



ISSN. 2411-7021

REVISTA CIENTÍFICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

A GRO-ECOLÓGICA

UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA



NÚMERO ESPECIAL

Volumen 2 - Número 1 / Julio 2015

AGRO-ECOLÓGICA

ISSN 2411-7021 (Impreso), ISSN 2313-2906 (Digital)

Volumen 2-Número 1, Julio 2015

NÚMERO ESPECIAL

AGRO-ECOLÓGICA publicada por primera vez en 2014, es una revista semestral editada por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (USFX). Este número especial impreso, recoge los resultados de los trabajos de investigación del Proyecto BEISA 3 en temas de Agroecología, Agrobiodiversidad y Agroforestería.

La revista publica artículos originales notas y ensayos sobre agricultura sostenible y la biodiversidad con énfasis en Chuquisaca, Bolivia y países vecinos, arbitrados mínimo por dos evaluadores externos y uno interno. Incluye temas relativos a agricultura, ecología, biología, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad.

Directorio de la revista

Eduardo Rivero Zurita: Rector-USFX

Walter Arízaga Cervantes: Vicerrector-USFX

Oscar Vera Fernández: Decano - FCA

Martha Serrano Pacheco: Editora

Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria

Ariel Céspedes: Co-editor

Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria

Manejo base de datos

Winder Felípez Chiri

Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria

Asistencia editorial

Milena Susana Luque

Consultora-Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria

Todos los derechos reservados

ISSN: 2411-7021

Depósito legal: 3-3-66-15 P.O.

Pintura de la tapa: Robert Nicklasson

Impreso: Imprenta Editorial "Tupac Katari"

Sucre - Bolivia

Comité Científico Editorial

Comité Editorial

Campero Melina, Ph.D.

Universidad Mayor de San Simón, Bolivia

Flores Luis, Ph.D.

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile.

Windsor Donald, Ph.D.

Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá.

Ramos María, Ph.D.

ECORFAN-México

Tommy Daalgard Ph.D.

Aarhus University, Dinamarca

Per Kudsk Ph.D.

Aarhus University, Dinamarca

Daniel Sterlich

Universidad Nacional de La Pampa, Argentina

Elke Noellemeyer

Universidad Nacional de la Pampa, Argentina

Hibert Huaylla Limachi Ph.D.

Universidad San Francisco Xavier

Información: Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria (IASA)

Casilla 1046, Correo Central, Sucre Bolivia

Tel. (591) 464 31004/ Fax (591) 464 39785

Agro-ecologica@usfx.edu.bo, editorrae@usfx.edu.bo

www.iasabolivia.org/revista

www.usfx.edu.bo

Sucre, Bolivia

Revista AGRO-ECOLÓGICA

Julio 2015, Vol. 2 (1)

CONTENIDO

Agroecología

Editorial.....	7
Manejo Integrado de Malezas (MIM), principios e implementación <i>Per Kudsk</i>	11
Artículos	
Incorporación de abonos verdes para la recuperación de la fertilidad de los suelos en la comunidad Las Casas, Municipio Padilla <i>Marizol Pérez, Roberto Acebey, Julio C. Ramírez. & Martha Serrano</i>	13
Insecticidas botánicos una alternativa para el control de la mosca del ají (<i>Neosilba pendula</i>) en Zapallar Municipio Monteagudo, Chuquisaca <i>Odalís Esther Cardozo & Manuel Jiménez Huamán</i>	22
Recuperación de la fertilidad de suelos en bosques secundarios, Monteagudo Chuquisaca <i>Vedulia Coronado & E. Noellemeyer</i>	32
Materia orgánica y textura en la fertilidad de los suelos de San Pedro del Zapallar, Chuquisaca <i>Jorge Orias & Elke Noellemeyer</i>	42
Descripción preliminar de los suelos con cultivos en ladera en agroecosistemas del Subandino de Chuquisaca <i>Vedulia Coronado & Jorge Orias</i>	50
Análisis de indicadores económicos del control de plagas y enfermedades en variedades nativas de maní (<i>Arachis hypogaea</i>) en Monteagudo, Chuquisaca <i>Marina Villalba León, Heriberto Reynoso, Ariel Céspedes, Julio Cesar Ramirez & Próspero Guzmán</i>	58
Caracterización agroecológica de suelos con fines de manejo, en la cordillera de los Andes Tropicales <i>Vedulia Coronado, Jorge Orias & Elke Noellemeyer</i>	68
Indicadores Agroambientales: Diseño y análisis en Agroecosistemas con cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>) Chuquisaca, Bolivia <i>Winder Felipez Chiri, Martha Serrano Pacheco & Rodrigo Rojas Morales</i>	77
Producción de semillas de una variedad promisorio de maíz (<i>Zea mays</i>) en las comunidades de Azero Norte y Zapallar del Municipio de Monteagudo <i>Heriberto Reynoso Montes</i>	89
Efecto de métodos de control de malezas, en el crecimiento y rendimiento del cultivo de ají, Municipio Padilla <i>Marco A. Barrientos Pinto & Martha Serrano</i>	98
Evaluación de tres cultivos de cobertura en San Pedro del Zapallar, Municipio Monteagudo <i>Blanca A. Rosado Vargas, Marco A. Barrientos Pinto & Martha Serrano Pacheco</i>	108

Determinación del efecto nodular de bacterias nitrificantes (<i>Rhizobium</i>) en el rendimiento de ecotipos y variedades de maní <i>Iverth Cabrera Carreon, Marco Antonio Barrientos Pinto & Richar Edwar Lazo Cabrera</i>	114
--	-----

Notas

Ética y biotecnología: más preguntas que respuestas juntos por la seguridad alimentaria en Bolivia <i>Gabor L Lövei & Martha Serrano</i>	123
---	-----

Suelos y los servicios ecosistémicos <i>Elke Noellemeyer</i>	124
---	-----

Agrobiodiversidad

Artículos

Centros de origen de plantas cultivadas de los agroecosistemas del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño <i>Martha Churqui, Ariel Cespedes, Reinaldo Lozano & Martha Serrano</i>	135
---	-----

Estudio etnobotánico de especies silvestres del género <i>Capsicum</i> en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño <i>Luis Huaylla, & Martha Serrano</i>	145
---	-----

Caracterización agromorfológica de ecotipos de maní (<i>Arachis hypogaea</i>) en Pedernal, Chuquisaca <i>Teófilo Ramírez & Martha Serrano</i>	155
--	-----

Plantas comestibles nativas y naturalizadas del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño Chuquisaca Bolivia <i>Winder Felipez Chiri, Jorge Orias Soliz & Martha Serrano Pacheco</i>	169
---	-----

Registro de nuevos taxones de avispas parasitoides (Hymenoptera) como enemigos naturales para el control de plagas en los cultivos de maní y ají <i>Ariel Angel Cespedes Llave & Roberto Acebey Aldunate</i>	180
---	-----

Uso del suelo, cobertura y fragmentación de bosques montanos tropicales del Parque Nacional y área Natural de manejo Integrado Serranía del Iñaño <i>Reinaldo Lozano Ajata & Cristhian Negrete</i>	196
---	-----

Insectos en el cultivo de <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> en las comunidades de Las Casas y Naranjal del Municipio de Padilla <i>Julio Cesar Ramirez Balcera & Roberto Acebey Aldunate</i>	204
---	-----

Notas

Biodiversidad del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Inao <i>Martha Serrano, Jeaneth Villalobos, Verónica Chávez & Manuel Jiménez</i>	215
---	-----

El sahuinthu “ <i>Myrcianthes pungens</i> O.Berg” una especie promisoría <i>Juan Antonio Calderón</i>	220
--	-----

Agroforestería

Artículos

Uso agroforestal de leñosas nativas en dos comunidades del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao <i>María Luisa Gonzales Bernall, & Manuel Horacio Jiménez Huamán</i>	225
Desarrollo del cultivo del naranjo (<i>Citrus sinensis</i>) en sistemas agroforestales sucesionales en el Municipio de Monteagudo, Chuquisaca <i>Manuel Horacio Jiménez Huamán & Arminda Ortiz Paniaga</i>	236
Comparación de dos parcelas con cítricos en sistemas agroforestales con sucesiones vegetales en la comunidad de San Pedro del Zapallar, Monteagudo <i>Rehana Sheriff</i>	246
Especies forrajeras nativas preferidas por el ganado bovino en ecosistemas de Bosque Seco del Área Protegida de la Serranía del Iñao <i>Rosenda Quispe Fernández & Manuel Horacio Jiménez Huamán</i>	257
Sistemas agroforestales sucesionales para la restauración de áreas degradadas en la comunidad de San Pedro del Zapallar, Municipio Monteagudo <i>Víctor Hugo Rodríguez Condori, Manuel H. Jiménez & M. A. Barrientos</i>	274
Oferta de forrajeras en áreas cerradas al pastoreo en ecosistemas en la comunidad de Iripiti, Municipio Villa Vaca Guzmán <i>Delia Vargas Ochoa & Edwin Portal</i>	285
Pastoreo extensivo y riqueza estacional de forrajeras nativas en bosques secos en la comunidad de Iripiti, Municipio Villa Vaca Guzmán <i>Manuel H. Jiménez Huamán, Delia Vargas Ochoa & David Villalba Vargas</i>	294
Nota	
Adaptabilidad de cuatro especies forrajeras en la comunidad de Iripiti, Municipio de Villa Vaca Guzmán <i>Grover Vargas Cerezo, Marco A. Barrientos Pinto & Manuel Jiménez</i>	306

EDITORIAL

Para ampliar la base del conocimiento de los recursos naturales de una de las áreas protegidas con mayor diversidad biológica de Chuquisaca, el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño, y en cumplimiento al objetivo de contribuir a la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria de las comunidades que viven al interior del área protegida el Instituto de Investigación de Agroecología y Seguridad Alimentaria, mediante la realización de proyectos de investigación del proyecto BEISA 3 presenta este primer número especial impreso de la revista Agro-ecológica, como contribución al avance en el conocimiento, conservación y uso sostenible de los agroecosistemas donde se desarrollaron investigaciones en temas de Agroecología, resultado de la colaboración en Investigación de la Universidad de Aarhus-Dinamarca, Universidad Nacional de La Pampa-Argentina y San Francisco Xavier-Bolivia. La revista se abre a un público más amplio al considerar no solo contribuciones en temas agrícolas, sino trabajos inéditos de investigación sobre botánica, biología, ecología, conservación, manejo de recursos naturales y uso de la agrobiodiversidad, en un sentido más amplio. Se presenta un contenido muy variado incluido en tres áreas: Agroecología, Agrobiodiversidad y Agroforestería, que esperamos sea muy provechoso para los lectores.

De esta manera, se incluye información acerca de variedades silvestres de plantas cultivadas y otros cultivares que son estratégicos para la seguridad alimentaria y nutricional de la población. La conservación *in situ* de la diversidad de cultivos y sus parientes silvestres, además de la fauna entomológica asociada a los agroecosistemas, ha sido abordada por el programa de investigación de Agrobiodiversidad de BEISA 3, que se plantea integrar a las estrategias nacionales para el desarrollo de una agricultura sostenible, basado en la agroecología, que es reconocida como una alternativa productiva viable, cuya aplicación posibilita producir alimentos inocuos, para una mejor conservación de los recursos naturales: suelo, agua, vegetación, con lo cual es factible contribuir a mejorar las condiciones socioeconómicas de numerosas familias de pequeños agricultores de escasos recursos. Los autores de los artículos y notas técnicas, afirman en sus conclusiones que la agrobiodiversidad juega un rol importante en la seguridad y soberanía alimentaria de las comunidades.

Este número también presenta los avances y aplicación de la Agroforestería como contribución para promover el aprovechamiento racional de los recursos naturales, el intercambio de conocimientos tradicionales y técnicos, y el apoyo interinstitucional para desarrollar la actividad agroforestal en los municipios de Chuquisaca donde se establecieron sistemas agroforestales. Los artículos y notas técnicas resultado de investigaciones realizadas con los agricultores asentados en el área protegida muy rico en biodiversidad, describe como los agricultores han restaurado áreas degradadas por el uso excesivo del suelo con las plantaciones de cítricos y otros cultivos, ahora esos mismos suelos sus huertos tradicionales mixtos con base en el uso de especies aptas para este propósito, con sistemas agroforestales ecológicos que conservan una gran variedad de especies agrícolas, hortícolas, ornamentales y medicinales.

De la misma manera, se presenta avances en la investigación silvopastoril e información de plantas forrajeras; para lograr estos avances se ha recuperado conocimientos tradicionales acerca del uso y manejo de las especies. La información taxonómica y etnobotánica detallada de las especies nombradas en los artículos y notas, permitirá plantear alternativas de aprovechamiento que incidan favorablemente en la economía de los productores. Además se ha prestado especial atención a la utilización de la información etnobotánica para la selección de plantas en la búsqueda métodos y diseños agroforestales para el uso adecuado de los paisajes agropecuarios y ecosistemas naturales. Algunos investigadores evidencian la importancia de utilizar información etnobotánica para este fin.

Agradecemos al Comité Directivo de la revista, Comité Científico Editorial y todos los evaluadores, por su acompañamiento durante el tiempo que demandó elaborar este número especial que contiene resultados del proyecto BEISA 3 de su área de Agroecología, conociendo que tenemos nuevos retos para mejorar nuestra calidad de producción científica bajo los estándares de indización internacionales, para alimentar la toma de las urgentes decisiones que se requieren en la actualidad, que con la participación de las nuevas generaciones de investigadores formados mediante la alianza trinacional que generó BEISA 3 lo lograremos. Esperamos que esta nueva visión sea del agrado de todos ustedes.

Martha Serrano

Editora Revista Agro-ecológica

Proyecto BEISA 3

AGROECOLOGÍA



Solanum tuberosum

Manejo Integrado de Malezas (MIM), principios e implementación

Per Kudsk

Professor & Head of Section, Dept. of Agroecology Aarhus University, Forsøgsvej 1 DK-4200 Slagelse. Tel.: +45 87158096 Mobile: +45 22283382. Tel: +45 871 56000 Web: agro.au.dk
Email: per.kudsk@agro.au.dk

El manejo Integrado de Plagas (MIP) nació con la introducción del término “control integrado” por Stern et al. (1959). Desde entonces se han propuesto muchas definiciones de MIP y de nuevo en 2002 Bajan y Kogan (2002) enumeran 67 definiciones diferentes de MIP. La Unión Europea recientemente ha desarrollado ocho principios generales de MIP. Los ocho principios siguen el ciclo de crecimiento del cultivo que se enfoca en primer lugar en la prevención (“más vale prevenir que curar”), entonces en la identificación y cuantificación de las malas hierbas, son requeridas las medidas de control que destacan el uso de métodos no químicos, el uso adecuado de herbicidas y, finalmente, la evaluación de la estrategia con el fin de evaluar los resultados y corregir la estrategia para la siguiente temporada de crecimiento, si es necesario. En contraste con la mayoría de las plagas y enfermedades más importantes y la flora de malezas está más influenciada por la rotación de cultivos, el tipo de cultivo y las prácticas de manejo que por un determinado cultivo en la rotación de cultivos. Por ejemplo, las malas hierbas anuales se asocian principalmente a los sistemas de cultivo, que consisten también en cultivos anuales, mientras que las malezas perennes son más dominantes en los cultivos perennes. Debido a la estrecha relación entre la flora de malezas y el sistema de cultivo MIM tiene que considerar el sistema de cultivo y MIM es por lo tanto más estrechamente relacionado con el más amplio Manejo Integrado de Cultivos (MIC) de la gestión integrada de las enfermedades y plagas. Un marco para IWM debe tener en cuenta todo el ciclo de vida de las hierbas malas y para ser sostenible debe alcanzar por lo menos uno, pero preferiblemente más de los siguientes objetivos: 1) Minimizar el establecimiento del banco de semillas del suelo o de los órganos vegetativos subterráneos de malezas en el cultivo, 2) minimizar la competencia por luz, nutrientes y agua mediante la eliminación de las malas hierbas o mediante la manipulación de la flora de malezas o del cultivo para reducir la capacidad competitiva de la flora de malezas y 3) minimizar el retorno de semillas al banco de semillas del suelo o de los órganos vegetativos subterráneos a la banco de órganos. En la presentación se presentarán ejemplos de medidas de control que se ajusten a este marco.

Integrated weed management (IWM) – principles and implementation

Integrated Pest Management (IPM) was born with the introduction of the term ‘integrated control’ by Stern et al. (1959). Since then many definitions of IPM have been proposed and back in 2002 Bajan & Kogan (2002) listed 67 different definitions of IPM. The European Union recently developed 8 general IPM principles. The eight principles follow the crop growth cycle focussing firstly on prevention (‘prevention is better than cure’), then on identification and quantification of the weeds, control measures highlighting the use of non-chemical methods, proper use of herbicides and finally assessment of the strategy with the view of assessing the results and correcting the strategy for the coming growth season if required. In contrast to the majority of the most important diseases and pests the weed flora is more influenced by crop rotation, crop type and management practices than by a specific crop in the crop rotation. For example, annual weeds are primarily associated with cropping systems consisting of annual crops while perennial weeds are more dominant in perennial crops. Due to the close association between weed flora and the cropping system IWM has to consider the cropping system and IWM is therefore more closely related to the broader Integrated Crop Management (ICM) than integrated management of diseases and pests. A framework for IWM needs to consider the whole life cycle of weeds and to be sustainable is should achieve at least one but preferable more of the following goals: 1) Minimise weed establishment in the crop from the soil seed bank or subterranean vegetative organs, 2) minimise competition for light, nutrients and water by removing the weeds or by manipulating the weed flora or the crop to reduce the competitive ability of the weed flora and 3) minimise the return of seeds to the soil seed bank or subterranean vegetative organs to the organ bank. In the presentation examples of measures that fit into this framework will be presented.

Incorporación de abonos verdes para la recuperación de la fertilidad de los suelos en la comunidad Las Casas, Municipio Padilla, Chuquisaca

Incorporation of compost for the recovery of fertility of soils in the community of Las Casas, Padilla Municipality, Chuquisaca

Marizol Pérez^{1,2}, Roberto Acebey^{1*}, Julio C. Ramírez.¹ & Martha Serrano¹

¹ Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia.

² Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre-Bolivia.

* roacebey@yahoo.com

Resumen

El uso de abonos verdes en los suelos es una práctica agrícola bastante acertada para mejorar la fertilidad de los suelos, debido a los múltiples beneficios físicos, químicos y biológicos. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de abono verde acolchado con la aplicación de diferentes especies de leguminosas, para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos evaluados mediante el efecto en el rendimiento del cultivo de maíz. La investigación se realizó en dos periodos agrícolas en una parcela experimental en la comunidad de Las Casas del Municipio de Padilla, donde el área de estudio se caracterizó por presentar suelos de baja fertilidad. La metodología utilizada fue un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron Cumanda (*Vigna unguiculata*), Frejol de puerco (*Canavalia ensiformis*), Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Mucuna ceniza (*Stizolobium niveum*) y Testigo (sin cultivo). Los resultados muestran con base al análisis fisicoquímico del suelo, la Cumanda (*V. unguiculata*) incrementó el contenido de nutrientes tales como el Na, K, N, P y mejoró el pH. Con respecto al efecto que tuvo los abonos verdes en el rendimiento de maíz, demostró de la misma manera que la Cumanda mejoró el rendimiento del maíz con 1339.66 kg/ha, en condiciones de suelos degradados. Esto demuestra que la incorporación de abonos verdes en terrenos agrícolas abandonados, es una alternativa adecuada en los sistemas de producción agroecológica de los agricultores.

Palabras clave: análisis fisicoquímico, maíz, suelo, Tucumano-Boliviano.

Abstract

The use of compost or “green manure”, in the soil is well known agricultural practice for improving the fertility of soils owing to its multiple physical, chemical and biological benefits. The objective of the investigation was to evaluate the effect of padded compost with the application of different species of legumes to improve the physico-chemical properties of soils, as an effect on the yield of maize crop. The investigation was carried out in two agricultural periods in an experimental plot in the community of Las Casas of the Padilla Municipality, where the study area was characterized by low soil fertility. The sampling methodology used a random block design with five treatments and five repetitions. The treatments were, “Cumanda” (*Vigna unguiculata*), “Frejol de puerco” (*Canavalia ensiformis*), “Kudzu” (*Pueraria phaseoloides*), “Mucuna ceniza” (*Stizolobium niveum*), and a Control (no crop). The results show that based on the physico-chemical analysis of the soil, the application of “Cumanda” increased the content of nutrients such as Na, K, N, P and improved the pH. With respect to the effect which the compost had on the yield of maize, it was demonstrated that similarly “Cumanda” compost improved maize yield with 1339.66kg/ha, in conditions of degraded soils. This demonstrates that the incorporation of compost in abandoned agricultural land is an adequate alternative in the agroecological production systems of farmers.

Key words: Physico-chemical analysis, maize, soil, Tucumano-Boliviano.

Introducción

Una preocupación social, se ha centrado en la forma dramática que la agricultura convencional ha incrementado la erosión del suelo en todo el mundo (Montgomery 2007). Se ha estimado que a nivel mundial, casi el 40% de la tierra cultivada se degrada y tiene un impacto significativo en la productividad (Oldeman et al. 1991, Scherr 1997, Eilittä et al. 2004). Una de las principales razones de este hecho es la utilización continua de métodos inadecuados de manejo de suelos, incluyendo la quema de residuos vegetales, el laboreo excesivo y el monocultivo (Florentín et al. 2010). Frente a este problema, el uso de abonos verdes surge como una alternativa de la agricultura orgánica, viable y económica para aportar nutrimentos, carbono orgánico y mejorar las propiedades de los suelos (García & Martínez 2007).

Los abonos verdes son cultivos principalmente de leguminosas, aunque también se usan otras plantas (Rayns & Rosenfeld 2007). Estos se producen con la finalidad de mejorar la fertilidad de los suelos mediante la fijación de nitrógeno, mejoramiento del contenido de materia orgánica en el suelo, la conservación de la humedad del suelo, y previniendo la erosión del suelo (Zentner et al. 2004, Hernández & Viteri 2006, García & Martínez 2007, Felix-Herran et al. 2008, Florentín et al. 2010, Ramírez & Acebey 2013). Plantas de leguminosas usadas convencionalmente fueron la cumanda (*Vigna unguiculata*), Frijol de puerco (*Canavalia ensiformis*), Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), Mucuna ceniza (*Stylobium niveum*) y otros. Los cuales han sido probados como abono verde para mejorar la productividad en diferentes cultivos (García & Martínez 2007, Singh et al. 2010, Florentín et al. 2010, Sánchez et al. 2011).

Bolivia de la misma manera presenta procesos de erosión en suelos agrícolas, para 1990 aproximadamente el 4% (53725 km²) se registraron como suelos degradados (Oldeman et al. 1990). En el caso del departamento de Chuquisaca, evaluaciones realizadas en 1996 por el Ministerio de Planificación del Desarrollo determinaron que aproximadamente el 60% del territorio presenta indicios de desertificación de alta a muy alta (Ministerio de Planificación del Desarrollo 2013). Esto se debe a que la mayoría de los agricultores de nuestro medio, practican una agricultura de carácter extractivo, donde se da poca importancia a la conservación y el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Alexis 1997).

En las zonas agrícolas del Bosque Boliviano-Tucumano de Chuquisaca, uno de los problemas más frecuentes son la baja fertilidad de los suelos, la erosión del suelo y la baja rentabilidad de sus productos (SERNAP 2011), este trabajo de investigación contribuye con información técnica para mejorar la fertilidad de suelos con la incorporación de diferentes leguminosas como abonos verdes, y se demuestra el efecto que tiene en el incremento del rendimiento de maíz de los agricultores de la región, con enfoque de sostenibilidad.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Serranía del Iñao (Fig. 1), comunidad Las Casas del municipio de Padilla (Chuquisaca, Tomina), situada a 223 km de la ciudad de Sucre en las coordenadas geográficas 64° 7'11" de longitud oeste y 19°17'55" de latitud sur y a una altitud de 1600 m (SERNAP 2011). Esta comunidad se dedica a cultivar diferentes tipos de productos, los más frecuentes son el ají, maní y maíz, donde el maíz presenta una alta diversidad agrícola (Churqui et al. 2014), que es fuente de alimento local y para el ganado porcino.

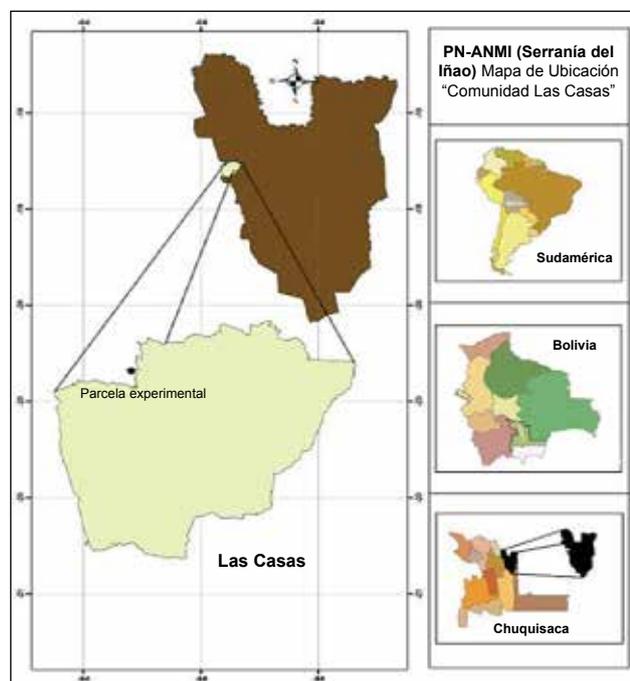


Figura 1. Ubicación de la parcela experimental en la comunidad Las Casas, en el área protegida PN-ANMI Serranía del Iñao.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (BCA), con cinco tratamientos (4 especies de leguminosas y un testigo), cada tratamiento (T) tuvo cinco repeticiones, con un total de 25 unidades experimentales. Cada uno de los tratamientos corresponde a cuatro especies de leguminosas: *V. unguiculata* (cumanda, T1), *C. ensiformis* (Frejol de puerco, T2), *P. phaseoloides* (Kudzu, T3), *S. niveum* (Mucuna ceniza, T4) y Testigo (sin leguminosas, T5). El inicio de la siembra de las leguminosas en el primer periodo del experimento (año 1 = tiempo 1) se llevó a cabo de acuerdo a los tratamientos establecidos. La asignación de cada una de las unidades experimentales, fue a través del método de los números aleatorios para su correcta distribución. La siembra de maíz se realizó en la segunda quincena de diciembre (año 2=tiempo 2) sobre cobertura de los abonos del periodo anterior del experimento previamente incorporada con rastra. Se utilizó maíz de la variedad Ivo, que fue sembrado a razón de 20 kg/ ha.

