



Evaluación de la fertilidad del suelo en parcelas con dos diferentes manejos de hacer agricultura (sistema agroforestal sucesional y sistema convencional) en zona semiárida en la provincia Tapacaré - Cochabamba

Evaluation of soil fertility in plots with two different managements of agriculture (successional agroforestry system and conventional system) in semi-arid zone in the Tapacaré province - Cochabamba

Nora Silicuana kuno, Serafin Vidal Ponce, Germán Vargas Aguilar y Roberto Miranda Casas.

RESUMEN:

Se evaluó las propiedades físicas, químicas, biológicas y la identificación de especies vegetales en dos formas de manejo de suelos; sistemas agroforestales sucesionales y convencional, en tres comunidades de la provincia Tapacaré, que se encuentra en el extremo Oeste de Cochabamba. El presente trabajo dirigido es fruto de las experiencias generadas en el marco de ejecución del proyecto SARA (Servicio de Asesoría Rural Ayninakuy), que trabaja desde hace 20 años en la construcción de una agricultura sostenible, basada en la protección y mejoramiento de la fertilidad de los suelos, uso eficiente de agua, establecimiento y manejo de huertas frutícolas bajo sistemas agroforestales, con técnicas de producción orgánica. El documento comparte la experiencia de seis años en el manejo de huertas frutales de sistemas agroforestales, donde el objetivo principal es mejorar la fertilidad de los suelos de forma sostenible, también identifica los sistemas tradicionales convencionales. El enfoque de los sistemas agroforestales, es muy diferente a la agricultura convencional de monocultivos, es un giro en 180 grados, por tanto rompe con los esquemas tradicionales y formas de pensar para hacer agricultura, los SAFS se empeñan en diseñar sistemas de producción adecuadas a las condiciones micro climáticas de cada zona y al estilo del agricultor, los diferentes análisis físicos químicos, biológicos de los suelos y la identificación de especies realizadas mostraron el estado actual de los suelos en ambos manejos, concluyendo que la implementación de los sistemas agroforestales sucesionales en la zona andina es una alternativa para recuperar, conservar y mejorar la fertilidad de los suelos de forma sostenida.

PALABRAS CLAVES:

Suelo, nutrientes, fertilidad, sistemas agroforestales.

ABSTRACT:

This thesis has evaluated the physical, chemical and biological characteristics, along with the identification of vegetation species in two types of soil – agroforest and conventional systems, in three communities in the province Tapacaré, located in the extreme west of Cochabamba. This thesis is linked to the results that have been produced by the SARA project, which has worked for the last 20 years in building a sustainable structure of agriculture that is guided by the following goals: the protection and improvement of the fertility of the soils, an adequate consumption of water as well as the maintenance and management of the orchards that are influenced by the agriculture system. This document contains the experience of managing orchards over the last six years influenced by these agriculture systems, where the most important goal is to improve the fertility of the soil in a sustainable form, as well as identifying traditional conventional systems. This attempt at a continual agriculture system marks a big contrast with the conventional agriculture monoculture. It is a dramatic turn. From here it is necessary to break with traditional patterns and ways of thinking and practicing agriculture. These continual agriculture systems attempt to design adequate systems of production for the microclimatic conditions of each zone and farming style. The different analysis at a physical, chemical and biological level and the identification of the existing species reflect the current conditions of the soil. In conclusion it can be said, that the installation of these agricultural economy systems will contribute to the recovery, maintenance and improvement of the fertility of soils in Andean regions.

KEY WORDS:

Soil, nutritious, fertility, agroforest systems.

AUTORES:

Nora Silicuana Kuno: Facultad de Agronomía, UMSA. nor_2706@hotmail.com

Serafin Vidal Ponce: Facultad de Agronomía, UMSA. serafinvidal@gmail.com

Germán Vargas Aguilar: Facultad de Agronomía, UMSA. adacaba@yahoo.es

Roberto Miranda Casas: Docente Facultad de Agronomía. UMSA. robertomicasa@gmail.com

Recibido: 15/02/2018.

Aprobado: 30/03/2018.

