
| 3.1.4.2. MESO Y MACROFAUNA EDÁFICA. FINCA LA NANITA, GÜIRA DE MELENA Y FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR..... | 41 |
| 4. RESULTADO 4. DETERMINACIÓN DE LA RESERVA DE CARBONO EN EL SUELO (COSL)..... | 43 |
| 4.1. TAREA 4. DETERMINACIÓN DE LA RESERVA DE CARBONO DEL SUELO..... | 43 |
| 4.1.1. GÜIRA DE MELENA..... | 43 |
| 5. RESULTADO 5. CALCULADOS LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE SUELO..... | 44 |
| 5.1. TAREA 5. RELACIONAR LA COMPOSICIÓN DE LA FAUNA EDÁFICA DEL SUELO (MESO Y MACROFAUNA) CON LOS INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS..... | 44 |
| 5.1.1. FINCA LA NANITA GÜIRA DE MELENA Y FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR..... | 44 |
| 6. RESULTADO 6. EFECTOS SOCIOECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA INTRODUCCIÓN DE AC..... | 48 |
| 6.1. TAREA 6. EVALUAR IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS Y SERVICIOS AMBIENTALES QUE PUEDEN GENERARSE POR LA INTRODUCCIÓN DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN..... | 48 |
| 6.1.1. FINCA PULIDO (ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL IAGRIC), MUNICIPIO ALQUÍZAR..... | 48 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| CONCLUSIONES | 50 |
| RECOMENDACIONES | 51 |
| ANEXOS | 55 |

Resumen

En el presente informe se reportan los resultados obtenidos a partir del año 2016 hasta junio del 2018 a partir de la implementación de la Agricultura de Conservación como práctica agrícola alternativa en diferentes ecosistemas cubanos. Durante este período se trabajó en fincas enclavadas en las provincias de Artemisa (Güira de Melena y Alquizar); desarrollándose un amplio proceso de capacitación en diferentes temas. En estos espacios participaron productores, especialistas y decisores.

Como parte de la implementación de esta práctica se trabajó en los sitios demostrativos en una primera fase de acondicionamiento previo del suelo mediante la utilización de la maquinaria específica, en el diseño de los calendarios de siembra, selección de las plantas para la formación de la cobertura, así como en la evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Dentro de los principales resultados se encuentran la selección, diagnóstico y caracterización de los perfiles en cada sitio de estudio. Se evaluaron diferentes propiedades físicas, químicas y las biológicas.

INFORME CIENTÍFICO – TÉCNICO

Introducción

El recurso suelo es reconocido como la base fundamental para la seguridad alimentaria y la provisión de importantes servicios ambientales, incluyendo la mitigación y adaptación al cambio climático. La implementación de la Agricultura de Conservación (AC) resulta una opción viable para alcanzar una agricultura sostenible y rentable con la consecuente mejora económica de los agricultores a partir de la aplicación de esta práctica.

La aplicación de la AC incluye como principios básicos: una perturbación mínima del suelo; la formación de una cobertura permanente y la rotación de cultivos. Esta práctica agrícola se considera funcional en un amplio rango de zonas agroecológicas y sistemas de producción, siendo una herramienta válida para el manejo sostenible de los suelos. Esto permite a su vez el desarrollo de servicios ambientales como la fijación de carbono, la generación de oxígeno, la producción de alimenticios de calidad y otros productos como la producción del agroturismo, la agro-diversión, el agro-ecoturismo, que en su conjunto juegan un papel cada vez más importante en el desarrollo de la sociedad.

Los municipios seleccionados tienen diferentes comportamientos en cuanto al componente suelo y a la actividad agropecuaria a que son dedicados los mismos.

Con la ejecución de este proyecto, se pretendió la implementación de la AC como una alternativa efectiva para la protección del suelo, la retención de carbono y el aumento de la biodiversidad edáfica. De igual forma aumentar el número de productores y decisores sensibilizados con las ventajas económicas y ambientales de estas prácticas, por lo que su objetivo fundamental fue: Evaluar en agro ecosistemas cubanos la Agricultura de Conservación como práctica agrícola alternativa para la protección de los suelos y su efecto sobre la fauna edáfica.

Materiales y métodos

1. Áreas de estudio.

Se seleccionaron como sitios de estudios para la introducción de principios de la Agricultura de Conservación, áreas establecidas dentro de 6 fincas que forman parte de los Proyectos Internacionales CPP-OP15 y BASAL. Las mismas se especifican a continuación:

| Provincia | Municipio | Tipo de Suelo |
|------------------|--|-----------------------------|
| Artemisa | Güira de Melena (2 fincas) | Ferralítico Rojo compactado |
| Artemisa | Alquízar (Fincas experimental Pulido) | Ferralítico Rojo compactado |

1.1. Güira de melena.

1.1.1. Finca La Nanita, 2 ha (CCS Niceto Pérez) y finca Santa Ana II, 2 ha (CCS Frank País).

Ambas fincas se localiza al sur del municipio Güira de Melena, Provincia Artemisa. El suelo predominante es Ferralítico Rojo compactado ocupa principalmente topografías llanas, con poco contenido de materia orgánica de 2 a un 3 %, arcillosos, con minerales predominantes del tipo 1:1 (Caolinita), porosos y buen drenaje, en ellos los valores de pH entre 6,0 – 7,0, la capacidad de intercambio catiónico es de baja a media, predominando los cationes divalentes calcio y magnesio, con una mediana saturación por bases.

En estas fincas el suelo ha sido sometido a una agricultura intensiva lo que ha provocado un proceso de degradación, afectando en cierta medida su fertilidad y productividad. Los principales cultivos a lo que se dedican son viandas y hortalizas, con aplicaciones de fertilización mineral exclusiva y sistema de riego superficial con agua procedente de pozos bombeados. Se escogió como referencia para la comparación un área aledaña con el sistema convencional. Ambas áreas son de monocultivos sin diseño de rotaciones de cultivos.

1.1.2. Alquízar. Finca Pulido, 2 ha.

Municipio situado en el sureste de la provincia Artemisa, en las coordenadas N 328.200 E 3334.860. Las costas del territorio de Alquízar son bajas de llanura pantanosa, de carácter acumulativo y biogénico. En esta área el carso se encuentra cubierto por los pantanos del litoral y la plataforma submarina es muy ancha presentando cayerías próximas al litoral como son la cayería de los guzmanes, los cayos las leñas y otros.

Los manglares han jugado un importante papel en las características costeras, pero hoy se observa en ellos una gran afectación por la acción antrópica. Las cayerías están cubiertas de manglares y entre los cayos se extienden los canales.

El territorio de Alquizar forma parte de la llanura también denominada llanura cársica Habana – Matanzas meridional y de C. La mayor parte del área es de carácter abrasivo acumulativo y hacia la costa toma un carácter palustre.

La llanura es en todo el municipio muy plana, aumentando su altura muy suavemente de la costa hacia el interior, estando la mayor parte del municipio a una altura inferior a 30 metros el nivel del mar.

La lluvia aumenta desde la costa hacia el interior donde puede sobrepasar los 1 400 milímetros. Se observa notablemente la variabilidad de las precipitaciones entre los años secos y los lluviosos.

El territorio de Alquizar presenta en su mayor parte suelos Ferralíticos Rojos que son profundos y que han surgido sobre rocas carbonatadas bajo condiciones de un clima tropical húmedo.

Estos suelos son ricos en óxido de hierro y de aluminio. Hacia la costa se desarrolla una faja de suelos hidromórficos y hacia el oeste en la región conocida como el dagame la cubierta de suelos ferralíticos casi desaparece o se hace esporádica apareciendo superficie de carso desnudo.

El municipio carece prácticamente de avenamiento superficial lo cual provoca que el drenaje subterráneo sea fundamental. Posee importantes recursos de aguas subterráneas que son fundamentales para el abasto de la población y para la economía agropecuaria. Esta agua se pone de manifiesto de forma natural en las cuevas y grutas donde se observan pequeños lagos freáticos o tramos cortos de galerías cubiertas por las aguas.

Este suelo es de categoría agroproductiva I (muy productivo) y presenta buenas cualidades para la agricultura, siendo apto para cultivos como las viandas, hortalizas, granos (no arroz), caña de azúcar, cítricos y otros frutales.

En todos los sitios de estudio se recibió en el transcurso del período 2017 - 2018, un módulo del equipamiento agrícola específico para implementar la AC. Transcurrido el primer año de introducción del sistema es que ha sido posible el monitoreo de los indicadores ambientales que se describen a continuación.

Como principio, se trabajó de forma participativa con las entidades locales y en estrecho vínculo con los campesinos, lo cual condicionó la introducción de estas prácticas en cada sitio. La capacitación y la asistencia técnica impartida fueron premisas básicas en este proceso ya que el sistema de manejo a implementar es diferente al tradicional.

Se implementaron los 3 principios básicos de AC:

1. **Perturbación mínima del suelo:** Una vez establecida la AC se elimina la preparación del suelo.
2. **Cobertura Permanente:** Se establecieron con abonos verdes o cultivo económicos teniendo en cuenta el criterio del productor.
2. **Rotación del cultivo:** Los muestreos de suelo se tomaron en los mismos puntos para establecer comparaciones puntuales en las propiedades del suelo y los cambios en la

diversidad de la fauna edáfica, en ambas áreas AC y agricultura convencional. Teniendo en cuenta la diversidad y heterogeneidad de las propiedades de suelo se realizaron análisis estadísticos no paramétricos de correlación entre variables y comparación de medianas para buscar diferencias significativas entre los dos sistemas.

Para dar cumplimiento a los objetivos previstos se diseñaron las siguientes tareas según el marco lógico correspondiente.

3. Tarea 1. Diagnóstico inicial de las áreas y establecimiento de la línea base para los indicadores a monitorear en el corto, mediano y largo plazo.

Para el desarrollo de la etapa se realizó el diagnóstico y caracterización de las diferentes áreas. Para la caracterización general se consideraron aspectos como: situación geográfica (nombre del sitio, localización, tipo de suelo, perfil extensión de la unidad y mapa o croquis, etc.).

Se describieron y se caracterizaron los perfiles de suelos en las áreas de intervención, realizándose el análisis visual del mismo. Para esto se abrió un perfil de 190 cm de profundidad con una retroexcavadora en la finca La Nanita y 60 cm de profundidad en Santa Ana II, debido que el suelo en esta zona es menos profundo.

Se realizó un muestreo de suelo representativo del área de intervención en la profundidad 0-20 cm, para caracterizar los indicadores químicos, físicos y biológicos de seguimiento y establecer la línea base para cada uno de ellos (Los métodos a emplear se explican en las tareas que se detallan posteriormente). Se identificaron puntos de referencia en la zona aledaña con características similares al área de estudio y que se continuó explotando por las tecnologías agrícolas tradicionales con el mismo régimen de cultivos para su uso como referencia en el tiempo.

4. Tarea 2. Talleres de capacitación técnica y socialización para la implementación de los principios de la agricultura de conservación en las fincas seleccionadas.

Se impartieron capacitaciones especializadas “*in situ*” para sensibilizar a los campesinos involucrados en las ventajas ambientales y económicas que representa esta práctica, en el manejo y conducción del equipamiento especializado así como en el manejo de los cultivos y de las prácticas agrícolas a seguir, en las ventajas de esta práctica como alternativas de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático, con la participación de decisores locales y campesinos aledaños para procurar un mayor compromiso y adopción de este sistema.

Se realizó un taller en cada municipio con la participación de los campesinos implicados, así como expertos en las disciplinas de suelos, mecanización, riego, ecología, y cambio climático para actualizar y socializar estas prácticas.

5. Tarea 3. Seguimiento de indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, así como de las características visuales del perfil en las áreas de aplicación de los principios de la agricultura de conservación.

5.1. Indicadores físicos

5.1.1. Resistencia del suelo a la penetración (RP).

Se utilizó un penetrómetro digital para la determinación de la densidad de suelo. Se tomaron muestras no alteradas en campo en el período húmedo, asociadas a su porcentaje de humedad y a la determinación de textura del suelo. Las determinaciones se realizaron siguiendo las normas cubanas vigentes. Los análisis se realizaron cada dos años, coincidiendo el primer muestreo con la determinación de la línea base.

5.1.2. Densidad aparente (Da).

Se determinó por el método de los anillos con volumen conocido de 100 cm³. Las muestras fueron tomadas a las profundidades de 10, 20 y 30 cm en diez puntos espaciados en toda el área. La densidad aparente se calculó mediante la expresión: $Da = PSS / V_c$, donde: Da: densidad volumétrica o aparente, g·cm⁻³; PSS: peso de suelo seco, g; VC: Volumen del cilindro, cm³.

5.1.3. Curva característica o Curva tensión humedad, CTH.

Se determinó según el método de la Caja de Arena descrito en el Manual de Procedimientos del Laboratorio del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Para ello se tomaron muestras inalteradas con anillos que se saturaron y fueron sometidas a las tensiones de: pF1 (10 cbar), pF1, 5 (31,6 cbar), pF1, 8 (63 cbar), pF2 (100 cbar).

El valor de la humedad correspondiente a 15 cbar se tomó de lo definido en trabajos anteriores para este suelo por ser éste un valor muy poco variable (Ruíz et al., 2006; López et al, 2016). Los valores de tensión y humedad se ajustaron al modelo de van Genuchten utilizando la herramienta computacional RECT.

5.1.4. Humedad volumétrica (Wv, % Vol).

Para el seguimiento de la humedad por capas del perfil del suelo se utilizó la sonda electromagnética de profundidad PP2 con medidor HH2, la cual fue calibrada para el sitio específico del área experimental en un trabajo precedente. Los resultados permitieron definir la ecuación de calibración específica siguiente:

$Wv = 0,0157 * \text{Lectura PP2} + 31,912$ (% Vol.), donde: Wv- humedad volumétrica (% Vol.), Lectura PP2- medición con la sonda PP2 en mV.

5.1.5. Balance hídrico del suelo.

El balance hídrico del suelo se cuantificó para calcular la evapotranspiración de los sistemas de cultivo evaluados y analizar comparativamente el comportamiento de sus elementos. Se aplicó para ello el método de Balance de Masas asumiendo la

simplificación de un gradiente unitario constante del potencial total del agua a la profundidad de 30 cm considerada para el balance.

Se utilizó la ecuación general de balance:

$$\Delta A = (P + I) - (DI + DS + ET_c)$$

Dónde: ΔA - Variación en la lámina almacenada hasta la profundidad considerada para el balance, P- Precipitación en mm, I- Agua aplicada por riego (mm), DS- Escurrimiento superficial (valor despreciado por ser un área pequeña y relativamente plana), P+I- ingresos (no sobrepasaron en ningún momento la lámina correspondiente a la condición de saturación del suelo), DI- Drenaje interno.

Este último se determinó según las expresiones siguientes:

$$D = \int_{t_1}^{t_2} q_z dt \cong (\bar{q} * z) \Delta t, \quad q = -K(\theta) \frac{dH}{dZ}$$

Dónde: q - flujo del agua a la profundidad considerada para el balance (mm.día⁻¹), $K(\theta)$ - conductividad hidráulica no saturada (mm.día⁻¹) en función de la humedad

volumétrica θ (cm³.cm⁻³) y $\frac{dH}{dZ}$ es el gradiente de potencial total del agua, H, asumido constante e igual a 1.

La Evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calculó:

$$ET_c = (P + I) - (DI + DS + \Delta A)$$

5.2. Indicadores químicos (materia orgánica (MO), ph, N, P, K, conductividad eléctrica (CE) y sales solubles totales (SST).

Se evaluaron cada dos años para la profundidad de 0-20 cm, utilizando las normas cubanas vigentes para cada una de estas determinaciones.

5.3. Indicadores biológicos (respiración basal (RB), respiración inducida por carbono (RIC), carbono lábil del suelo (COS_L).

Se determinaron anualmente, en periodo seco y lluvioso según los siguientes métodos: el COSL según Weil et al. 2003 y la RB, RIC, C y N según Calero et al., 2010.

6. Tarea 4. Determinación de la reserva de carbono del suelo.

Para la determinación de la reserva de carbono se midió la densidad del suelo en todos los horizontes del perfil y se determinó el porcentaje de carbono orgánico total, para lo cual se tuvieron en cuenta las inclusiones de suelo. El cálculo de las reserva de carbono en el suelo, se realizó, según la metodología descrita en el Atlas de suelo de América Latina y el Caribe, 2014 (Gardi et al., 2014).

Se monitoreó con frecuencia anual las variaciones en los primeros 20 cm de profundidad, por ser esta el área biológicamente más activa en la transformación de los residuos al suelo.

7. Tarea 5. Relacionar la composición de la fauna edáfica del suelo (meso y macrofauna) con los indicadores físicos, químicos y biológicos estudiados.

7.1. Macro y mesofauna.

La macro y mesofauna se determinaron anualmente en el periodo seco y lluvioso. La recolección de la macrofauna edáfica se realizó según el método estándar declarado por el Programa Internacional “Biología y Fertilidad del Suelo Tropical” o TSBF según describen Anderson e Ingram, 1993; Lavelle et al., 2003. Bajo esta metodología, se extrajeron un total de seis monolitos de suelo de 25 x 25 cm y 20 cm de profundidad. Los muestreos fueron realizados tanto en el área destinada a la implementación de la AC como en el área de agricultura convencional. La macrofauna se recolectó in situ y se preservó en alcohol 75%, excepto las lombrices que se conservaron en formol 4%.

La macrofauna se identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible según, fundamentalmente, la literatura de Brusca (2003). Su caracterización ecológica se realizó hasta el nivel taxonómico de familia. La abundancia se estimó a partir del número total de individuos encontrados en los sitios.

La mesofauna se recolectó usando un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de y profundidad. La recolección se realizó en el laboratorio a través de los embudos Berlese-Tullgren, durante siete días sin fuente de calor ni luz. El material se identificó hasta nivel de familia. Para este caso se estimó igualmente la abundancia partir del número total de individuos encontrados en los sitios.

7.2. Cálculo del índice de Shannon-Weaver.

Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies. Este índice se calcula mediante la siguiente fórmula (Shannon, 1949):

$$H' = -\sum pi * \ln pi \quad Pi = \frac{Ni}{N}$$

Donde: Pi = Probabilidad de la especie i respecto al conjunto.

Ni = Número de individuos de la especie i .

N = Número total de individuos de la muestra.

Interpretación de la abundancia proporcional de especies.

| Rangos | Significado |
|-------------|------------------|
| 0-1,35 | Diversidad baja |
| 1,36 -3,5 | Diversidad media |
| Mayor a 3,5 | Diversidad alta |

8. Tarea 6. Determinación de los impactos sociales y económicos generados por la introducción de las prácticas de la agricultura de conservación.

Para el levantamiento de los impactos Ambiental, Económico y Social, se tomaron datos de producción, ahorro de fuerza de trabajo, combustible, participación en actividades de capacitación, eventos científicos, publicaciones, tesis de grado y tesis de grado científico.

Resultados y discusión

1. Resultado 1. Áreas de intervención diagnosticadas y línea base establecida.

1.1. Tarea 1. Diagnóstico inicial de las áreas y establecimiento de la línea base para los indicadores a monitorear en el corto, mediano y largo plazo.

1.1.1. Descripción del perfil. Finca La Nanita. Municipio Güira de Melena.

El perfil fue dividido en 6 horizontes. De manera visual que se pudieron apreciar ñlos horizontes Ap: 0- 17 cm; AB: 17- 48 cm; B1: 48- 86 cm; B2: 86- 106 cm; B3: 106- 143 cm y Bc: 143- 190 cm) (Tabla. 1).

Tabla 1. Descripción del de suelo en la finca La Nanita. Horizontes y profundidad del perfil de suelo.

| Horizonte | Prof. (cm) |
|-----------|------------|
| Ap | 0-17 |
| AB | 17-48 |
| B1 | 48-86 |
| B2 | 86-106 |
| B3 | 106-143 |
| Bc | 143-190 |

Se describió que el color del primer horizonte fue Ap 2,5YR/VALUE3/CHROMA4, en el horizonte AB fue 2,5YR/VALUE3/CHROMA6, B1 2,5YR/VALUE4/CHROMA6, B2 y B3 2,5YR/VALUE4/CHROMA8 y Bc 10YR/VALUE6/CHROMA8.

De manera visual se constató una consistencia dura en el horizonte Ap, muy dura en los horizontes AB y B1, ligeramente dura en B2 y B3 y friable en Bc. Desde Ap hasta B3 se detectaron horizontes endurecidos ligeramente plásticos y adhesivos, mientras que Bc no se apreciaron características plásticas ni adhesivas.

En los horizontes Ap y AB se encontraron muy pocas concreciones. En el caso de los horizontes B1, B2 y B3 se encontraron pocas, siendo del 5-20% de las mismas duras, esféricas y de pequeño tamaño. En el horizonte Bc se encontraron pocas concreciones, siendo del 5- 20% duras, esféricas, pero de gran tamaño. No se encontraron elementos gruesos, ni gravas, ni pedregosidad en todo el perfil. La estructura observada fue fragmentaria de tipo prismático en los primeros 5 horizontes del perfil y nuciforme en el horizonte Bc.

De manera general se apreció una textura arcillosa. A simple vista se observó muy poca actividad biológica detectándose solo algunas raíces muy finas en los primeros tres horizontes. La porosidad encontrada en todos los horizontes fue débil, caracterizada por poros muy finos, con orientación caótica.

Se evidenció un horizonte Ap muy arado asociado a la presencia de la actividad humana y un horizonte AB y B1 con piso de arado. La clasificación de este suelo según la nueva versión de clasificación de suelos de Cuba (Hernández *et al*, 2015) fue: Ferralítico Rojo compactado (Figura 1 A, B y C).

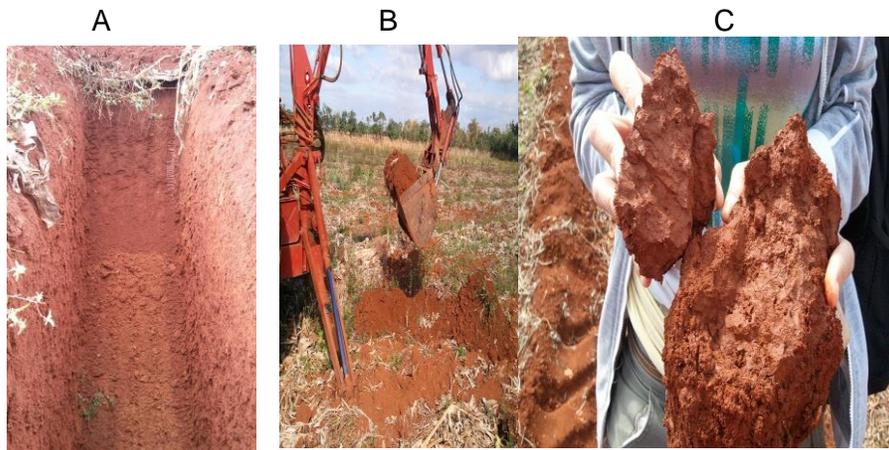


Figura 1. A) Perfil de suelo en la Finca La Nanita B) Apertura del perfil con la retroexcavadora. C) Agregados de suelo.

1.1.2. Descripción del perfil. Finca Santa Ana II. Municipio Güira de Melena.

Otra de las áreas de estudio corresponde a la finca Santa Ana II, también localizada en el municipio Güira de Melena, Provincia Artemisa.

En la descripción visual del perfil de esta finca se encontró que el color que predominaba en todo el perfil, en húmedo, fue 2,5YR value 3 y en seco 2,5YR value 4. No se encontraron concreciones, ni hubo efervescencia en ninguno de los horizontes del perfil de suelo.

Se encontró pedregosidad media en todos los horizontes, observándose de manera general una textura arcillosa. Por otra parte, se observó una estructura fragmentaria de tipo prismático tamaño mediano en los 3 horizontes.

El horizonte Ap se observó poroso y friable; AB con débil porosidad, ligeramente duro y B con fuerte porosidad y friable. Las propiedades mecánicas se caracterizaron por una consistencia dura en el horizonte AB y friable en Ap y B. Todos los horizontes fueron ligeramente plásticos y adhesivos y la transición entre horizontes era paulatina.

De manera general la actividad humana se apreciaba en un horizonte Ap muy arado y un horizonte AB con piso de arado. A simple vista se encontró muy poca actividad biológica.

De manera visual y siguiendo lo descrito en la nueva versión de clasificación de suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015), se determinó que el suelo era: Ferralítico Rojo compactado. (Figura 2 A y B).

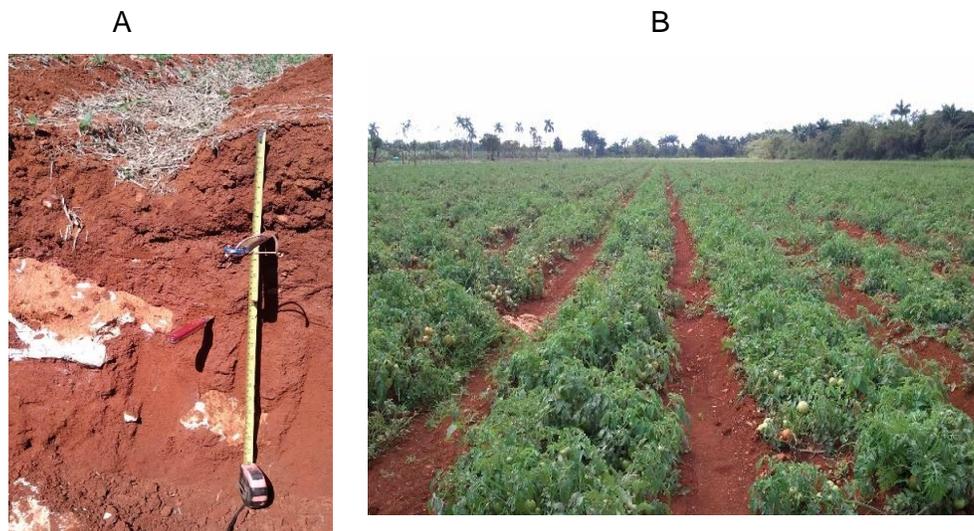


Figura 2. A) Perfil de suelo. B) Área sembrada de tomate destinada a la implementación de la AC.

En estos suelos se ha producido un aumento del grado de compactación por el uso inadecuado de la maquinaria. No obstante, a pesar de los problemas identificados, el municipio de Güira de Melena desempeña un rol significativo en la producción agrícola del país y continúa siendo uno de los territorios más productivos, tanto por sus suelos como por la cultura de sus productores.

1.1.3. Descripción del perfil. Finca Pulido (Estación Experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

En esta finca el suelo predominante es el Ferralítico Rojo compactado. Es un suelo de perfil ABC con una profundidad pedológica que excede los 150 cm, con un grado importante de compactación en la sección intermedia del perfil horizonte (B). La morfología de este perfil expresa rasgos que caracterizan su proceso de formación (Ferralitización).

Los suelos en esta zona son muy profundos, medianamente humificados, poco erosionado, de arcilla caolinítica, sin gravas ni piedras ni rocas, predominantemente llano, con una profundidad efectiva y total de 181 cm (Figura 3).



Figura 3. Perfil de suelo en la finca Pulido.

Durante la descripción del perfil se evidenció que el horizonte Ap (0 –20 cm) tenía las siguientes características: arcilla de color pardo rojizo (2.5YR 4/4); ligeramente húmeda; estructura fragmentaria, granular, mediana y fina; friable, no plástica, no adhesiva; porosa, con poros finos de orientación caótica; algunas concreciones de forma irregular, pequeñas, duras y blandas; muchas raíces medianas y finas; sin reacción al CLH, transición clara con el horizonte subyacente.

En el horizonte B11 (20-54 cm) la arcilla era de color rojo oscuro 2.5YR (3/6); ligeramente húmeda; estructura fragmentaria, en bloques sub angulares, mediana; ligeramente dura, ligeramente plástica y ligeramente adhesiva; porosa, con poros finos de orientación caótica; algunas concreciones pequeñas, de forma irregular, duras y blandas; muchas raíces, finas y medianas; sin reacción al CLH; transición clara con el horizonte subyacente. El horizonte B12 (54-82 cm) con una arcilla de color rojo oscuro 2.5YR (3/6); ligeramente húmeda, estructura fragmentaria, en Bloques sub angulares gruesa, dura; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; poco porosa, con poros finos de orientación caótica; algunas raíces finas; algunas concreciones pequeñas, de forma irregular, duras y blandas; sin reacción al CLH; transición clara con el horizonte subyacente.

En el caso del horizonte B22 (82-118 cm) la arcilla era de color rojo claro (2.5YR 6/8); ligeramente húmeda, estructura fragmentaria, en Bloques sub angulares gruesa, dura, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; poco porosa, con poros finos de orientación caótica; sin raíces; algunas concreciones pequeñas, de forma irregular, duras y blandas; sin reacción al CLH; transición clara con el horizonte subyacente. El B22 (118-143 cm) con una arcilla, de color rojo amarillento (5YR 4/6); ligeramente húmeda, estructura fragmentaria, en Bloques sub angulares mediana y fina, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; porosa, con poros finos de orientación caótica; sin raíces; algunas concreciones pequeñas, de forma irregular, duras y blandas; sin reacción al CLH; transición clara con el horizonte subyacente.

Finalmente, en el horizonte B23 (143-167 cm) la arcilla era de color amarillo rojizo (5YR 6/8) con abundantes moteados rojos; ligeramente húmeda, estructura fragmentaria, en Bloques sub angulares, mediana y fina, friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; porosa, con poros finos de orientación caótica; sin raíces; algunas concreciones pequeñas, de forma irregular, duras y blandas; sin reacción al CLH.

Las características químicas correspondientes al perfil descrito aparecen en la tabla 2.