Variables de estudio

Las variables de estudio fueron propiedades y parámetros fisicoquímicos del suelo además de datos agronómicos del cultivo de maíz. En la Tabla 1, se muestran las propiedades del suelo que fueron medidas (textura, arcilla, limo, arena y densidad aparente), los análisis fisicoquímicos fueron concentración de iones hidrógeno (H^+) o pH, conductividad eléctrica (C.E.), cationes de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), total de bases intercambiables (T.B.I.), capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.), el porcentaje de materia orgánica (MO), nitrógeno (N), y fósforo disponible (ppm). Por otra parte, se realizó el análisis químico de las leguminosas determinando su concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Para la interpretación de estos resultados se utilizó la clasificación de la Moreno (1978), USDA (1999), Molina & Meléndez (2002), Fernández et al. (2006), Horneck et al. (2011) y AGROLAB (2011). Del cultivo del maíz, se tomaron los datos agronómicos de número de hojas, longitud y diámetro de la mazorca, porcentaje de granos sanos y enfermos y el rendimiento del cultivo.

Resultados y discusión

Propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos

Comparando la Tabla 1 que muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico antes de la incorporación de los abonos verdes (Testigo_{Tiempo1}) con los datos obtenidos después de la

incorporación de los abonos verdes (Testigo_{Tiempo2}, *V. unguiculata*, *C. ensiformis*, *P. phaseoloides* y *S. niveum*), la interpretación de los resultados de los análisis fisicoquímicos en la calidad de los suelos (Tablas 2 y 3) puede haberse dado por la influencia de la actividad agrícola anterior sobre textura, densidad aparente, estructura del suelo y materia orgánica.

Con base a la proporción de las distintas fracciones de arcilla, limo y arena, se determinó que el suelo es de tipo franco arenoso, y con poco contenido de materia orgánica. Esta característica física hace que sea un terreno de tipo ligero, que según Báscones (2005) estos suelos tienen poca capacidad de retención de agua, elevada permeabilidad, buen drenaje, buena aireación, el tiempo de tempero es mayor, y no son los más adecuados para el desarrollo de los cultivos. Aunque para otros tipos de cultivos de leguminosas, este tipo de suelos ligeros son los más indicados (Santiago 2005).

Asimismo, después de la incorporación de los abonos verdes, las características físicas de suelo no cambiaron, puede ser debido a la textura, uno de los más estables atributos del suelo que puede sólo ser modificada ligeramente por cultivos y otras prácticas que causan la mezcla de las diferentes capas del suelo, como hace referencia la USDA (1999). Pero de alguna manera, los abonos verdes que provienen de la *V. unguiculata* (T1), *P. phaseoloides* (T3) y *S. niveum* (T4), conservaron la densidad aparente de los suelos, ya que los valores para suelos francos arenosos estuvieron por debajo (< 1.60), que es un buen indicador de la baja compactación, que evitan las restricciones para el crecimiento de las raíces de la mayoría de los cultivos. El C.I.C. un parámetro que tiene mucha relación con la textura, que además de ser de la clase franco arenoso, son suelos pobres poco aptos para la vida de las plantas, lo cual está relacionado con el bajo contenido de materia orgánica antes y después de la aplicación de los tratamientos, como se observa en los valores en la Tabla 2.

Los valores obtenidos de la concentración de iones hidrógeno (pH), al inicio se registraron valores medios (5.9), clasificándolos como suelos ácidos. Después de agregar los abonos verdes el pH se mantuvo dentro los rangos de suelos ácidos (pH: 5.5-6.5) según la categorización de Báscones (2005), pero en la interpretación de análisis de suelos de Molina & Meléndez (2002), el abono *S. unguiculata* (T1) fue el que incremento el pH del suelo (6.2), por lo que está dentro del rango entre 6 y 7, que es el pH óptimo para la mayoría de los cultivos (USDA 1999, Molina 2007).

Tabla 1. Variables de estudio para la interpretación de la fertilidad en función a las propiedades y parámetros fisicoquímicos del suelo.

Variables del análisis suelo		Interpretación					
Propiedades físicas	Variables	Clases				Fuente	
	Textura	Ligero	Medio		Fuerte		
	% arcilla	Arenosa Arenosa-franco	Franco-arenosa		Franco-arcillosa		USDA (1999)
	% limo		Franco-arcillo-arenosa		Franco-arcillo-limosa		
	% arena		Franco-limosa		Arcillo-limosa		
		Franco		Arcillosa			
	Limosa		Arcillo-arenosa				
Densidad aparente g/cm ³ (arena, areno-franco)	Densidades aparentes Ideales < 1.60	Densidades aparentes que pueden afectar el crecimiento radicular 1.69		Densidades aparentes que restringen el crecimiento radicular >1.80		USDA (1999)	
C.I.C. meq/100g	Muy bajo <5	Bajo 5-15	Media 15-25	Alta 25- 40	Muy alta > 40	Fernández et al. (2006)	
Propiedades fisicoquímicas	Ph	Bajo < 5	Medio 5-6	Optimo 6-7	Alto 7	Molina y Meléndez (2002)	
	C.E. conductividad ad eléctrica ds/m	No salino 0-0.98	Muy ligeramente salino 0.98 – 1.71	Ligeramente salino 1.71 – 3.16	Moderadamente salino 3.16 – 6.07	Fuertemente salino > 6.07	USDA (1999)
	Calcio meq/100g	Bajo <5 meq/100 g suelo	Medio 5 - 10 meq/100 g suelo		Alto > 10 meq/100 g suelo		Agrolab (2011)
	Magnesio meq/100g	Bajo <0.5 meq/100 g suelo	Medio 0.5 - 1.5 meq/100 g suelo		Alto > 1.5 meq/100 g suelo		Agrolab, (2011)
	Sodio meq/100g	Bajo <1.637	Medio 1.637-4.092		Alto >4.092		Horneck et al. (2011)
	Potasio meq/100g	Bajo <0.4 meq/100 g suelo	Medio 0.4-0.6 meq/100 g suelo	Alto 0.6-2.0 meq/100 g suelo		Muy alto >2.0 meq/100 g suelo	Agrolab (2011)

¹Extremadamente, ²Medianamente pobres

La C.E. tiene mucha relación con el contenido de Na, ya que en ambos análisis se tuvo valores bajos, que según la USDA (1999) permiten el crecimiento de los cultivos en general. Aunque el contenido de K se incrementó con la incorporación de los abonos verdes, que destaca su importancia como fertilizante mineral para el crecimiento de las plantas (Horneck et al. 2011). Otros minerales mantuvieron su contenido en los diferentes tratamientos como el Mg y para el Ca si se observó un incremento, debido a que los abonos

verdes incrementan su contenido como los muestran similares resultados Salazar et al. (2004).

En cuanto a la concentración de P y N, solo la Cumanda (*V. unguiculata*) fue la que aportó mayor incremento de estos macronutrientes. Debido posiblemente a que este abono verde desarrolla mayor biomasa, como los resultados obtenidos por Silva et al. (2004), ya que evidenciaron un incremento en los contenidos de N, P y K en el suelo.

Tabla 2. Resultados del análisis fisicoquímico de suelo (analizado por el laboratorio de suelos y aguas de la UMSS). El testigo (T5=Tiempo 1 y 2) y los abonos verdes: T1= *V. unguiculata* (Cumanda), T2= *C. ensiformis* (Frejol de puerco) T3= *P. phaseoloides* (Kudzu), T4= *S. niveum* (Mucuna Ceniza).

	Testigo (T5) (Tiempo 1)	Testigo (T5) (Tiempo 2)	<i>V. unguiculata</i> (T1)	<i>C. ensiformis</i> (T2)	<i>P. phaseoloides</i> (T3)	<i>S. niveum</i> (T4)
Arcilla (%)	11	5	4	5	5	5
Limo (%)	14	14	14	14	12	13
Arena (%)	75	81	82	81	83	82
Densidad aparente (g/cm ³)	1.52	1.61	1.47	1.61	1.43	1.52
C.I.C. (meq/100g)	5.4	5	4.2	3	3.4	2.8
pH	5.9	5.4	6.2	5.8	5.6	5.4
C.E. (dS/m)	0.048	0.058	0.13	0.083	0.096	0.108
Ca (meq/100g)	4.00	3.5	2.5	3.5	5	3
Mg (meq/100g)	1.00	1	1.5	1	1	1,5
Na (meq/100g)	0.44	1.19	1.19	1.03	1.47	1.11
K (meq/100g)	0.51	0.84	1.31	0.87	0.8	0.95
Materia orgánica (%)	0.81	1.2	1.03	0.2	0.36	0.1
N total (%)	0.049	0.11	0.105	0.035	0.05	0.04
P (ppm)	7.1	17	28	19	13.6	13.6

Tabla 3. Interpretación del análisis fisicoquímico de suelo. El testigo (T5=Tiempo 1 y 2) y los abonos verdes: T1= *V. unguiculata* (Cumanda), T2= *C. ensiformis* (Frejol de puerco) T3= *P. phaseoloides* (Kudzu), T4= *S. niveum* (Mucuna Ceniza).

	Testigo (T5) (Tiempo 1)	Testigo (T5) (Tiempo 2)	<i>V. unguiculata</i> (T1)	<i>C. ensiformis</i> (T2)	<i>P. phaseoloides</i> (T3)	<i>S. niveum</i> (T4)
Textura	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco
Densidad aparente (g/cm ³)	Ideal	Puede afectar	Ideal	Puede afectar	Ideal	Ideal
C.I.C. (meq/100g)	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo
pH	Medio	Medio	Optimo	Medio	Medio	Medio
C.E. (mmhos/cm)	No salino	No salino	No salino	No salino	No salino	No salino
Ca (meq/100g)	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio
Mg (meq/100g)	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Na (meq/100g)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
K (meq/100g)	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Materia orgánica (%)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
N total (%)	Pobre	Medio	Medio	Pobre	Pobre	Pobre
P (ppm)	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio

Efecto de los abonos verdes sobre el rendimiento del cultivo de maíz

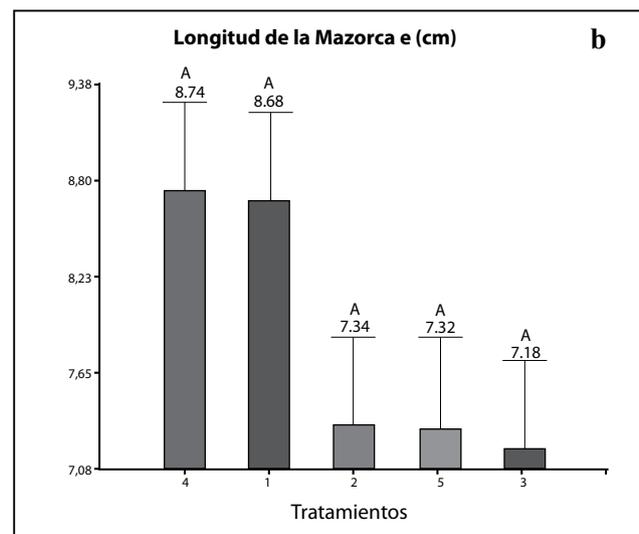
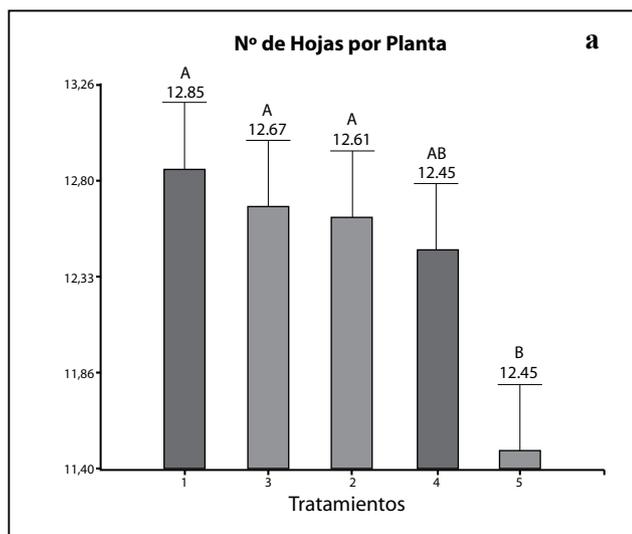
De acuerdo al análisis de varianza, para la variable Número de hojas/planta, en la última fase fenológica del cultivo de maíz, se tiene un 45% de relación entre tratamientos, y no existen diferencias significativas) entre los tratamientos ($p = 0.0648$). Mediante la prueba de medias de Duncan ($\alpha = 0.05\%$), se muestran diferencias significativas entre tratamientos, donde la Cumanda (T1) tiene el mayor Número de hojas/planta (12.85), siendo similares estadísticamente a los tratamientos de Kudzu (T3) con 12.67 hojas/planta, Frejol de puerco (T2), con 12.61 hojas/planta, los demás tratamientos presentaron menor Número de hojas/planta como la Mucuna ceniza (T4) con 12.45 hojas/planta, y el testigo (T5) con 11.48 hojas/planta, estos últimos son los tratamientos que presentaron el menor valor en comparación a los demás tratamientos (Fig. 2a).

Según el análisis de varianza, para la variable longitud de mazorca, se tiene un 63% de relación entre tratamientos y no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.1180$). Mediante la prueba de medias de Duncan, no se muestran diferencias entre tratamientos, siendo similares la longitud de las mazorcas 8.74 cm (Mucuna ceniza, T4), 8.68 cm (Cumanda, T1), 7.34 cm (Frejol de puerco, T2), 7.32 cm (testigo, T5), y 7.18 cm (Kudzu, T3) (Fig. 2b).

Con base en el análisis de varianza, para la variable diámetro de mazorca, se tiene un 68% de

relación entre tratamientos y encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0248$), y por medio la prueba de medias de Duncan, se probó que la Cumanda (T1) tiene las mazorcas más largas con 3.64 cm, comparando Kudzu (T3) con 3.00 cm, el testigo (T5) con 3.27 cm y el Frejol de puerco (T2) con 3.28 cm (Fig. 2c).

El rendimiento del cultivo de maíz obtenido en el segundo periodo del experimento (tiempo 2= año 2) mostro mediante el análisis de varianza, que se tiene un 70% de relación entre tratamientos y no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Pero mediante la prueba de medias de Duncan, se muestran diferencias entre tratamientos, donde la Cumanda (T1) tiene el mayor rendimiento (1339.66 kg/ha), con respecto a los otros tratamientos. Comparando con el rendimiento en sistemas cultivos tradicionales de maíz (2070 kg/ha) según los datos del Observatorio Agroambiental y Productivo (2013), los resultados obtenidos son bajos. Pero se tiene que considerar que la incorporación de abonos verdes, se lo realizo en un predio con suelos muy degradados y que el abono verde de la Cumanda, fue el que mejor característica de desarrollo mostro, tanto en número de hojas, diámetro de mazorca y rendimiento, que comparando por lo indicado por Birbaumer (2008) que relata que en suelos con fertilidad media el maíz puede producir más de 5000 kg/ ha de granos, y en suelos deteriorados puede llegar a menos de 1500 kg/ ha, que es superior al resultado obtenido con éste estudio.



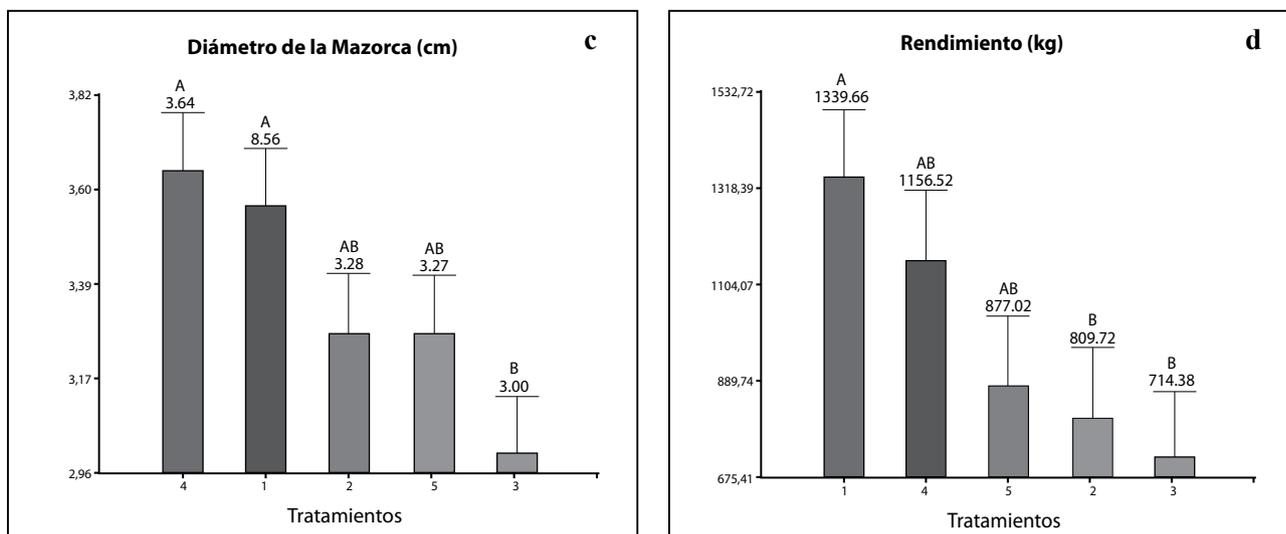


Figura 2. Efecto de los abonos verdes sobre cuatro atributos del cultivo de maíz: a) N° de hojas/planta, b) longitud de la mazorca, c) diámetro de la mazorca, d) rendimiento. Los tratamientos fueron: T1= *V. unguiculata* (Cumanda), T2= *C. ensiformis* (Frejol de puerco) T3= *P. phaseoloides* (Kudzu), T4= *S. niveum* (Mucuna Ceniza) y T5= Testigo.

Conclusiones

La incorporación de abonos verdes en suelos degradados que fueron las condiciones en las que se desarrolló el experimento, es una alternativa adecuada en los sistemas de producción agroecológica. De los cuatro tipos de abonos verdes utilizados, la Cumanda (*V. unguiculata*) fue el que mejoró relativamente la calidad del suelo y los resultados a partir del efecto que tuvo sobre los atributos agronómicos sobre el maíz, demostraron que el beneficio en el desarrollo de la planta (número de hojas y longitud) y el rendimiento fue superior a los demás tratamientos. Esto demuestra que los abonos verdes permiten mejorar de la fertilidad de suelos y el rendimiento en el maíz, es una alternativa que el agricultor podrá adoptar para restaurar y conservar los suelos de sus sistemas agrícolas con un enfoque de sostenibilidad.

Agradecimientos

Se hace una mención especial al proyecto BEISA 3, de la Facultad de Ciencias Agrarias - USFXCH, financiado por la Agencia de Cooperación Danesa-DANIDA, ya que mediante su apoyo fue posible la realización de este trabajo de investigación. Un agradecimiento especial al Dr. Per Kudsk por las

sugerencias y orientación durante el desarrollo de esta investigación.

Referencias

- Alexis, M.B. 1997. Evaluación de seis tratamientos de abonos verdes en la localidad de Tarabuco. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias - U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre - Bolivia.
- AGROLAB. 2005. Guía de referencia para la interpretación análisis de suelos AGROLAB. Pachuca Hidalgo, México. 15 p.
- Báscones, E. 2005. Análisis de suelo y consejos de abonado. Excma. Diputación Provincial de Valladolid, España. (Visitado 13/02/2014). Disponible en: <http://legado.inea.org/>.
- Birbaumer, G. 2008. Sistemas sostenibles de producción: para los principales cultivos agrícolas, hortícolas, forestales y agroforestales de la Región Centro del Paraguay. Asunción, PY: MAG/GTZ. 354.
- Eilittä M., J. Mureithi & R. Derpsch. 2004. Green Manure/Cover Crop Systems of Smallholder Farmers: "Experiences from Tropical and Subtropical Regions. Springer Science +

- Business Media, Inc. Kluwer Academic Publishers". United States of America. 396 p.
- Fernández, L.C., N.G. Rojas, T.G. Roldán, M.E. Ramírez, H.G. Zegarra, R. Uribe, R.J. Reyes, D. Flores & J.M. Arce. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo, México, D. F. 184.
- Florentín, M.A., M. Peñalva, A. Calegari, & R. Derpsch. 2011. Green manure/cover crops and crop rotation in conservation agriculture on small farms. Integrated Crop Management. Vol.12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italia. 1-108.
- Felix-Herran, J.A., R.R. Sañudo-Torres, G.E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz & V. Olalde-Portugal. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1):57-67.
- García, J.S. & M.R. Martínez. 2007. Abonos verdes". Ficha 4. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. 1-8.
- Hernández, D.M. & S.E. Viteri. 2006. Selección de abonos verdes para el manejo y rehabilitación de los suelos sulfatados ácidos de Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 24(1): 131-137.
- Horneck, D.A., D.M. Sullivan, J.S. Owen & J.M. Hart. 2011. Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University, 1-12.
- Ministerio, de Planificación del Desarrollo. Mapa de desertificación de suelos en Bolivia. 1996. Visitado 13/02/2014). Disponible en: <http://geo.gob.bo/>.
- Molina, E. 2007. Análisis de suelos y su interpretación. Amino Grow Internacional. (Visitado 13/02/2014). Disponible en: www.aminogrowinternacional.com.
- Molina, E. & G. Meléndez. 2002. Tabla de interpretación de análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Mimeo. Costa Rica.
- Montgomery, DR. 2007. Is agriculture eroding civilization's foundation?: *GSA Today*, 17 (10): 4-10.
- Moreno, D. R. 1978. Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrientes asimilables. INIA-SARH. México D.F.
- Observatorio, Agroambiental y Productivo. 2013. Costos de producción por hectárea (bs.) cultivo maíz choclo", Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario. Bolivia. 2.
- Oldeman, R., R. Hakkeling, & W. Sombroek. 1991. World map of the status of human induced soil degradation: An explanatory note. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageningen, the Netherlands, and United Nations Environment Program (UNEP), Nairobi, Kenya.
- Ramírez, J.C. & R. Acebey. 2013. Uso de abonos verdes en el cultivo de maíz. Ficha de información. Proyecto BEISA3. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre. Bolivia.
- Rayns, F. & A. Rosenfeld. 2007. Green manures: An investigation into the adoption of green manures in both organic and conventional rotations to aid nitrogen management and maintain soil structure". HDRA as part of HDC Project FV 299. U.K. 1-37.
- Salazar, M.A., M. Prager & J.E. Ararat. 2004. Evaluación de abonos verdes en el cultivo de yuca *Manihot sculenta* Krantz en un inceptisol de la zona de ladera del departamento del Cauca, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín*, 57(2): 2413-2422.
- Sánchez, C., R. Rivera, D. Caballero, R. Cupull, C. Gonzalez & S. Urquiaga. 2011. Abonos verdes e inoculación micorrizica de posturas de cafeto sobre suelos ferralíticos rojos lixiviados. *Cultivos Tropicales*, 32 (3):11-17.
- Santiago, M. 2005. La Alubia: Manual para su cultivo en agricultura ecológica. Monográficos Ekonekazaritza N°4. Ed. Bio Lur Navarra. España. 3.
- Scherr, S.1997. Soil degradation: Athreat to developing country food security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper no. 27. International Food Policy Research Institute (IFPRI), WA, USA. 63.
- SERNAP 2011. Plan de Manejo del PN y ANMI Serranía del Iñaño 2012 – 2021. Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño. Monteagudo. Chuquisaca. Bolivia. 265.

- Silva, A.L., J. Pohlen & D. Salazar. 2004. Efectos Agrobiológicos de coberturas verdes en el cultivo de la Pitahaya (*Hylocereus undatus* Britton & Rose) en Nicaragua. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 105(2): 175–187.
- Singh, M., A. Singh, S. Singh, R.S. Tripathi, A.K. Singh, & D.D. Patra. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. *Industrial Crops and Products*, 31: 289–293.
- USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA). 1-88.
- Zentner, R.P., C.A. Campbell, V.O. Biederbeck, F. Selles, R. Lemke, P.G. Jefferson, & Y. Gan. 2004. Long-term assessment of management of an annual legume green manure crop for fallow replacement in the Brown soil zone. *Can. J. Plant Sci.* 84: 11–22.

Insecticidas botánicos, una alternativa para el control de la mosca del ají (*Neosilba pendula*) en Zapallar, Municipio Monteagudo, Chuquisaca

Botanical Insecticides an alternative for the control of the chili peppers fly (*Neosilba pendula*) in the Zapallar Municipality, Monteagudo, Chuquisaca.

Odalís Esther Cardozo¹ & Manuel Jiménez Huamán^{2*}

¹ Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre-Bolivia.

² Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132. Sucre-Bolivia.

*mjimenezhuaman@yahoo.com

Resumen

La mosca del ají (*N. pendula*) es considerada una plaga con serios efectos para los productores de ají del Chaco de Chuquisaca, Bolivia. La forma convencional de su control es mediante el uso indiscriminado de insecticidas químicos. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de cuatro insecticidas de origen botánico obtenidos de *Melia azedarach* (Meliaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), *Datura stramonium* (Solanaceae) y *Myrsine laetevirens* (Myrsinaceae), para el control de la mosca del ají (*N. pendula*) en los ecotipos de ají punta de lanza ladrillo y colorado dulce. Se obtuvo menor incidencia de mosca del ají y mayor respuesta a la eficiencia a los insecticidas botánicos en el ecotipo punta de lanza ladrillo. El insecticida botánico obtenido de *M. azedarach*, se destacó por tener menor incidencia y mayor eficiencia ($p \leq 0.05$) comparando con el testigo. Al realizar comparaciones múltiples, cada ecotipo versus los insecticidas botánicos, se evidenció que el ecotipo ají colorado dulce muestra mejor las diferencias entre los tratamientos, encontrándose baja incidencia de *N. pendula* utilizando los insecticidas preparados con *M. azedarach* y *M. laetevirens*. Se destaca el uso de *M. laetevirens*, debido a que es una planta con poblaciones abundantes en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño. Se discute el uso de insecticidas botánicos como alternativa para el control de la mosca del ají, en programas de manejo integrado de plagas, como alternativa agroecológica para el manejo de esta plaga en la región.