DOI: <https://doi.org/10.53287/neci1984cy52h>

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos en las zonas áridas y semiáridas de la zona andina, es producida por las actividades humanas, que sumadas a las variaciones climáticas (cambio climático), hacen de la agricultura

altamente riesgosa. Las causas de la degradación son numerosas, siendo las principales el sobre pastoreo, el incremento de la superficie utilizada para la producción agrícola, la deforestación y el establecimiento de industrias relacionadas con la producción agrícola (CYTED 2002). En Bolivia, la

pobreza se concentra principalmente en el área rural, donde los pequeños productores de zonas áridas y semiáridas del país, viven en economías de subsistencia, con frecuencia en situación de inseguridad alimentaria y de alta vulnerabilidad al cambio climático (PROAGRO 2010). Es decir, que se presentan condiciones de alta fragilidad, incrementada por el mal manejo del recurso suelo, que llevan a la erosión, compactación y pérdida de fertilidad del mismo. Sin embargo, a través de la aplicación de Sistemas Agroforestales (SAF) existe la posibilidad de mejorar esta situación, diversificando la producción y logrando al mismo tiempo un mantenimiento de la productividad a largo plazo. Los árboles dentro de un sistema de producción tienen el potencial de mejorar su productividad, al influir en las características del suelo (Stadler 2008). En el departamento de Cochabamba, la actividad agrícola y pecuaria es altamente sensible al cambio climático por ser predominantemente dependiente de las condiciones del tiempo tanto para el abastecimiento con productos alimentarios al mercado interno, como para la agricultura de exportación repercutiendo en la estabilidad económica del país. En la provincia Tapacaré, la escasez de agua de riego, la erosión y la pérdida de la fertilidad de los suelos agrícolas, son los factores que condicionan la producción agropecuaria, por consiguiente, las condiciones de pobreza y la subsistencia de las familias campesinas, de ahí viene la importancia de mejorar la fertilidad de suelos para hacer agricultura sustentable, basados en el respeto a los principios de la naturaleza y el uso de los recursos localmente disponibles.

En el año 2010 se implementó las parcelas de huertas frutícolas bajo el enfoque de sistema agroforestal sucesional (SAFS) en varias comunidades de la provincia Tapacaré, el interés que nos lleva a este trabajo de investigación, es la evaluación de la fertilidad del suelo en parcelas con manejo agroforestal y en parcelas con manejo tradicional-convencional, es demostrar si existe cambios en las parcelas SAFS si ocasionó daños (erosión) o favoreció (protección e incremento de la fertilidad) y

para ello se planteó los siguientes objetivos específicos.

- Identificar las principales especies vegetales en un sistema agroforestal.
- Evaluar las características físicas del suelo en parcelas manejadas con sistemas agroforestales y convencionales.
- Evaluar las características químicas del suelo en parcelas manejadas con sistemas agroforestales y convencionales.
- Determinar el número de la población Macrofauna en parcelas con sistemas agroforestales y convencional.

MATERIALES

Los materiales lo componen cilindros, maderas, flexómetros, cuchillo, alambres, combo, tela, pala, bolsas plásticas, alcohol, formol, cronómetros, nivel, frascos, GPS, picota, bolsas plásticas, cuadernos, lapiceros, cámaras fotográficas, lupa, tableros, cilindros, baldes.

METODOLOGÍA

Durante la investigación se evaluó el suelo de dos manejos SAF(Sistema Agroforestal) y CONV (Manejo convencional), esto se llevó a cabo en tres comunidades Aramasí, Huacallavini y Tumuyo de la provincia Tapacaré luego llevar a comparaciones, de cada comunidad se seleccionó dos parcelas cada uno con diferente manejo, se recogió de cada predio a estudiar nueve muestras de suelo, para obtener muestras representativas de cada punto de muestreo se extrajo tres muestras con las profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm) los puntos de muestreo fue escogido en forma zig zag al azar con tramos equidistantes, seguidamente se realizó el cuarteo de la muestra del suelo con el objetivo de obtener muestras representativas de las correspondientes profundidades para llevar al laboratorio de suelos y agua de la Universidad Mayor de San Simón y para la interpretación de los datos numéricos del análisis físico químico se trabajó con la prueba de T STUDENS. La determinación de la macro fauna se

llevó a cabo por el método de conteo en 5 cuadrantes de suelo 15 x 15 y una profundidad de 15 cm y un distanciamiento entre cuadrantes no menos de cinco metros, pero tampoco no más de 20 m, colocando la macrofauna extraídas en frascos de vidrio que