Tabla 2. Características químicas del perfil.

| Norte | Este | Prof Hor | pH KCl | pH H ₂ O | y1 | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K | Na | T | MO | EC | LS P | LIP | hy | K ₂ O | P ₂ O ₅ |
|---------|---------|-------------|-----------|------------------------|-----|------------------|------------------|------|------|-------|------|-----|---------|-----|-----|------------------|-------------------------------|
| 328.200 | 334.860 | 20 | 5.3 | 6.5 | 1.7 | 14.23 | 3.15 | 1.28 | 0.12 | 22.90 | 2.72 | 256 | - | - | 7.1 | 56.00 | 15.62 |
| 328.200 | 334.860 | 54 | 5.5 | 6.6 | 1.2 | 8.71 | 3.35 | 0.84 | 0.12 | 15.26 | 1.64 | 286 | - | - | 5.3 | 36.00 | 1.87 |
| 328.200 | 334.860 | 82 | 5.7 | 6.8 | 1.2 | 8.76 | 3.02 | 0.42 | 0.12 | 14.45 | - | 295 | - | - | 4.6 | - | - |
| 328.200 | 334.860 | 118 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 328.200 | 334.860 | 143 | 5.8 | 6.7 | 1.2 | 6.24 | 2.97 | 0.18 | 0.12 | 11.77 | - | 292 | - | - | 4.3 | - | - |
| 328.200 | 334.860 | 167 | 6.5 | 7.1 | 1.0 | 6.38 | 2.52 | 0.13 | 0.12 | 12.30 | - | 295 | - | - | 4.3 | - | - |
| 328.980 | 336.400 | 20 | 6.7 | 7.5 | 0.5 | 9.89 | 3.40 | 0.60 | 0.34 | 17.06 | 2.86 | 264 | 62 | 30 | 6.9 | 40.62 | 26.00 |
| 328.980 | 336.400 | 64 | 6.7 | 7.5 | 0.5 | 9.89 | 3.40 | 0.60 | 0.34 | 17.06 | 1.63 | - | - | - | - | 31.00 | 22.18 |
| 328.980 | 336.400 | 92 | 6.7 | 7.5 | 0.7 | 6.19 | 3.14 | 0.65 | 0.12 | 11.87 | - | 270 | 59 | 29 | 5.8 | - | - |
| 328.980 | 336.400 | 134 | 6.8 | 7.3 | 0.7 | 6.62 | 2.56 | 0.60 | 0.18 | 11.45 | - | 276 | 60 | 28 | 5.7 | - | - |
| 328.980 | 336.400 | 181 | 5.6 | 6.7 | 0.7 | 6.71 | 2.19 | 0.37 | 0.12 | 11.87 | - | 278 | 58 | 30 | 5.7 | - | - |

2. Resultado 2. Primer taller de capacitación y sensibilización a los actores claves y locales donde se implementará la Agricultura de Conservación.

2.1. Tarea 2. Talleres de capacitación técnica y socialización para la implementación de los principios de la Agricultura de Conservación en las fincas seleccionadas.

En una etapa inicial, para la implementación de la agricultura de conservación, fue necesario realizar talleres en los diferentes sitios de estudio con el objetivo de sensibilizar y capacitar los nuevos principios que establece el sistema: 1) Perturbación mínima del suelo; 2) Cobertura Permanente y 3) Rotación del cultivo. Otras capacitaciones estuvieron vinculadas al tema del manejo de la maquinaria específica para esta tecnología.

Se recibió la visita de tres consultores, dos de Brasil (Rafael Fuentes Lanillo y Augusto Arahujo) y uno de la India (Amir Kassan). Esta asesoría fue gestionada a través del proyecto Basal y se impartieron un ciclo de conferencias en Güira de Melena. En las mismas los consultores dejaron sus recomendaciones.

Además, se promovió en Cuba un encuentro de expertos internacionales en el tema, organizado por el Ministerio de La Agricultura y la FAO. Este encuentro tuvo como objetivo la redacción de una hoja de ruta para la implementación y escalamiento de la Agricultura de Conservación en nuestro país. En este certamen participaron los productores de las áreas del proyecto constituyendo esta una actividad de capacitación extra a las planificadas (Figuras.4).



Figura 4. Visita del consultor brasileño Rafael Fuentes Lanillo. Güira de Melena. Como parte del trabajo realizado se publicó también la segunda edición del Manual de Agricultura de Conservación para entregar en las capacitaciones a productores (Anexo 1).

Se realizó un adiestramiento por parte del Instituto de Ecología y Sistemática para tres compañeros del proyecto del Instituto de Suelos, para poder realizar las determinaciones de meso y macro fauna del suelo.

3. Resultado 3. Determinado el efecto de las prácticas de Agricultura de Conservación sobre propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

3.1. Tarea 3. Seguimiento de indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, así como de las características visuales del perfil en las áreas de aplicación de los principios de la Agricultura de Conservación.

En el segundo semestre del 2017 y primero del 2018, con la llegada de la maquinaria se comenzó la implementación de la AC en los municipios de Güira de Melena y Alquizar. De acuerdo con los resultados del diagnóstico realizado para cada área se comenzó con la preparación del suelo, y con las correcciones necesarias antes de la implementación de la AC como la nivelación del terreno, la subsolación y la labor de alisamiento. Se condicionó el comienzo de la rotación y el establecimiento de la cobertura permanente a la llegada del rolo-cuchillo y la sembradora directa.

3.1.1. Estado de la implementación de la Agricultura de Conservación en los sitios de estudio.

3.1.1.1. Güira de Melena.

En estos momentos se encuentran las áreas bajo manejo de las plantas de cobertura y la siembra con la maquinaria de siembra directa (Figura. 5 y 6).



Figura 5. Manejo de la cobertura con el rollo cuchillo, finca La Nanita.



Figura 6. Manejo de la cobertura con el rollo cuchillo, finca Santa Ana.

3.1.1.2. Finca Pulido (Estación Experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

Se estableció un área experimental de 2 ha la cual fue dividida en dos áreas, una para la implementación de la AC de 1,5 ha y la otra bajo manejo convencional. El área bajo AC de se diseñó para la siembra directa de maíz, variedad Tusón criollo, sin preparación previa del suelo en asociación con canavalia. Se hicieron además trabajos de mejoramiento previos que incluyeron la subsolación, alisamiento, siembra e incorporación de canavalia como abono verde. Esto forma parte de la fase preparatoria inicial para la aplicación de la AC según lo ha sido planteado por varios autores (Friedrich et al., 2009; Hernández et. al., 2016). En el área seleccionada bajo manejo convencional de 0,5 ha, se sembró maíz de la misma variedad.

Ambas áreas fueron regadas mediante un sistema de riego por aspersión semiestacionario y se aplicaron intervalos fijos (5 días) con tiempos de aplicación y normas parciales fijas 2h y 25 mm (Figura 7).



Figura 7. Labores previas realizadas en la finca Pulido.

3.1.2. Propiedades físicas (densidad aparente del suelo (D_a), resistencia a la penetración (RP), textura y capacidad máxima de retención de humedad, balance hídrico).

3.1.2.1. Güira de Melena.

En las fincas La Nanita y Santa Ana II se tomaron muestras no alteradas de suelo en los primeros 3 horizontes hasta los 90 cm para la determinación de la humedad y la densidad aparente. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Valores de humedad, densidad del suelo y desviaciones estándar en el perfil de suelo de la finca La Nanita.

| Horizonte | Humedad % | Desviación Estándar | Densidad | Desviación Estándar |
|-----------|-----------|---------------------|----------|---------------------|
| Ap | 0.30 | +/- (0.021) | 0.9 | +/- (0.08) |
| AB | 0.26 | +/- (0.01) | 1.18 | +/- (0.04) |
| B1 | 0.30 | +/- (0.02) | 1.20 | +/- (0.07) |

Al estudiar la variabilidad espacial de la humedad en la capa superficial del suelo se apreció que la distribución de las zonas húmedas en el área es irregular (Figura 8).

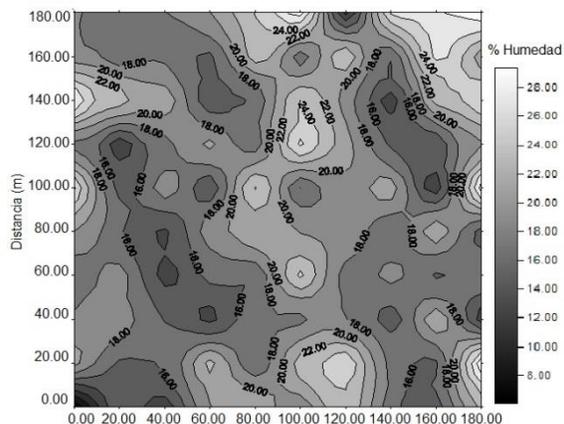


Figura 8. Variabilidad espacial de la humedad en suelo Ferralítico Rojo de la finca La Nanita. (Determinaciones de humedad en cuadrículas de 20 x 20 m de distancia, n=95)

En el análisis de los resultados se encontraron valores de humedad en el rango de 6.1 % a 29.4 % con un coeficiente de variación de 25.51 % (n=95). La distribución irregular de la humedad observada podría estar asociada a los problemas de nivelación. Aunque aparentemente es una zona llana, la microtopografía afecta la distribución del agua de lluvia y de riego. Este factor condiciona que se formen zonas de encharcamiento que limitan la productividad de los cultivos y se afecten las propiedades físicas del suelo.

Estudios realizados en los suelos de esta llanura señalan que se encuentran bajo fuertes procesos agrogénicos y presentan formaciones endurecidas que llegan a parecerse a los duripanes, acercándose e incluso saliendo a la superficie, como resultado de la preparación continua del suelo mediante arados y gradas de discos, los cuales causan la inversión del prisma. Aunque el fenómeno es preocupante estos suelos tienen una alta capacidad de recuperación, pero de mantenerse prácticas degradantes se corre el riesgo de la formación de panes endurecidos, proceso que limita permanentemente la productividad (Hernández *et al.*, 2016).

Al evaluar la densidad aparente al 30 % de humedad gravimétrica, se encontraron valores de densidad del suelo en los primeros 10 cm de profundidad de 0.9 g.cm^{-3} ($\pm 0.08 \text{ g.cm}^{-3}$) mientras que a penas a 15 cm se alcanzaron valores de 1.20 g.cm^{-3} ($\pm 0.04 \text{ g.cm}^{-3}$). Estos resultados ilustran como la mecanización genera un horizonte más suelto en los primeros centímetros del suelo, sin embargo, la formación de una capa más densa se encuentra bastante cercana a la superficie.

En esta finca no se pudieron determinar las curvas tensión humedad, estructura ni el régimen hídrico ya que estos sitios aún no se encontraban instalados los sistemas de riego.

La resistencia a la penetración está directamente relacionada con el manejo del suelo, (Álvarez *et al.*, 2012). En esta finca se pudo observar cómo la RP asciende en los primeros 15 cm de profundidad, sobrepasando los 4000 KPa y en la capa superior desciende aceleradamente para luego aumentar a partir de los 22 cm. Este suceso puede estar dado por la pobre estructura que presentan estos suelos debido al uso continuo de sistemas de labranzas convencionales (Figura 9).

Informe final del Proyecto: IMPACTOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO EN ÁREAS DE DIFERENTES AGRO ECOSISTEMAS DEL PAÍS.

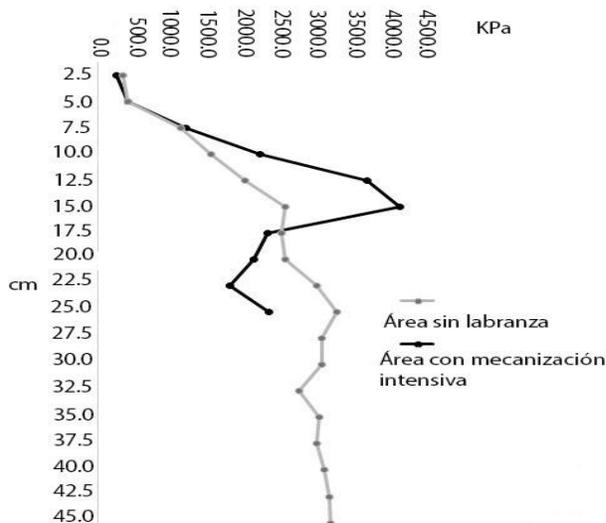


Figura 16. Resistencia a la penetración del suelo Ferralítico Rojo, finca La Nanita.

El análisis de la textura correspondiente a la finca La Nanita se muestra a continuación (Tabla 4):

Tabla 4 Estudio textural en la finca La Nanita.

| Finca | Área ha | Coordenadas | | No. de Muestra | Prof. cm | % | | | | | Textura |
|-----------|---------|-------------|--------|----------------|----------|------|--------------|------------|-------|---------|------------------|
| | | X | Y | | | hy | Arena Gruesa | Arena Fina | Limo | Arcilla | |
| La Nanita | 6,00 | 344,07 | 326,65 | 1 | 0 - 20 | 4,15 | 1,96 | 29,02 | 30,73 | 38,29 | Franco Arcilloso |
| | | | | | 20 - 40 | 4,06 | 1,96 | 23,99 | 24,69 | 49,36 | Arcilla |
| | | | | 2 | 0 - 20 | 4,15 | 2,13 | 29,92 | 27,45 | 40,50 | Franco Arcilloso |
| | | | | | 20 - 40 | 3,99 | 2,32 | 21,98 | 27,60 | 48,10 | Arcilla |

La textura en esta finca en los primeros 20 cm se comporta franco –arcilloso y arcilloso a partir de los 20 cm, mientras que la Santa Ana II es más franco en sus primeros horizonte de (10 a 20 cm) y partir de los 20 cm es arcillosos.

En la finca Santa Ana II los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla, (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de humedad y densidad del suelo y sus desviaciones estándar en el perfil de suelo de Santa Ana II, Güira de Melena.

| Horizonte | Humedad % | Desviación Estándar | Densidad | Desviación Estándar | % de Inclusiones |
|-----------|-----------|---------------------|----------|---------------------|------------------|
| Ap | 0.30 | +/- (0.003) | 0.93 | +/- (0.05) | 1.34 |
| AB | 0.30 | +/- (0.02) | 1.29 | +/- (0.14) | 2.7 |
| B | 0.28 | +/- (0.02) | 1.09 | +/- (0.03) | 3.05 |

Los resultados obtenidos se corresponden con lo observado de manera directa en el campo. Los valores de densidad del suelo son elevados, lo cual se relaciona con la compactación que presenta este suelo con carácter antrópico, fundamentalmente en el horizonte AB. En el horizonte Ap se encontró un menor grado de compactación debido a la fuerte mecanización que ha recibido. Esto a su vez se relaciona con el piso de arado que aparece a partir de los 20 cm, el cual limita la penetración de las raíces.

El análisis de las inclusiones en las muestras no alteradas resulto significativo, mayor del 1 % confirmando que aparece mediana pedregosidad en el perfil de suelo como se apreció de manera visual.

A partir de los resultados obtenidos en ambas fincas se realizaron recomendaciones relacionadas con la ruptura del piso de arado, como la subsolación del suelo, así como hacer valoraciones sobre la pedregosidad encontrada. La mantención de la humedad del suelo, la formación cobertura y la disminución de la carga de mecanización fueron otras de las recomendaciones realizadas para evitar la formación de nuevo piso de arado.

Por otra parte, en esta finca no se pudieron determinar las curvas tensión humedad, la estructura ni el régimen hídrico ya que aún no se encontraban instalados los sistemas de riego.

Para la finca Santa Ana II los resultados correspondientes al análisis de la textura se muestran a continuación (Tabla.6).