Palabras clave: cultivo de ají, ecotipo, incidencia, Serranía Iñaño.

Abstract

The pepper fly (*N. pendula*) is considered a pest with serious effects for the farmers of pepper in the Chaco of Chuquisaca, Bolivia. The conventional form of control is through the indiscriminate use of chemical insecticides. The objective of the investigation was to evaluate the efficiency of four insecticides of a botanical origin obtained from *Melia azedarach* (Meliaceae), *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), *Datura stramonium* (Solanaceae) and *Myrsine laetevirens* (Myrsinaceae), for the control of the chili pepper fly (*N. pendula*) in the ecotypes of chili peppers, “punta de lanza ladrillo” and “Colorado dulce”. A lower incidence of the presence of the chili pepper fly and good response to the botanical insecticides was observed in the ecotype, “punta de lanza ladrillo”. The botanical insecticide obtained from *M. azedarach*, was notable for having low incidence and high efficiency ($p \leq 0.05$) compared with the control. In realizing multiple comparisons, each ecotype versus the botanical insecticides, it was evidenced that the ecotype, “dulce Colorado” shows best the differences between treatments, where there was low incidence of finding *N. pendula*. Using the insecticides prepared with *M. azedarach* and *M. laetevirens*. The use of *M. laetevirens* is highlighted, owing to it being a plant with abundant populations in the Serranía del Iñaño National Park and Area of integrated management, as an agroecological alternative for the management of this pest in the region.

Key words: chili peppers crops, ecotype, incidence, Serranía Iñaño.

Introducción

El uso de insecticidas sintéticos es el método más común para controlar plagas en cultivos hortícolas, como *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (Berny-Mier & Terán et al. 2013). Sin embargo, existen efectos secundarios de estos insecticidas que afectan a los enemigos naturales de varias especies plaga (El-Wakeil et al. 2013), además dichas plagas llegan adquirir con el tiempo resistencia a los insecticidas mediante diferentes mecanismos genético-metabólicos (Field et al. 2001, Onstad 2014). Por otra parte, los insecticidas sintéticos representan una amenaza para el medio ambiente y para la salud humana (Ntalli & Menkissoglu-Spiroudi 2011).

Los insecticidas botánicos (bio-insecticidas) se han promocionado como una alternativa atractiva ante los plaguicidas químicos sintéticos para el control de plagas (Iannacone & Lamas 2002, Ntalli & Menkissoglu-Spiroudi 2011) porque son más amigables con el medio ambiente, son accesibles económicamente para los agricultores en países en desarrollo y además existe experiencia cultural, de utilizar extractos de especies de plantas locales en el control de plagas (Isman 2008). La aplicación de insecticidas botánicos se remonta a nuestros antepasados (400 años A.C.), como algunas plantas usadas por su poder insecticida, como ejemplo se menciona a *Physostigma venenosum* (Leguminosae) y *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Asteraceae) precursoras de los plaguicidas organofosforados, carbamatos y piretroides respectivamente; otra planta muy conocida con buenas propiedades es *Nicotiana tabacum* (Solanaceae), con propiedades insecticidas conocidas desde 1690 y fue usada contra insectos chupadores en jardines (Matsumura 1975, Silva-Aguayo 2007).

En Bolivia el cultivo del ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), representa un cultivo de alta importancia, especialmente para el departamento de Chuquisaca. Del volumen de producción de más 4100 t/año (INE 2009), Chuquisaca es el primer productor de ají deshidratado, con un aporte del 92% de la producción nacional. La mayor concentración del este cultivo está principalmente en siete provincias: Tomina, Juana Azurduy, Nor Cinti, Sud Cinti, Hernando Siles, Luis Calvo y Belisario Boeto del departamento Chuquisaca (FTDA Valles 2007, Bejarano 2013). En estas provincias se ha encontrado

una alta diversidad genética de *C. baccatum* var. *pendulum*, registrándose 45 ecotipos de ají que son conservados en campos de agricultores (PROINPA 2007).

Actualmente en Chuquisaca existen problemas en la producción de ají debido a la presencia de plagas y enfermedades, entre ellos están especialmente la mosca del ají, que pertenece al género *Neosilba* McAlpine, 1962 (Diptera: Lonchaeidae), tiene importancia económica debido a los daños que causan atacando el fruto de plantas cultivadas y silvestres (Strikis & Lerena 2009, Uchôa 2012). Hasta el presente se han descrito 40 especies (Galeano-Olaya, Canal 2012), y la especie *Neosilba pendula* (Bezzi 1919) denominada como la mosca azul en Chile (Klein & Waterhouse 2000) o mosca del ají en Bolivia (Gonzales 1994, Bejarano, 2013), es la especie que provoca el aborto de los frutos, debido a que genera necrosis en el fruto, llegando a afectar parte de las semillas (CATIE 1993). De manera que *N. pendula* y los insectos vectores de la churquera están ocasionando pérdidas que pueden llegar hasta un 40% en la producción (Bejarano 2013). En la actualidad esta problemática ha incrementado y no se ha logrado controlar completamente a pesar de los esfuerzos realizados por los productores y técnicos de campo (León 2008).

Con el fin de contribuir con nuevas alternativas para el control de la mosca de ají (*N. pendula*) en Chuquisaca, el objetivo de esta investigación fue probar la eficiencia de cuatro insecticidas de origen botánico: *Melia azedarach* L. (Meliaceae) árbol nativo de Australia meridional, que ha demostrado ser bastante eficaz como insecticida (Huerta et al. 2008, Chiffelle et al. 2011), *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae), esta especie contiene terpenoides con propiedades insecticidas ya probada (Collavino et al. 2006, Arboleda et al. 2010), *Datura stramonium* (Solanaceae), que de la misma manera tiene propiedades insecticidas, por la presencia de alcaloides y es una alternativa sustentable para el control de plagas (Sandoval-Reyes et al. 2013, El-Massad et al. 2012) y *Myrsine laetevirens* Mez (Myrsinaceae) es árbol nativo de América del Sur, que ha sido probado para el control de Damping Off en almacigueras (FTDA-Valles 2007).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en una parcela experimental de la comunidad San Pedro del Zapallar que se encuentra a cuatro kilómetros del Municipio de Monteagudo, sobre el camino departamental Monteagudo-Santa Cruz. Zapallar pertenece a la zona de amortiguamiento del área protegida Parque

Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-AMNI) Serranía del Iñaño (Fig.1). Geográficamente está ubicada en las coordenadas 20°06'36" latitud sur y 63°26'41" latitud oeste, a una altitud de 1153 m. La precipitación total anual es 1010 mm, presentando máximas de 166 mm en el mes de enero y mínimas de 10 mm en el mes de julio, además la temperatura media máxima supera los 20°C (SERNAP 2011).

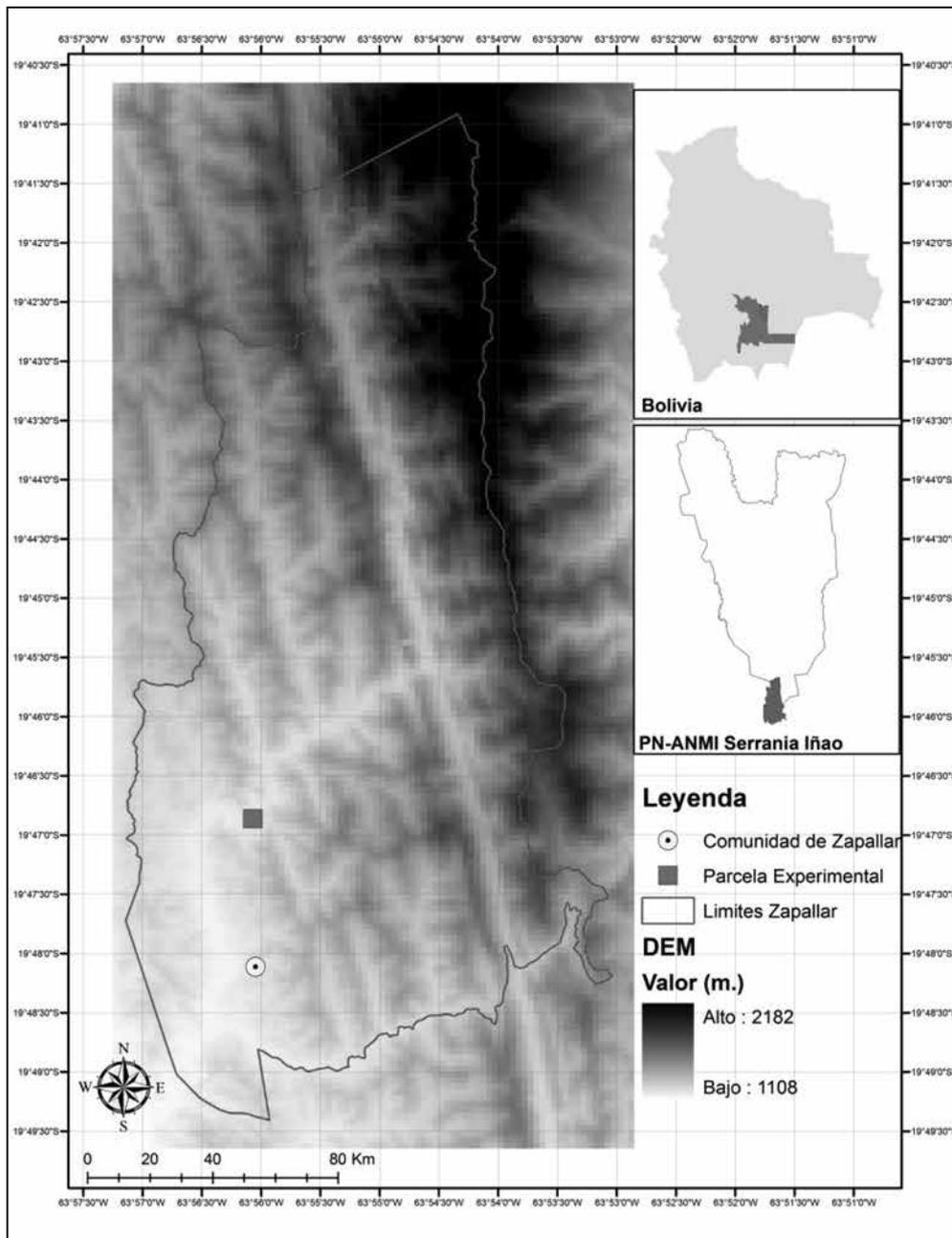


Figura 1. Ubicación de la parcela experimental en la comunidad San Pedro de Zapallar. Área protegida PN-AMNI Serranía del Iñaño.

Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completos al azar en arreglo factorial 2x5 con cuatro repeticiones por cada tratamiento, haciendo un total de 40 unidades experimentales y la interacción de los dos factores en estudio: ecotipos de ají x tipo de insecticida botánico. Los ajíes evaluados son dos ecotipos de *C. baccatum* var. *pendulum* (Willd.): Punta de lanza ladrillo y Colorado dulce; y los insecticidas botánicos son T1 = testigo o sin aplicación de insecticida botánico, T2 = Ricino (*R. communis*), T3 = Paraíso (*M. azedarach*), T4 = Yuruma (*M. laetevirens*) y T5 = Chamico (*D. stramonium*). Se evaluaron dos variables, el porcentaje de incidencia con el método de Anculle (1999) y eficacia según Abbott (1925), durante cinco fechas de aplicación y para cada aplicación a las 1, 24 y 48 horas.

Disposición de la parcela experimental

Se realizó el establecimiento del almacigo utilizando arena, tierra común y materia orgánica en proporciones iguales. La desinfección fue con agua hervida hasta saturar el suelo. Esta actividad se realizó un día antes de almacigado. Posteriormente, se procedió a la preparación del terreno, que inició un mes antes para destruir el ciclo biológico de algunas plagas que podrían ser resistentes al invierno, con una pasada de Romplom y una con rastra. Asimismo, se procedió a realizar el surcado (mecanizado) con la separación entre surcos de 70 cm. Posteriormente se procedió a los 45 días del almacigado al trasplante manual, después de una lluvia copiosa, para que las plántulas tengan un buen porcentaje de prendimiento. La distancia entre plantas fue de 0.50 cm con el establecimiento de 11 plantas por surco en un área experimental total de 15.9 m².

Durante la etapa de establecimiento del cultivo, se realizaron labores culturales como el refallado a los siete días después del trasplante. Luego se procedió al control de malezas mediante carpida, la primera se realizó a los 15 días después de trasplante y la segunda 15 días después. La fertilización, se realizó a los 15 días después del trasplante que se complementó con fertilización orgánica (gallinaza) 4 Tn/ha. También se efectuó dos desmalezadas manuales en la fase final de desarrollo del cultivo, además del aporque que fue en todo el periodo de producción. La cosecha y secado del fruto, se realizó a los 160 días después de

trasplante de forma manual, cuando todos los frutos alcanzaron su madurez fisiológica y una humedad de 40% a 45% en ambos ecotipos. El deshidratado tuvo un lapso 14 días, hasta alcanzar una humedad del 15%.

Preparación de los extractos

La selección de las plantas como bioinsecticidas se realizó en función a las investigaciones de Jiménez et al. (2010) y Casasola (1995), que hacen referencia al uso de plantas para el control de insectos. Las partes utilizadas fueron hojas, ramas, frutos y semillas. Para mayor efectividad de los insecticidas botánicos se adiciono jabón común comercial (biodegradable) a los diferentes tratamientos.

Los insecticidas botánicos fueron obtenidos por el método de maceración, que consistió en dejar seis días en reposo, considerada una de las formas donde no se ocasiona la modificación del principio activo de la plantas. Las dosis utilizadas fueron en una relación de 5:5 (5 kg de materia verde: 5 litros agua). En todo este proceso se obtuvo 5 lt de soluto de extracto, adicionando 5 lt de agua, llegando a obtener una solución de 10 lt listo para aplicar. De esta solución se aplicó a cada unidad experimental 1.25 lt, para el caso del testigo sólo se aplicó agua.

Los insecticidas botánicos se aplicaron con un pulverizador de 20 lt, esta actividad se realizó en horas de la tarde con el fin de crear un ambiente óptimo y tener una acción más eficaz de los insecticidas botánicos ya que estos son de fácil degradación por la radiación solar. Las aplicaciones se realizaron al área foliar y frutos de la planta, hasta que estos queden cubiertos por el producto. La frecuencia de aplicación fue cada seis días durante los meses de marzo, abril, mayo y la primera quincena de mes de junio, que fueron los meses de mayor incidencia de mosca de ají.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza usando el programa estadístico InfoStat (Balzarini et al. 2008) y se compararon las medias con pruebas de Tukey ($p > 0.05$). Para cuantificar el porcentaje del daño se calculó el porcentaje de incidencia = $NFD/NFT \times 100$ (NFD: No. de frutos dañados y NFT: Número total de frutos), y el porcentaje de eficiencia = $(L1-L2)/L1 \times 100$ (L1: Total de frutos evaluados, L2=Frutos dañados).

Resultados y discusión

Ecotipos de ají

Los dos ecotipos de ají evaluados han respondido de manera diferente a los insecticidas botánicos en la incidencia y eficiencia (Fig. 2a & 2b). Con base a los datos obtenidos, el ecotipo punta de lanza ladrillo presentó menor incidencia de plagas, y la mayor eficiencia al efecto de los insecticidas, probablemente por la mayor cantidad de picor que presenta el primero. Por otra parte, se obtuvo que los insecticidas botánicos comparando entre sí (Fig. 2c & 2d), mostraron que

sí existen diferencias significativas a partir de los resultados del análisis de varianza (Tabla 1). Y esto se debe a que el insecticida botánico *M. azedarach* (paraíso), se destacó por tener menor incidencia y mayor eficiencia ($p \leq 0.05$) comparando con el testigo. Otros estudios de la misma manera han demostrado la mayor eficiencia de los extractos de *M. azedarach* como insecticida botánico (Huerta et al. 2008, Chiffelle et al. 2011) y que la incidencia disminuye, debido a que concentraciones altas por encima de 1% afectan en la alimentación, ovoposición y muerte de insectos plaga, resultados también obtenidos por Ibáñez & Zoppolo (2008).

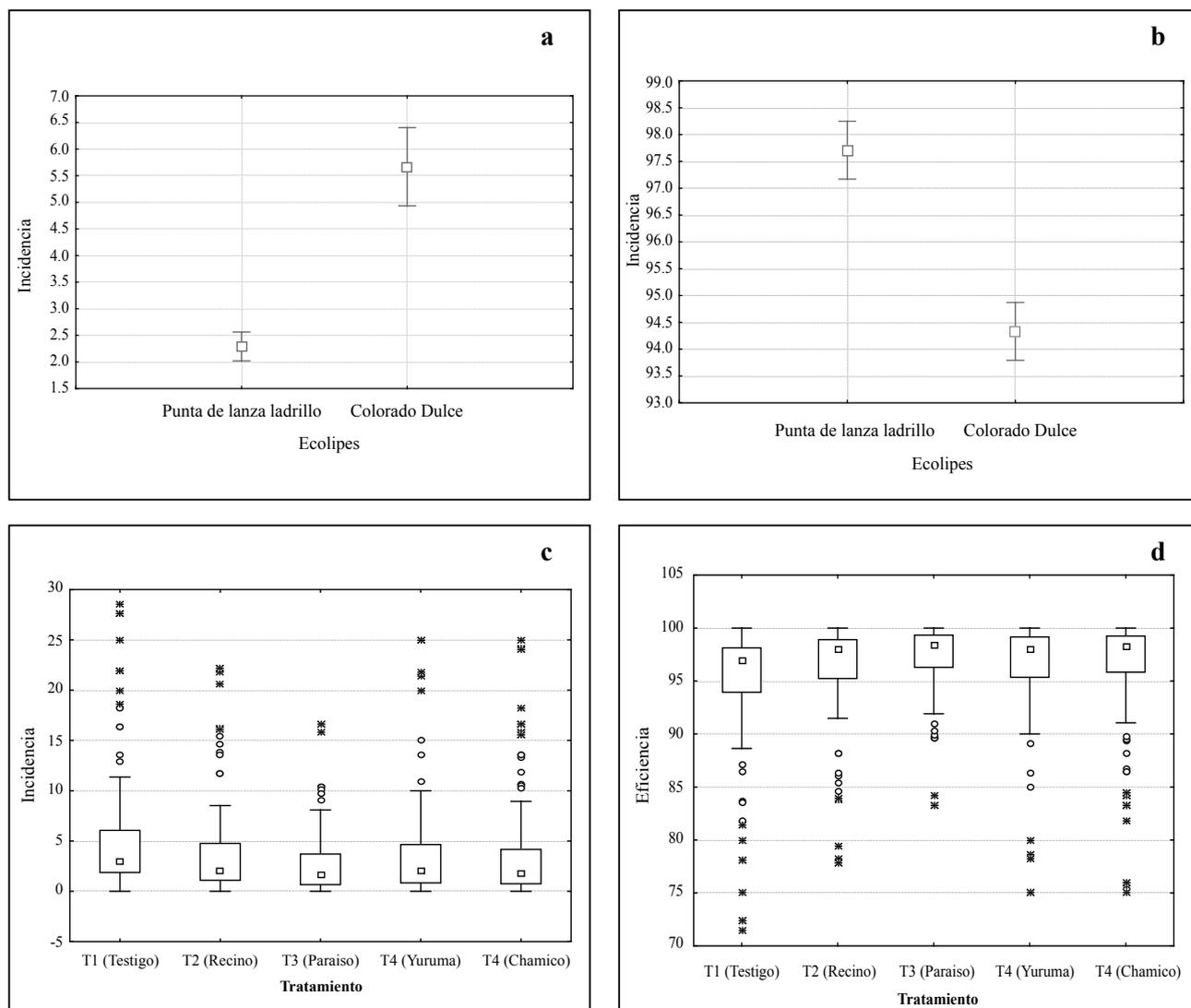


Figura 2. a) Diagrama de cajas mostrando diferencias entre el porcentaje de incidencia, b) porcentaje de eficiencia de los ecotipos “punta de lanza ladrillo” y “colorado dulce”, a partir de la aplicación de los insecticidas botánicos, c) variabilidad de los tratamientos tanto incidencia, d) eficiencia. T1: Testigo, T2: Ricino (*R.communis*), T3: Paraíso (*M. azedarach*), T4: Yuruma (*M. laetevirens*), T5: Chamico (*D. stramonium*).

Tabla 1. Análisis de varianza del efecto de los insecticidas botánicos sobre la incidencia y eficiencia en los dos ecotipos de ají “punta de lanza ladrillo” y “colorado dulce”.

Incidencia y Eficiencia	G. L.	S.C.	C.M.	F	p
Intercepto	1	9502.62	9502.624	420.5784	0.000000
Bloque	3	18.58	6.193	0.2741	0.844090
Ecotipo	1	1711.46	1711.461	75.7479	0.000000
Tratamiento	4	461.75	115.438	5.1092	0.000475
Bloque*Ecotipo	3	65.97	21.991	0.9733	0.404926
Bloque*Tratamiento	12	491.92	40.993	1.8143	0.042896
Ecotipo*Tratamiento	4	234.94	58.735	2.5995	0.035351
Bloque*Ecotipo*Tratamiento	12	271.47	22.622	1.0012	0.446195
Error	560	12652.74	22.594		
Total	599	15908.83			

Insecticidas botánicos

Al realizar comparaciones de cada ecotipo versus los insecticidas botánicos, se determinó que existen diferencias significativas entre cada interacción ($p \leq 0.05$) (Tabla 1). Se observa en la Figura 3a que el ecotipo del ají “punta lanza ladrillo”, presentó menor incidencia del ataque de *N. pendula*, pero no se pudo diferenciar el efecto entre los insecticidas botánicos, ya que la incidencia no varía significativamente entre los tratamientos y de la misma manera para los resultados de eficiencia (Tabla 2).

En cambio el ecotipo “ají dulce colorado”, aunque presente mayor incidencia de *N. pendula*, los valores más bajos (Fig.3a) se encontraron en *M. azedarach* (Paraiso) y *M. laetevirens* (Yuruma). Estos dos insecticidas botánicos son más eficientes en el

“ají dulce colorado”. Se destaca la especie *M. laetevirens*, debido a que es una planta nativa que se encuentra en los ecosistemas naturales en el área protegida. Con base a las recomendaciones de Jiménez et al. (2011) para el uso de plantas nativas en el control de insectos, esta planta ha demostrado ser eficiente. Sus propiedades insecticidas pueden ser aplicadas, y también para controlar enfermedades ya que posee actividad antimicrobiana y antiviral (Vivot & Cruaños 2008).

Asimismo, los resultados que se obtuvieron con la matriz de correlaciones, demuestran que los insecticidas botánicos *M. azedarach* (Paraiso) y *M. laetevirens* (Yuruma), tuvieron el mismo efecto en ambos ecotipos de ají, debido a que no se encontró diferencias estadísticamente significativas (Fig. 3b).

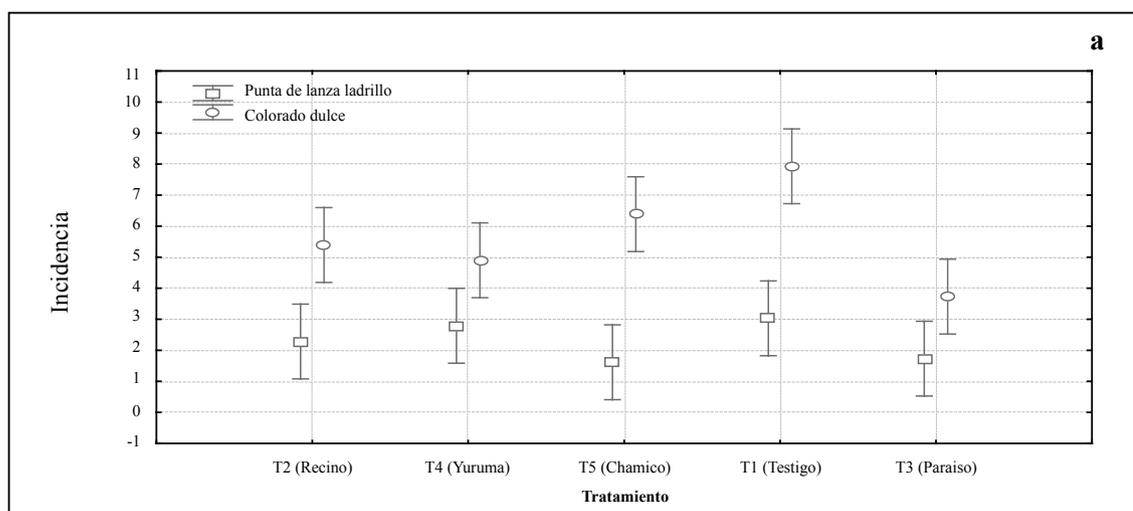


Figura 3a. Diagrama de cajas mostrando diferencias en la incidencia, debido al efecto de los cuatro insecticidas botánicos en los dos ecotipos de ají “punta lanza ladrillo” y “dulce colorado”.

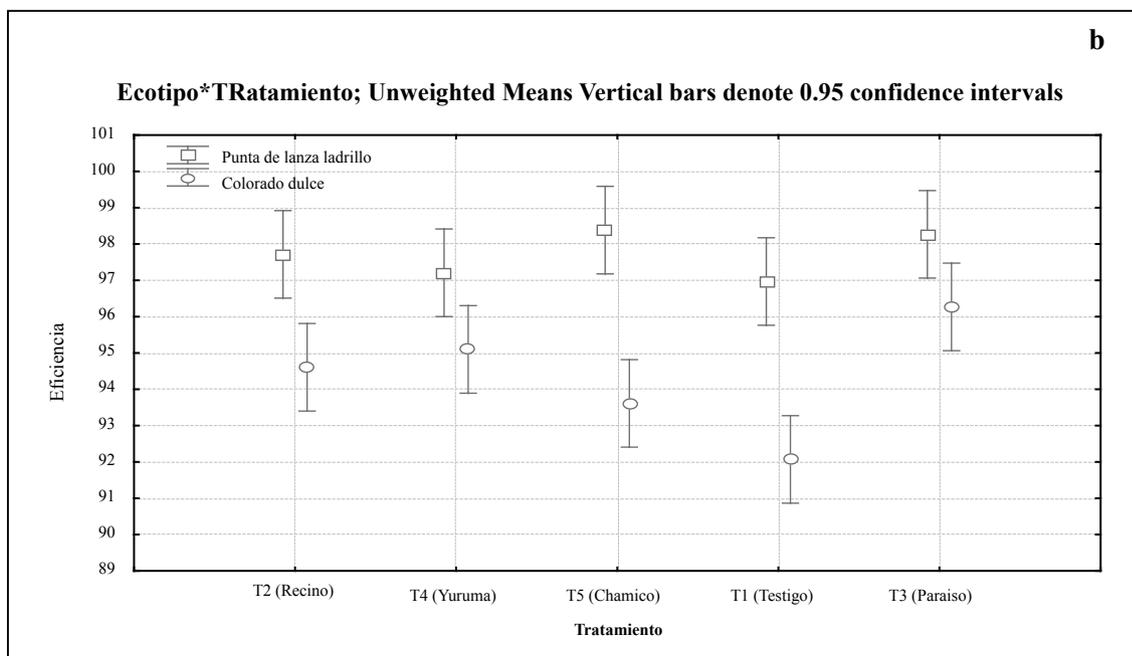


Figura 3b. Diagrama de cajas mostrando diferencias de eficiencia, debido al efecto de los cuatro insecticidas botánicos en los dos ecotipos de ají “punta lanza ladrillo” y “dulce colorado”.