Tabla 1. Identificación de especies vegetales adaptables en zonas semiáridas en parcelas con manejo sistema agroforestal.

| N.º | NOMBRE COMÚN | USO | DESCRIPCIÓN | CLASIFICACIÓN | NOMBRE CIENTÍFICO | FAMILIA |
|-----|------------------|--|--------------------------------------|---------------|------------------------------|----------------|
| 1 | Arveja | Alimento, materia orgánica | Herbacea, trepadora | ANUAL | <i>Pisum sativum</i> | Fabaceae |
| 2 | Zapallo | Alimento y materia orgánica | Herbacea con tallo trepador | | <i>Cucurbita maxima</i> | Cucurbitaceae |
| 3 | Amaranto | Alimento y materia orgánica | Arbusto de 6 a 10 m. de altura | | <i>Amaranthus caudatus</i> | Amaranthaceae |
| 4 | Wakataya | Alimento y materia orgánica | Arbusto de 6 a 10 m. de altura | | <i>Tagetes minuta</i> | Asteraceae |
| 5 | Acelga | Alimento y materia orgánica | Herbacea menos de 20cm. de altura | | <i>Beta vulgaris</i> | Amaranthaceae |
| 6 | Haba | Alimento y materia orgánica | Leguminosa 1 m. de altura | | <i>Vicia faba</i> | Fabaceae |
| 7 | Frejol | Alimento y materia orgánica | Es una planta herbácea anual | | <i>Phaseolus vulgaris</i> | Fabaceae |
| 8 | Lechuga | Alimento, materia orgánica | Anual tallo cilíndrico raíz de 20cm. | | <i>Lactuca sativa</i> | Compositae |
| 9 | Alfa alfa | Medicinal, materia orgánica | Hierba de 30 a 60 cm. de altura | BIANUAL | <i>Medicago sativa</i> | Fabaceae |
| 10 | Apio | Medicinal, alimento y materia orgánica | Herbacea de 1.5 m. de altura | | <i>Apium graveolens</i> | Apiaceae |
| 11 | Alcachofa | Materia orgánica | Planta perenne de 2 m. de altura | | <i>Cynara scolymus</i> | Asteraceae |
| 12 | Duraznos | Alimento, materia orgánica | Arbol 12 metros de altura | PERENNE | <i>Prunus pérsica</i> | Rosaceae |
| 13 | Manzana | Alimento, medicinal, materia orgánica | Arbol alcanza hasta los 12 m. | | <i>Malus sp.</i> | Rosaceae |
| 14 | Molle | Arbol de sombra, materia orgánica | Arbol alcanza hasta 15 m. de altura | | <i>Schinus molle L.</i> | Anacardiaceae |
| 15 | Palma | Materia orgánica, alimento | Arbol hasta los 30 m. de altura | | <i>Phoenix dactylifera</i> | Arecaceae |
| 16 | Lloqe | Materia orgánica | Arbol alcanza hasta 10 m. de altura | | <i>Kageneckia lanceolata</i> | Rosaceae |
| 17 | Chachacoma | Materia orgánica | Arbusto de 1 a 2 m. de altura | | <i>Escallonia resinosa</i> | Escalloniaceae |
| 18 | Thola | Materia orgánica | Arbusto de 2 m. de altura | | <i>Baccharis de la puna</i> | Asteraceae |
| 19 | Pasto falaris | Terrazas, materia orgánica, forraje | Gramínea de 90cm. de altura | | <i>Phalaris canariensis</i> | Poaceae |
| 20 | Níspero | Fruta medicinal, materia orgánica | Arbusto de 2 a 5 m. de altura | | <i>Manikara huberi</i> | Rosaceae |
| 21 | Saúco | Materia orgánica | Arbusto de 6 a 10 m. de altura | | <i>Sambucus nigra L.</i> | Caprifoliaceae |
| 22 | Árbol de tomates | Alimento, materia orgánica | Arbusto de 3 a 4 m. de altura | | <i>Cyphomandra betacea</i> | Solanaceae |
| 23 | Ch'acatea | Materia orgánica | Arbusto de 2 a 3 m. de altura | | <i>Dodonaea viscosa</i> | Sapindaceae |
| 24 | Moto moto | Materia orgánica | Arbusto de 6 a 10 m. de altura | | <i>Senna aymara</i> | Fabaceae |
| 25 | Andrés waylla | Medicinal, materia orgánica | Arbusto de 6 a 10 m. de altura | | <i>Cestrum parqui</i> | Solanaceae |
| 26 | Sau sau | Materia orgánica | Arbusto de 4 a 6 m. de altura | | <i>Tecoma stans</i> | Bignoniaceae |
| 27 | Tartago blanco | Medicinal, industriales y materia orgánica | Arbusto 30cm a 1m. de altura | | <i>Euphorbia lathyris</i> | Euforbiaceae |
| 28 | Altamisa | Materia orgánica | Herbacea de 1 a 2 m. de altura | | <i>Artemisia vulgaris</i> | Asteraceae |