Tabla 6. Estudio textural en la finca Santa Ana II.

| Finca | Área ha | Coordenadas | | No. de Muestra | Prof. cm | % | | | | | Textura |
|-----------|---------|-------------|--------|----------------|----------|------|--------------|------------|-------|---------|---------|
| | | X | Y | | | hy | Arena Gruesa | Arena Fina | Limo | Arcilla | |
| Santa Ana | 13,42 | 351,40 | 321,70 | 1 | 0 - 20 | 4,55 | 1,88 | 33,32 | 36,44 | 28,36 | Franco |
| | | | | | 20 - 40 | 4,67 | 2,02 | 21,92 | 32,47 | 43,59 | arcilla |

3.1.2.2. Finca Pulido (estación experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

Al determinar la variabilidad espacial de la humedad del campo 4 B3 en la capa de 0-30 cm de profundidad, se observa que los puntos más críticos se encuentran a los 40 y 80 m (Figura 10).

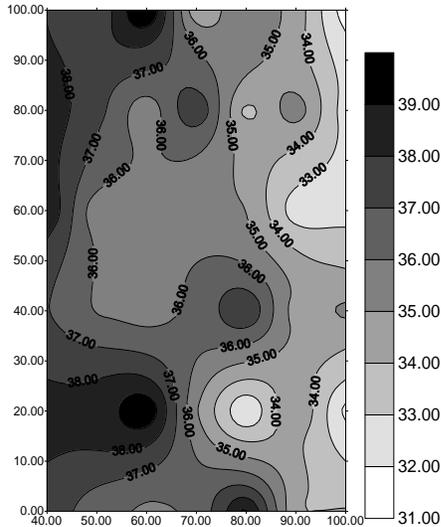


Figura 10. Variabilidad espacial de la humedad.

Desviación standar = 2, 26456, Mínimo = 31,4 Máximo = 40,4, Coeficiente de variación= 6,32%.

Los puntos críticos encontrados en el gráfico de variabilidad espacial de la humedad pueden estar relacionados con los desniveles del suelo y la compactación producida en las zonas de corte. A esto puede sumarse el efecto de la explotación de estos suelos por más de 20 años bajo sistema de labranza convencional basados en el uso de arados y gradas de discos.

La Figura 11 muestra el comportamiento de la resistencia a la penetración, destacándose el valor correspondiente a los 11-30 cm de profundidad. Esta es un área que por más de 20 años se ha dedicado a la siembra de cultivos varios bajo labranza intensiva, efecto que puede estar asociado con la acción antrópica intensiva y con el uso de la tecnología de labranza convencional.

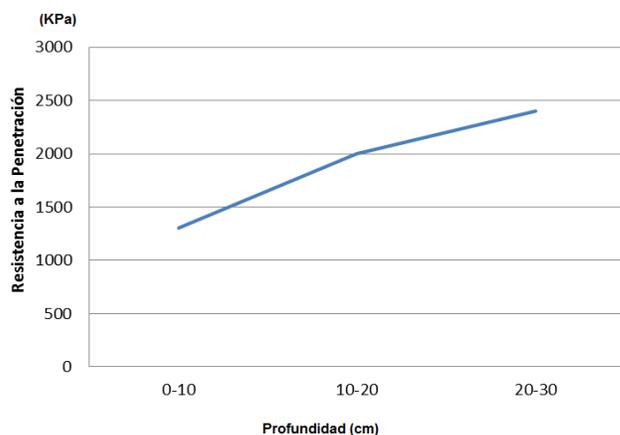


Figura 11. Resistencia a la penetración del suelo Ferralítico Rojo. Finca Pulido, Municipio Alquízar.

En este caso se realizó el ajuste de la Curvas tensión humedad (CTH), al modelo de van Genuchten para el área experimental de 0 a 1 kPa, para poder definir el agua fácilmente utilizable por el cultivo. Se observó que el comportamiento de la curva se diferencia para la capa de 20-30 cm, donde se tienen mayores contenidos de agua para un mismo valor de tensión en relación a las capas de 0-20 cm. Además, al determinar el régimen hídrico en ambas áreas, se observó una disminución de un 8% de las necesidades de riego para la asociación de maíz + canavalia. Por otro lado, al evaluar la tecnología utilizada se obtuvo un ahorro de combustible de más de 80 L/ha a favor de la AC.

En la Tabla 7 se resumen los valores de la densidad volumétrica o aparente, para cada capa explorada en el perfil del suelo en el área de AC. Estos valores se consideran valores iniciales a partir del efecto de las labores iniciales o de preparación para la implementación de la AC. A partir de los mismos se podrán realizar comparaciones con el establecimiento de las prácticas de la agricultura de conservación.

Tabla 7. Valores de la densidad volumétrica o aparente, hasta los 30 cm en el suelo Ferralítico Rojo compactado evaluados en el área experimental.

| Profundidad (cm) | Da inicial o anterior *(g.cm ⁻³) | Da actual en área AC (g.cm ⁻³) |
|-------------------|--|--|
| 0-10 cm | 1,26 | 1,00 |
| 10-20 cm | 1,36 | 1,05 |
| 20-30 cm | 1,24 | 1,10 |
| Promedio 0- 30 cm | 1,29 | 1,05 |

La comparación de estos valores con los obtenidos en estudios anteriores (Rodríguez et al., 2016) permite definir una reducción de un 19% como efecto de las mejoras realizadas en este primer ciclo bajo principios de la agricultura de conservación. Estos valores de Da en el área de AC están en el rango de los observados por estos autores en el área de bosque (inalterada) de la Estación Experimental donde se desarrolla este estudio.

Este resultado reafirma lo planteado por varios autores (Freitas., 2000; Friedrich., 2016; Hernández et al., 2016) acerca de que las prácticas de AC contribuyen significativamente a la mejora y/o restablecimiento de las condiciones estructurales del suelo, lo que a su vez tendrá repercusión positiva en su capacidad de almacenamiento del agua para los cultivos.

En la Figura 12 A y B. se muestran las curvas CTH por capas y promedio hasta los 30 cm y su comparación con el fragmento de las mismas para el rango de tensiones de 0 a 1 kPa que corresponde al rango del agua fácilmente utilizable por el cultivo. Como puede apreciarse el comportamiento de la curva se diferencia para la capa de 20-30 cm, donde se tienen mayores contenidos de agua para un mismo valor de tensión en relación a las capas de 0-20 cm.

Este resultado coincide con lo obtenido por Ruiz et al., 2006 y López et al., para esta misma zona donde encontraron diferencias significativas en el comportamiento de las curvas a partir de los 30 cm de profundidad en el suelo, asociado a cambios estructurales que modifican significativamente la microporosidad de estas capas.

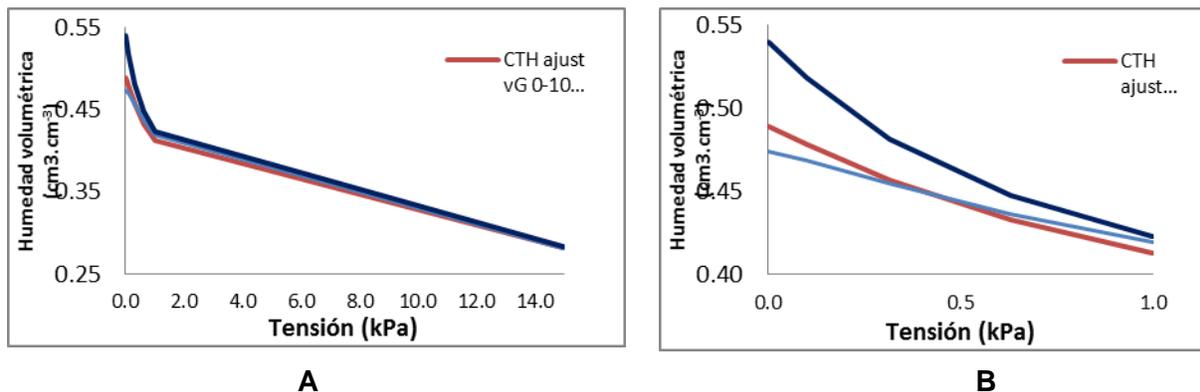


Figura 12 A y B. Curvas tensión humedad, CTH, ajustadas al modelo de van Genuchten para el área bajo AC: a- de 0 a 15 kpa, b- de 0 a 1 kpa.

En la Tabla 8 se muestra el comportamiento para cada profundidad evaluada de los porcentajes de las partículas según su tamaño o clase textural. Como se observa hay un predominio en todas las capas de la fracción arcillosa (<0,002 mm) con más del 70 % y un valor promedio hasta los 30 cm de 79%, seguido de la fracción limo (entre 0,01-0,002 mm) que alcanza entre 15%-12%. Estas características texturales son inherentes a este tipo de suelo y explican su alta capacidad de almacenamiento de agua por el predominio de la arcilla. Estos resultados coinciden con lo definido por otros autores (Cid et al., 2011).

Los valores obtenidos, con ligeros incrementos en la fracción arcillosa y disminución de la fracción arenosa, difieren muy poco de los reportados en estudios anteriores; en esta área de estudio (Cid et al., 2012). Otros autores también han señalado la poca variación de las características texturales del suelo en el tiempo a diferencia de otras propiedades que están más relacionadas con la variación de la estructura del suelo, como la densidad aparente o volumétrica (Cid et al., 2011).

Tabla 8. Comportamiento de la textura hasta la profundidad de 30 cm del suelo Ferralítico Rojo compactado evaluada en el área experimental bajo AC.

| Valor área AC | Profundidad (cm) | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|----------|------------|---------|-------|----------|------------|---------|-------|----------|------------|---------|
| | 0-10 | | | | 11-20 | | | | 21-30 | | | |
| | Porcentaje por tamaño de las fracciones (mm) | | | | | | | | | | | |
| | grava | arena | limo | arcilla | grava | arena | limo | arcilla | grava | arena | limo | arcilla |
| | > 2 | 2 - 0,02 | 0,02-0,002 | <0,002 | > 2 | 2 - 0,02 | 0,02-0,002 | <0,002 | > 2 | 2 - 0,02 | 0,02-0,002 | <0,002 |
| | 1,41 | 4,95 | 15,28 | 76,43 | 1,43 | 5,15 | 14,33 | 79,07 | 1,04 | 3,31 | 12,00 | 82,41 |

En la finca Pulido se evaluó también el balance hídrico del suelo tanto en el área bajo AC como en la de agricultura convencional. En la Figura 13 se observa el comportamiento de la lámina de agua almacenada en el suelo hasta los 30 cm en cada una.

A pesar de las diferencias en cuanto al cultivo entre las áreas (cultivo del maíz en el área bajo agricultura convencional y asociación maíz-canavalia en el área bajo AC), en ambos casos, la lámina de agua almacenada en el suelo se mantuvo entre el límite superior (capacidad de campo) y el límite inferior establecido como criterio de riego (85 % de la capacidad de campo); durante todo el ciclo del cultivo.

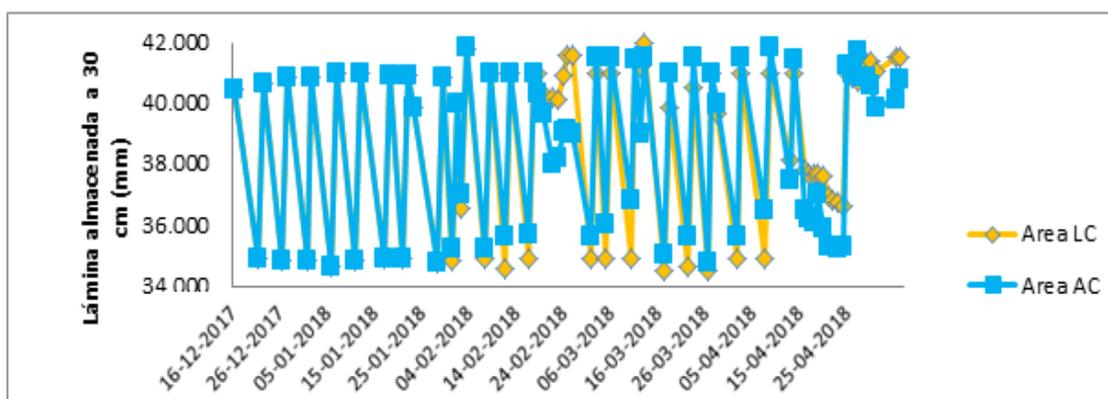


Figura 13. Comportamiento de la lámina de agua almacenada hasta los 30 cm en las áreas de AC y agricultura convencional. Finca Pulido.

Los resultados obtenidos permitieron apreciar un comportamiento similar, durante el periodo inicial de crecimiento de los cultivos (30-45 días), de los valores de humedad en ambas áreas. No obstante, en el periodo de mayor crecimiento foliar, entre 45 -100 días, los valores de humedad fueron inferiores en el área de agricultura convencional con respecto al área de AC. Esto puede apuntar al hecho de que los valores de evaporación desde la superficie del suelo se reducen considerablemente en la asociación maíz-canavalia cultivados bajo principios de AC y se favorece bajo esta práctica una mayor disponibilidad del agua para los cultivos.

En el periodo final de maduración-cosecha, de 100-138 días, se observaron valores de la lámina inferiores en el área de AC, lo que puede estar asociado a una mayor demanda de agua a partir de la asociación de cultivos maíz-canavalia.

A partir de estos resultados de balance hídrico del suelo, se determinó en cada área la evapotranspiración del cultivo (ETc), hasta la profundidad de 30 cm. Como se aprecia la evapotranspiración acumulada fue similar en ambos sistemas de cultivos evaluados. En el área de agricultura de conservación se alcanzaron valores totales de 655 mm para el cultivo de maíz y para la asociación maíz-canavalia en el área AC los valores fueron de 666 mm, con un aumento de 11 mm para este último sistema.

El análisis del comportamiento de la evapotranspiración diaria a lo largo del ciclo de los cultivos en cada área reflejó el efecto del comportamiento de la disponibilidad del agua analizado anteriormente.

De manera similar a lo visto para la lámina de agua almacenada, en el área de AC, se obtuvieron valores bajos de ETc diarios en diferentes momentos del periodo evaluado, durante la etapa de mayor crecimiento del cultivo. Esto se puede asociar a una reducción al mínimo de la evaporación desde la superficie del suelo en esta asociación de cultivos durante el periodo de su máximo crecimiento foliar. En el periodo final esta situación se invirtió con valores más altos de ETc diarios en el área de AC; asociado a que la existencia de dos, provoca un aumento en la demanda de agua.

Los resultados se muestran en la Figura 14 A y B.

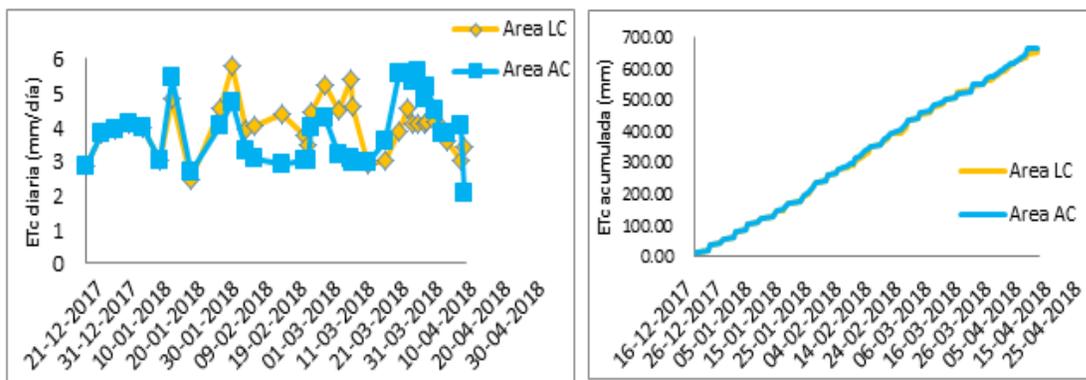


Figura 14 A, B. Comportamiento de la ETc del cultivo del maíz en el área de agricultura convencional y de la asociación maíz-canavalia bajo AC. A: evapotranspiración acumulada, B: evapotranspiración diaria.