Tabla 2. Matriz de correlaciones que compara la interacción de los ecotipos de ají *versus* los cuatro insecticidas botánicos en función a la incidencia y eficiencia. PLL: Punta lanza ladrillo; CD: Colorado dulce; T1: Testigo, T2: Ricino (*R. communis*), T3: Paraíso (*M. Azaderach*), T4: Yuruma (*M. laetevirens*), T5: Chamico (*D. stramonium*).

Incidencia Eficiencia	PLL*T2 {1}	PLL*T4 {2}	PLL*T5 {3}	PLL*T1 {4}	PLL*T3 {5}	CD*T2 {6}	CD*T4 {7}	CD*T5 {8}	CD*T1 {9}	CD*T3 {10}
PLL*T2 {1}		0.999894	0.998972	0.997517	0.999782	0.012582	0.076935	0.000107	0.000012	0.813605
PLL*T4 {2}			0.940936	1.000000	0.969388	0.080641	0.306582	0.001420	0.000013	0.986293
PLL*T5 {3}				0.833354	1.000000	0.000594	0.005960	0.000014	0.000012	0.303204
PLL*T1 {4}					0.893739	0.164835	0.488474	0.004346	0.000013	0.998501
PLL*T3 {5}						0.001041	0.009799	0.000016	0.000012	0.385965
CD*T2 {6}							0.999917	0.979920	0.099219	0.659158
CD*T4 {7}								0.788667	0.017430	0.942459
CD*T5 {8}									0.749871	0.067808
CD*T1 {9}										0.000067
CD*T3 {10}										

Efecto temporal de la aplicación de los insecticidas botánicos

Se analizó el efecto que tiene las cinco fechas de aplicación y tiempo en horas (1, 24 y 48 horas). El análisis de varianza muestra que entre las cinco fechas existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) y de igual manera para el tiempo (Tabla 3). Como

se observa en la Figura 4, existe una tendencia a disminuir la incidencia *N. pendula*, y aumentar la eficiencia de los insecticidas botánicos. A partir de la segunda fecha de aplicación la incidencia y eficiencia no varió significativamente en las siguientes fechas de aplicación. No se ha encontrado que exista una interacción significativa entre la fecha y horas con el tratamiento.

Tabla 3. Análisis de varianza del efecto de los insecticidas botánicos a partir de las fechas y tiempo (horas) sobre la incidencia y eficiencia en los dos ecotipos de ají.

Incidencia y Eficiencia	G. L.	S.C.	C.M.	F	p
Intercepto	1	9502.62	9502.624	478.4952	0.000000
Fecha	4	3459.85	864.963	43.5544	0.000000
Tiempo (Horas)	2	594.00	297.000	14.9551	0.000000
Tratamiento	4	461.75	115.438	5.8128	0.000139
Fecha*Horas	8	422.73	52.842	2.6608	0.007188
Fecha*Tratamiento	16	386.15	24.134	1.2153	0.251134
Hora*Tratamiento	8	61.60	7.700	0.3877	0.927253
Fecha*Horas*Tratamiento	32	96.56	3.018	0.1519	1.000000
Error	525	10426.18	19.859		
Total	599	15908.83			

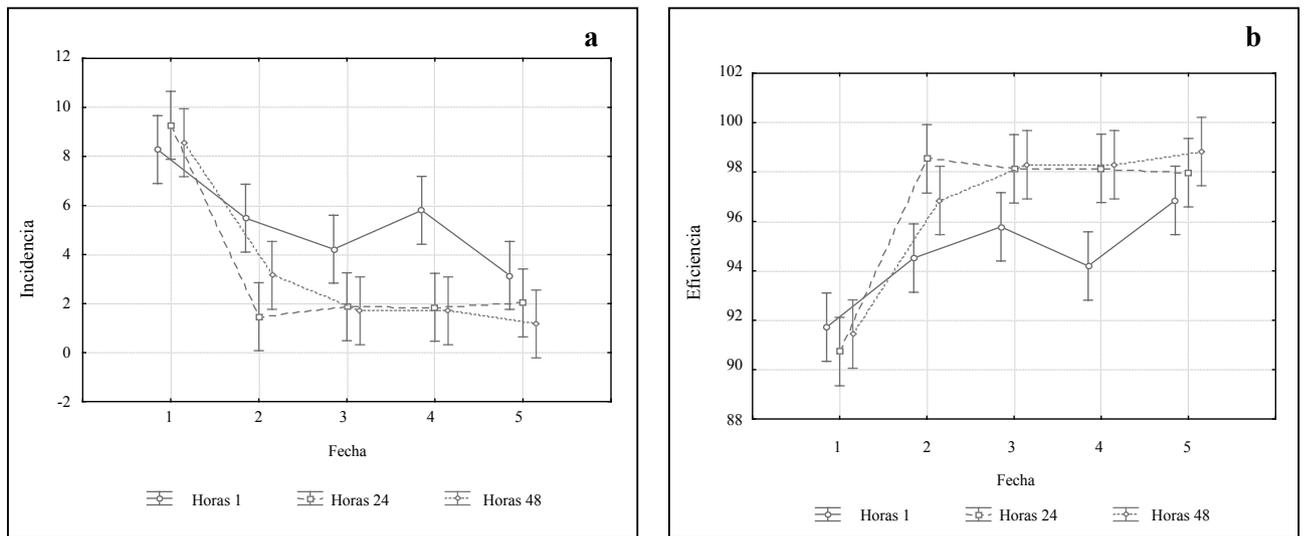


Figura 4. a) Diagrama de cajas mostrando diferencias entre las cinco fechas de aplicación y el efecto de las horas, de los insecticidas botánicos sobre la incidencia, b) eficiencia.

Conclusiones

La menor incidencia y la mayor eficiencia al efecto de los insecticidas botánicos fueron registradas en el ecotipo de ají “punta de lanza ladrillo”, en relación al “colorado dulce”. El insecticida botánico elaborado con *Melia azedarach* (paraíso), fue el que registro la menor incidencia y la mayor eficiencia en el control de la mosca del ají (*Neosilva pendula*), que se atribuye a su contenido de terpenoides (meliartenina y meliacarpinina), sustancias referidas como tóxicas por ingestión y disuasivos alimentarios para distintas plagas agrícolas.

En el ecotipo “ají dulce colorado” se pudo diferenciar mejor el efecto de los insecticidas botánicos, encontrándose la menor incidencia y la mayor eficiencia en los tratamientos de *M. azedarach* (Paraíso) y *M. laetevirens* (Yuruma), destacándose la especie *M. laetevirens* por ser nativa en el del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao, que además de su efecto insecticida tiene propiedades fungicidas.

Los insecticidas botánicos son una alternativa para el control de la mosca del ají (*N. pendula*), evidenciándose una reducción de la incidencia y mayor eficiencia de estos de la primera a la segunda aplicación, manteniéndose bajo control el ataque de la mosca del ají, a partir de la segunda aplicación. Medida que puede mejorarse con el uso de trampas de color para darle mayor seguridad al agricultor.

Referencias

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.

Anculle, A. y R. Álvarez. 1999. Evaluación de enfermedades de plantas. Versión 2. Arequipa Perú.

Arboleda, F.J., O.A. Guzmán, y J.F. Restrepo. 2010. Efecto in vitro de extractos acuosos de higuera (*Ricinus communis* Linneo) sobre el nematodo Barrenador [*Radopholus similis* (Cobb) Thorne]. *Agron.*, 18 (2): 25 – 36.

Balzarini, M.G., L. Gonzalez, M. Tablada, F. Casanoves, J.A. Di Rienzo, C.W. Robledo. 2008. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina

Bejarano, C. 2013. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Ají. Chuquisaca. Bolivia. Berny-Mier y Teran, J.C., L. Abdala-Roberts, A. Durán-Yáñez, F. Tut-Pech. 2013. Variation in insect pest and virus resistance among habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) in Yucatán, México. *Agrociencia* 47: 471-482.

Casasola, E.E. 1995. Efectividad del uso de extractos orgánicos para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*); en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), en el municipio de San José La Arada. Tesis grado Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Chiquimula. Guatemala.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Serie técnica. Informe técnico / CATIE, N° 201. Turrialba, Costa Rica. 168.

Chiffelle, I., A. Huerta, F. Azúa, K. Puga, y J. E. Araya. 2011. Antifeeding and insecticide properties of aqueous and ethanolic fruit extracts from *Melissae zedarach* L. on the elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* Müller. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71(2): 218-225.

Collavino, M., A. Pelicano, & R.A. Giménez. 2006. Actividad insecticida de *Ricinus communis* L. sobre *Plodiainter punctella* Hbn. (Lepidoptera: Phycitinae). *Rev. FCA UNCuyo*, 18 (1): 13-18.

El-Massad, H.A., A.A. Satti y Z.A. Alabjar. 2012. Insecticidal potentiality of *Datura innoxia* leaf extracts against the cluster bug (*Agonoscelis pubescens* (Thunberg)). *Global Advanced Research Journal of Environmental Science and Toxicology*, 1(6) pp. 172-177

El-Wakeil, N., N. Gaafar, A. Sallam y C. Volkmar. 2013. Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. En: S. Trdan (Ed.). *Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies*. Ed. InTech. pp: 3-56.

Field, L.M., R.L. Blackman, y A.L. Devonshire. 2001. Evolution of amplified esterase genes as a mode of insecticide resistance in aphids. En: Ishaaya, I. (Ed.). *Biochemical Sites of Insecticide Action and Resistance*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. Alemania. pp: 209-219.

Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles (FDTA-Valle). 2007. Manual de cultivo de ají. Cochabamba, Bolivia.

- Galeano-Olaya, P.E. y N. A. Canal. 2012. New species of *Neosilba* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) and new records from Colombia. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 52(31): 361-385.
- Gonzales, D. 1994. Control químico de la mosca del ají (*Silba pendula*). Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia.
- Huerta, A., I. Chiffelle, D. Lizana, y J.E. Araya. 2008. Actividad insecticida de extractos del fruto de *Meliaazedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 34: 425-432.
- Iannacone, J y G. Lamas. 2002. Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 65: 92 – 101.
- Ibáñez, F. y R. Zoppolo. 2008. Manejo de plagas en agricultura orgánica: Extractos de “paraíso” para control de insectos. *Boletín de Divulgación* N° 94. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. Montevideo – Uruguay. 1-16.
- Instituto Nacional de Estadística, INE. 2009. Resultados: Encuesta nacional Agropecuaria – ENA 2008. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz. Bolivia.
- Isman, M.B. 2008. Perspective botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Management Science*, 64:8–11.
- Jiménez, M., A. Carretero, J.Orías, R. Lozano y E. Cervantes. 2011. Guía de plantas útiles. Parque nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao. Herbario Sur de Bolivia, Proyecto Beisa 2. Sucre, Bolivia.
- Klein, C., y D.F.Waterhouse. 2000. The distribution and importance of arthropods associated with agriculture and forestry in Chile (Distribución e importancia de los artrópodos asociados a la agricultura y silvicultura en Chile). *ACIAR Monograph No. 68*, 234.
- León, R. 2008. Fluctuación poblacional y distribución de las mosca del ají (*Silba pendula*), en el municipio de Padilla. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia.
- Matsumura, F. 1975. *Toxicology of insecticides*. Plenum Press. New York. U.S.A. 45-97.
- Ntalli, N.G. y U. Menkissoglu-Spiroudi. 2011. Pesticides of Botanical Origin: A Promising Tool in Plant Protection. En: Stoytcheva, M. (Ed.). *Pesticides - Formulations, Effects, Fate*. Ed. InTech. 3-24.
- Onstad, D.W. 2014. Major issues in insect resistance management. En: Onstad, D.W. (Ed.). *Insect resistance management: Biology, Economics, and Prediction*. 2 ed. Academic Press is an imprint of Elsevier. United States of America. 1-23.
- PROINPA. 2007. Catálogo de ají de ecotipos conservados en campos de agricultores. Fundación PROINPA. Cochabamba. Bolivia.
- Sandoval-Reyes, F., M.L. Arriaga-Gaona, L. Hernández, I. Hernández-Romero y F.I. Guzmán-González. 2013. Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Meliaazedarach*, *Psidiumguajava*, *Datura stramonium*, *Piperauritum* y *Azadirachta indica juss* sobre la *Diaphorinacitri*. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9 (1): 22-29.
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia (SERNAP). 2011. Plan de Manejo del PN y ANMI Serranía del Iñao 2012 - 2021. Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao. Monteagudo, Chuquisaca. Bolivia.
- Silva-Aguayo, G. 2007. *Botanical Insecticides*. Universidad de Concepción, Chillán Chile. (Visitado: 22/01/2014). Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/SilviaAguayo.htm>
- Strikis, P. C. y M.L.M. Lerena. 2009. A new species of *Neosilba* (Diptera, Lonchaeidae) from Brazil. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 99 (3): 273-275.
- Uchôa, M.A. 2012. Fruit Flies (Diptera: Tephritoidea): Biology, Host Plants, Natural Enemies, and the Implications to Their Natural Control. En: Larramendy, M.L. y S. Solonesk. (Ed.). *Integrated Pest Management and Pest Control - Current and Future Tactics*. Ed. InTech. 271-300.
- Vivot, E.P. y M.J. Cruañes. 2008. Actividades antimicrobiana y antiviral de extractos vegetales de algunas especies de la flora de Entre Ríos. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 37: 177-189.

Recuperación de la fertilidad de suelos en bosques secundarios, Monteagudo - Chuquisaca

Recovery of soil fertility in secondary forests, Monteagudo Chuquisaca

Vedulia Coronado^{1*} & E. Noellemeyer²

¹ BEISA 3. Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla Postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre-Bolivia.

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa (UNL Pam), Santa Rosa – Argentina.

*vedulia.coronado@gmail.com

Resumen

Los bosques secundarios juegan un papel importante en la recuperación de la fertilidad de suelos, sobre todo en aquellas regiones donde se practica la agricultura migratoria no sustentable de rosa-tumba y quema, en la cual la tierra se cultiva por periodos cortos bajando su rendimiento y productividad. Se evaluó el proceso de recuperación de las propiedades edáficas en distintas edades de bosques secundarios estratificados en cuatro sucesiones: bosque inicial (BI) 1-7 años, bosque medio (BM) 8-13 años, bosque maduro (BMa) 14-25 años y bosque tardío (BT) > 25 años. La evaluación se llevó a cabo en la comunidad de Zapallar del Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Serranía del Inão, Bolivia, donde se seleccionaron 20 sitios, con 4 puntos de muestreo por sitio a una profundidad de 0-5 cm. Los resultados se analizaron mediante pruebas ANOVA, test de medias de Tukey ($\alpha < 0,05$) para evaluar la relación entre edad del bosque y variables indicadoras de calidad de suelo se utilizó análisis de regresión. Los resultados indicaron que dentro y entre sitios existe alta variabilidad en la textura, materia orgánica y otras propiedades del suelo. La relación de MO y la edad del BS ($R^2=0,45$) fue significativo ($p=0,001$) mientras que el P disponible y N total no fue significativo. Entonces se concluye que los contenidos de MO y otros micronutrientes aumentan conforme avanza la edad del bosque secundario en una misma clase textural.

Palabras clave: Edad del bosque, materia orgánica, sucesión vegetal, restauración.

Abstract

Secondary forests play an important role in the recovery of soil fertility, above all in those regions where non-sustainable agriculture is practiced of slash and burn, where the soil is cultivated for short periods lowering its yield and productivity. The process of recovery was evaluated for soil properties in distinct ages of secondary forests stratified in four successions: Initial forest (IF) 1-7 years, Medium forest (MF) 8-13 years, Mature forest (MaF) 14-25 years and Late forest (LF) > 25 years. The evaluation was carried out in the community of Zapallar of the Serranía del Inão National Park and Integrated Area, Bolivia, where 20 sites were selected with 4 sampling points per point to a depth of 0-5 cm. The results were analyzed using ANOVA tests, Tukey tests ($\alpha < 0,05$), to evaluate the relation between forest age and for the indicative variables of soil quality a regression analysis was used. The results indicate that within and between sites, there exists a high variability in the texture, organic material and other properties of the soil. The relationship of MO and the age of the secondary forest ($R^2=0.45$) was significant ($p=0,001$), while the available P and total N was not significant. It was therefore concluded that the content of MO and other micronutrients increase in conformance with the increasing age of the secondary forest in the same texture class.

Key words: Forest age, organic matter, restoration, vegetation succession.

Introducción

La recuperación de suelos abandonados o la sucesión secundaria después de una actividad agrícola, juega un papel importante en la recuperación de la fertilidad de suelos y regulación del ecosistema (Buol 1994, Daubenmire 1974). Numerosos autores (Chang et al. 1999, Lovich & Bainbridge 1999, Wang et al. 2002, Stolte et al. 2003, Fu et al. 2003, An et al. 2009) coinciden en que la sucesión de vegetación secundaria, aporta a la recuperación de la fertilidad de los suelos, a través de los aportes de residuos vegetales y la ausencia de remoción por labranzas, que a su vez son estudiados principalmente en regiones tropicales y sub-tropicales, también afirman que las grandes extensiones de suelos arables son abandonados, por las prácticas agrícolas no sustentables.

Por otro lado, otros autores como Zhang et al. (2005 y 2006) resaltan que la mejora de la fertilidad de los suelos estaría directamente relacionada a la edad de la vegetación secundaria. Varios estudios muestran resultados sobre el incremento del carbono (C), tanto en el suelo como en la biomasa (Sedjo 1992, Kauppi et al. 1992, Dixon et al. 1994, Huntington & Ryan 1995). Sin embargo, el análisis de los trabajos citados revela que los procesos de re-vegetación y los cambios en las propiedades de los suelos, dependen fuertemente de prácticas regionales y, otros como, las características del clima, las propiedades intrínsecas de los suelos, el uso y manejo del suelo en la fase agrícola y en la vegetación sucesional.

Por la multiplicidad de factores que actúan resulta complicado determinar el grado de beneficio del bosque secundario en la recuperación de la fertilidad (Rivera et al. 1986, Soto et al. 1986), especialmente en regiones frágiles de clima árido, semiárido y áreas sub-tropicales con pendiente, donde es mayor la susceptibilidad a la desertificación. La práctica más común en áreas sub-tropicales es la agricultura migratoria que funciona como un sistema de producción secuencial milenario. En este sistema parches de bosques son tumbados, quemados y cultivados por un periodo transitorio corto, entre tres y cuatro años, hasta que los rendimientos caen y luego se los abandona y se procede a realizar igual práctica en otro lugar (Bautista et al. 2003). En base a lo expuesto se plantea el siguiente objetivo: evaluar el estado de las propiedades edáficas en distintas edades de bosques secundarios y así establecer la tasa de

acreción de carbono orgánico del suelo en las distintas fases de los bosques secundarios.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la comunidad del San Pedro del Zapallar, Provincia Hernando Siles. Zapallar es una de las comunidades que forma parte del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño (ANMI-PN Serranía del Ñaño), localizada al sur de la Cordillera de los Andes. Geográficamente ubicada al sur del departamento de Chuquisaca – Bolivia, entre las coordenadas 19°00'00" a 19°47'30" de latitud sur y entre 64°43'00" a 64°09'15" de longitud oeste (Serrano 2003) a una altitud entre 1100-1500 m.

Muestro de suelos

Se eligieron sitios de bosques secundarios de diferentes edades (3, 5, 6, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 19, 22, 23, >25, 30, 35, >35, 50 años), las mismas se clasificaron en 4 categorías de edad: 1 - (BI 1-7 años); 2 - (BM 8-14 años); 3 - (BA 15-24 años) y 4 - (BT >25 años), para describir el sitio se realizó una entrevista informal directa a los dueños que han realizado actividad agrícola en los predios elegidos. En cada categoría de bosque secundario (BS), se estableció 5 parcelas de 1000m² (50 m X 20 m). Dentro de cada parcela se identificó 4 puntos de muestreo de 1m x 1m al azar, haciendo un total de 4 pseudo-réplicas por sitio y un total de 80 muestras en 20 sitios. Las muestras se colectaron a una profundidad de 0-5 cm, con la ayuda de un cilindro de densidad aparente, para los análisis físicos y químicos de suelos de bosques secundarios.

Análisis de suelos

Los resultados se analizaron mediante ANOVA y test Tukey de medias, para comparar diferencias de las medias de los valores de los parámetros edáficos (Carbono orgánico total: Ct, Carbono orgánico joven: Cj, Nitrógeno total: Nt, Fósforo disponible: Pdisp., pH, Densidad aparente: DA, Conductividad eléctrica: CE, Capacidad de intercambio catiónico: CIC y Arcilla mas Limo), entre categorías de edad a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Por otra parte se realizaron análisis de desvío estándar para conocer

la variabilidad dentro de cada sitio y las diferencias entre sitios. Se realizaron análisis de regresión lineal simples, para evaluar la relación entre los contenidos de Materia orgánica total (MOT) y la edad del BS. Además se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Figura 5) para obtener un número menor de variables capaces de expresar la variabilidad y la tendencia de los parámetros físico químicos del suelo (Ct, Cj, N, P, pH, DA, CE, CIC, Ca, Mg, Na, K y Arcilla + Limo) de los 20 sitios, para poder observar cómo se relacionan las variables con la edad del BS en los dos primeros componentes. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa de InfoStat 2010.

Resultados

Valores de los parámetros edáficos en las 4 estratificaciones de bosques secundarios.

La única variable que se relacionó con la edad del BS fue Ct, por lo tanto la concentración de Ct se incrementó con la edad del BS mientras la variable Nt fue muy parejo en las primeras categorías e inexplicablemente disminuyó en la categoría de edad más añejo. De la misma manera los datos de DA, en lo general mostraron que a medida aumenta la edad del BS, la DA disminuye claramente, por lo tanto la DA se condice con la edad del BS. Esto era previsible ya que existe una estrecha relación inversa entre Ct y DA. En general, los datos de Pdisp y pH, no mostraron una tendencia clara de aumentar o disminuir de acuerdo a la categoría etaria del BS. Mientras los valores de N no mostraron diferencias entre las categorías de edad, ni un aumento con la edad del bosque secundario (Fig. 1).

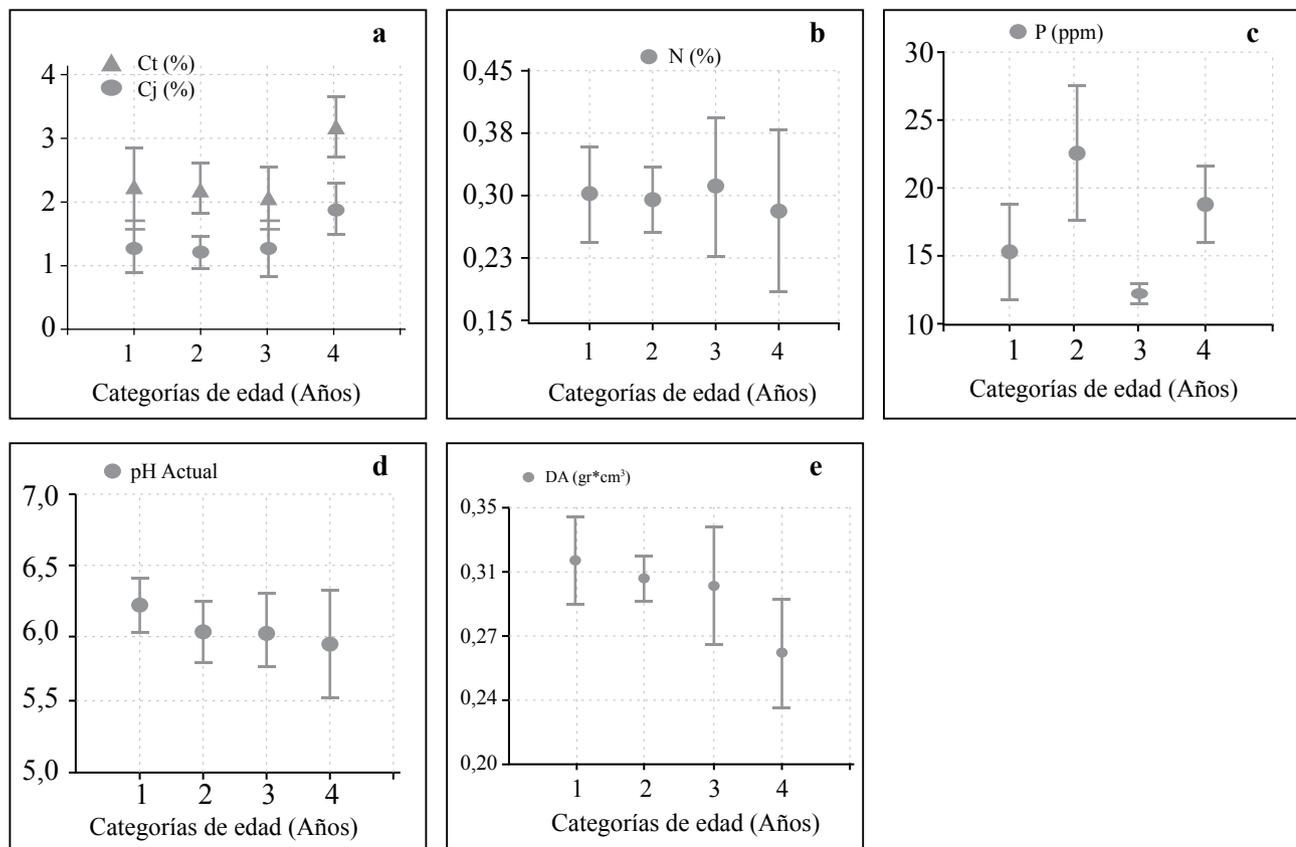


Figura 1. Valores de a) Carbono total (Ct), b) Carbono joven (Cj), c) Nitrógeno total (Nt), d) Fosforo disponible (PDisp.), e) pH Actual y f) Densidad aparente (DA), en función a las categorías de edad: 1: bosque inicial (BI), 2: bosque medio (BM), 3: bosque avanzado (BA) y 4: bosque tardío (BT). Las líneas verticales representan el desvío estándar.