contengan formaldehído al 4% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 70% para preservar al resto de los organismos.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las especies citadas en la tabla 1, en manejo sistema agroforestal observamos que existe mayor cantidad de especies con 28 especies de las cuales perenes son 17 especies vegetales anuales son 8 bianuales son 3 especies mientras que en un manejo convencional observamos la rotación de los cultivos Maíz, Papa y Trigo; existe una diferencia, el propósito de numerosas especies en una parcela agroforestal es generar materia orgánica, diversificar la producción, cubrir la superficie del suelo no dejarlo desnudo, raíces de cada especie penetra horizontes del suelo para mejorar la estructura del suelo y al mismo tiempo rentable para el agricultor; lo contrario en un manejo convencional se observa mínima cantidad de especies (monocultivos) suelos desnudos, y en consecuencia un fuerte erosión del suelo por labranza máxima, lavado de nutrientes, menor rentabilidad para el agricultor.

Parámetros físicos del suelo

Los valores de la densidad aparente a cada nivel de profundidad (0-10cm) y (10-20cm) de profundidad a nivel del suelo y subsuelo la densidad aparente es menor en un manejo con sistema agroforestal en profundidad el comportamiento de la densidad aparente, es mucho más en la capa arable de (0 a 20 cm de profundidad). Contrariamente la densidad aparente aumenta a mayor profundidad (20 a 30 cm)

de 1.41 a 1,46 y las parcelas convencionales poseen densidades mayores. las densidades reales son menores mínimamente en la capa arable de las parcelas manejadas con sistema agroforestal en relación a las parcelas convencionales que poseen densidades mayores, en los valores de densidad real por manejo.

UNAD, (2013) aclara que la compactación es causada por sobre pastoreo o por el pobre manejo del suelo, esto puede aumentar la densidad de los suelos a menudo es usada como un indicador de la compactación.

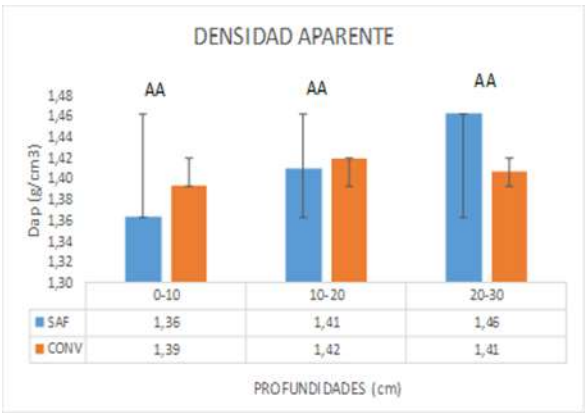


Figura 1. resultados del análisis físico del suelo, densidad aparente y densidad real por profundidades del suelo en parcelas con manejo sistema agroforestal y convencional.