Otros autores también han resaltado la influencia de las prácticas bajo principios de agricultura de conservación sobre el incremento de la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua en el perfil del suelo, así como sobre la disminución de la evaporación desde la superficie del suelo en favor de una mayor disponibilidad del agua almacenada para el consumo por las plantas (Friedrich, 2016; Casão et al., 2012; Hernández et. al., 2016).

En la Figura 15 se presenta una comparación de las normas de riego netas estimadas (Nn), considerando el comportamiento real de la humedad del suelo hasta los 30 cm en

cada área. Como se puede observar en el periodo de mayor crecimiento del cultivo, pudieron aplicarse en el área bajo AC normas netas de riego inferiores entre 1- 6 mm con respecto a las que corresponden en el área de agricultura convencional. Este resultado se correlaciona con los valores obtenidos de la lámina de agua almacenada hasta los 30 cm superiores en el área de AC respectivamente.

Por tanto, la norma neta total de riego para el maíz en el área de agricultura convencional resultó de 385 mm mientras que la estimada como necesaria para el asocio maíz-canavalia en el área de AC fue de 353 mm. Esto resulta evidentemente en una disminución de un 8% de las necesidades de riego que puede esperarse como beneficio de la aplicación de los principios de agricultura de conservación evaluados en este ciclo experimental.

Resultados de otros trabajos apuntan al beneficio de las prácticas agrícolas bajo principios de agricultura de conservación sobre el ahorro de agua para el riego de los cultivos a partir del incremento que se produce en la capacidad de almacenamiento del suelo y la reducción de las pérdidas por evaporación, como ya se analizó anteriormente (Reeves et. al., 2016).

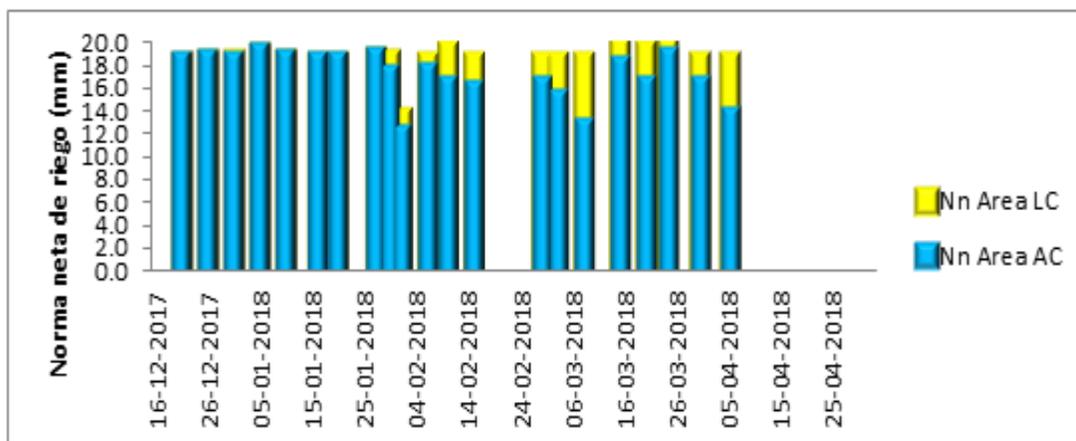


Figura 15. Estimación de las normas de riego netas, Nn, a aplicar considerando el comportamiento de la humedad del suelo hasta los 30 cm en cada área experimental.

3.1.3. Propiedades químicas.

3.1.3.1. Güira de Melena.

En la finca "La Nanita" se determinaron lo siguientes indicadores químicos:

Tabla 9. Resultado y evaluación del pH.

| Finca | Área ha | Coordenadas | | No. de Muestra | Prof. cm | pH H ₂ O | pH KCl | Evaluación |
|-----------|---------|-------------|---------|----------------|------------|---------------------|--------|------------|
| | | X | Y | | | | | |
| La Nanita | 6,00 | 344,070 | 326,650 | 1 | 0 - 20 | 7,70 | 7,00 | Neutro |
| | | | | | 20 - 40 cm | 7,80 | 7,00 | Neutro |
| | | | | 2 | 0 - 20 | 7,80 | 7,10 | Neutro |
| | | | | | 20 - 40 cm | 8,00 | 7,00 | Neutro |

Tabla 10. Capacidad de cambio de bases y capacidad de intercambio catiónicos. Contenidos de materia orgánica del suelo. Su evaluación a tener en cuenta para la recomendación de fertilizantes.

| Finca | Prof. cm | Cmol/Kg | | | | | | % | | | | |
|-----------|----------|-----------------|-----------------|------|------|-------|-------|---------|------------|----------|------|---------|
| | | Ca ₂ | Mg ₂ | Na | K | CCB | CIC | Evalua. | Saturación | Evalua. | M.O | Evalua. |
| La Nanita | 0 - 20 | 11,42 | 2,69 | 0,06 | 0,85 | 15,02 | 19,60 | Bajo | 76,63 | Saturado | 2,24 | Bajo |
| | 20 - 40 | 12,24 | 2,67 | 0,35 | 0,35 | 15,61 | 19,21 | Bajo | 81,26 | Saturado | 1,68 | Bajo |
| | 0 - 20 | 13,87 | 2,99 | 0,06 | 1,13 | 18,05 | 21,95 | Medio | 82,23 | Saturado | 2,87 | Bajo |
| | 20 - 40 | 14,28 | 3,36 | 0,34 | 0,40 | 18,38 | 22,34 | Medio | 82,27 | Saturado | 2,64 | Bajo |

Tabla 11. Contenidos de Fósforo y Potasio del suelo. Relación Ca/Mg. Su evaluación a tener en cuenta para la recomendación de fertilizantes.

| Finca | Prof. cm | mg/100g. Método: | | | | PSI | Evaluación | Relac. Ca ₂ /Mg ₂ | Evaluación |
|-----------|----------|-------------------------------|------------|------------------|------------|------|------------|---|------------|
| | | P ₂ O ₅ | Evaluación | K ₂ O | Evaluación | | | | |
| La Nanita | 0 - 20 | 7,10 | Bajo | 35,05 | Alto | 0,31 | Adecuado | 4,25 | Adecuada |
| | 20 - 40 | 5,49 | Bajo | 12,41 | Bajo | 1,82 | Adecuado | 4,58 | Adecuada |
| | 0 - 20 | >10,00 | Bajo | 55,53 | Alto | 0,27 | Adecuado | 4,64 | Adecuada |
| | 20 - 40 | >10,01 | Bajo | 16,41 | Medio | 1,52 | Adecuado | 4,25 | Adecuada |

De igual forma en la finca Santa Ana II se realizaron una serie de visitas por parte de especialistas del IAGRIC y del Instituto de Suelos para evaluar el proceso de implementación de la AC. Se observó que el área destinada a la implementación de la AC se encontraba en la etapa de cosecha de maíz. Se orientó acerca del aprovechamiento de este cultivo como inicio para la formación de una cobertura.

Como siguientes pasos se comentaron el acamado del terreno con el maíz con el paso del rodo cuchillo para después preparar las terrazas planas, teniendo en cuenta proximidad de la instalación del sistema de riego. Se comentó sobre los próximos muestreos de suelo, meso y macro fauna, haciendo énfasis en la importancia del acompañamiento por parte de los especialistas durante cada de las actividades que se vayan realizando (Figura 16).



Figura 16. Finca Santa Ana II. Área destinada a la implementación de la AC con cultivo de maíz.

Algunos de los parámetros evaluados en esta finca fueron:

Tabla 12. Evaluación del pH.

| Finca | Área ha | Coordenadas | | No. de Muestra | Prof. cm | pH H ₂ O | pH KCl | Evaluación |
|-----------|---------|-------------|---------|----------------|------------|---------------------|--------|------------|
| | | X | Y | | | | | |
| Santa Ana | 2ha | 351,400 | 321,700 | 1 | 0 - 20 | 8,00 | 7,60 | Alcalino |
| | | | | | 20 - 40 cm | 8,00 | 7,50 | Alcalino |

Tabla 13. Capacidad de cambio de bases y capacidad de intercambio catiónicos. Contenidos de materia orgánica del suelo.

| Finca | Prof. cm | Cmol/Kg | | | | | | | % | | | |
|-----------|----------|-----------------|-----------------|------|------|-------|-------|----------|----------|----------|------|----------|
| | | Ca ₂ | Mg ₂ | Na | K | CCB | CIC | Evaluac. | SaturaC. | Evaluac. | M.O | Evaluac. |
| Santa Ana | 0 - 20 | 13,06 | 3,80 | 1,39 | 0,97 | 19,22 | 20,38 | Medio | 94,31 | Saturado | 2,94 | Bajo |
| | 20 - 40 | 17,65 | 3,03 | 0,96 | 0,72 | 22,36 | 19,60 | Medio | 100,00 | Saturado | 2,64 | Bajo |

En esta finca se reportan niveles de sodio intercambiable superiores a 7.0 %; esto último califica al suelo como suelos con propiedades sódicas.

Tabla 14 Contenidos de Fósforo y Potasio del suelo. Relación Ca/Mg.

| Finca | Prof. cm | mg/100g. Método: | | | | PSI | Evaluación | Relac. Ca ₂ /Mg ₂ | Evaluación |
|-----------|----------|-------------------------------|----------|------------------|----------|------|------------|---|------------|
| | | P ₂ O ₅ | Evaluac. | K ₂ O | Evaluac. | | | | |
| Santa Ana | 0 - 20 | >10,00 | Bajo | 57,64 | Alto | 7,00 | Lig. Alto | 3,44 | Adecuada |

3.1.3.2. Finca Pulido (estación experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

Otro parámetro evaluado en esta finca fue el comportamiento del contenido de materia orgánica del suelo. Los resultados obtenidos constituyeron la línea base para evaluar en los ciclos de cultivos posteriores la mejora que sobre este parámetro puedan tener las prácticas de AC.

Como se puede observar los valores más altos se tienen hasta la profundidad de 20 cm (2.2 - 2.15%) lo que la define como la capa más fértil del suelo, sin embargo, estos valores se consideran bajos ya que según Milne y Haynes., 2004 y Pérez et al., 2013, estos suelos pueden alcanzar valores de MOS de hasta 6 %, en dependencia del cultivo y su manejo y de modificaciones en las prácticas agrícolas como la labranza (Figura 17).

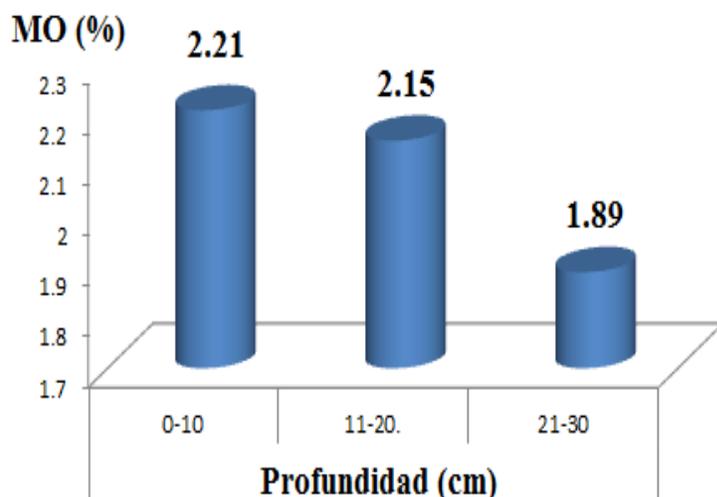


Figura 17. Contenido de materia orgánica del suelo Ferralítico Rojo compactado hasta los 30 cm de profundidad. Finca Pulido.

La pérdida de MOS es un proceso que provoca degradación física en los suelos, la cual se refleja en problemas asociados con la estructura como, por ejemplo, disminución de la porosidad y mayor compactación. Varios autores consideran que la materia orgánica constituye un indicador importante de la calidad del suelo, dado a su sensibilidad sobre las prácticas agrícolas y han demostrado cambios de este parámetro cuando son utilizados diferentes sistemas de labranza señalando que el volteo del suelo ocasionado por el laboreo tradicional aumenta el flujo de CO₂ a la atmósfera, y como consecuencia disminuye el contenido de MOS (Espinoza, 2010; Lòpez, 2010).

3.1.4. Propiedades biológicas.

3.1.4.1. Respiración basal. Finca La Nanita. Güira de Melena.

Al analizar la actividad microbiológica del suelo, en la finca La Nanita, se pudo apreciar que la respiración del suelo en el área con intensa mecanización fue inferior a la del suelo sin labranza (Figura 18) presentando diferencias significativas y un coeficiente de variación de 13.89 % para el área con intensa mecanización y de 12.21% para el área sin labranza, respectivamente.

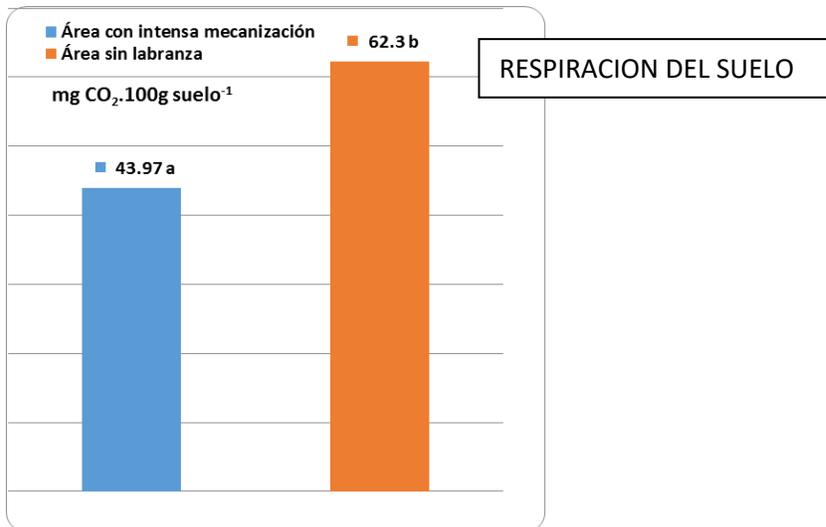


Figura 18. Comparación de la respiración del suelo en el área con intensa mecanización y el área sin labranza, letras diferentes entre columnas significan diferencias significativas con un 95% de probabilidades para n=10.

3.1.4.2. Meso y macrofauna edáfica. Finca La Nanita, Güira de Melena y finca Pulido (estación experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

En esta finca los muestreos de meso y macrofauna, en esta etapa, se realizaron en el año 2018 en el período lluvioso al unísono para la finca La Nanita y en la finca Pulido, de Alquizar. En esta ocasión se evidenciaron diferencias visuales entre las áreas bajo AC y el área bajo agricultura convencional dentro de cada finca y entre ellas respectivamente (Figura 19).



Figura 19. Muestreo de meso y macrofauna edáfica en la finca Pulido.