Las variables CIC y Ca mostraron similar comportamiento entre sí y con la variable Ct, entonces en cuanto un aumento de la materia orgánica también conlleva a mayor capacidad de intercambio catiónico a medida que avanza la edad del BS (Fig. 2). Por

otra parte, los valores de Mg, Na y K en general no mostraron relación con las categorías etarias del BS (Tabla 1). La variable textura no mostro una relación con las categorías de edad, sin embargo dentro de cada categoría de edad el desvío estándar fue alto.

Tabla 1. Medias de los parámetros evaluados de 20 sitios estratificados en 4 categorías de edad. Letras diferentes en valores de una misma fila señalan diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Parámetro	CV	DMS	1(3-8 años)	2(9-14 años)	3(15-24 años)	4(>25)
Ct (%)	21.27	0.92	2.21a	2.21a	2.05a	3.19b
Cj (%)	28.03	0.71	1.26a	1.19a	1.26a	1.86a
N (%)	24.4	0.13	0.30a	0.30a	0.31a	0.28a
P ppm	42.83	13.39	15.45a	22.58a	12.30a	18.80a
pH Actual	4.65	0.51	6.21a	6.01a	6.01a	5.92a
DA g/cm ³	9.25	0.04	0.32b	0.31ab	0.30ab	0.26a
Ca meq/100g	32.54	8.96	14.78a	12.97a	12.66a	20.49a
Mg meq/100g	35.19	1.59	1.95a	2.75a	2.37a	2.35a
K meq/100g	33.83	0.85	1.44a	1.19a	1.25a	1.66a
Na meq/100g	30.93	0.15	0.28a	0.28a	0.26a	0.24a
CIC meq/100g	28.04	11.38	20.83a	19.80a	19.03a	30.03a
Arcilla+Limo(%)	21.76	12.84	32.29a	30.84a	32.59a	34.74a

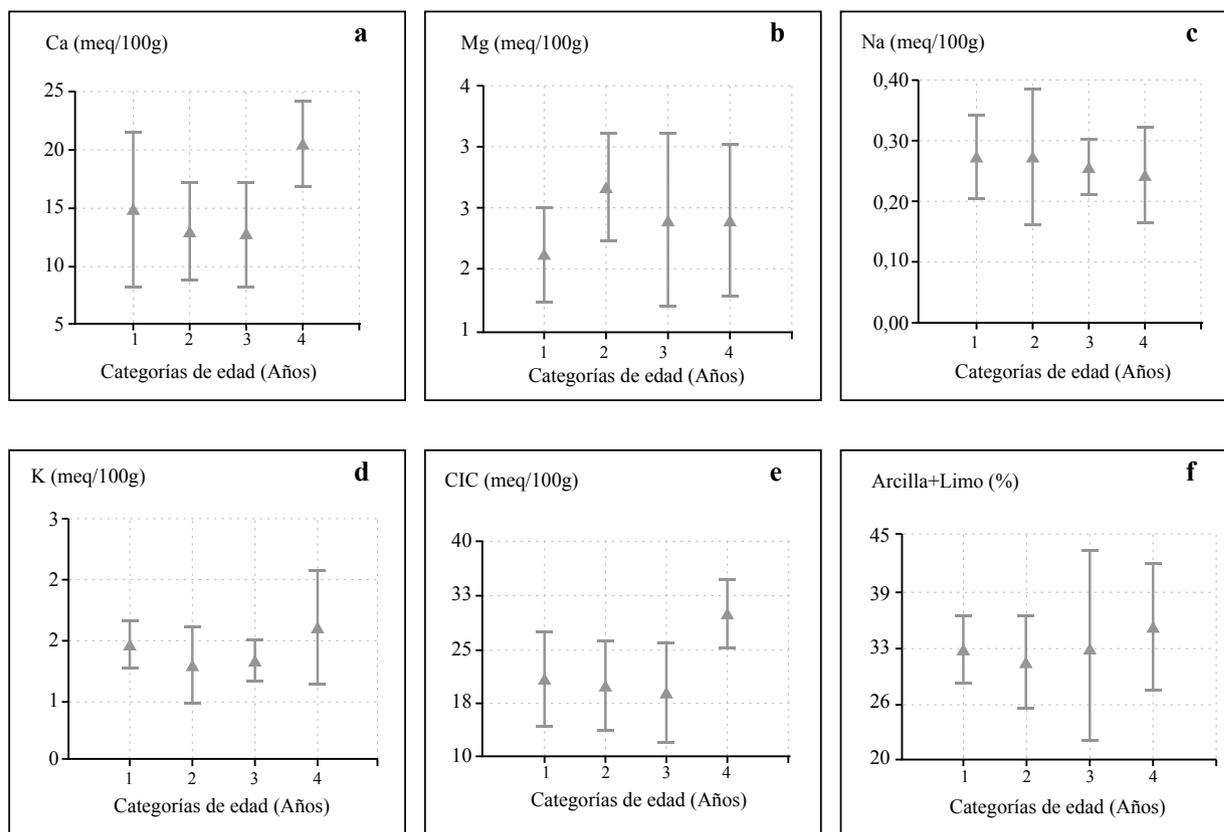


Figura 2. Valores de a) Calcio (Ca), b) Magnesio (Mg), c) Sodio (Na), d) Potasio (K), e) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y f) Arcilla + Limo, en función de las categorías de edad: 1: bosque inicial (BI), 2: bosque medio (BM), 3: bosque avanzado (BA). Las líneas verticales representan el desvío estándar.

De acuerdo a la comparación de medias los contenidos de Ct y Nt fueron los que mostraron buenas tendencias en función de la edad del bosque secundario, mientras la variable Pdisp no mostró ninguna tendencia con respecto a las categorías de edad. Las medias de los valores de Ct y Cj de las categorías de edad 1, 2 y 3, no mostraron diferencias entre sí, sin embargo la categoría de edad 4 tuvo un valor más alto con respecto a las primeras. La media de las demás variables ninguno mostro diferencia entre sí.

Los valores analizados por sitio mostraron diferencias entre sitios y dentro cada sitio, por la alta variabilidad espacial por lo que dificultó encontrar diferencias significativas para algunas de las variables evaluadas. Las variables que mostraron mayor diferencia dentro de un mismo sitio fueron Ct, Nt, Pdisp, textura, CIC, Na y Ca. En cambio las variables CE, DA, pH, Mg y K fueron más estables en cuanto a su distribución espacial (Fig. 1 y 2).

Relación entre materia orgánica total y edad del bosque secundario

Para relacionar los contenidos de MOt con la edad del bosque secundario, se realizó una regresión lineal simple (Fig. 3), la misma muestra que la tasa de cambio sobre los contenidos de MOT a lo largo del tiempo es de 0.05. La regresión es significativa y la edad del bosque explica el 18% de la variabilidad de los valores de materia orgánica. Esta falta de ajuste estaría relacionado con la variabilidad de los contenidos de A+L en los suelos.

Para explicar la influencia de la variabilidad textural sobre la MOt, se realizó una nueva regresión con los grupos texturales identificados. La regresión para el primer grupo textural con los más altos contenidos de A+L no mostro una buena explicación ni una p significativa ($R^2=28$ y $p=0,0277$). En cambio, el segundo análisis de regresión, con sitios que mostraron un rango más estrecho de A+L entre 28 y 33% (sitios 1, 2, 3, 4, 6, 9 y 11), muestra una mejor explicación ($R^2= 45\%$) y un valor de significancia ($p= 0,0001$) en comparación con las otras regresiones (Fig. 4).

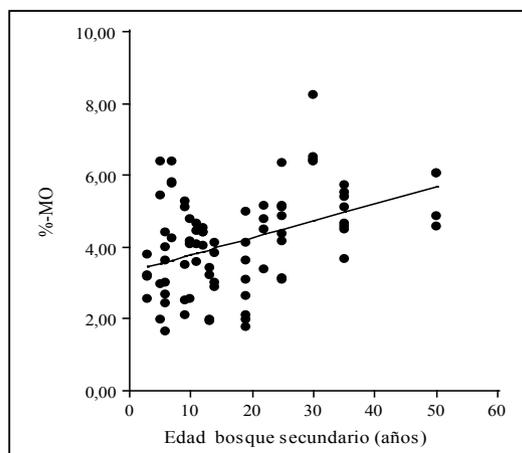


Figura 3. Distribución de la MO en función de la edad del bosque secundario. ($R^2=0,028$, $p=0,0277$, $n=80$).

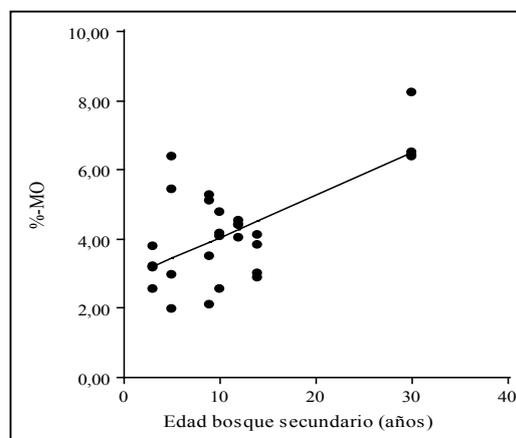


Figura 4. Distribución de la MO en función de la edad del bosque secundario en 7 sitios del grupo textural entre 28-33% de A+L. ($R^2=0,45$, $p=0,001$, $n=28$).

Variabilidad y tendencia de los parámetros físico-químicos

El CP1 y CP2 explicaron un 54,9% de la variabilidad total de los parámetros analizados en función a la edad del bosque secundario (Fig. 5). La primera componente (CP1), separa DA del resto de las variables, este parámetro agrupa las edades 10, 3, 12, 23, 6 y 5 años de BS. Las variables Cj, Ct, Nt, pH, Ca y CE agrupan a sitios de edad 7, >25, 22, 50 y 30 años, las mismas que pertenecen a bosques secundarios avanzados (14-24 años) y tardíos (>25 años) exceptuando la edad de 7 años que corresponde al bosque secundario inicial (3-7 años). Las variables Ct, Cj, Nt, aparentemente se asocian con la edad del bosque secundario. Mientras los parámetros P, Na, Mg, K, CIC y A+L agrupan las

edades 19, 11, >35 y 35 años, que corresponden a los bosques secundarios medio (8-13 años), avanzado (14-24 años) y tardío (>25 años), como se puede observar las variables mencionadas no se condicen con la edad del bosque secundario. Las edades de 19, 9, 6, 13 y 14 años, se relacionan a todas las variables en forma negativa. Por lo tanto los valores altos y bajos de las variables evaluadas como Pdisp., pH, CE, CIC, Ca, Mg, Na, K y Arcilla + Limo, no coincidieron con la edad del bosque secundario.

Discusión

Características de los suelos

La alta variabilidad espacial entre muestras tomadas en el mismo sitio dificultó encontrar diferencias significativas para algunas de las variables evaluadas. Las variables que mostraron mayor diferencia dentro de un mismo sitio fueron Ct, Nt, Pdisp, textura, CIC, Na y Ca. En cambio las variables CE, DA, pH, Mg y K fueron más estables en cuanto a su variabilidad espacial.

La tasa de acumulación de la materia orgánica en las selvas tropicales varía entre un 2 y 5% por año (Brown & Lugo 1982, Golley 1983, Anderson & Swift, 1983) y en regiones semiáridas varía entre 0,4 y 1% por año. Esta diferencia en las tasas de acumulación de materia orgánica refleja que, en general, los depósitos de C son mayores en regiones más húmedas (Cifuentes 2008, Gili et al. 2010) y que a mayor humedad del suelo se esperaría encontrar mayores contenidos de MO. Esto explicaría las diferencias de contenido de materia orgánica encontradas en muestras dentro de un mismo sitio, ya que los puntos de muestreo con mayor exposición al sol fueron más secos y éstos presentaron menores contenidos de MO. La variabilidad de los contenidos de MO, causada por diferencias en el régimen de humedad del suelo relacionado con la exposición de la pendiente, podría explicar en parte la baja relación entre contenidos de MO y edad del bosque secundario, que se halló cuando se utilizaron todos los sitios sin discriminar por textura.

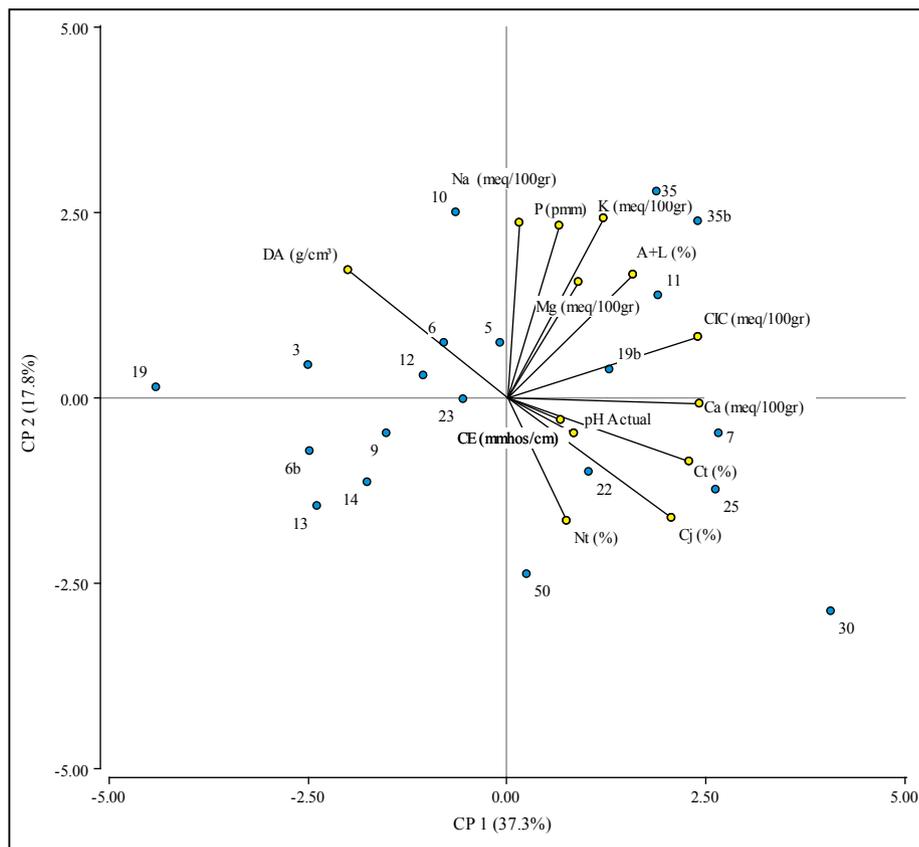


Figura 5. Análisis de componentes principales de parámetros físico químicos del suelo en bosques secundarios de los 20 sitios con diferentes edades de bosque.

El contenido de Pdisp en el suelo está definido por el material parental (Tisdale et al. 1993, Bertrand et al. 2003), algunos autores observaron un marcado efecto del clima, siendo las zonas más húmedas las más deficientes en este nutriente (Antonini et al. 2012). En ninguno de los sitios evaluados los contenidos de Pdisp se asociaron con los contenidos de MO. Por otra parte, los contenidos de Nt estarían relacionados con los contenidos de MO y sobre todo con la abundancia de las leguminosas (Resh et al. 2002, Griscom & Ashton 2011).

Relación entre la edad del bosque y contenidos de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible

Las variables evaluadas en gran parte no mostraron una tendencia positiva en función de la edad del bosque. No obstante, analizando los promedios de la variable Ct se halló una relación con respecto a la edad del BS a partir de los 25 años (sitio 16) pero con algunas excepciones como el sitio 18 (35 años). Sin embargo, por categorías de edad del bosque, las medias de las variables Ct y Nt fueron las que mostraron las mejores relaciones y no así la variable Pdisp, que no mostró ninguna tendencia. Este comportamiento en apariencia incongruente podría explicarse por diferencias en la clase textural de los sitios. Varios estudios han establecido que dentro de una región climática los contenidos de MO dependen principalmente de la textura (Quiroga et al. 1998). Por lo que, a una similar textura la variación en los contenidos de MO es causada por los cambios en el manejo (Quiroga et al. 1998, Feldpausch et al. 2004). Esto conforme a los resultados encontrados cuando se dividieron los sitios en grupos texturales, definidos arbitrariamente por el rango estrecho que mostraban. Dentro de cada rango textural, se encontraron relaciones positivas y significativas entre los contenidos de MO y la edad de BS. Varios autores afirman que COS (Carbono Orgánico del Suelo) en los primeros años de sucesión aumenta conforme la edad del bosque (Zou & Bashkin 1997, Guo & Gifford 2002, Fonseca et al. 2008, Wang et al. 2011). Mientras que otros (Alfaro et al. 2001, Wang et al. 2002) afirman que la recuperación de COS se incrementa rápidamente en los primeros años de vida del BS y que después es variable o incluso disminuye la tasa de incremento de COS según avanza la edad del BS. Scott y Morgan (2012) presentaron resultados similares a los resultados encontrados en el presente estudio.

Otros de los efectos que podría afectar la acumulación de COS en estas regiones susceptibles a la erosión hídrica y con precipitaciones intensas, son las pendientes abruptas, ya que la erosión hídrica y eólica pueden ser procesos importantes en la removilización de suelo y de MO. En el presente estudio se tomaron las muestras en una misma cota altitudinal para evaluar en similares condiciones los contenidos de COS y demás propiedades de los suelos. (Galdo et al. 2003) indicaron que la tasa de acumulación estaba inversamente relacionada con la magnitud de erosión a la escala de cuenca.

Otras investigaciones indican que la acumulación de COS en los bosques secundarios de áreas proclives a la erosión, estarían sujetas a la efectividad de la cobertura vegetal en reducir la pérdida de partículas del suelo (Ritchie & McCarty 2003, Zhang et al. 2005 & Zhang et al. 2006). Por ejemplo, la re-vegetación de suelos severamente degradados y erosionados de las planicies loessicas de China, produjo un aumento en los contenidos de materia orgánica y la estabilidad de los agregados, a pesar de la pendiente y la práctica de manejo (Matsumoto et al. 2005).

Los contenidos de Nt en los suelos de los BS mostraron tendencias similares a la del COS. Pero el contenido de Nt en la categoría de edad 4 fue bajo, con respecto a las otras categorías. En general, los valores de Nt fueron altos en todos los sitios (entre 0,19 y 0,45%) comparado con los valores encontrados en la bibliografía (Matsumoto et al. 2005, McLaughlin & Phillips 2006, Jiao et al. 2011). Esto podría estar relacionado con un rápido retorno de nitrógeno a través de la hojarasca en la poca profundidad que fue tomada la muestra (0-5cm). En el estudio de Ichikogu (2012) las medias de los valores de Nt para BS de 1, 5 y 10 años y para bosque natural fueron de 0,18; 0,22; 0,34 y 0,53% respectivamente, para la capa superficial y a 0-30 cm de profundidad del suelo fueron de 0,11; 0,16; 0,19 y 0,31%, respectivamente, valores muy parecidos a los encontrados en el presente estudio.

El Pdisp mostró valores muy variables dentro de un mismo sitio y entre sitios, siendo una de las variables estudiadas más inestables, donde la diferencia fue amplia, variando desde 8,5 a 36,7 ppm. No se halló ninguna tendencia con los bosques secundarios, similar a los resultados de Ichikogu (2012). Estos resultados se contraponen a lo encontrado por Ceccon et al. (2002), donde la variable P aumentó con la edad,

pero los parámetros Ct y Nt del suelo no cambiaron con la edad de los bosques.

Conclusiones

Los contenidos de MO aumentan conforme avanza la edad del bosque secundario dentro de una misma clase textural. Los contenidos de Nt y Pdisp fueron muy variables al igual que el resto de los parámetros evaluados. Los niveles de CIC no se relacionaron con los contenidos de la MOt, pero sí con los contenidos de arcilla + limo. La variación de los valores de los parámetros estudiados dentro de los sitios y entre sitios se debe a la variabilidad textural y a las prácticas del manejo e historia de uso.

Agradecimientos

La elaboración de la presente investigación forma parte del Proyecto Agro-ecología: Alivio de la Pobreza en Bolivia (BEISA3), de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, cofinanciado por la universidad de Aarhus – DINAMARCA, a quienes agradecemos por el apoyo conceptual, económico y su buena predisposición, durante el ciclo de formación y realización y ejecución de esta investigación en el marco de una investigación de maestría. Al MSc. Jaime Bernados y Drs. Alberto Quiroga y Alfredo Bono por sus aportaciones y comentarios para la realización del documento.

Referencias

- Alfaro, E. A., A. Alvarado & A. Chaverri. 2001. Cambios edáficos asociados a tres etapas sucesionales de bosque tropical seco en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 25(1): 7-20.
- An, S. S., Huang, Y. M. & Zheng, F. L. 2009. Evaluation of soil microbial indices along a revegetation chronosequence in grassland soils on the Loess Plateau, Northwest China. *Applied Soil Ecology*. 41: 286-292.
- Anderson, J. & M. Swift. 1983. Descomposición in tropical forest. En Sutton, S. Whitmore, T. & Chadwick, A. *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 287-309.
- Bautista, A., R. Del Castillo. & C. Gutiérrez. 2003. Patrones de desarrollo del suelo asociados con sucesión secundaria en un área originalmente ocupada por bosque mesófilo de montaña. Instituto de Recursos Naturales, colegio de postgraduados. Montecillo-México. 5-6.
- Bertrand, I., R.E. Holloway, R.D. Armstrong & M.J. McLaughlin. 2003. Chemical characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. *Australian Journal of Soil Research*. 41: 61-76.
- Brown, S. & A. Lugo. 1982. The storage and production of organic matter in tropical foresta and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*. Vol. 14: 161-187.
- Buol, S. W. 1994. Environmental consequences: Soils. 211-229. In: Meyer, W.B. y B.L. Turner (eds.). *Changes in land use and land cover: A global perspective*. Cambridge University Press. Cambridge-UK.
- Ceccon, E., I. Olmsted & J. Campo. 2002. Vegetación y propiedades del suelo en dos bosques tropicales secos de diferente estado regeneracional en Yucatán, Agrociencia. *Texcoco, México*. 36(005): 621-631.
- Chang, Q. R., S.S. An, J. Liu, B. Wang, & Y. Wei. 1999. Study on benefits of recovering vegetation to prevent land deterioration on Loess Plateau. *Journal of Soil Erosion and Soil and Water Conservation*. 5(4): 6-9.
- Dixon, R. K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler & J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and -flux of global forest ecosystems. *Science*. 263: 185-190.
- Febles, J. M., M.B. Vega, G. Febles, A. Tolón y L. Jerez. 2007. Criterios de selección para determinar valores umbrales de sostenibilidad de los suelos en áreas piloto de la Habana, Cuba. Almería. Presentado en el I Seminario de cooperación y desarrollo en espacios rurales Iberoamericanos. *Sostenibilidad e indicadores*. 16-27.
- Feldpausch, T. R., E.C. Rondon, E. Fernandes, S.J. Riha & E. Wandelli. 2004. Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecological Applications*. 14: 164-176.
- Fonseca, W., J.M.R. Benayas, & F.E. Alice. 2011. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica- *Forest Ecology and Management*. Vol. 262: 1400-1408.

- Fu, B. J., J. Wang, L.D. Chen, & Y. Qiu. 2003. The effects of land use on soil moisture variation in the Danangou catchment of the Loess Plateau, China. *Catena*. 54: 197-213.
- Galdo, I. D., J. Six, A. Peressotti, y M.F. Cotrufo. 2003. Assessing the impact of land-use change on soil C sequestration in agricultural soils by means of organic matter fractionation and stable C isotopes. *Glob. Change Biol.* 9: 1204-1213.
- Griscom, H. P. & M.S. Ashton. 2011. Restoration of dry tropical forests in Central America: A review of pattern and process. *Forest Ecology and Management* Vol. 261: 1564-1579.
- Golley, F. 1983. *Descomposición En: tropical rain forest ecosystems: estructura and functions. Ecosystems of the world 14^a*. New York: Elsevier. pp. 117-136.
- Guo, L. B. y R.M. Gifford. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 8: 345-360.
- Huntington, T. G. y Ryan, D. F. 1995. Whole-tree-harvesting effects on soil nitrogen and carbon. *Forest Ecology and Management*. 31: 193-204.
- Ichikogu, V. I. 2012. Total nitrogen and available phosphorus dynamics in soils regenerating from degraded abandoned rubber plantation in orogun area of the rainforest zone of Southern Nigeria. *Ethiopian Journal of environmental studies and management*. 5 N^o.1.
- Jiao, F., Wen M. Z., y A.S. Shan. 2011. Changes in soil properties across a chronosequence of vegetation restoration on the Loess Plateau of China. *Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi, China. Catena*. 86: 110-116.
- Kauppi, P. E., K. Mielikanen, K. Kuusela. 1992. Biomass and carbon budgets of European forests. *Science*. 256: 70-74.
- Lovich, J. E. y Bainbridge, D., 1999. Anthropogenic degradation of the Southern California Desert ecosystem and prospects for natural recovery and restoration. *Environmental Management*. 24: 309-326.
- Matsumoto, L. S., A. M. Martinesa, M.A. Avanzia, U.B. Albino, C.B. Brasil, D.P. Saridakis, L.G. Rampazo, W. Zangaro & G. Andrade. 2005. Interactions among functional groups in the cycling of, carbon, nitrogen and phosphorus in the rhizosphere of three successional species of tropical woody tres- Brasil, *Applied Soil Ecology*. Vol. 28: 57-65.
- McLaughlin, J. W. & S.A: Phillips. 2006. Soil carbon, nitrogen, and base cation cycling 17 years after whole-tree harvesting in a low-elevation red spruce (*Picea rubens*)-balsam fir (*Abies balsamea*) forested watershed in central Maine, USA. *Forest Ecology and Management*. 222: 234-253.
- Quiroga, A. R., Buschiazzo D. E. y Peinemann N. 1998. Management Discriminant properties in Semiarid Soil. *Soil Science*.136 (7):1266-1279.
- Resh, S. C., B. Binkley y J. Parrotta. 2002. Greater Soil Carbon Sequestration under Nitrogen-fixing Trees Compared with Eucalyptus Species. *Ecosystems*. Vol. 5: 217-231.
- Ritchie, J. C. y G.W. McCarty. 2003. Using Cesium to understand soil carbon redistribution on agricultural watersheds. *Soil and Tillage Research*. 69: 45-51
- Rivera, J. H., Amaríz, M. F. & W.R. Álvarez. 1986. Plan de uso, manejo y conservación de los suelos del centro experimental Cotové. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Scott, A. J. & J.W. Morgan. 2012. Recovery of soil and vegetation in semi-arid Australian olds fields. *Journal of Arid Environments* 76: 61-71.
- Sedjo, R. A. 1992. Temperate forest ecosystems in the global carbon cycle. *Ambio*. 21: 274-277.
- Soto, M. M., A. Arbelaez, G.A. Pérez & L.C. Raciny. 1986. Levantamiento semi - detallado de los suelos de la finca Paysandú. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Stolte, J., V. Van, B.G. Zhang, K.O. Trouwborst, G. Liu, C.J. Ritsema & R. Hessel. 2003. Landuse induced spatial heterogeneity of soil hydraulic properties on the Loess Plateau in China. *Catena*. 54: 59-75.
- Tisdale, S., W. Nelson, J. Beaton & J. Havlin. 1993. *Soil Fertility and fertilizers*, ed: Macmillan Publishing Company. Vol. 10: 364-404.
- Wang, G. L., G.B. Liu y M.X. Xu. 2002. Effect of vegetation restoration on soil nutrient change in Zhifanggou watersheds of loess hilly region. *Bulletin of Soil and Water Conservation*. 22: 1-5.
- Wang, Y., B. Fu, B. Lü. & L. Chen. 2011. Effects of vegetation restoration on soil organic carbon sequestration at multiple scales in semi-arid Loess Plateau, China. *Catena* 85: 58-66.