Tabla 2. Calificación de la prueba de infiltración Básica y clase textural del suelo por manejo y profundidad.

| Infiltración de agua | | | | |
|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|
| Comunidades | Cm/hr | SAF | Cm/hr | CONV |
| Aramasí | 16,50 | Rápida | 10,93 | Moderadamente rápida |
| Tumuyo | 10,98 | Moderadamente rápida | 5,84 | Moderada |
| Huacallavini | 5,09 | Moderada | 3,30 | Moderada |

La tabla 2, presenta la calificación de infiltración donde se evidencia que el sistema agroforestal tiene una infiltración moderadamente rápido con un promedio de 10,85 cm/hr. En parcela con manejo convencional tiene una infiltración moderado con un

promedio 6,69 cm/hr. López, (2006) indica que una composición equilibrada de arena, limo y arcilla se conoce como suelo franco. Según a los datos de textura se califica por profundidad mediante el triángulo textural.

Tabla 3. Clases texturales por manejo y profundidad.

| PROFUNDIDAD (cm) | CLASES TEXTURALES POR MANEJO | |
|---------------------|---------------------------------|------|
| | SAF | CONV |
| 0-10 | F | F |
| 10-20 | F | FYA |
| 20-30 | FYA | FYA |

Parámetros químicos del suelo

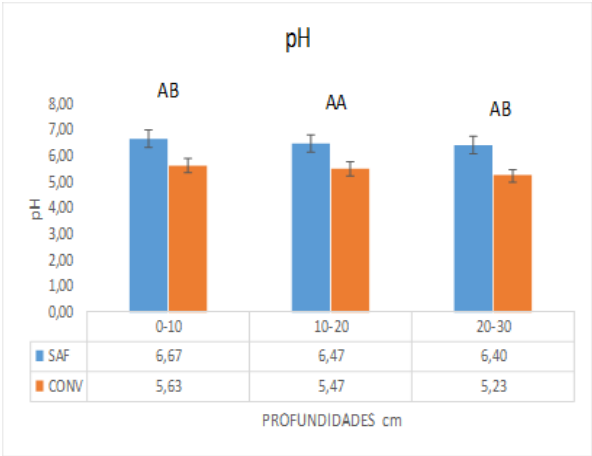


Figura 2. Comparación del sistema agroforestal y convencional en pH del suelo por profundidades.

En la figura 2, según la prueba de T de Student los valores de pH son significativas en la primera profundidad (0-10cm), y en la tercera profundidad (20-30cm) en comparación por manejo en las dos profundidades son significativas ($P < 0.05$), las parcelas manejadas con sistemas agroforestales no son acida y se asemeja a ser neutro pero sin embargo observamos que los pH de las parcelas con CONV son acidas con una fuerte acidez y el suelo es pobre en intercambio de bases, calcio magnesio y potasio la actividad de los microorganismos reduce y el fósforo disponible disminuye al precipitarse con hierro y el aluminio. En pH neutro es ideal para el aprovechamiento de los nutrientes por parte de las plantas, existe una mejora de actividad biológica (CAMPO, 2016).

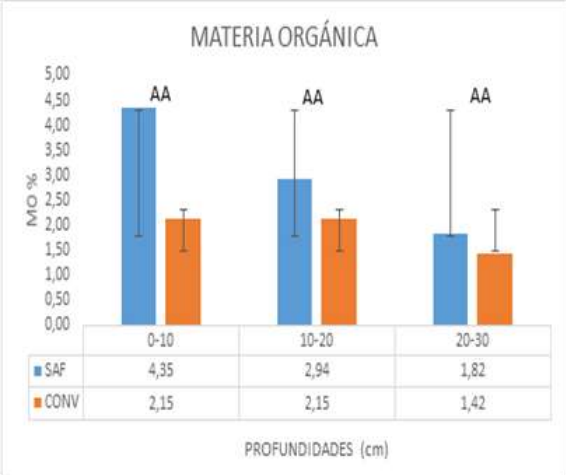


Figura 3. Comparación del sistema agroforestal y convencional en materia orgánica del suelo por profundidades.

En la figura 3, En comparación por manejo en la profundidad (0-10cm) tenemos una diferencia de 2,2 % de MO y en la segunda profundidad de (10-20cm) tenemos una diferencia de 1 % MO (20-30 cm) es muy mínimo la diferencia, el porcentaje de MO (0-10cm) con un alto rango en un sistema agroforestal y en manejo convencional moderado, (10-20cm) en ambos manejos nos rango moderado, (20-30cm) en ambos manejos es de rango bajo.