La macrofauna del suelo en los sitios estudiados estuvo compuesta por 3 phylum, 7 clases y 14 órdenes. A niveles taxonómicos inferiores se pudieron identificar 19 familias, 8 géneros y 5 especies. Las familias, géneros y especies encontradas son tolerantes a un amplio rango de condiciones edafo-climáticas y por tanto propias de áreas con algún nivel de perturbación.

Entre los sitios estudiados, la finca Pulido, fue el de mayor abundancia de la macrofauna, con un total de 102 individuos encontrados en el área bajo AC y 32 individuos bajo agricultura convencional; contra 39 individuos en la finca La Nanita bajo AC ya que en área bajo agricultura convencional no se logró coleccionar ningún individuo.

Este resultado demuestra el impacto positivo de las enmiendas de conservación con respecto al manejo convencional. Desde el punto de vista funcional y teniendo en cuenta fundamentalmente a la macrofauna detritívora como indicadora de calidad del suelo y de prácticas adecuadas con un impacto positivo sobre el medio edáfico, se obtuvo mayor cantidad de familias e individuos detritívoros en la finca Pulido con AC, en comparación con la finca La Nanita también bajo este tipo de manejo.

Aunque ambos sitios están sometidos a la agricultura de conservación, los resultados muestran que en la finca Pulido existe un manejo más favorable hacia la macrofauna del suelo y en específico hacia la macrofauna detritívora, que contribuye con determinados procesos del suelo como la descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (Anexo 2).

Para el caso de la mesofauna se evidenció que ambos sitios comparten el mismo número de phylum, subphylum. En la finca Pulido están representados por cuatro órdenes, mientras que la finca La Nanita por tres. El número de familias identificadas se comportó como se muestra en el (Anexo 3).

Por otra parte, en la finca Pulido se presentó el mayor nivel de abundancia debido a la dominancia de grupos indicadores de estabilidad (Oribátidos), mientras que La Nanita resultó ser el sitio con menor abundancia de individuos expresada por la dominancia de Astigmada, indicador de inestabilidad del medio edáfico.

Al analizar la composición de las familias en ambos sitios según los grupos funcionales presentes se observa que el mayor porcentaje de individuos corresponde a los detritívoros e ingenieros del suelo, asociada a una estructura trófica adecuada.

Los organismos detritívoros son fundamentales en los ciclos de nutrientes, debido a su rol iniciador del ciclo de la materia orgánica. Por su parte, los ingenieros del suelo actúan como generadores de la estructura del suelo, lo cual incide en el balance aire/agua y el mejoramiento de las condiciones físicas. El avance en la implementación de la AC debe corresponderse con la diversificación y complejización de la cadena trófica (Figura 20 y 21).

Informe final del Proyecto: IMPACTOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO EN ÁREAS DE DIFERENTES AGRO ECOSISTEMAS DEL PAÍS.



Figura 20. Gupos funcionales en el área de agricultura convencional y de AC en la finca Pulido.

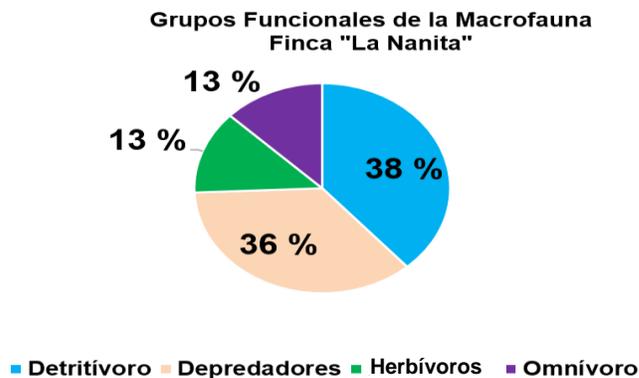


Figura 21. Gupos funcionales en el área de agricultura bajo AC. Finca La Nanita.

4. Resultado 4. Determinación de la reserva de carbono en el suelo (COS_L).

4.1. Tarea 4. Determinación de la reserva de carbono del suelo.

4.1.1. Güira de Melena.

En la finca La Nanita se determinaron los contenidos de COS_L. En el área con intensa mecanización los resultados fueron significativamente inferiores a los del suelo sin labranza (Tabla 15.). El suelo labrado presenta una mecanización intensa la cual agudiza el fenómeno de pérdida del carbono orgánico del suelo al incrementar la oxidación de la materia orgánica por la exposición de la misma a la superficie, por la aradura con inversión del prisma. Estas pérdidas de la MOS que se pueden apreciar al ver la disminución de la fracción más lábil de carbono influyen en el endurecimiento del suelo y disminuye la capacidad biológica del mismo para funcionar.

Tabla 15. Valores de COS_L y respiración del suelo según sistema de labranza del suelo. Letras diferentes entre filas significan diferencias significativas para un 95% de probabilidades (n=10).

| Sistema de labranza | Prof(cm) | N | COS_L (mgC kg suelo ⁻¹) | CV (%) |
|-------------------------------|----------|----|---------------------------------------|--------|
| Área con intensa mecanización | 20 | 10 | 198.90 ^a | 18.7 |
| Área sin labranza | 20 | 10 | 316.37 ^b | 10.2 |

Los valores en ambas áreas se encuentran por debajo a lo reportado (Ginebra *et al.*, 2015) en áreas de cultivos diversificados con suelo Ferralítico Rojo. Este fenómeno se asocia a que tanto en el área con intensa mecanización como en la sin labranza se siembran monocultivos.

La especialización de los sistemas agrícolas provoca una pérdida considerable de COS_L (Socarrás *et al.*, 2014). En sentido general los contenidos de COS_L , predecesor de formas más humificadas de la MOS, se condicionan a la incorporación de material orgánico al suelo, el manejo de restos de cosecha, la cobertura vegetal, y además como estos resultados ilustran al sistema de labranza que presenten los agro ecosistemas influye en la cantidad de carbono lábil que se acumula en el suelo.

El suelo de esta finca se encuentra bajo un proceso de degradación, lo cual ha modificado sus propiedades. Las propiedades biológicas indican un alto grado de perturbación. El suelo descubierto y la falta de aportes vegetales, así como el monocultivo disminuyen el COS_L , predecesor de formas más estables de MOS comprometiendo la recuperación del sistema. La actividad biológica se ve disminuido producto de la labranza y de la falta de fracciones lábiles de MOS. Ambos indicadores muestran que este es un agro ecosistema vulnerable y que la labranza excesiva atenta contra la productividad y calidad del suelo.

5. Resultado 5. Calculados los índices de calidad de suelo.

5.1. Tarea 5. Relacionar la composición de la fauna edáfica del suelo (meso y macrofauna) con los indicadores físicos, químicos y biológicos.

5.1.1. Finca La Nanita Güira de Melena y finca Pulido (estación experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

Como se comentó anteriormente los muestreos de meso y macrofauna en esta etapa se realizaron en período lluvioso al unísono en la finca La Nanita y en la finca Pulido. En esta ocasión de evidenciaron diferencias visuales entre las áreas bajo AC y la agricultura convencional para cada una de las fincas y entre ellas respectivamente.

A partir de los muestreos de meso y macrofauna realizados en Pulido se evaluaron los porcentajes de abundancia de cada una de las familias encontradas para las áreas bajo AC y agricultura convencional (Figuras 22 y 23).

Informe final del Proyecto: IMPACTOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO EN ÁREAS DE DIFERENTES AGRO ECOSISTEMAS DEL PAÍS.

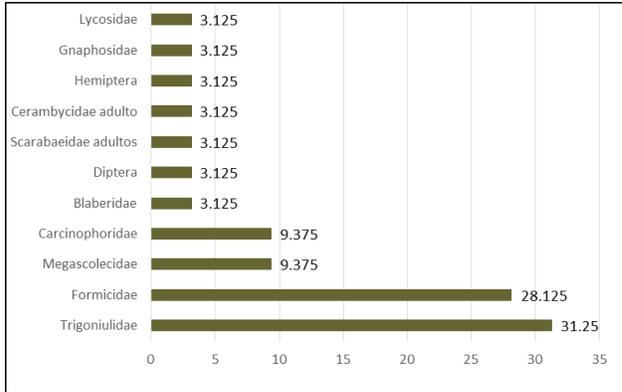


Figura 22. Porcentaje de abundancia de familias en el área bajo agricultura convencional. Finca Pulido.

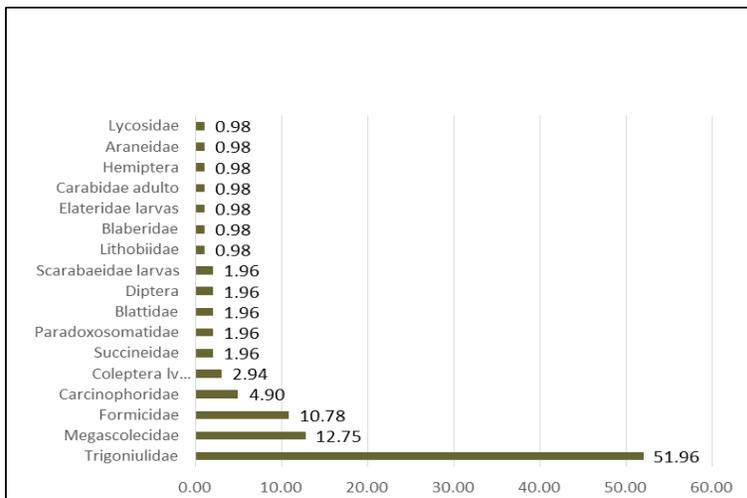


Figura 23. Porcentaje de abundancia de familias en el área bajo AC. "Pulido", Alquízar.

La comparación de los dos sitios de estudio, específicamente en el área bajo AC, se muestra a continuación (Figura 24).

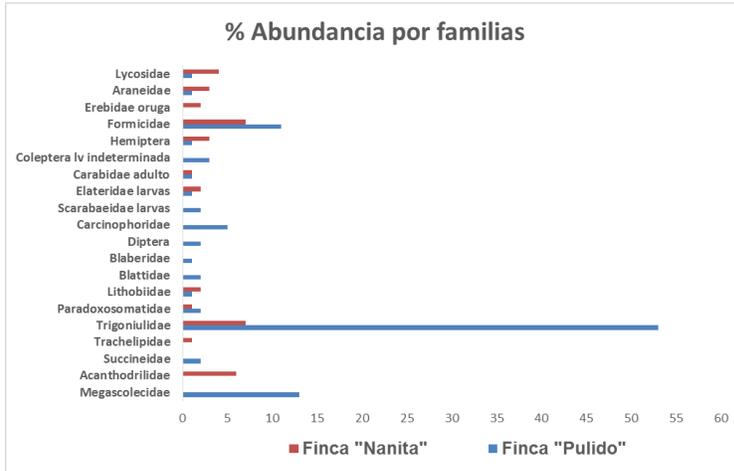


Figura 24. Comparación del porcentaje de abundancia de familias en las áreas bajo AC, finca Pulido y finca La Nanita.

En el análisis de estos resultados se evidencia el reemplazo de familias como efecto de la incorporación de la materia orgánica en el área destinada a la AC. Destacan el paso de Megascolecidae del tercer lugar de abundancia en el sistema convencional al segundo en el sistema de conservación y el descenso de Blaberidae del quinto lugar en el primer caso al doceavo lugar en el segundo; así como la aparición en la comunidad del área de agricultura de conservación de familias asociadas al ciclo de la materia orgánica.

Al evaluar el número de especies presentes se evidencia una mayor riqueza en el área bajo AC con respecto al área bajo agricultura de convencional, específicamente en la finca Pulido. Resultados similares se obtuvieron al comparar este mismo parámetro entre las dos fincas para las áreas bajo AC (Figura 25 y 26).

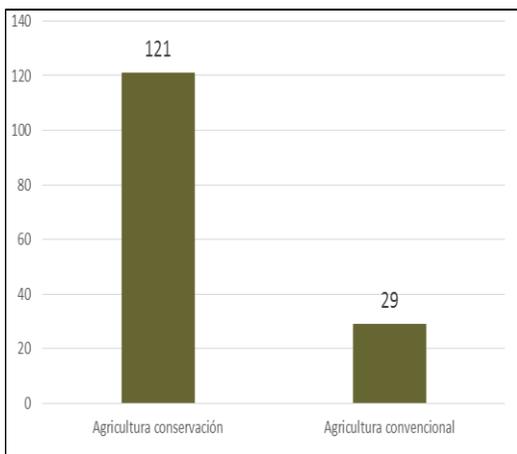


Figura 25. Riqueza específica en las áreas bajo AC y agricultura convencional. Finca Pulido.

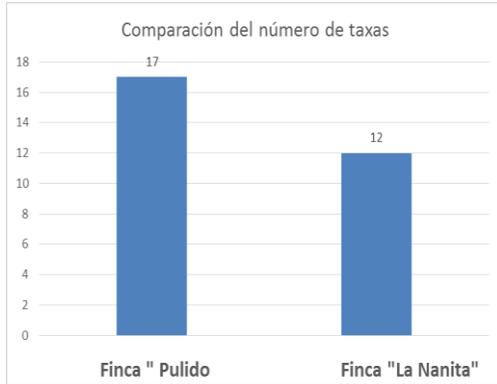


Figura 26. Comparación de la Riqueza específica en las áreas bajo AC de las fincas. La Nanita y Pulido.

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a los indicadores faunísticos propuestos por Cabrera-Dávila *et al.*, 2017 para el análisis de las comunidades edáficas de la finca Pulido (Tabla 16).

Tabla 16. Indicadores faunísticos

| | Agricultura Convencional | Agricultura de Conservación |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Relación detritivoro/ no detritivoros. | 3,57 | 5,36 |
| Relación lombrices / hormigas. | 0,33 | 1,18 |

Los resultados evidencian el incremento de los organismos detritívoros en el área de AC; así como la inversión de la relación lombrices / hormigas. En el área de agricultura convencional existe predominio de las hormigas (indicadoras de degradación), mientras que en la de agricultura de conservación predominan las lombrices; grupo taxonómico fundamental para la recuperación y mantenimiento de las condiciones óptimas del sistema edáfico.

En cuanto a la estimación de la biodiversidad alfa, en el área bajo AC se obtuvo un valor para el índice de diversidad de Shannon – Wiever menor que en el área bajo agricultura convencional. La explicación a este resultado, aparentemente inusual, está en la estructura matemática del índice, el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa.

Por esta razón, cuando en la comunidad existe una clara dominancia de un grupo taxonómico (Trigoniulidae y Megascolecidae, en este caso) el valor del indicador decrece, aunque la riqueza de individuos (S) aumente (Anexo 2). Este comportamiento de la comunidad también se encuentra expresado de manera directa a través del menor valor del índice de equidad de Pielou en esta área, así como el mayor valor del índice de dominancia de Simpson.

Se calculó además el coeficiente de similitud de Jaccard con la finalidad de estimar la biodiversidad beta, la cual compara la diversidad entre dos áreas. El valor obtenido sugiere un reemplazo de aproximadamente la mitad de las familias en un área en relación a la otra (Tabla 17).