- Zhang, J. H., S. Z. Liu & X. H. Zhong. 2005. Distribution of soil organic carbon and phosphorus on an eroded hillslope of the rangeland on the northern Tibet Plateau, China. *Eur. J. Soil Sci.* 57: 365-371.
- Zhang, J. H., T. A. Quine, S.J. Ni, & F.L. Ge. 2006. Stocks and dynamics of SOC in relation to soil redistribution by water and tillage erosion. *Glob. Change Biol.* 12: 1834-1841.
- Zou, X. & M. Bashkin. 1997. Soil carbon accretion and earthworm recovery following revegetation in abandoned sugarcane fields - Puerto Rico. *Soil Biol. Biochem.* 30, No. 6: 825-830.

Materia orgánica y textura en la fertilidad de los suelos de San Pedro del Zapallar, Chuquisaca

Organic matter and texture on the soil fertility of San Pedro del Zapallar, Chuquisaca

Jorge Orias^{1*} & Elke Noellemeyer²

¹BEISA 3. Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla Postal 1046, Calle Calvo N°132, Sucre-Bolivia,

²Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Pampa (UNLPam), Santa Rosa – Argentina.

* jorge.orias.23@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la relación de la materia orgánica y la textura, para determinar la fertilidad de un suelo en San Pedro del Zapallar. Para evaluar los contenidos de materia orgánica y la textura del suelo se realizó una selección de tres áreas de muestreo, mediante un SIG ambientes (A, B, C), donde se establecieron los puntos de muestreo. Se tomaron muestras de suelos de nueve calicatas y tres sub muestras por calicata. Se determinó que en el ambiente A presenta mejores condiciones de fertilidad con 3.7 % de MO, en los primeros 10 cm. En cambio los suelos del ambiente B tienen 2.2 % de MO, y solo 1.3% de MO el ambiente C, siendo adecuado el contenido de MO, donde los suelos ubicados en los ambientes A presentan mejores condiciones de fertilidad, en relación a los ambientes B y C. Así mismo se concluye que la MO y la textura son los principales indicadores de la calidad del suelo, porque representan y constituyen la parte física de un suelo. Por lo tanto, la influencia de la historia de uso y el manejo, resultaron estar fuertemente relacionados con la fertilidad de un determinado suelo, ya que de ello depende la productividad de un determinado ambiente.

Palabras clave: Manejo del suelo, muestra de suelo, historia de uso del suelo.

Abstract

The present work had the objective of evaluating the relationship between organic material and texture to determine the fertility of soil in San Pedro del Zapallar. To evaluate the content of organic material and the texture of soil, a selection of three sampling areas was realized, through GIS environments (A, B, C), where the sampling points were selected. Soil samples were taken across nine categories with 3 sub-samples per category. It was determined that the A environment showed the best fertility conditions with 3.7% of MO, in the first 10 cm. In contrast, the soils of the B environment have 2.2% of MO, and only 1.3% of MO in the C environment. The soils of the A environment showed an adequate MO content and better fertility conditions in comparison with the B and C environments. It was thus concluded that MO and texture are the principle indicators of soil quality, because these variables constitute the physical part of the soil. In this manner, the influence of the history of soil use and the management, were identified as being strongly correlated with fertility of a specific soil, and on which depends the productivity of a specific environment.

Key words: history of land use, soil management, soil sample.

Introducción

La materia orgánica es un factor clave en el mantenimiento de las funciones del suelo, ya que influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo, cumple funciones esenciales en la estructura y estabilidad del suelo (Tisdall & Oades 1982, Six et al. 2002), determina su fertilidad (Reeves 1997), mejora su capacidad de retención de agua (Hudson 1994) y en su resistencia a la penetración por raíces (Zou 2000), además aumenta su resistencia a la erosión favoreciendo la infiltración del agua (MacRae & Mehuys 1985, Boyle et al. 1989, Pikul y Zuzel 1994), contribuye a evitar la contaminación de los cursos de agua, gracias a su papel de filtro natural (Camps-Arbestain et al. 2004); influye en la actividad enzimática del suelo (Dick 1984) y en la composición de la comunidad microbiana (Grayston & Presscott 2005).

La materia orgánica de los suelos además de proporcionar nutrientes al suelo, también genera una serie de características físicas entre las que se destaca la capacidad de retención de agua, permitiendo que en zonas donde las lluvias son muy espaciadas se puedan mantener los cultivos adecuadamente (Hernando 1988), lo que favorecería a su vez la producción y mantenimiento de los pastizales durante el periodo seco. En este sentido, la materia orgánica tiene que ser vista desde su importancia en la producción agrícola (Borges et al. 2012). Se podría indicar que la cantidad y calidad de la misma depende principalmente de la topografía y el material parental. La degradación de los nutrientes del suelo está relacionada con la pérdida de materia orgánica (Gartzia 2009). Un aspecto muy importante en los sistemas donde la extracción de biomasa arbórea puede disminuir progresivamente la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, sobre todo si los restos de corta no se quedan en las áreas habilitadas (Jhonson & Todd 1998, Olsson et al. 2000).

Chuquisaca se encuentra en una región donde la agricultura es una de las actividades económicas más importantes para los pobladores de las comunidades rurales y es considerada como una de las principales zonas productoras de maní a nivel nacional (Hartwich et al. 2007, IBCE - CANEB 2007), siendo Bolivia uno de los cuatro principales productores de

maní en Sudamérica (IBCE - CNDA 2010). Igual que el maní, Chuquisaca también se destaca en la producción de ají, las principales zonas productoras son Tomina, Hernando Siles, Luis Calvo y Villa Serrano (Rocabado 2001, USAID/Bolivia 2009).

Por esta situación, en Chuquisaca la agricultura practicada en forma tradicional es de vital importancia, caracterizándose por un sistema migratorio de “*roza, tumba y quema*”, que luego de unos años estos espacios se convierten en áreas abandonadas y ocupadas por vegetación espontánea, formando bosques secundarios (Coronado 2010). Entonces la intensificación de la producción agrícola en los diferentes ambientes, podría desencadenar la degradación de los suelos, por el mal uso y manejo de las áreas productivas (Orias 2014).

En consecuencia, podemos relacionar que el efecto de la topografía sobre las propiedades del suelo, asociada a su importancia a lo largo de la historia de uso, y la ubicación de los terrenos de los mismos se convierte en un factor de gran relevancia, para determinar el estado de los suelos. Por consiguiente, la información que podría ser un buen fundamento, para comprender la variabilidad y heterogeneidad de las propiedades intrínsecas de los suelos gira en torno de los conceptos planteados por Jenny (1941), que estipula que las propiedades de un suelo son función de cinco factores formadores (clima, organismos, relieve, material parental y el tiempo), que inciden sobre los procesos pedogenéticos.

En este sentido, se plantean las siguientes preguntas: 1) ¿Podrían los contenidos de materia orgánica modificar las características texturales? 2) ¿La materia orgánica y la textura podrían definir la fertilidad de un suelo? 3) ¿La materia orgánica y la textura son los principales indicadores de la calidad de un suelo? 4) ¿La influencia de la historia de uso y manejo está relacionada con la fertilidad de un determinado suelo?, de donde el objetivo de estudio es “Evaluar la relación de la materia orgánica y la textura para determinar la fertilidad de un suelo en San Pedro del Zapallar”, obteniéndose información de relevancia para elaborar pautas y estrategias de manejo conservacionistas de los suelos agrícolas en Chuquisaca, Bolivia.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Los suelos seleccionados para este estudio están localizados en San Pedro del Zapallar, una comunidad que está ubicada dentro del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño, entre las coordenadas 20°06'36" Latitud sur, 63°26'41" Longitud oeste, en el Cantón Saucos,

Municipio de Monteagudo, Provincia Hernando Siles, del Departamento de Chuquisaca (Fig. 1). La comunidad se encuentra a una distancia de 320 km de la Ciudad de Sucre, limita al este con Huancachi, al oeste con Monteagudo, al norte con los Pinos y al sur con Chuncusla. Tiene una superficie de 3515 has y solo 515 ha son cultivables, presenta una precipitación media anual de 1000 mm y temperatura media anual de 23 °C.

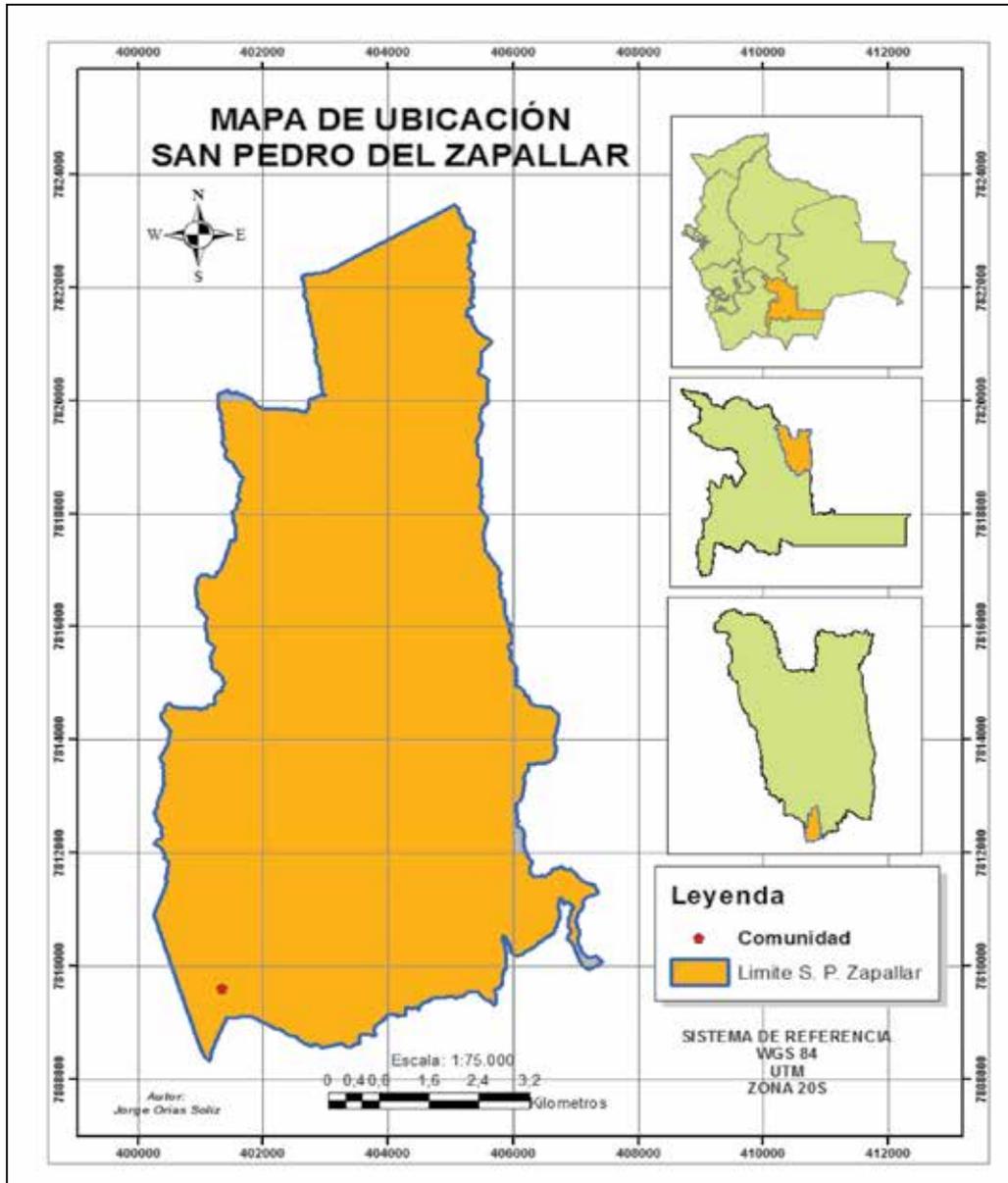


Figura 1. Mapa de ubicación de San Pedro del Zapallar. Municipio Monteagudo.

Diseño experimental

Para determinar los contenidos de materia orgánica y la textura del suelo se realizó una selección *a priori* de tres áreas de muestreo (A, B, y C) mediante un SIG (Sistemas de Información Geográfica), con esta información fue posible verificar y validar la clasificación obtenida en campo, donde se establecieron los puntos de muestreo. Las tres áreas seleccionadas tenían las siguientes características: donde el ambiente A-Planicies al pie de las pendientes, ambiente B-Partes inferiores de las pendientes y el ambiente C-Planicies de inundación de los lechos del río. Se distribuyeron tres puntos por ambiente, donde se realizaron las calicatas con sus respectivos submuestreos.

Muestreo

Para la toma de muestras de suelos, se realizaron nueve calicatas y tres sub muestras por calicata. En cada punto de muestreo se determinaron las características del perfil y cada uno de los horizontes del suelo, la calicata se realizó a una profundidad de 1.20 m o hasta encontrar la tosca o capa freática (Fig. 2 y 3). Cada uno de los horizontes fue descrito y se tomaron muestras con cilindros para densidad aparente. Las sub muestras se tomaron con un barreno a una distancia de 50 m entre sí, a una profundidad de 0-20 cm aproximadamente, según la profundidad de los horizontes del suelo.



Figura 2. Calicata antes de realizar la descripción del perfil, durante el periodo de campo. Ambiente A-Planicies al pie de las pendientes.



Figura 3. Perfil de suelo ambiente A-Planicies al pie de las pendientes, para ser descrito los horizontes, la estructura y textura.

Análisis de datos

Las muestras recolectadas de las calicatas y las muestras compuestas fueron llevadas a laboratorio donde fueron secadas al aire libre y tamizadas por una malla de 2 mm, previo a la realización de los análisis de las propiedades físicas y químicas. Para la determinación de textura se utilizó el método del hidrómetro de Bouyoucos (1962). El pH se midió en solución suelo-agua (2:1) con un electrodo de vidrio. La conductividad eléctrica se determinó en el sobrenadante de la solución usado para determinar el pH, con un conductímetro. El carbono total se determinó por el método de Walkley-Black (Tan 1996). El análisis de los datos de materia orgánica y textura se realizó a través de programa estadístico InfoStat. Los valores se expresan como la media \pm error estándar (E.S.).

Resultados

El ambiente A (Planicies al pie de las pendientes) presenta mejores condiciones de fertilidad, ya que cuenta con 3.7 % de MO, en los primeros 10 cm. En cambio en los suelos del ambiente B (Partes inferiores de las pendientes) se tiene 2.2 % de MO, mientras que en los suelos que conforman el ambiente C (Planicies de inundación de los lechos del río), solo cuenta con 1.3 de MO, en los tres ambientes se puede apreciar la disminución de la materia orgánica en función a la profundidad del perfil (Tabla 1). Mientras que los contenidos de arena, arcilla y limo varían según la profundidad siendo suelos más finos en los primeros 10 cm de profundidad del perfil.

El contenido de MO en cada uno de los ambientes resultó ser adecuado, donde los suelos del ambiente A, presentaron mejores condiciones de fertilidad en

relación a los ambientes B y C. Estos suelos por su ubicación y su textura fina son aptos para todo tipo de cultivos agrícolas y requieren poco cuidado, sobre todo un manejo adecuado. Mientras que el ambiente C, su contenido de MO es bajo, esto debido principalmente a la textura arenosa a franco arenoso, ya que estos suelos son resultado de los aportes fluviales de los lechos de los ríos. Sin embargo, por su ubicación en lugares planos y con un adecuado manejo para la mantención y aumento de MO, estos suelos son considerados como aptos para la agricultura. Por otro lado, están los suelos del ambiente B, con buenos niveles de MO y de textura fina, pero debido a su ubicación en pendientes, estos suelos son considerados como no aptos para la agricultura. Además estos suelos deberían estar bajo un sistema conservacionista con pasturas perennes. En estos suelos se puede apreciar una tendencia, que a mayor profundidad disminuye la cantidad de materia orgánica. Mientras que la textura es mas fina en estos ambientes, favoreciendo a los cultivos, ya que estos suelos no requieren cuidados especiales y

no presentan susceptibilidad a la erosión. Además por su ubicación en lugares casi planos beneficia en la retención de agua (Fig. 4).

En estos suelos la mayor dificultad es su ubicación, ya que estos están en lugares con pendiente, que dificulta la retención del contenido de materia orgánica. Sin embargo, a pesar de sus limitaciones se encuentran niveles adecuados, que van disminuyendo con la profundidad del perfil. En relación a la textura es poco variable ya que estos suelos son más finos a mayor profundidad (Fig. 5).

Los suelos de este ambiente por estar ubicados en los bordes de los ríos, presentan aportes fluviales de los ríos, el contenido de materia orgánica es bajo y por lo general son de textura arenosa. Por lo tanto, estos suelos requieren de cierta atención en lo que refiere al incremento de MO y su mantenimiento en el tiempo (Fig. 6).

Tabla 1. Valores obtenidos en cada uno de los

ambientes A, B y C.

Profundidad	A							B							C									
	10	20	40	60	80	90	120	10	20	30	40	80	100	110	120	10	20	40	60	80	90	100	110	120
MO (%)	3.7	2.0	1.5	0.8	sd	sd	sd	2.2	1.5	0.6	0.7	0.5	sd	sd	sd	1.3	0.3	0.4	sd	sd	sd	sd	sd	sd
Arcilla (%)	5.0	4.1	8.4	10.0	3.9	9.5	12.5	4.3	7.1	7.7	9.8	10.3	12.3	9.6	11.0	3.0	2.4	4.0	5.0	4.0	1.6	4.0	1.6	2.3
Limo (%)	28.8	27.0	26.5	23.5	22.3	20.8	20.9	25.8	24.2	27.3	20.3	20.9	23.8	35.3	20.6	31.1	24.8	13.5	15.8	17.3	0.0	12.3	0.0	9.0
Arena (%)	66.2	68.8	65.0	88.5	73.8	69.7	66.6	70.0	68.8	65.1	69.9	68.8	63.9	55.1	68.4	65.9	72.7	82.5	79.2	78.7	99.1	83.7	99.1	88.7
pH	6.3	5.7	5.8	6.1	5.7	6.9	6.1	5.9	5.6	5.1	5.9	5.5	5.8	5.9	5.2	6.1	6.5	6.4	5.3	5.5	8.4	5.6	6.9	5.8
CE (mS/cm)	0.09	0.07	0.05	0.3	0.12	0.03	0.04	0.06	0.06	0.05	0.02	0.03	0.02	0.02	0.12	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02	0.13	0.05

Nota: A = Planicies al pie de las pendientes; B = Partes inferiores de las pendientes; C = Planicies de inundación de los lechos del río.

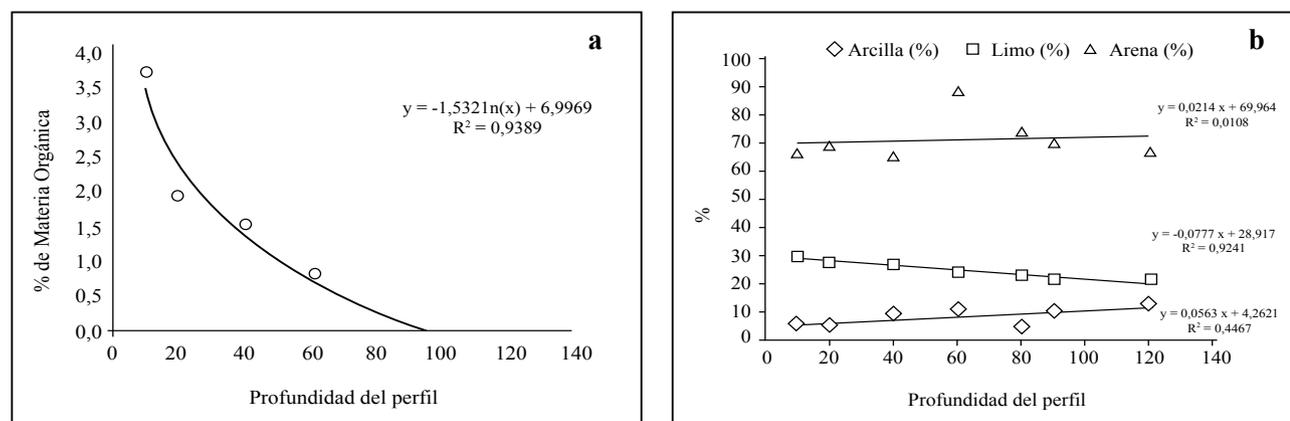


Figura 4. Ambiente A, materia orgánica y textura según la profundidad del suelo.

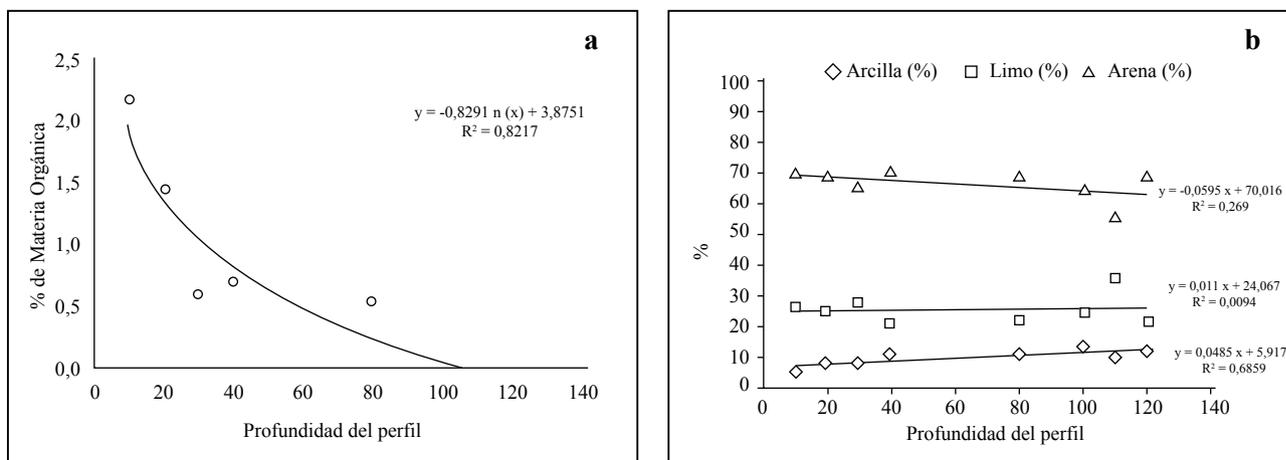


Figura 5. Ambiente B, materia organica y textura según la profundidad del suelo.

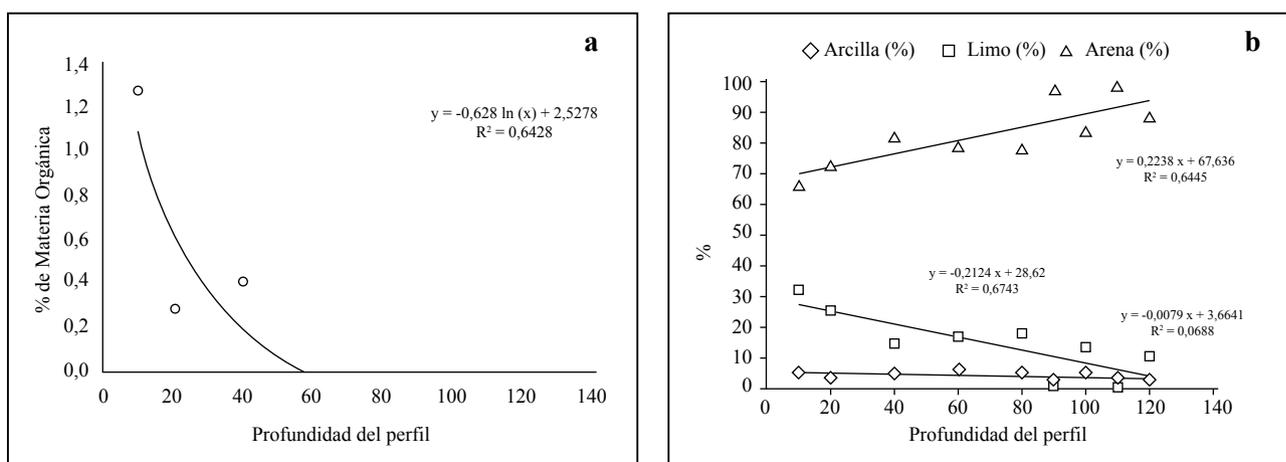


Figura 6. Ambiente C, materia organica y textura según la profundidad del suelo.