La materia orgánica es un componente fundamental del suelo debido a que influye en la buena estructura del mismo, incrementa la retención de agua, es la principal fuente de alimento para los microorganismos y proporciona una protección mecánica a la superficie (Rosa, 2008).

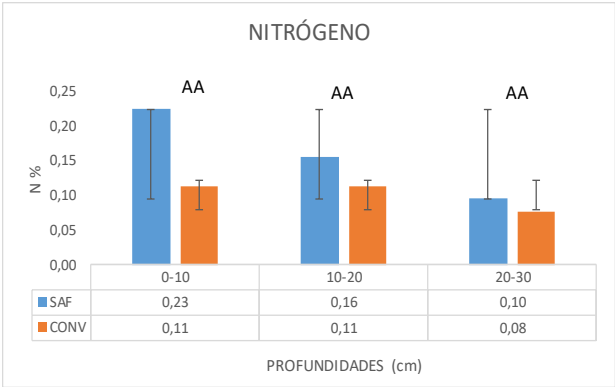


Figura 4. Comparación del sistema agroforestal y convencional en nitrógeno total por profundidades.

En figura 4, en la profundidad (0-10cm) tenemos una diferencia de 0,12 % de N mayor en un sistema agroforestal calificada rango alto y en convencional calificada moderada según las normas de interpretación de análisis químico en la profundidad(10-20cm) observamos una diferencia de 0,5 % N mayor en un sistema agroforestal calificada en os dos manejos como rango moderado, en (20-30 cm) con una diferencia mínima de 0,02 % de N es mayor en un agroforestal calificada bajo en los dos manejos, uno de los factores de gran importancia se debe a la descomposición y cobertura vegetal en la capa arable en un sistema agroforestal. Fassbender (1975), indica que la vegetación es determinante sobre el contenido de nitrógeno que los suelos desarrollados bajo plantas con sistemas radicales extensos presentan alto contenido de nitrógeno.

Parámetro biológico de la población macrofauna del suelo

Por la función ecológica que desempeñan estos organismos y su relación con las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, que determinan su establecimiento (por ejemplo: humedad, compactación, porosidad, materia orgánica), son valorados como indicadores de la calidad o fertilidad del suelo y del impacto de diferentes sistemas de manejo. Precisamente otra característica que posibilita esta condición de la macrofauna es la variación de su diversidad y abundancia a corto plazo producto de la alteración en la vegetación y la

consecuente transformación del contenido de materia orgánica

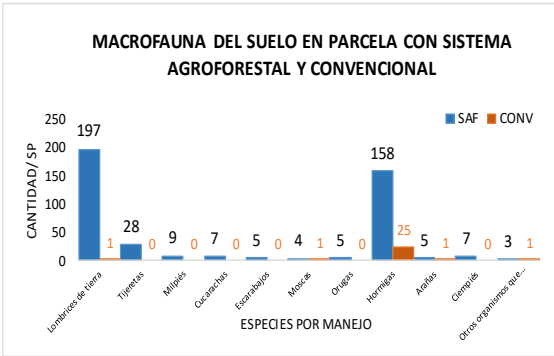


Figura 5. Comparación de sistema agroforestal y convencional en número promedio de macrofauna de las tres comunidades Aramasi, Huacallavini, Tumuyo.

En la gráfica 5, se observa en el manejo sistema agroforestal que existe mayor población de lombrices de tierra con un promedio de (197 unidades) y hormigas (158 unidades), tijeretas (28 unidades), milpiés (9 unidades), cucarachas (7 unidades), escarabajos y arañas (5 unidades), ciempiés (7 unidades), de las que no se identificaron 3 especies, y en manejo convencional hormigas (27 unidades), muy visible la diferencia entre manejos.

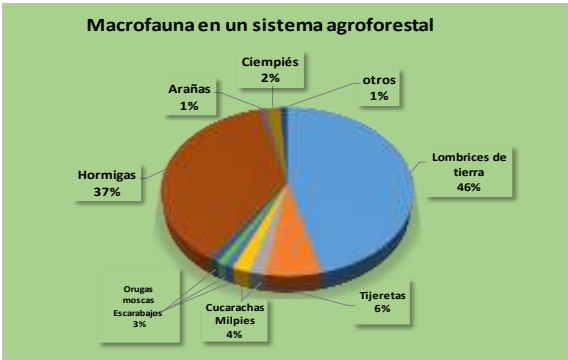


Figura 6. Población de macrofauna en un sistema agroforestal.