Tabla 17. Comparación de los valores para los índices de diversidad (Shannon - Wiener), índice de equidad de Pielou, índice de dominancia Simpson y el coeficiente de similitud de Jaccard en las áreas bajo AC y agricultura convencional. Finca Pulido.

| Área | Índice de diversidad (Shannon - Wiener) | Índice de equidad de Pielou | Índice de dominancia Simpson | Coeficiente de similitud de Jaccard |
|-----------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Agricultura convencional | 1,922 | 0,554 | 0,201 | 0,4 |
| Agricultura de conservación | 1,797 | 0,389 | 0,304 | |

6. Resultado 6. Efectos socioeconómicos y ambientales de la introducción de AC.

6.1. Tarea 6. Evaluar impactos socio-económicos y servicios ambientales que pueden generarse por la introducción de la agricultura de conservación.

6.1.1. Finca Pulido (estación experimental del IAGRIC), Municipio Alquizar.

En la Tabla. 18 y 19 se muestran los resultados del consumo de combustible empleado en las áreas bajo agricultura convencional y AC respectivamente, en la finca Pulido.

Tabla 18. Tecnología utilizada en área bajo agricultura convencional.

| Actividad | Tractor | Implemento | Consumo Combustible(L/ha) |
|-----------|-------------------|-------------------------|---------------------------|
| Rotura | New Holland TT-75 | Arado 3 discos | 25.15 |
| Mullir | | Grada 28 discos | 8.09 |
| Cruce | | Arado 3 discos | 25.10 |
| Mullir | | Grada 28 discos | 8.02 |
| Siembra | | Sembradora de 6 hileras | 4.12 |
| Total | | | |

Tabla. 19 Tecnología utilizada en área bajo AC.

| Actividad | Tractor | Implemento | Consumo Combustible (L/ha) |
|-----------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Acamar | New Holland TT-75 | Rolo Cuchilla | 6.8 |
| Fumigar | | Asperjadora | 4.6 |
| Siembra | | Sembradora de 6 hileras | 6.4 |
| Total | | | 17.8 |

Al evaluar el consumo de combustible en las áreas bajo AC y agricultura convencional se observa un ahorro de combustible de 52,68 L a favor de la práctica de la AC. Estos resultados reafirman lo planteado por algunos autores al respecto (Friedrich., 2016).

Conclusiones

1. El número de individuos detritívoros, en las fincas La Nanita y Pulido, como indicadores biológicos de la macrofauna y de la calidad del suelo se incrementó con la aplicación de la AC.
2. Con la aplicación de la AC, en la finca Pulido, se redujo la evaporación del agua desde la superficie del suelo disminuyendo el riego hasta un 8%: así como un ahorro de combustible de 52,68 L.
3. Se capacitaron un total de 250 personas (productores, especialistas, técnicos y decisores) en temas de Agricultura de Conservación, maquinaria, manejo integral de los suelos y agua, entre otros.
4. Con la implementación de la Agricultura de Conservación, en el año evaluado (2017-2019), se ha obtenido un ligero incremento de los niveles de materia orgánica, una mayor actividad biológica, disminución de la compactación, mayor retención del agua y mayor diversificación de los cultivos: lo que repercutió en la productividad agrícola.

Recomendaciones

1. Elaborar un proyecto de continuidad que incluya como áreas de estudio las fincas Pulido, La Nanita y Santa Ana siendo aquellos donde se obtuvieron resultados positivos y palpables, lo cual permitirá continuar evaluando los impactos de la introducción de la AC en estos agroecosistemas.
2. Extender los resultados alcanzados en la propia provincia, o en otras zonas del país, lo que podría contribuir al uso y manejo adecuado de los recursos suelo y agua, elevándose así los rendimientos agrícolas, el cuidado del suelo y el medio ambiente.
3. Evaluar los niveles de actividad enzimática y la determinación de grupos fisiológicos solubilizadores de fósforo, potasio y nitrógeno dentro de la comunidad microbiana como nuevos indicadores biológicos para medir los efectos de la implementación de la agricultura de conservación.
4. Incorporar estudios de valoración económica en los sitios de estudio que demuestren los cambios en los niveles de producción agrícola aparto de la introducción de la Agricultura de Conservación.
5. Evaluar los cambios provocados por factores climáticos en diferentes indicadores biológicos como los niveles de actividad enzimática, meso y macrofauna edáfica, respiración basal y composición de la comunidad microbiana.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

- ✓ Anderson, J.M. e Ingram, J.S.I., 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International. Wallingford, United Kingdom. 236 pp.
- ✓ Barreto, U. F., 2017. Las propiedades físicas del suelo en los sistemas de producción agraria. II Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo. V Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. Ago. 17-18: Encarnación, Paraguay. CDD: 631.4. ISBN: 978-99967-0-452-9, pp. 33-37.
- ✓ Becerra, D., 2015. Evaluación de diferentes sistemas productivos en el cultivo del arroz: efectos en la dinámica de los herbicidas Bentazona y MCPA, y sobre las emisiones de gases de efecto invernadero. Tesis de Doctoral, Universidad de Extremadura, España.
- ✓ Bonilla R, y Murillo J., 1998. Desarrollo de sistemas de manejo para la recuperación de suelos compactados del Cesar, la Guaira y Magdalena. En memorias, Encuentro Nacional de Labranza de Conservación. Villavicencio, Colombia, pp.195-204.
- ✓ Cabrera-Dávila, Grisel; Robaina, Nayla, Ponce de León, D., 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. Pastos y Forrajes. 34 (3):331-346.
- ✓ Calero B.J, Lisbe. F, M. Rodríguez, A, Morales. Chaveli. P, F. Martínez y O. Muñiz. 2010. Estado microbiológico: fundamento para validar sistemas de manejo de suelos y substratos. Publicación electrónica: CD Congreso 45 Aniversario del IS y 25 de la SCCS, 7-9.
- ✓ Casão, j. r, A.g. Araújo y R. fuentes.2012. *Plantiodireto no Sul do Brasil: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista*. ISBN: 978-85-88184-40-4. 77 pp. © FAO e IAPAR.
- ✓ Cid, G., Herrera, J.1987. "Estudio de la infiltración del agua en un suelo Ferralítico Rojo compactado a diferentes niveles de humedad", Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje, 10(2): 25–37. ISSN: 0138-8487.
- ✓ Cid, L. G. 1988. Aspectos generales sobre la infiltración de los suelos, Ed. Centro de Información y Documentación Agropecuario, La Habana, Cuba, 34 p.
- ✓ Cid, g., T. López; F. González; J. Herrera y M.E. Ruíz.2011. "Propiedades físicas de algunos suelos de Cuba y su uso en modelos de simulación", Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 20 (2):42-46p.

- ✓ Conservation Tillage Information Center (CTIC).1984. National Survey (of) Conservation tillage Practices. CTIC. Fortwayne, IN.137 p,
- ✓ Díaz, G. S., Hernández, T., Caballero, R.2004. La rotación de cultivos, un camino a la sostenibilidad de la producción arrocera. *Cultivos Tropicales*. ISSN digital: 1819-4087. 22(3): 19 -44.
- ✓ Díaz, G., Cabrera, J. y Ruíz, M.2009. Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, ISSN digital: 1819-4087, vol. 30, no. 3, p. 40-46.
- ✓ Duarte, C., López, T., Cisnero, E., Almagro, O. y Martínez, J. A. 2017. "Propuesta de medidas de adaptación al cambio climático en el sector agropecuario local en Cuba". *Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, 7(2): 21-30.
- ✓ Espinoza, Y.2010. Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y tamaño de agregados en un suelo cultivado con maíz en condiciones tropicales. *Rev. Bioagro* 22 (3):177-184.
- ✓ Freitas, V. H. 2000. Manejo del suelo en pequeñas fincas. Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos. *BOLETÍN DE SUELOS DE LA FAO* 77. ISSN 1020-0657. 74pp.
- ✓ Friedrich, T., Kassam, A.H.; Shaxson, F. 2009. Conservation Agriculture. In: *Agriculture for Developing Countries. Science and Technology Options Assessment (STOA) Project*. European Parliament. European Technology Assessment Group, Karlsruhe, Germany.
- ✓ Friedrich, T. 2016."Manejo sostenible de suelo con Agricultura de Conservaciónn. Significado para el cultivo de arroz", *Revista de Ingeniería Agrícola*, ISSN 2306-1545, Vol. 7(1): pp. 3-7.
- ✓ Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muniz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds), 2014. *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*, Comisión Europea. ISBN: 978-92-79-25599-1 - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.
- ✓ Ginebra, M., R., Alfaro, M., Calero M., Ponce., D. y Font, V.L. 2015. Carbono lábil como un indicador de cambios en dos suelos bajo diferentes usos. [En línea]. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 3, pp. 64-70. ISSN 1819-4087.
- ✓ Gil, R., 2009. El Comportamiento Físico-Funcional de los Suelos. Algunos criterios para la cuantificación y diagnóstico del comportamiento estructural del suelo, y su

relación con la dinámica del agua y la producción de los cultivos. Instituto de Suelos. INTA Castelar.

- ✓ Herrera, J., Martínez, J. A., Rodríguez, A., Cid, G. 2017. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la infiltración en suelos Ferralíticos Rojos. *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 7, No. 4 (octubre-noviembre-diciembre), pp. 3-10.
- ✓ Hernández, F., ALBA-Triana, F.; Daza-Torrez, M.C. 2009. "Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del páramo del Sumapaz", *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (8): 29-38, ISSN: 1692-9918.
- ✓ Hernández, A., Morales, M., Borges, Y., Vargas, D.; Cabrera, J., Ascanio, M.O., Ríos, H., Funes, F.; Bernal, A., González, P.J. 2014. Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana" por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). ISBN: 978-959-7023-66-1.
- ✓ Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D., y Castro, N. 2015. Clasificación de los Suelos de Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7: 91pp.
- ✓ Hernández, O., Cintra, M., Alfonso, C., Sánchez, I., Rodríguez, Y., Oliva, R., López, N., Limeros, T., Ceballos, D., San Lois, D., Piedra, C., y Velázquez C. 2016. Manual de Agricultura de Conservación. Segunda edición ISBN: 978-959-7248 -02 -6 -PNUD; 41pp.
- ✓ Herrera, J., Martínez, J. A., Rodríguez, A., Cid, G.2017. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la infiltración en suelos Ferralíticos Rojos. *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol.7, No. 4(octubre-noviembre-diciembre), pp. 3-10.
- ✓ Hillel, D. 1980. Applications of soil physics, no. solc. S592.3.H53, Ed. Academic Press, New York, 385 p. ISBN: 978-0-12-348580-9.
- ✓ Larson W.E. & F.J. Pirce1994.The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management, pp. 37- 51, In: Doran, J.W. et al., (Eds. Defining soil quality for a sustainable environment, Madison: ASA/SSSA.
- ✓ Lavelle, P. *et al.* 2003. Soil macrofauna. In: Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods. (Eds. G. Schroth & F.L.Sinclair). CABI Publishing. UK. p. 303.
- ✓ Leyva, 2013. Valoración de indicadores de calidad para el diseño e implementación de tecnologías de manejo en Luvisoles de la zona norte de la

provincia de Las Tunas, Cuba. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral, 2013.

- ✓ López, R.2010. Laboreo de conservación. Efectos a corto y largo plazo sobre la calidad del suelo y el desarrollo de los cultivos. Tesis presentada para optar por el grado de Doctora en Ciencias. Universidad de Sevilla, España.
- ✓ López, T., Ruíz, M.E., González, F., Cid, G. y Herrera, J. 2016. “Actualización de herramientas disponibles para la precisión de balances hídricos del suelo en trabajos experimentales”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(3): 18-25, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- ✓ Mileni R.M. & Haynes R.J. 2004 “Comparative effects of annual and permanent dairy pastures on soil physical properties in the Tsitsikamma region of South Africa” *Soil Use and Management*. 20: 81–88. ISSN: 0266-0032.
- ✓ Olivet, Y. E. 2010. Efecto de tres sistemas de labranza en las propiedades físicas y en el consumo energético para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en un Vertisol. Universidad Politécnica de Madrid, Tesis Doctoral.
- ✓ Orjuela –Matta, H.M., Rubiano-Sanabria, Y., Camacho Tamayo, J.H. 2010. “Behavior of the infiltration on an oxisol”, *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2): 31-39, 2010, ISSN: 0123-4226.
- ✓ Pérez, F. H, Santana, I y Rodríguez, H. 2013. Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar, 290pp., Ed. AMA. Primera edición, La Habana, ISBN: 978-959-300-051-2.
- ✓ Shannon CE, Weaver W.1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.
- ✓ Socarrás, A. e Izquierdo I. 2014. Evaluación de sistemas agroecológicos mediante indicadores biológicos de la calidad del suelo: mesofauna edáfica. *Pastos y Forraje*. Vol 37, N. 1,47-54.
- ✓ Reeves, T.G., T. Graeme y R. Gordon.2016. Ahorrar para crecer en la práctica: maíz-arroz-trigo, 124pp., Guía para la Producción Sostenible de Cereales. © FAO, Roma, ISBN 978-92-5-308519-4.
- ✓ Jetter, C. 2013. (presidente de la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz):. *Special Rice de Agritechnica*. Prensa. Viernes 15 de noviembre, pp 04:18.
- ✓ Weil, R.R.; Islam, K.R.; Stine, M.A.; Gruver, J.B. y Samson-Liebig, S.E. 2003. “Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use”, *American Journal of Alternative Agriculture*, vol. 18, no. 3, pp. 3–17, ISSN 1478-5498, DOI 10.1079/AJAA200228.