Discusión

Según Borges et al. (2012) el contenido de materia orgánica en el suelo es afectada por la textura y el relieve del suelo. La variabilidad de los resultados probablemente se deba a la heterogeneidad de los ambientes y de las propiedades del suelo. En consecuencia podemos afirmar que las características topográficas y el relieve son los principales factores que condicionan los contenidos de las propiedades físicas y químicas de los diferentes ambientes (Orias 2014). Por lo tanto, la fertilidad de los suelos de un determinado ambiente está fuertemente relacionada con la ubicación.

Encontraron que el contenido de MO casi en todas las localidades fue de mediana a alta disponibilidad. Sin embargo, indican que los valores bajos encontrados en relación al contenido de MO, pudiera

reflejar procesos de degradación de los suelos, debido principalmente a un manejo inadecuado del suelo (Borges et al. 2012). Por lo tanto, la presencia de la materia orgánica en el suelo determina la fertilidad, así también la presencia de los microorganismos y la funcionalidad del ciclo de los nutrientes en el suelo. De ello también depende la disponibilidad de los nutrientes para el aprovechamiento de las plantas (Julca-Otiniano et al. 2006). Sin embargo, los suelos ubicados en el ambiente A, son los que tienen mayor contenido de materia orgánica y son de textura más fina que los suelos B y C respectivamente. Por consiguiente, podríamos afirmar que la cantidad de MO en el suelo mejora considerablemente las condiciones físicas de un determinado suelo. Y con el tiempo podrían las características texturales cambiar.

Entre las propiedades físicas del suelo la materia orgánica (MO) es considerada como el más importante indicador de la calidad del suelo. Por consiguiente, la MO es la fracción orgánica del suelo excluyendo residuos vegetales y animales sin descomponer y su importancia radica en la relación que presenta con numerosas propiedades del suelo. Se destaca principalmente como un indicador de la fertilidad de un determinado suelo (García 2004). Dadas las condiciones de fertilidad en un determinado ambiente, predio, área de cultivo, sea cual sea el escenario de acción, el rol que juega tanto la materia orgánica como la textura de un determinado suelo. Siempre será para mejorar las condiciones de fertilidad del suelo, en beneficio de los cultivos. Por lo tanto, a mayor cantidad de materia orgánica y textura más fina se podría dar una adecuada fertilidad. Pero esta situación depende de muchas variables tanto topográficas, de paisaje, climáticos, influencia antrópica, que condicionan a los procesos de funcionalidad de los suelos.

Por consiguiente, la fertilidad de un determinado ambiente está fuertemente relacionada con la historia de uso y manejo. Pero también está relacionada con las condiciones topográficas, el relieve y el paisaje de una determinada región.

Conclusiones

El contenido de materia orgánica condiciona las características de textura de un determinado suelo podría modificarlo con el transcurrir del tiempo, siempre y cuando se den las condiciones.

La materia orgánica y la textura son las principales propiedades que definen la fertilidad del suelo en una primera instancia, sin embargo, la parte química también juega un rol muy importante.

La materia orgánica y la textura son los principales responsables y son considerados como los indicadores de la calidad de un suelo, ya que son estos fáciles de apreciar visualmente, además estas representan y constituyen la parte física de un suelo.

La influencia de la historia de uso y el manejo de un determinado ambiente está fuertemente relacionada con la fertilidad del suelo, ya que de ello depende la productividad de ese ambiente.

Agradecimientos

Mi agradecimiento al proyecto BEISA 3-IASA, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias (UMRPSFXCH), por el apoyo logístico y moral en la realización de este artículo. Asimismo, agradezco a la Dra. Elke Noellemeyer (UNLPam) por la asesoraría del trabajo de posgrado.

Referencias

- Borges, J. A., M. Barrios, E. Sandoval, Y. Bastardo. & O, Márquez. 2012. Características físico-químicas del suelo y su asociación con macro elementos en áreas destinadas a pastoreo en el Estado Yaracuy. *Bioagro* 24(2): 121-126.
- Boyle, M., W. T. Frankenberger & L. H Stoltzy, 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. *Journal of Prod. Agri.* 2, 290-299.
- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method for making particle size analysis de soils. *Agronomy Journal* 54:464-465.
- Coronado, V. 2010. Riqueza, diversidad, estructura y uso de los bosques mntanos secundarios en la Micro-Cuenca Tartagalito del PN-AMI Serranía del Ñaao (Luís Calvo, Chuquisaca). Tesis de grado. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca Sucre, Bolivia. 104.
- Camps-Arbestain, M., I. Martínez de Arano, S. Mendarte, A. Aizpurua & M. Pinto. 2004. Pautas para inducir una acumulación adicional de carbono orgánico en biomasa forestal y en suelos agrícolas y forestales de la CAPV. *Edafología* 11, 52-78.
- Dick, W. A. 1984. Influence of long-term tillage and crop rotation combinations on soil enzyme activities. *Soil Science Society of America Journal* 48, 569-584.
- Gartzia, N. 2009. Estructura y dinámica de la materia orgánica del suelo en ecosistemas forestales templados: de lo particular a lo general. Tesis doctoral, Universidad del País Vasco. 167.
- García, F. 2004. Agricultura sustentable y materia orgánica del suelo: siembra directa, rotaciones y fertilidad. Presentación realizada en el III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 7.
- Grayston, S. J. & C. E. Prescott. 2005. Microbial communities in the forest floors under four tree

- species in coastal British Columbia. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 1157-1167.
- Hartwich, F., T. Arispe & M. Monge. 2007. Innovación en el Cultivo del Maní en Bolivia: Efectos de la Interacción Social y de las Capacidades de Absorción de los Pequeños Productores, International Food Policy Research Institute, Fundación Casa de Agricultura, International Food Policy Research Institute, ISNAR División, 1- 92.
- Hernando, V. 1988. La materia orgánica en la producción vegetal del secano. *Revista del Instituto Pirenaico de Ecología (Galicia)* 4: 949-954.
- Hudson, B. 1994. Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation* 49, 189-194.
- IBCE – CANEB. 2007. Potencial Exportador MANÍ - Cacahuete (*Arachis hypogaea*), “Exportar con responsabilidad social, generando empleo”, Instituto Boliviano de Comercio Exterior, Cámara Nacional de Exportación de Bolivia, Publicación mensual – Año 2, junio, N° 14, 3.
- IBCE - CNDA, 2010. Panorama Nacional, Bolivia en cuarto lugar de producción de maní “Exportar con responsabilidad social, generando empleo”, Instituto Boliviano de Comercio Exterior, Cámara Nacional de Despachos de Aduana, Publicación bimestral – Año 5, marzo, N° 40, 6.
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation: a System of Quantitative Pedology*, foreword by Ronald Amundson, Originally published: New York: McGraw-Hill, University of California, ISBN 0-486-68128-9, 1 -191.
- Johnson, D. W. & D. E. Todd. 1998. Harvesting effects on long-term changes in the nutrient pool of mixed oak forest. *Soil Science Society of America Journal* 62, 1725–1735.
- Julca-Otiniano, A., L. Meneses-Florián, R. Blas-Sevillano & S. Bello-Amez. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESA, Chile*. 24, 1. 49–61.
- MacRae, A., G. R. Mehuys., 1985. The effect of green manuring on the physical properties of temperate area soils. *Advances in Soil Science* 3, 71-94.
- Olsson, B. A., H. Lundkvist & H. Staaf. 2000. Nutrient status in needles of norway spruce and Scots pine following harvesting of logging residues. *Plant and Soil* 23, 161-173.
- Orias, J. 2014. Mapeo digital de la aptitud del suelo en San Pedro del Zapallar del PN - ANMI Serranía del Iñaño, Chuquisaca - Bolivia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de la Pampa. Santa Rosa, La Pampa - Argentina. 88.
- Pikul, J. L. & J. F. Zuzel. 1994. Soil crusting and water infiltration affected by long-term tillage and residue management. *Soil Science Society of America Journal* 58, 1524-1530.
- Reeves, D. W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research* 43, 131-167.
- Rocabado, F. 2001. Análisis de la Cadena de Valor Agro-Alimentaria del Ají, FDTA – VALLES Fundación para el Desarrollo de Tecnología Agropecuaria Valles, Proyecto MAPA, Gobierno de Bolivia y USAID/Bolivia en apoyo a la FDTA-Valles, 1– 52.
- Six, J., R.T, Conant, E. A. Paul & K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241:155-176.
- Tan, K. H. 1996. Sample preparation. In: M. Dekker (Editor). *Soil sampling preparation and analysis*. 17-26. ASA Publishers, Madison, USA.
- Tisdall, J. M. & J. M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33, 141–163.
- USAID/Bolivia. 2009. Acceso al Mercado y Alivio a la Pobreza (Mapa): Programa del Ají, United States Agency International Development (USAID) en Bolivia: 45 años trabajando juntos para vivir mejor, <http://bolivia.usaid.gov>. Consultado 22/06/2013.
- Zou, C., R. Sands, G. Buchan & I. Hudson. 2000. Least limiting water range: A potential indicator of physical quality of forest soils. *Australian Journal of Soil Research* 38, 947-958.

Descripción preliminar de los suelos con cultivos en ladera en agroecosistemas del Subandino de Chuquisaca

Preliminary description of soils on slop cropping systems in agroecosystems the hillside Subandino of Chuquisaca

Vedulia Coronado^{1*} & Jorge Orias¹

¹ Proyecto BEISA 3- Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria (IASA), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Calle Calvo N° 132, Casilla Postal 1046, Sucre – Bolivia.

* vedulia.coronado@gmail.com

Resumen

La investigación se realizó con cultivos en laderas enfocado en la evaluación *in situ* de los suelos en agroecosistemas de seis comunidades del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Inão, para describir el estado de los suelos, con base en parámetros básicos como el pH. En la metodología utilizada se realizó una entrevista a los agricultores, para conocer su perspectiva de la producción agrícola en suelos en ladera. Se tomaron muestras compuestas de la parte alta, media y baja de la parcela agrícola, con la ayuda de un cilindro de densidad aparente a una profundidad de 0.5 cm. En los resultados se pudo apreciar la similitud en cuanto a condiciones de los suelos en cultivos como el maíz (*Zea mays*) y maní (*Arachis hypogaea*) que se desarrollan mejor en suelos sueltos, profundos bien drenados y ligeramente ácidos. Mientras que el cultivo de ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), se desarrollan mejor en suelos arenosos y franco arenosos, con alto contenido de materia orgánica y pH tendiente a neutro. El cambio de pH en los cultivos en ladera mostró diferencias entre comunidades, en Azero Norte vario entre 8.1 a 6.7, San Pedro del Zapallar entre 6.8 a 5.6, Pedernal 7.8 a 5.8, Las Casas 7.8 a 5.4, Qhoyo Orcko de 7.8 a 5.8 y Potrereros 7.3 a 6.6. Por tanto, los resultados indican que las variaciones de pH en los cultivos en ladera fueron importantes y podrían ser utilizados en el manejo de los cultivos en ladera.

Palabras clave: Agricultura migratoria, cambios de pH, fertilidad del suelo.

Abstract

The research was carried out on slopes, with in-situ evaluation of the soils in agroecosystems of six communities of the Serranía del Inão National Park and Managed Integrated Natural Area, to describe the quality of soils with basic parameters and the pH. Farmers were interviewed to understand their perspective and knowledge concerning agricultural production on soils in slope situations. Samples were taken, composed of the high, medium and low parts of the agricultural plot with they help of a density cylinder to a depth of 0.5 cm. The similarity was apparent when in crops such as maize (*Zea mays*) and peanut (*Arachis hypogaea*) which develop better on loose soils, that are deep and well drained and lightly acidic. In contrast, for the pepper crop (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), better development was observed in sandy and loamy-sandy soils, with a high content of organic material and approximately neutral pH. The change of pH in the crops on slopes, showed differences between communities, in Azero Norte this varied between 8.1 to 6.7, San Pedro of Zapallar between 6.8 and 5.6, Pedernal 7.8 to 5.8, Las Casas 7.8 to 5.4, Qhoyu Orkho 7.8 to 5.8 and Potrereros 7.3 to 6.6. The results indicate that variations in pH in the crops were important and could be used in the management of crops on slopes.

Keys words: pH variability, shifting agriculture, soil fertility.

Introducción

La agricultura en ladera es un reto para los agricultores, científicos y agentes gubernamentales, cuya problemática surge de los efectos producidos por la tala para suplir la falta de terrenos fértiles, constituyendo parte de la problemática ambiental de esta región del Subandino. Por la fragilidad de los suelos ubicados en laderas, que no deberían ser cultivados (Pool et al. 2000). Los suelos en ladera se erosionan fácilmente después de su uso con cultivos y amenazan a la productividad futura de estos (Tengberg 1997, Buckles 2011), que asociada a condiciones de una agricultura a secano y las prácticas agrícolas inadecuadas, resulta un alto grado de deterioro de estos suelos, que se refleja en la baja producción agrícola y hasta en la inseguridad alimentaria de la población. En este sentido, las mejoras y el mantenimiento de la fertilidad de estos suelos, garantiza la productividad de un determinado cultivo, ya que depende fundamentalmente de un componente físico, químico y biológico (Vergara-Sánchez et al. 2005).

Es una problemática que se presenta en los ambientes productivos de las comunidades rurales, siendo el reto mantener la calidad de los suelos como un punto muy importante en la sostenibilidad de los suelos tropicales de ladera (Hernández-Hernández et al. 2008). Sin embargo, el mantenimiento cada vez es más crítico, ya que influyen factores ambientales y climáticos en el deterioro de estos suelos ubicados en ladera. Por otro lado, se cuestiona mucho la vocación de uso a largo plazo de la agricultura en ladera (Raymond 2010). Aun así la práctica de la agricultura en ladera no será remplazada o cambiada por otros sistemas, por la simple razón de que las familias de las comunidades rurales y población en general requieren de alimentos.

En el sur de Bolivia esta situación es frecuente, ya que presenta una heterogeneidad en cuanto a las características del paisaje y relieve, que inciden en la degradación de los suelos por erosión hídrica (Stadler-Kaulich 2009). Mientras que en Chuquisaca esta situación es más evidente, y se ve reflejada en las comunidades del Parque nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía el Iñaño, que tiene 2.630,9 Km² de superficie total y aproximadamente 65% de este territorio está conformado por complejos geomorfológicos con pendientes mayores del 15% (ZONISIG 2000, Michel 2011, SERNAP 2011), donde prevalecen paisajes típicos de terrenos en

laderas, que se caracterizan por presentar variaciones topográficas y bioclimáticas (Navarro 2011).

Por consiguiente, el paisaje montañoso de estas comunidades también influye en las características de los suelos, como la heterogeneidad en cuanto a la profundidad de su perfil y su textura (ZONISIG 2000). En estas condiciones de agricultura en general a secano se está dando la intensificación de la producción agrícola, que ha desencadenado en la degradación de los suelos. En especial esta situación es evidente en los suelos ubicados en laderas. Donde estos suelos son los que cada vez se encuentran en mayor peligro de erosión hídrica, debido a características de los suelos, la estructura de los mismos y la pendiente, juegan un papel muy importante en la degradación de los suelos ubicados en ladera.

En consecuencia, se puede inferir que el efecto de la topografía sobre las propiedades intrínsecas de los suelos, asociado a su importancia y la historia de uso, sería un factor de gran relevancia para determinar la variabilidad en la producción de cultivos de ladera. También se enfocan en los indicadores de calidad de los suelos como una alternativa, para conocer el estado de estos (Bastida et al. 2008). A nivel parcela se consideran siete atributos como indicadores de la calidad del suelo como; contenido de carbono orgánico, porcentaje arcilla, porcentaje de cobertura de vegetación, espesor del horizonte, pH, densidad aparente y la estructura del suelo (Eriksen & Ardón 2003). Siendo el pH uno de los indicadores, en los suelos es de gran importancia y utilizado con mucha frecuencia en los índices de calidad de los suelos agrícolas (Bastida et al. 2008, García-Bengoetxea et al. 2009).

Por lo tanto, las comunidades de Azero Norte, San Pedro del Zapallar, Las Casas, Pedernal, Potreros Qhoyu Orkho, algunas de las comunidades de área de acción del proyecto BEISA 3, que apoya en la mejora de la producción agrícola, desde distintos enfoques. En este sentido se planteó como objetivo describir los suelos de los cultivos en ladera y los cambios del pH, para contribuir en el desarrollo de un adecuado manejo de los suelos agrícolas en las comunidades asentadas en el PN-ANMI-SI.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en seis comunidades, Azero Norte, San Pedro del Zapallar (Monteagudo), Pedernal, Las Casas (Padilla), Potrereros y Qhoyu Orkho (Villa Serrano) del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado de la Serranía del Iñao (PN-ANMI SI), que está conformada por los municipios de Villa Vaca Guzmán, Monteagudo, Padilla y Villa Serrano. Se encuentran al noreste del departamento de Chuquisaca. Estas comunidades están ubicadas en las siguientes coordenadas (Tabla 1).

El clima en el PN-ANMI-SE es subhúmedo seco, caracterizándose por presentar las mayores precipitaciones entre 990 a 1200 m de altitud del departamento de Chuquisaca, con la temperatura promedio anual de 20 a 26 °C. Esta zona es una región biogeográfica de mucha importancia, para el departamento de Chuquisaca, donde se encuentran el Bosque de Yungas, Bosque Boliviano - Tucumana, Bosque Chaqueño de Transición y Bosque Chiquitano. Estas comunidades se dedican principalmente a la

agricultura y ganadería, con especies como el maíz, maní, ají, papa, frejol y otros (PCDSMA 2001).

Diseño experimental

Se realizó 10 entrevistas a agricultores de cada una de las comunidades, para conocer la perspectiva de ellos sobre la producción agrícola en suelos de ladera, en la que narraron los problemas de fertilidad y productividad.

Para la selección de áreas de muestreo de suelos se tomó en cuenta la altura, pendiente, exposición y la historia de uso del suelo. Y para determinar el número de muestreos a realizar, se tomó en cuenta un 20% del total del número de parcelas ubicados en pendientes > 10% y hasta 50% (Tabla 2). Entonces de acuerdo a esta clasificación de muestreo se homogenizó a un número de 10 parcelas muestreadas por comunidad.

El área promedio se calculó con base a una digitalización del perímetro de los predios mayores a 10% de pendiente (Google Earth), en cada comunidad. La superficie total de cada comunidad se obtuvo mediante la delimitación de cada comunidad con herramientas de SIG (ArcGis 10.2).

Tabla 1. Ubicación geográfica y rango altitudinal de las comunidades de estudio.

Comunidad	Posición	Altura (msnm)	Coordenadas	
			Longitud (Oeste)	Latitud (Sur)
Azero Norte	Mínimo	930	19° 33' 41,5"	63° 59' 07,7"
	Máximo	1188	19° 33' 23,2"	63° 00' 10,2"
San Pedro del Zapallar	Mínimo	1141	19° 47' 27,5"	63° 56' 28,5"
	Máximo	1207	19° 45' 52,4"	63° 55' 05,1"
Pedernal	Mínimo	1388	19° 24' 20,7"	64° 05' 11,4"
	Máximo	1516	19° 23' 21,3"	64° 05' 18,1"
Las Casas	Mínimo	1456	19° 18' 52,5"	64° 07' 00,9"
	Máximo	1649	19° 18' 37,2"	64° 06' 23,3"
Potrereros	Mínimo	1425	19° 04' 02,9"	64° 05' 57,2"
	Máximo	1760	19° 04' 08,2"	64° 05' 23,8"
Qhoyu Orkho	Mínimo	1511	19° 09' 09,7"	64° 09' 47,1"
	Máximo	1664	19° 10' 23,3"	64° 09' 13,4"

Tabla 2. Tamaño de muestra en relación al total de parcelas con cultivos en ladera en las comunidades de estudio.

Comunidad	Pendiente (%)	Nº de parcelas muestreadas	Nº de parcelas cultivadas en ladera	Superficie total (ha)	Área promedio (ha)	Superficie de parcelas en ladera (ha)
Azero Norte	10 - 50	10	20	4619.36	1.75	34.96
Pedernal	10 - 50	10	25	6938.57	2.24	55.95
San Pedro del Zapallar	10 - 50	10	25	6359.84	2.31	57.65
Qhoyu Orkho	10 - 50	10	14	1469.03	1.53	21.42
Las Casas	10 - 50	10	32	1877.51	1.38	44.03
Potreros	10 - 50	10	50	9869.30	0.90	44.80

Muestreo

Durante la realización de este trabajo para conocer el estado de los suelos en ladera de cada una de las comunidades, se tomó muestras compuestas: la parte alta, media y baja de la parcela agrícola (Fig. 1 y 2), con la ayuda de un cilindro de densidad aparente a una profundidad de 0.5 cm, haciendo un total de 60 muestras. También se realizó dos calicatas por comunidad, con un total de 12 calicatas, esto con la finalidad de conocer la profundidad de estos suelos. Cada una de las muestras fue etiquetada para su respectivo análisis en laboratorio de los parámetros requeridos para el estudio.



Figura 1. Parcela con cultivo de maní en el periodo de cosecha 2014, en la comunidad de Qhoyu Orkho, Municipio Villa Serrano.



Figura 2. Parcela después del primera año de cultivo de maní, con suelo totalmente descubierto y degradado en la comunidad de Potreros, Municipio Villa Serano.

Análisis de laboratorio

Las muestras recolectadas de las calicatas y las muestras compuestas fueron secadas al aire y tamizadas por una malla de 2 mm. El pH actual se midió en solución suelo-agua (2.5:1) con un electrodo de vidrio, este método se utilizó para las 60 muestras, todo estos se realizó en gabinetes de suelos de la USFX-Facultad de Ciencias Agrarias.

Análisis de datos

Los datos se organizaron en una base de datos, cuyos valores se expresaron en tablas y gráficos. Además se analizaron las situaciones de disturbios

o mecanismos de los procesos de producción en las cuales se llevan a cabo las actividades agrícolas en ladera, las observaciones y las descripciones realizadas *in situ*, fueron de utilidad en la discriminación de datos y los análisis del pH en el suelo.

Resultados

Descripción de las técnicas locales de cultivo

Los cultivos principales en las seis comunidades son: maíz, maní y ají, las mismas son cultivadas en ladera, todas presentan una heterogeneidad en cuanto a las condiciones de suelo y relieve. Todas son muy importantes para el agricultor, ya que de ello depende su economía y alimentación. El maíz (*Zea mays*) es uno de los más cultivados en la zona, principalmente destinado a la comercialización y autoconsumo. En los relatos de los agricultores “indican que es uno de los cultivos de fácil manejo y de poca exigencia en cuanto al relieve, suelo y clima”. Sin embargo, se pudo observar *in situ*, que en la mayoría de las parcelas agrícolas están ubicadas en pendientes mayores a 30%.

Por otro lado, el cultivo de maíz aun no presenta problemas de rendimiento, debido a que son cultivadas en barbechos nuevos. Sin embargo, con el pasar de los años estos suelos se agotan y los agricultores habilitan nuevos espacios agrícolas. Así también se puede rescatar algunas prácticas de conservación de suelos que pocos agricultores realizan, tales como rotación y asociación de cultivos.

El cultivo de maní (*Arachis hypogaea*) uno de los más importantes, después del maíz, cuya producción es destinada principalmente para la comercialización y muy poco para el autoconsumo. Generalmente este cultivo se desarrolla mejor en suelos sueltos, profundos bien drenados y ligeramente ácidos. En cuanto a otras características físicas como la pendiente están situadas en pie de monte hasta un 30 % de inclinación aunque en las comunidades de estudio se pudo apreciar que muchos de los agricultores intentan aprovechar todos los espacios de terreno.

Los mejores suelos para el cultivo de ají (*Capsicum baccatum var. pendulum*) son arenosos y franco arenosos, presentes en todas las comunidades

dependiendo del sitio y su ubicación. Este cultivo requiere de suelos con alto contenido de materia orgánica y pH tendiente a neutro, aunque puede soportar suelos ligeramente ácidos. El ají es uno de cultivos de menor importancia entre todas las comunidades, debido al tipo de manejo que representa esta principalmente referido al control de plagas y enfermedades. Sin embargo, algunas de los agricultores optan por este producto, como una alternativa económica, por sus buenos precios en el mercado.

Cambios de pH en los cultivos en laderas

Los valores de pH fueron muy variables en todas las comunidades: en Azero Norte vario entre 8.1 a 6.7; en San Pedro del Zapallar entre 6.8 a 5.6; Pedernal 7.8 a 5.8; Las Casas 7.8 a 5.4; Koyo Orko de 7.8 a 5.8 y Potrereros 7.3 a 6.6. Los terrenos en ladera de la comunidad de San Pedro del Zapallar presentan valores más bajos en comparación al resto de las comunidades, mientras que en Azero Norte ocurrió lo contrario, a pesar de la similitud en las condiciones y variaciones climáticas (Fig. 3).

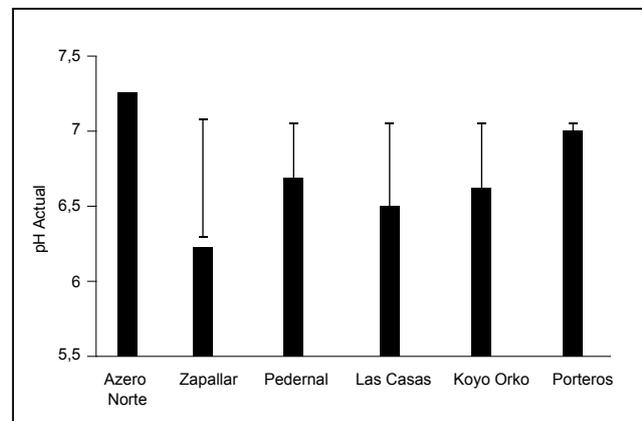


Figura 3. Resumen de medias de acidez y alcalinidad del suelo en seis comunidades.

Las primeras tres comunidades (Tabla 3), presentan suelos profundos superando los 1.20 m, a diferencia de las otras tres, que presentan suelos poco profundos, que en general son menores a 0.50 m de profundidad. Los cambios en los valores de pH, de acuerdo a la profundidad del horizonte, varían según la ubicación de las parcelas, así en Pedernal se puede apreciar los cambios de ligeramente alcalino a ácido y en Azero Norte ocurre lo contrario.

Tabla 3. Cambios de pH del suelo según la profundidad del horizonte de seis comunidades del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño.