En la figura 6, se observa 11 especies de macrofauna en un sistema agroforestal con mayoría pobladas por lombrices con 46% seguido por hormigas 37% , tijeretas 6% y en menor porcentaje lo que son Hormigas, Arañas, Ciempiés, Cucarachas, Milpiés, Orugas, Moscas, Escarabajos con un 11%, con un

total de 428 especies macrofauna, promedio de las tres comunidades Huacallavini, Tumuyo, Aramasí.

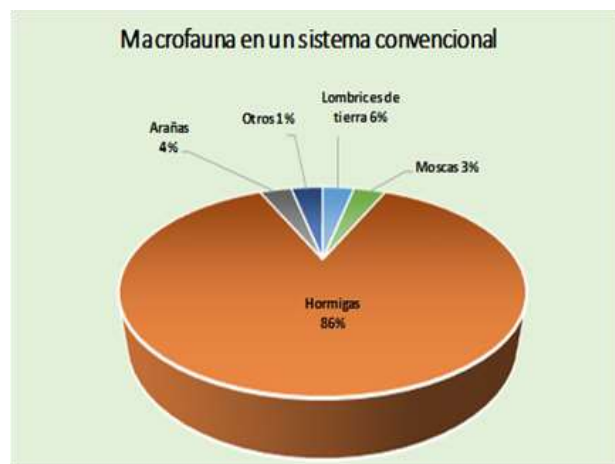


Figura 7. Población de macrofauna en un sistema convencional.

En la figura 7, se observa 5 especies de macrofauna en un sistema convencional, mayor parte pobladas por hormigas con un 86% , Lombrices 6%, Arañas 4%, moscas 3% y 1% que no fue identificada, con un total de 29 especies, macrofauna promedio de las tres comunidades Huacallavini, Tumuyo, Aramasí.

Este resultado posiblemente se deba a que en manejo SAF se encuentra más húmedo También existe mayor cantidad de biomasa, cantidad de hojarasca todo el año, se practica labranza mínima, no se utiliza fertilizantes químicos, lo contrario a la parcela convencional.

Cabrera (2011), indica la diversidad y la abundancia de la macrofauna variará en función de la intensidad de uso de la tierra y la aplicación de diferentes prácticas agrícolas. Por tanto, un manejo adecuado del suelo proporcionará una mayor variedad y cantidad de organismos edáficos que puedan ayudar a asegurar el reciclaje de nutrientes, un rápido crecimiento de las plantas y una capacidad productiva sostenible del sistema. Esto sería particularmente importante en áreas cultivadas de bajos insumos y en suelos infértiles.

CONCLUSIONES

Existe mayor diversidad de especies vegetales en sistemas agroforestales, en relación al sistema convencional se identificó 28 especies de las cuales 17 especies son perenes, 8 especies son anuales y 3 especies son bianuales posibilitando gran acumulación de materia orgánica a través de los restos de hojas, raíces, frutos y otras partes de las plantas y mejorando las propiedades físicas (porosidad, densidades e infiltración de agua) como resultado del incremento de la materia orgánica y la penetración de las raíces de los árboles a mayor profundidad del suelo. La sombra de los árboles condiciona un microclima edáfico favorable de humedad y temperatura que garantiza la recolonización de la macrofauna y controla el crecimiento de las malezas a la mejora de la fertilidad del suelo proporcionando materia orgánica, cobertura vegetal, manteniendo la humedad en el suelo y proveyendo alimentos para el productor, mientras que en un manejo convencional observamos la rotación de los cultivos Maíz, Papa y Trigo.

En las propiedades físicas existe una mejora del suelo, en composición de textura se mantiene, en porcentaje porosidad se mantiene ambos manejos en rango bajo, la densidad real es inferido 2,65g/cm³ indicando que existe un mínimo aumento de materia orgánica, existe mejor infiltración de agua con un promedio de 10,8 cm/hr calificada moderadamente rápida. Actualmente en la parcela sistema agroforestal no se observa signos de erosión hídrica u eólica, debido a que el suelo siempre cuenta con cobertura vegetal y en manejo convencional con llevó a un deterioro de sus condiciones físicas.