✓ ANEXOS

Anexo 1. Manual de Agricultura de Conservación



Anexo 2. Composición taxonómica y funcional de la macrofauna del suelo en los diferentes sitios de estudio en Artemisa (N: "La Nanita", P: Unidad de Ciencias Técnicas de Base " Pulido ").

| Nombre común | Phylum ¹ Clase ² | Orden ¹ Familia ² | Género ¹ Especie ² | Grupo Funcional | Abundancia/Sitios de estudio | |
|---------------------|--|--|--|-----------------|------------------------------|---|
| | | | | | P | N |
| Lombrices de tierra | Annelida ¹ Clitellata ² | Haplotaxida ¹ Acanthodrilidae ² Megascolecidae ² | - | Dt | | 6 |
| | | | <i>Polypheretima</i> ¹ <i>P. elongata</i> ² | Dt | 13 (3) | |
| Caracoles | Mollusca ¹ Gastropoda ² | Stylommatophora ¹ Succineidae ² | <i>Succinea</i> ¹ | Dt | 2 | |
| Cochinillas | Arthropoda ¹ Malacostraca ² | Isopoda ¹ Trachelipidae ² | <i>Nagarus</i> ¹ | Dt | | 1 |
| Milpiés | Arthropoda ¹ Diplopoda ² | Spirobolida ¹ Trigoniulidae ² Polydesmida ¹ Paradoxosomatidae ² | - | Dt | 53 (10) | 7 |
| | | | <i>Ortomorpha</i> ¹ <i>O. coarctata</i> ² | Dt | 2 | 1 |
| Ciempíes | Arthropoda ¹ Chilopoda ² | Lithobiomorpha ¹ Lithobiidae ² | - | Dp | 1 | 2 |
| Arañas | Arthropoda ¹ Arachnida ² | Araneae ¹ Araneidae ² | - | Dp | 1 | 3 |
| | | Gnaphosidae ² | - | Dp | (1) | |
| | | Lycosidae ² | - | Dp | 1 (1) | 4 |
| Escarabajos | Arthropoda ¹ Insecta ² | Coleoptera ¹ Carabidae ² | - | Dp | 1 | 1 |
| | | Cerambycidae ² | - | Hv | (1) | |
| | | Scarabaeidae ² | - | Hv | 2 (1) | |
| | | Elateridae ² | - | Dp | 1 | 2 |
| | | Larvas indeterminadas | - | Hv | 3 | |
| Chinches | Arthropoda ¹ Insecta ² | Hemiptera ¹ | - | Hv | 1 (1) | 3 |
| Cucarachas | Arthropoda ¹ Insecta ² | Dictyoptera ¹ Blaberidae ² | <i>Pycnoscelus</i> ¹ <i>P. surinamensis</i> ² | Om | 1 (1) | |
| | | Blattidae ² | - | Om | 2 | |
| Moscas | Arthropoda ¹ Insecta ² | Diptera ¹ | - | Dt | 2 (1) | |

Informe final del Proyecto: IMPACTOS DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO EN ÁREAS DE DIFERENTES AGRO ECOSISTEMAS DEL PAÍS.

| | | | | | | |
|-----------|---|---|--|----|-------------|----|
| Hormigas | Arthropoda ¹ Insecta ² | Hymenoptera ¹ Formicidae ² | <i>Odontomachus</i> ¹ | Dp | 1 (3) | 2 |
| | | | <i>Solenopsis</i> ¹ | Om | 6 (6) | 5 |
| | | | <i>S. geminata</i> ² <i>Tetramorium</i> ¹ <i>T. bicarinatum</i> ² | Om | 4 | |
| Orugas | Arthropoda ¹ Insecta ² | Lepidoptera ¹ Erebidae ² | - | Hv | | 2 |
| Tijeretas | Arthropoda ¹ Insecta ² | Dermaptera ¹ Carcinophoridae ² | - | Dt | 5 (3) | |
| Total | | | | | 102 (32) | 39 |

Anexo 3. Composición taxonómica y funcional de la mesofauna del suelo. Finca Pulido.

| SITIO: PULIDO | | | | | | |
|---------------|-----------------|-------------|------------|----------------|----|-------------|
| Arthropoda | Cheliceriformes | Chelicerata | Oribatida | Collomanidae | 3 | Detritívoro |
| | | | | Oribatellidae | 14 | Detritívoro |
| | | | | Achipteridae | 6 | Detritívoro |
| | | | | Scheroribatida | 3 | Detritívoro |
| | | | | Mesostigmada | 4 | Depredador |
| | Astigmada | 9 | Fungívoro | | | |
| | Hexapoda | Insecta | Psocoptera | - | 1 | Detritívoro |

Anexo.4 Parámetros de ajuste al modelo de van Genuchten de las curvas características o tensión humedad, cth, definidos como valores iniciales para el área bajo AC.

| Parámetros CTH | Valores | Error Estándar, SE | T- valor | Limites intervalo de confianza 95% | |
|------------------|---------|--------------------|----------|------------------------------------|----------|
| | | | | Inferior | Superior |
| 0-10 cm | | | | | |
| W sat | 0.48919 | 0.00925 | 52.89 | 0.4598 | 0.5186 |
| α | 0.00217 | 0.00089 | 2.44 | -0.0007 | 0.0050 |
| n | 1.15807 | 0.02265 | 51.13 | 1.0860 | 1.2301 |
| 10-20 cm | | | | | |
| W sat | 0.47453 | 0.00724 | 65.54 | 0.4515 | 0.4976 |
| α | 0.00121 | 0.00046 | 2.63 | -0.0003 | 0.0027 |
| n | 1.17928 | 0.02560 | 46.06 | 1.0978 | 1.2668 |
| 20-30 cm | | | | | |
| W sat | 0.53991 | 0.00779 | 69.30 | 0.5151 | 0.5647 |
| α | 0.00408 | 0.00107 | 3.80 | -0.0007 | 0.0075 |
| n | 1.15661 | 0.01365 | 84.72 | 1.1132 | 1.2001 |
| Promedio 0-30 cm | | | | | |
| W sat | 0,50121 | 0,00809 | 62,6 | 0,4755 | 0,5270 |
| α | 0,00249 | 0,00081 | 3,0 | -0,0006 | 0,0051 |
| n | 1,16465 | 0,02063 | 60,6 | 1,0990 | 1,2323 |

Anexo.5 Resultados presentados en eventos y publicaciones.

XXI Congreso Latinoamericano y XV Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo “Todos los Suelos en la Mitad del Mundo” Quito – Ecuador, 2016. Evaluación de indicadores físicos, químicos y biológicos de suelo en Artemisa, Cuba.

Taller de suelo y cambio climático, Cuba, palacio de las convenciones, 2016. “Suelo-Cambio Climático- Agricultura de Conservación” Donde se presentaron algunos de los resultados del Diagnóstico de la Finca la Nanita y el plan de manejo recomendado con agricultura de conservación, destacando el efecto que pueden tener estas prácticas ante los efectos del Cambio Climático.

Congreso Internacional de Suelos, 2018. “Efectos tempranos en la macrofauna edáfica de la implementación de la agricultura de conservación en un suelo ferralítico rojo”. Fórum de Base de Ciencia y Técnica. Instituto de Suelos, 2018.

Incidencia de la Agricultura de Conservación en la macro fauna edáfica en dos agro ecosistemas. Convención Internacional de Ingeniería Agrícola. Título: Evaluación del régimen hídrico en un suelo Ferralítico Rojo bajo principios de Agricultura de Conservación.



XXI Congreso
Latinoamericano de
la ciencia del suelo
"Todos los Suelos en la Mitad del Mundo"



XXI Congreso Latinoamericano y XV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo

"Todos los Suelos en la Mitad del Mundo"

Quito – Ecuador, del 24 al 28 de octubre del 2016
Hotel J.W. Marriott

EVALUACIÓN DE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE SUELO EN ARTEMISA, CUBA

Ginebra Aguilar¹, M¹; Rodríguez, A¹; Herrera, J²; Díaz, Y²; Rodríguez, A²; Monaga, M¹; Calero B³; Rodríguez, M¹; Hernández, O¹; Duarte, C²

¹Instituto de Suelos. Cuba ²Instituto de Ingeniería Agrícola. Cuba ³Ministerio de la Agricultura. Cuba

*Autor de contacto: INVESTIGACION12@ISUELOS.CO.CU; Boulevard 15205 entre f y g SMP San Fco. de Paula. La Habana, Cuba; (535) 3891369

RESUMEN

Para la elaboración de la propuesta de manejo a largo plazo de un agroecosistema de cultivos intensivos, en un suelo Ferralítico Rojo, de la provincia de Artemisa, Cuba, sometido a un modelo de intervención intensiva del suelo, se evaluaron indicadores físicos, químicos y biológicos. Los parámetros evaluados fueron: densidad del suelo, resistencia a la penetración, distribución espacial de la humedad, macrofauna edáfica y se hicieron determinaciones de respiración de suelo y carbono orgánico lábil; además, se evaluó el pH y el de contenido de materia orgánica (MOS) en la capa arable (0-20 cm). Se encontró una amplia variabilidad espacial en la distribución de la humedad y una capa endurecida cercana a la superficie del suelo (12.5 cm). La cantidad de materia orgánica en el horizonte superficial fue el 38% inferior a la obtenida en un área de referencia con cero labranzas por más de 20 años. Los valores de pH encontrados son superiores a los valores típicos para estos suelos en Cuba. La respiración del suelo denota una baja actividad biológica, con contenidos de carbono orgánico lábil de 198.9 mgC.KgSuelo⁻¹. La macrofauna edáfica encontrada fue escasa y con predominancia de depredadores sobre detritívoros. El análisis integral de los resultados muestra un fuerte deterioro del suelo producto de la forma continuada de trabajo, en correspondencia se hace una propuesta de manejo para atenuar este proceso de degradación que incluye la introducción de los principios de agricultura de conservación.

PALABRAS CLAVE

Indicadores de calidad de suelo; degradación de suelo; agricultura de conservación.

CARBONO LÁBIL COMO UN INDICADOR DE CAMBIOS EN DOS SUELOS BAJO DIFERENTES USOS

The labile Carbon as indicator of changes in two soils under different uses

Milagros Ginebra Aguilar¹, Mirelys Rodríguez Alfaro¹,
Bernardo Calero Martín¹, Daniel Ponce de León² y Lisbet Font Vila³

ABSTRACT. The soil organic matter is an essential component in the reserve and carbon cycle. The carbon in the soil is incorporated to the continuous contribution of organic material in natural conditions, however, the land's practice generates the organic carbon decrease while sustainable practices of land use contributes to its capture and accumulation. A frequent practice for evaluating changes of the organic matter quality under different managements is the determination of labile fractions of soil organic carbon. The content of Labile Soil Organic Carbon (COS_L) was compared on the soil layer 0-20 cm of a soil Ferralítico Rojo Típico from Ciego de Ávila with a Ferrítico Rojo Oscuro from Camagüey were undergone to three uses of the soil: Without exploitation, diversified and intensive crop cultivation. COS_L extraction was performed by oxidation with potassium permanganate (0,02 mg L⁻¹) and the determination was made by colorimetry. Independently the use, the content of COS_L is higher on the Ferralitic soil than on the Ferrítico one but in both the contents decreased in the areas under intensive cultivation in relation to the ones without any exploitation. In addition to this, in the diversified systems, based on Lands Sustainable Management, this indicator tends to recover. These results suggest the inclusion of the determination of the COS_L, as an alert indicator on how the soil's uses affect the quality of them.

Key words: organic matter, soil, fertility, biological properties

INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera se han incrementado, lo que ha estado condicionado, entre otros factores, por el paso de

¹ Instituto de Suelos, Autopista Costa-Costa, km 8½., Apdo. 8022, CP 10 800, Capdevila, Boyeros, La Habana. Cuba.

² Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana. Cuba.

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba.

✉ investigacion12@isuelos.co.cu

RESUMEN. La materia orgánica en el suelo es un componente clave en la reserva y ciclo del carbono. En condiciones naturales el carbono se incorpora al suelo a través del aporte continuo de material orgánico; sin embargo, existen prácticas de uso de la tierra que generan una disminución del carbono orgánico en el tiempo, a la vez hay prácticas de uso sostenible que favorecen su captura y acumulación. La determinación de fracciones lábiles de carbono orgánico del suelo, constituye una práctica frecuente para evaluar cambios en la calidad de la materia orgánica bajo distintos manejos. Se comparó el contenido de carbono lábil (COS_L) en la capa 0-20 cm de un suelo Ferralítico Rojo Típico con el de un Ferrítico Rojo Oscuro Típico, sometidos a tres usos del suelo (sin explotación, cultivo diversificado y cultivo intensivo). La extracción del COS_L se realizó por oxidación con permanganato de potasio a 0,02 mg L⁻¹ y las determinaciones se hicieron colorimétricamente. Se encontró que independientemente del uso, el contenido de COS_L fue superior en el suelo Ferralítico que en el Ferrítico y que para ambos suelos los contenidos disminuyeron en las áreas bajo cultivo intensivo con relación a las áreas sin explotación; además, en el sistema diversificado, donde se aplican principios de Manejo Sostenible de Tierras, este indicador tiende a recuperarse. Estos resultados sugieren la inclusión de la determinación del COS_L, como indicador de alerta del efecto de los usos del suelo sobre su calidad.

Palabras clave: materia orgánica, suelo, fertilidad, propiedades biológicas

los ecosistemas naturales a sistemas de producción agrícola (1).

En los suelos se encuentran tres formas básicas de carbono: elemental, inorgánico y orgánico. El carbono orgánico es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo (2, 3), la que constituye un importante reservorio o fuente emisora de carbono hacia la atmósfera, influyendo por tanto en el ciclo global de este elemento (1).

En condiciones naturales, el carbono de la materia orgánica se incorpora al suelo a través del aporte

La Habana, 28 de Diciembre de 2018
"Año 60 de la Revolución"

DICTAMEN DEL CONSEJO CIENTÍFICO

En sesión ordinaria del Consejo Científico del Instituto de Suelos celebrado el 18 de Diciembre de 2018, se aprobó enviar el informe de avances para pedir al programa una prórroga del proyecto "proyecto **Impactos de la Agricultura de Conservación sobre propiedades del suelo en áreas de diferentes agro ecosistemas del país.**" perteneciente al Programa: Uso sostenible de los componentes de la Diversidad Biológica en Cuba. Código: P211LH005-022 conducido por la Dra. Oneyda Hernández Lara, del instituto de Suelos.

El proyecto tiene como objetivo Evaluar en agro ecosistemas cubanos la Agricultura de Conservación como práctica agrícola alternativa para la protección de los suelos y su efecto sobre la fauna edáfica.

Este proyecto reviste una gran importancia por lo que es necesario la aprobación de una extensión fundamentada porque las áreas de intervención de este proyecto tributan al proyecto Internacional basal como contraparte del mismo. Debido a que hubo atraso en la entrada de los módulos de la maquinarias específicas para la implementación de la Agricultura de Conservación, no fue posible medir los indicadores, que nos permitan dar una valoración más detallada de los impacto de este sistema agrícola y poder compararlo con el sistema tradicional. Además teniendo en cuenta que al proyecto basal se le aprobó una extensión hasta el 2020 y queremos aprovechar esta oportunidad para dar mayores resultados.

Por todo lo antes expuesto le solicito una prórroga hasta diciembre 2020.

Por lo anteriormente expuesto fue unánime la votación del Consejo Científico en la aprobación de la propuesta de prórroga de este proyecto, lo cual quedó recogido en el acuerdo No.83 del Acta -6 del 2018.

Francisco Martínez Rodríguez
Presidente



Autopista Costa-Costa Km. 8 ½ y carretera Vento, Apdo 8022, C.P 10 800. Capdevila, Boyeros. Ciudad de La Habana, Cuba. **Telef.:** +53(7) 645 1399 / 2724 / 1788 / 1166, **Fax:** +53 (7) 645 3946, **Email:** suelos@minag.cu



Instituto
de Suelos

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA

La Habana 28 de Diciembre 2018
"Año 60 de La Revolución"

A: Jefa del Programa Diversidad Biológica CITMA

De: Dra. Oneyda Hernández Lara

Coordinadora del proyecto

Asunto: Solicitud de prórroga del proyecto

Por medio de la presente le solicito una extensión del proyecto "**Impactos de la Agricultura de Conservación sobre propiedades del suelo en áreas de diferentes agro ecosistemas del país.**", perteneciente al Programa: Uso sostenible de los componentes de la Diversidad Biológica en Cuba. Código: P211LH005-022

La solicitud de prórroga está fundamentada porque las áreas de intervención de este proyecto tributan al proyecto Internacional basal como contraparte del mismo. Debido a que hubo atraso en la entrada de los módulos de la maquinarias específicas para la implementación de la Agricultura de Conservación, no fue posible medir los indicadores, que nos permitan dar una valoración más detallada de los impacto de este sistema agrícola y poder compararlo con el sistema tradicional. Además teniendo en cuenta que al proyecto basal se le aprobó una extensión hasta el 2020 y queremos aprovechar esta oportunidad para dar mayores resultados.

Por todo lo antes expuesto le solicito una prorroga hasta diciembre 2020.

Sin otro particular

Dra. Oneyda Hernández Lara

Líder del proyecto