Los suelos con manejo sistema agroforestal en las propiedades químicas, el pH, MO, N y P y bases intercambiables El contenido de fosforo disponible hubo una gran diferencia por manejo, se obtuvo un contenido alto en sistemas agroforestales para todos los casos de estudio se encuentran en estado apto para un mejor desarrollo de las plantas, la mejora de fertilidad del suelo es evidente.

El número de macrofauna mostraron que los organismos detritívoros —dígase las lombrices de tierra, las termitas, los milpiés, algunos escarabajos

entre otros— pueden ser afectados por factores como el clima, la humedad, la textura y las propiedades químicas del suelo. En particular por temperaturas elevadas y la falta de cobertura vegetal, tienden a desaparecer. Estos invertebrados dependen primordialmente de la presencia de agua en el suelo, ya que les facilita su movimiento en la tierra, respirar y reproducirse, y también de la entrada de materia orgánica que es su principal fuente energética o de alimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Antón, A. (2013). *Evaluación De Crecimiento Inicial en tres especies del género inga en Sistema Agroforestal. tunal (Opuntia ficus-indica L.), chacatea (Dodonea viscosa Jacq.) y molle (Schinus molle L.) sobre las propiedades edáficas de un sistema agroforestal sucesional en Combuyo – Vinto.*
- Bruin, W. (2016). *Thesis by Tree functions in agroforestry and their impacts on farming conditions in the Andes región of Bolivia.*
- Bueno Villegas, J. (2012). *Diplópodos: los desconocidos formadores de suelo.* CONABIO. Biodiversitas, 102:1-5.
- Bernier R. (2000). *Análisis de suelo.* Centro regional de investigaciones agropecuarias. Serie acta N°2.
- Conti, M.E. (2000). *Dinámica de liberación y fijación de potasio en el suelo.* Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS N° 8. diciembre de 2000.
- CYTED, (2002). *El agua en Iberoamérica; de la escasez a la desertificación.* En http://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/31-tierras_secas_iberamerica.pdf
- Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo.* Consejo de desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. 2da Ed. Caracas Venezuela. pp 213 -244.
- CAMPO. (octubre de 2016). En, <http://www.campocyl.es/category/sector/como-influye-el-tipo-de-ph-sobre-el-suelo-de-una-explotacion-agraria/> Obtenido de <http://www.campocyl.es/category/sector/como-influye-el-tipo-de-ph-sobre-el-suelo-de-una-explotacion-agraria/>
- Caballero, A. (2012). *Comportamiento del nitrógeno y biomasa microbiana en suelos con diferente manejo, en la localidad de Villa Patarani.* Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Chilón, E. (2014). *Manual de fertilidad de suelo y nutrición de planta.* 2da Ed. Editorial CIDAT. La Paz-Bolivia. pp. 140-142.
- (1997). *Manual de Edafología, práctica de campo y laboratorio.* La Paz Bolivia, Editado en la facultad de Agronomía UMSA. p.139 - 173.
- Cabrera, D. (2014). *Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en cuba,* Recuperado de <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- Delgadillo, O. (2016). *Medición de la infiltración del agua en el suelo.* Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Centro AGUA. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.

- David H., H., O. Díaz V., L.M. Urrea & F. Cardona N. (2014). *Guía Ilustrada Flora Cañón del río Porce, Antioquia*. EPM E.S.P. Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia - Medellín, Colombia. 264 pp.
- Navarro, G. (1997). *Clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia*. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental. Fundación Simón I. Patiño. 3-37pag.
- Fuentes, R. (2007). *Agrosistemas sostenibles y ecológicos: la reconversión agropecuaria*. Universidad Santiago de Compostela. 250 pg.
- Garcia G., R. (2001). *Comportamiento de la Dinámica Sucesional de Abies Religiosa (Hbk) Schl. Et. Cham., y Pinus Hartwegii Lindl., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México*. Tesis de Grado para Obtener el Título de Ingeniero Forestal con orientación en Evaluación y Abastecimiento. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, Estado de México.