Comunidades	Ap	Ac	A1	A2	A3	A4	C	C1	C2	C3
Azero Norte	7.6		7.5				7.2	7.2	7.1	
	6.5		7.1	7.4			7.6	7.7	7.7	
San Pedro del Zapallar	5.7		5.6	5.5			5.5	5.5		
	7.1		6.4	6.4			6.5	6.7		
Pedernal	7.7		7	6.3	6	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3
	6.1		6.3	6.6			6.4	6.7	7	7.1
Las Casas	5.6	5.6						5.5		
	6.7	6.3						6.4	6.4	
Qhoyu Orkho	5.9	5.7								
	5.9	5.9								
Potreros	7.6	7.5								
	6.6	6								

***Nota:** Ap, Ac, A1, A2, A3, A4, C, C1, C2, C3, son los horizontes explorados a distintas profundidades, en cada una de las comunidades.

Discusión

La variabilidad espacial que existe entre comunidades, incluso dentro de cada comunidad de las parcelas con cultivos en laderas, dificulta la interpretación de los resultados en relación al cambio de los valores de pH en el suelo. Además se debe considerar otras variables para contrastar con los cambios de pH presentados en este primer aporte.

Descripción de las técnicas de cultivo

Heid & Cuentas (2006) y Ortiz (2009) hacen referencia e indican que los principales cultivos son el maíz, maní y ají en la provincia de Hernando Siles (región del Chaco) y si bien, estos cultivos se encuentran generalmente en terrenos con pendiente o laderas para el agricultor no representa un obstáculo. Sin embargo, es de importancia remarcar que estos suelos son frágiles y se degradan fácilmente, más aun si se practica el sistema de agricultura migratoria de rosa tumba y quema (Herbas 2011, Coronado & Noellemeyer 2014). Las decisiones sobre el buen manejo de los cultivos en ladera, deben enfocarse en las buenas prácticas agrícolas (BPA's), con la finalidad de conservación de los suelos y el aguas y el manejo integrado de plagas y enfermedades (Claure & Maita 2006). Un aspecto muy importante de destacar es el interés de los agricultores en involucrarse y participar de estos procesos (CIPCA 2008). Esta situación

también se puede apreciar a nivel Latinoamérica, en especial en regiones donde se práctica la agricultura familiar (Gonzales et al. 2003). En particular sobre los cultivos tradicionales de la zona, se puede considerar la mejora de las mismas, siempre y cuando se tomen en cuenta la superficie, pendiente y la fertilidad, basados en indicadores de calidad del suelo (Bastida et al. 2008, Cerón & Riascos 2005).

Cambios de pH en cultivos de ladera

El presente trabajo mostró los efectos del manejo del suelo en una ladera en el pH que se asemejan a lo encontrado por ZONISIG (1997, 2001), y otros datos obtenidos por Orias & Noellemeyer (2014) donde la variación no es significativa (5.9 a 6.2), mientras que en los bosques maduros varían entre 7.2 a 7.4 (Coronado & Noellemeyer 2014). Los resultados obtenidos en las comunidades de Azero Norte y Potreros se aproximan a estos valores e inclusive son más alcalinos.

El efecto local en los valores de pH, podría estar definido por la precipitación, el contenido de materia orgánica y otros elementos en los primeros 0.05 m del suelo (Antonini et al. 2012), sin embargo los efectos sobre la acidez de los suelos superficiales son muy limitados dada su escasa solubilidad (Pavan et al. 1984). Por otra parte, los suelos ligeramente ácidos a ácidos, se deben corregir según las recomendaciones

de Reeve & Sumner (1972), quien menciona que el yeso ($\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en los suelos ácidos está recomendado por sus beneficiosos efectos sobre la estructura y por su acción a favor de la neutralización de los efectos fitotóxicos del Al^{3+} en los horizontes superficiales (Sumner et al. 1986, Sumner & Carter 1988), aunque sus efectos solo son notorios en algunos suelos a largo plazo (Farina et al. 2000) y (Fisher 1969). Los valores de pH en muchos casos son indicadores de la calidad del suelo (Aguilar & López 1992), no obstante es uno de los parámetros considerado móviles y cambiantes (Astier et al. 2002).

Conclusiones

La ocurrencia de las actividades económicas de cada una de las comunidades está fuertemente relacionada con los cultivos principales como el maíz, maní, ají y otros propios de la zona. En cuanto a las variaciones de los valores de pH, se infiere que podrían estar estrechamente relacionados con las características topográficas, relieve y material parental, ya que de ello depende la fertilidad de un determinado suelo. Sin embargo, el seguimiento de los cambios de los valores del pH, implica mediciones multi-temporales en periodos cortos.

La mayoría de las comunidades en estudio practican una agricultura familiar, entonces es donde se debe apuntar con medidas de preservación y conservación de la fertilidad de los suelos, ya que de ello depende el acierto o fracaso de los cultivos, por lo tanto se pueden definir criterios y metodologías para iniciar las buenas prácticas agrícolas (BPA's) que el agricultor adoptaría. Por consiguiente, disminuiría progresivamente los problemas de degradación y desertificación de los suelos ubicados en ladera.

Agradecimientos

Nuestros agradecimientos al proyecto Agroecología: Alivio de la Pobreza en Bolivia (BEISA 3), al Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria (IASA), dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias, por el apoyo económico y logístico durante la ejecución de la consultoría.

Referencias

- Aguilar, A. & R. M. López. 1992. Efecto del encalado sobre el pH, saturación con aluminio y rendimiento de maíz en Andosoles de Naolinca, Veracruz. *Terra* 10: 75-83.
- Antonini, C., F. Arenas, P. Azcarate, A. Bono, R. Fernández, N. Kloster, N. Romano, A. Quiroga & M. Saks. 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas" La Pampa-Argentina. Publicación técnica N° 89.
- Astier, C. M., M. Mass-Moreno, & B.J. Etchevers, 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36: 605-620.
- Bastida, F., A. Zsolnay, T. Hernández, & C. García. 2008. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma* 147: 159-171.
- Buckles, D., B. Triomphe, & G. Sain, 2011. Los cultivos de cobertura en la agricultura en laderas. p. 132. <http://web.idrc.ca/openbooks/386-0/>
- Cerón, C. & P. Riascos. 2005. La calidad de suelos de ladera a partir del conocimiento de agricultores de Caldono en el suroeste de Colombia. *Universidad Nacional de Colombia. Agronomía Colombiana*, 23 (1): 143-153.
- CIPCA. 2008. Importancia del maíz nativo en la alimentación de los habitantes de las comunidades indígenas guaraní en el Chaco Boliviano. Documento de trabajo, 57: 12-13.
- Claure, I. & R. Maita, 2006. El cultivo de maíz en la macro región del chaco boliviano. Informe Compendio 2005-2006. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 59-63.
- Coronado, V. & E. Noellemeyer. 2014. Condiciones de los suelos en una crono-secuencia de bosques mónicos secundarios en la comunidad Zapallar, Chuquisaca – Bolivia. Manuscrito, Universidad Nacional de la Pampa, Facultad de Agronomía, Santa Rosa- La Pampa, Argentina.
- Ericksen, P. J. & M. Ardón, 2003. Similarities and differences between farmer and scientist views on soil quality issues in central Honduras. *Geoderma* 111: 233-248.
- Farina, M. P. & W.P. Channon. 1988. Acid-subsoil amelioration II. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:175-180.
- Fisher, T. R. 1969. Crop yield in relation to soil pH as modified by liming acid soils. *Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 947.
- Gartzia-Bengoetxea, N., A. González-Arias, E. Kandeler & Martínez de Arano, I. 2009. Potential indicators of soil quality in temperate

- forest ecosystems: a case study in the Basque Country. INRA, EDP Sciences, Ann. 1 – 12.
- González-Fernández, P., R. Ordóñez-Fernández, R. Espejo-Serrano & F. Peregrini-Alonso. 2003. Cambios en el pH del perfil de un suelo ácido cultivado y enmendado con diversos materiales para incrementar su fertilidad. Estudios de la Zona no saturada del suelo. Universidad Politécnica, Ciudad Universitaria Madrid. 6: 373-378.
- Heid, C. & D. Cuentas, 2006. Estudio Sobre Desarrollo Agropecuario sostenible en el chaco Boliviano: Problemas, Tendencias, Potenciales y Experiencias. Documento de trabajo, elaborado por: Fundación AGRECOL Andes (www.agrocolandes.org).
- Herbas, G. 2011. Experiencias en siembra directa en el cultivo del maíz en el Chaco Boliviano. 1ra Cumbre Regional del Maíz en el Chaco Boliviano, 132: 22- 24.
- Hernández, R. M., E. Ramírez, I. Castro & S. Cano. 2008. Cambios en indicadores de calidad de suelos de ladera reforestados con pinos (*Pinus caribaea*) y eucaliptos (*Eucalyptus robusta*). Agrociencia 42: 253-266.
- Michel, J. A. 2011. Aspectos físicos de Chuquisaca. En: Pueblos y Plantas de Chuquisaca. BEISA 2. Universidad Mayor Real y Pontificia e San Francisco Xavier de Chuquisaca 3-13.
- Navarro, G. 2011. Aspectos bioclimáticos de Chuquisaca En: Pueblos y Plantas de Chuquisaca. BEISA 2. Universidad Mayor Real y Pontificia e San Francisco Xavier de Chuquisaca 15-23.
- Ortiz, L. 2009. Análisis de la situación sociocultural de maíces nativos del Chaco Boliviano, 65: 23-26.
- Orias, J. & E. Noellemeyer 2014. Mapeo digital de la aptitud del suelo en San Pedro del Zapallar del PN-ANMI Serranía del Iñao, Chuquisaca – Bolivia. Tesis de Magister Scientiae. Universidad Nacional de la Pampa, Facultad de Agronomía, Santa Rosa- La Pampa, Argentina.
- Pavan, M. A., Bingham, F.T. & Pratt, P.F. 1984. Redistribution of Exchangeable Calcium, Magnesium and Aluminum Following Lime or Gypsum Applications to a Brazilian Oxisol. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 33-38.
- Pool, L., A. Trinidad, J.D. Etchevers, J. Pérez & A. Martínez. 2000. Mejoradores de la Fertilidad del Suelo en la Agricultura de Ladera de los Altos de Chiapas, México. Agrociencia 34: 251-259.
- PCDSMA. 2001. Estudio de justificación para la creación del área protegida “Serranía del Iñao”, Documento técnico, Programa de Cooperación Danesa al Sector del Medio Ambiente – PCDSMA, Prefectura del Departamento de Chuquisaca Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Sucre - Bolivia, 261.
- Raymond, P. 2010. Historia del ocaso de un cultivo de ladera: el algodón de la hoya del río Suárez. En Cuadernos Des. Rural. 7 (64): 79-87.
- Reeve, N.G. & M. E. Sumner. 1972. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching surface applied amendments. Agrochimica 4: 1- 6.
- SERNAP. 2011. Servicio Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia. Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao. Plan de manejo del PN y ANMI Serranía del Iñao. 2012 – 2021
- Stadler-Kaulich, N. 2009. Ensayo de agroforestería sucesional en la ladera sur de la cordillera del Tunari del municipio de Vinto, Cochabamba, Bolivia, 2001 – 2009. ECO-SAF Cochabamba, Bolivia. 9. <http://www.ucbca.edu.bo/Publicaciones/revistas/actanova/documentos/v4n1/v4.n1.Stadler.pdf>
- Sumner, M. E., H. Shahandeh, J. Bouton & J. Hammel. 1986. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1254-1258.
- Sumner, M. E. & E. E. Carter. 1988. Amelioration of subsoil acidity. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 19: 1309-1318.
- Tengberg, A., M. Stocking, S.C. Falci. 1997. The impact of erosion on soil productivity—An experimental design applied in Sao Paulo State, Brazil. Geografiska Annaler. 79: 95-107.
- Vergara-Sánchez, M. A., J. D. Etchevers-Barra & J. Padilla-Cuevas. 2005. La fertilidad de los suelos de ladera de la Sierra Norte de Oaxaca, México. Agrociencia 39: 259-266.
- ZONISIG. 1997. Zonificación agroecológica y socioeconómico de la subregión iv. Monteagudo. Sucre, Bolivia. La Paz.
- ZONISIG. 2001. Zonificación agroecológica y socioeconómico del Departamento de Chuquisaca. Prefectura del Dept. Chuquisaca, Sierpe Publicaciones, La Paz.

Análisis de indicadores económicos del control de plagas y enfermedades en variedades nativas de maní (*Arachis hypogaea*) en Monteagudo, Chuquisaca

Analysis of economic indicators of pest and diseases in native varieties of peanut (*Arachis hypogaea*) in Chuquisaca Monteagudo

**Marina Villalba León¹, Heriberto Reynoso², Ariel Céspedes², Julio Cesar Ramirez^{2*}
& Próspero Guzmán²**

¹Carrera de Licenciatura en Administración Agropecuaria. Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Facultad de Ciencias Agrarias. Monteagudo - Chuquisaca.

²Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre - Bolivia.

*j.cesar_0903@hotmail.com

Resumen

Este trabajo se realizó entre diciembre del 2012 hasta abril del 2013, con el objetivo de evaluar la siembra de 10 ecotipos y variedades de maní en la comunidad de San Pedro de Zapallar en Monteagudo, Chuquisaca. Los ecotipos de maní fueron *Colorado del Villar*, *Coloradito*, *Colorado de Iboperenda*, *Colorado Bartolo*, *Overo Baycua*, *Overo de Atirimbia*, *Overo Guarayo*, y las variedades *Overo Bola* y *Overo Guaraní 2010*, *Colorado Iboperenda* y *Bayo Gigante*. Se aplicaron cuatro métodos de control de insectos plaga: control orgánico (resultado de la mezcla de cebolla y ajo), control con bioinsecticidas (Tricodan, Probione, Probiomet y Biosulfocal), control químico (Ramcaf, Nurelle y Lorsban) y control testigo (sin control). Se evaluó el nivel de daño económico (NDE) y su relación con los costos de producción por hectárea. Estos resultados muestran que la aplicación de insecticidas químicos son más efectivos en el control de insectos plaga que más dañan a este cultivo, pero comparativamente la aplicación de bioinsecticidas en los ecotipos y variedades de maní también reportó menor daño económico, siendo que los valores de rendimiento se equiparan con los rendimientos del control con productos químicos.

Palabras clave: Bioinsecticidas, costos de producción, ecotipos, insectos, nivel de daño económico, Zapallar.

Abstract

This work was carried out between December 2012 through April 2013, with the objective of evaluating the sowing of 10 ecotypes and varieties of peanut in the community of San Pedro de Zapallar in Monteagudo, Chuquisaca. The ecotypes of peanut were: *Colorado del Villar*, *Coloradito*, *Colorado de Iboperenda*, *Colorado Bartolo*, *Overo Baycua*, *Overo de Atirimbia*, *Overo Guarayo*, and the varieties were: *Overo Bola*, *Overo Guaraní 2010*, *Colorado Iboperenda* and *Bayo Gigante*. Four control methods for insect pests were applied: organic control (mix of onion and garlic), bioinsecticide (Tricodan, Probione, Biosulfocal), chemical control (Ramcaf, Nurelle, and Lorsban), and a test control (no control). The grade of economic damage was evaluated (NDE) and its relation with the costs of production by hectare. These results show that the application of chemical insecticides are the most effective in the control of insect pests that cause the most damage to this crop, however application of bioinsecticides in ecotypes and varieties of peanut also showed less economic damage, with the yield values being equivalent to yields where there was application of chemical control.

Key words: Bioinsecticides, ecotypes, insects, level of economic damage, production cost, Zapallar.

Introducción

El maní (*Arachis hypogaea* L.) es una planta oleaginosa originaria de América del Sur (Krapovickas & Gregory 2006). Es considerado como un importante cultivo alimentario y comercial para los agricultores de escasos recursos. A nivel mundial el maní representa el 1% de la superficie cultivada (Leff et al. 2004) y su producción es de 36.45 millones de toneladas y con un rendimiento medio 1 520 kg/ha en 2009 (FAOSTAT 2013).

En Bolivia se estima que la superficie cultivada de maní representa apenas 1.15% del total de la superficie cultivada de productos industriales, y un 0.55% del total de la superficie cultivada en el país (FSP 2003). Los volúmenes de producción alcanzados a nivel nacional son relativamente bajos y poco competitivos con respecto a los registrados en otros países. El rendimiento promedio nacional registrado en los últimos cinco años es estable, alrededor de 1 138 Kg/ha (Hartwich et al. 2007).

Entre los principales departamentos productores de maní en Bolivia, esta Chuquisaca con un 38% del total de la producción nacional. En el departamento las regiones productoras más importantes son los municipios Villa Vaca Guzmán (Muyupampa), Padilla, Villa Serrano y Monteagudo, que concentran el 82% de la producción del departamento.

La producción de maní, considerado cultivo de importancia económica para las regiones del Chaco Chuquisaqueño, presentan factores negativos referidos al ataque de plagas y enfermedades, que impiden mejorar los rendimientos. Las principales plagas que afectan el cultivo del maní son insectos defoliadores, picadores y ácaros, algunas plagas son ampliamente distribuidas y tienen un impacto económico, mientras que otros están restringidos en su distribución (Ghewande & Nandagopal 1997).

Las técnicas convencionales para el control de plagas, generalmente son agroquímicos que si bien contribuyen a mejorar los rendimientos. Se presenta también como un problema económico en las labores culturales de manejo del cultivo de maní, ya que no existe una evaluación de la sostenibilidad económica para el productor en el tiempo. Por ello, es necesario

aplicar técnicas de prevención y plantear propuestas de producción agroecológica que optimicen el uso de los recursos económicos en el control de plagas y enfermedades del maní.

El trabajo de investigación realizado pretendió dar respuesta sobre la incidencia poblacional de plagas y enfermedades en el rendimiento, los métodos más adecuados para el control de plagas y enfermedades, tales como el orgánico sin control, el químico y el biológico sin control, finalmente si las plagas y enfermedades son los que limitan el rendimiento del cultivo de maní.

Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se desarrolló en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Serranía del Iñaño, es un área protegida de gran importancia para el departamento de Chuquisaca por su extensión y su biodiversidad. La zona del parque nacional tiene una superficie de 901.24 km² y el área natural de manejo integrado con 1 736.22 km².

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la comunidad San Pedro del Zapallar, a cinco km de la localidad de Monteagudo y a 315 km de la ciudad de Sucre. Esta se ubica geográficamente entre las coordenadas 19°47'30" latitud sur y 64°09'15" longitud oeste a una altitud entre 1 100 a 1 500 m.

Diseño experimental

Para la investigación se utilizó una parcela experimental de 840 m², donde el tamaño de la unidad experimental fue de 14 m², en un experimento factorial utilizando insecticidas orgánicos y químicos: 1.- control testigo (Sin control), 2.- control orgánico (12 ajos y 4 cebolla preparados en 4 botellas de 2 litros), 3.- bioinsecticidas (Probione + Tricodam + Biosulfocal preparados con 2 esponjas en 20litros de agua) y 4.- control químico (Lors ban 48E + Clorpirifos: sintético, Nurelle + Cipermetrina: contacto y sintético), solo con una repetición. Las variedades y ecotipos de maní en un Diseño de Bloques al Azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 40 unidades experimentales. Los nombres de las variedades y ecotipos de maní se detallan en la Figura 1.

REP. 1 TRAT. 1 SIN CONTROL									
1	5	2	3	7	9	10	6	8	4
Overo Atirimbia	Overo Guarani 2010	Overo Baycua	Bayo Gigante	Colorado del Villar	Coloradito	Overo Gurayo	Colorado de Bartolo	Colorado de Iboperenda	Overo Bola
REP. 2 TRAT. 2 CONTROL ORGÁNICO									
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Overo Gurayo	Coloradito	Colorado de Iboperenda	Colorado del Villar	Colorado de Bartolo	Overo Guarani 2010	Overo Bola	Bayo Gigante	Overo Baycua	Overo Atirimbia
REP. 3 TRAT. 3 CONTROL BIOLÓGICO									
9	2	5	10	3	1	6	4	7	8
Coloradito	Overo Baycua	Overo Guarani 2010	Overo Gurayo	Bayo Gigante	Overo Atirimbia	Colorado de Bartolo	Overo Bola	Colorado del Villar	Colorado de Iboperenda
REP. 4 TRAT. 4 CONTROL QUÍMICO									
3	7	9	10	4	2	5	1	8	6
Bayo Gigante	Colorado del Villar	Coloradito	Overo Gurayo	Overo Bola	Overo Baycua	Overo Guarani 2010	Overo Atirimbia	Colorado de Iboperenda	Colorado de Bartolo

Figura 1. Disposición de las unidades experimentales con los tratamientos en la parcela experimental.

Se utilizó el nivel de daño económico (NDE) que es un parámetro de decisión para efectuar un combate económicamente eficiente de la plaga (Moreno et al. 2002). El NDE se ha utilizado como un valor teórico que, si realmente llega a ser alcanzado por una población de plagas, resultará en daño económico, ya que es una medida para evaluar el estatus destructivo y el potencial de una población de plagas (Pedigo 2007). Se aplicó la siguiente fórmula de Norton (1976):

$$NDE = C / PDK \quad (1)$$

Dónde: C = costo del control (\$/ha), P = precio de la cosecha (\$/t), D = pérdida de la producción asociada a una unidad de plaga ([t/ha]/insecto), y K = reducción en el nivel de plaga por la acción del combate, o efectividad del método de combate (porcentaje convertido a proporción).

Las variables agronómicas que se evaluaron fueron: el rendimiento del grano, el análisis económico que incluye los rendimientos promedios ajustados de los tratamientos evaluados. Así mismo, se incorporó dentro de esta estructura el ingreso bruto y los costos totales de producción de cada uno de los tratamientos seleccionados para su análisis, para determinar la rentabilidad económica de los tratamientos.

Resultados

Evaluación de costos de producción, ingresos y beneficios para 10 ecotipos y variedades de mani

El tratamiento sin control, demostró un mejor beneficio neto en el ecotipo *Coloradito*, con 32 894 Bs/ha, seguido de *Colorado de Bartolo*, con 32 853 Bs/ha y el *Overo Bola* con 31 745 Bs/ha y el que tuvo menores beneficios fue el *Colorado del Villar* con 9 122 Bs/ha. En cambio el método de control orgánico, fue eficiente a partir del beneficio neto, como muestra los resultados de los siguientes: *Overo Bola* con 22 294.70 Bs/ha, seguido por el *Overo Guarani 2010* con 19 232.90 Bs/ha y el *Colorado del Villar* con 18 963.80 Bs/ha y con menores beneficios netos fue el *Overo Atirimbia* con 4 994 Bs/ha (Tabla 1).

En el tratamiento con bioinsecticidas, se obtuvo el mejor beneficio neto en el *Overo Atirimbia*, con 39 465.20 Bs/ha, seguido por *Overo Bola*, con 37 330.90 Bs/ha, luego el *Colorado de Bartolo*, con 33 123.80 Bs/ha, y el que tuvo menores beneficios fue el *Colorado del Villar* con 4 720.10 Bs/ha; y el tratamiento con control químico, el mejor beneficio neto, fue el *Overo Atirimbia*, con 39 128.70 Bs/ha, seguido por el *Colorado de Bartolo*, con

34 838.70 Bs/ha, luego el *Overo Bola* con 33 082.70 Bs/ha, y el que tuvo menores beneficios fue el *Colorado del Villar* con 12 546.30 Bs/ha (Tabla 1).

Una vez determinado los costos de producción en cada uno de los ecotipos y variedades de maní en estudio que obtuvieron mayor producción y los

mejores beneficios netos en Bs/ha, se observa en la Tabla 1 el mejor beneficio neto se logró con el ecotipo *Overo Atirimbia* con el uso de bioinsecticidas con un valor de 39 465.20 Bs/ha, y el menor beneficio se presenta en el *Colorado del Villar* con bioinsecticidas, con un valor de 4 720.10 Bs/ha.

Tabla 1. Resumen de los costos más elevados y los mejores beneficios netos de los ecotipos y variedades de maní.

	Beneficios Netos (Bs/ha)			
	Sin Control	Control Orgánico	Bioinsecticidas	Control Químico
T-1 = Overo Atirimbia	15 652.00	4 994.00	<u>39 465.20</u>	<u>39 128.70</u>
T-2 = Overo Baycua	19 328.00	14 477.80	9 422.50	28 110.20
T-3 = Bayo Gigante	16 670.00	16 169.90	9 357.80	13 281.60
T-4 = Overo Bola	<u>31 745.00</u>	<u>22 944.70</u>	<u>37 330.90</u>	<u>33 082.70</u>
T-5 = Overo Guarani 2010	15 425.00	<u>19 232.90</u>	21 618.80	23 446.80
T-6 = Colorado de Bartolo	<u>32 853.00</u>	11 522.60	<u>33 123.80</u>	<u>34 838.70</u>
T-7 = Colorado del Villar	<u>9 122.00</u>	<u>18 963.80</u>	<u>4 720.10</u>	<u>12 546.30</u>
T-8 = Colorado Iboperenda	14 210.00	17 103.50	21 466.70	12 889.50
T-9 = Coloradito	<u>32 894.00</u>	15 361.20	19 685.40	26 107.60
T-10 = Overo Guarayo	30 157.00	9 927.50	20 062.70	20 330.70

Nivel de daño económico

Los resultados muestran que el rendimiento es diferente en cada uno de los tratamientos. En el tratamiento sin control, se obtuvo que los mayores rendimientos lo obtuvieron los ecotipos *Colorado de Bartolo* (109.69 qq/ha), *Coloradito* (109.58 qq/ha), y el *Overo Baycua* (107.20 qq/ha). Aplicando el control orgánico de las variedades *Overo Bola* se cosecho (82.76 qq/ha), siendo este el mayor rendimiento, posteriormente los maníes *Overo Guarani* 2010 (71.51 qq/ha), y el *Colorado del Villar* (70.75 qq/ha) fueron los segundos mejores rendimientos.

El rendimiento en el tratamiento con bioinsecticidas fue diferente, obteniéndose el mayor rendimiento en el *Overo de Atirimbia* (132.09 qq/ha), seguido del *Overo Bola* (126.68 qq/ha) y el *Colorado de Bartolo* (114.02 qq/ha), los demás están debajo de estos valores. Con el Control Químico, el mayor rendimiento fue en el *Overo de Atirimbia* (130.03 qq/ha), seguido del *Colorado de Bartolo* (117.81 qq/ha) y el *Overo Bola* (113.48 qq/ha), y el resto se encuentran por debajo de estos valores (Fig. 2).

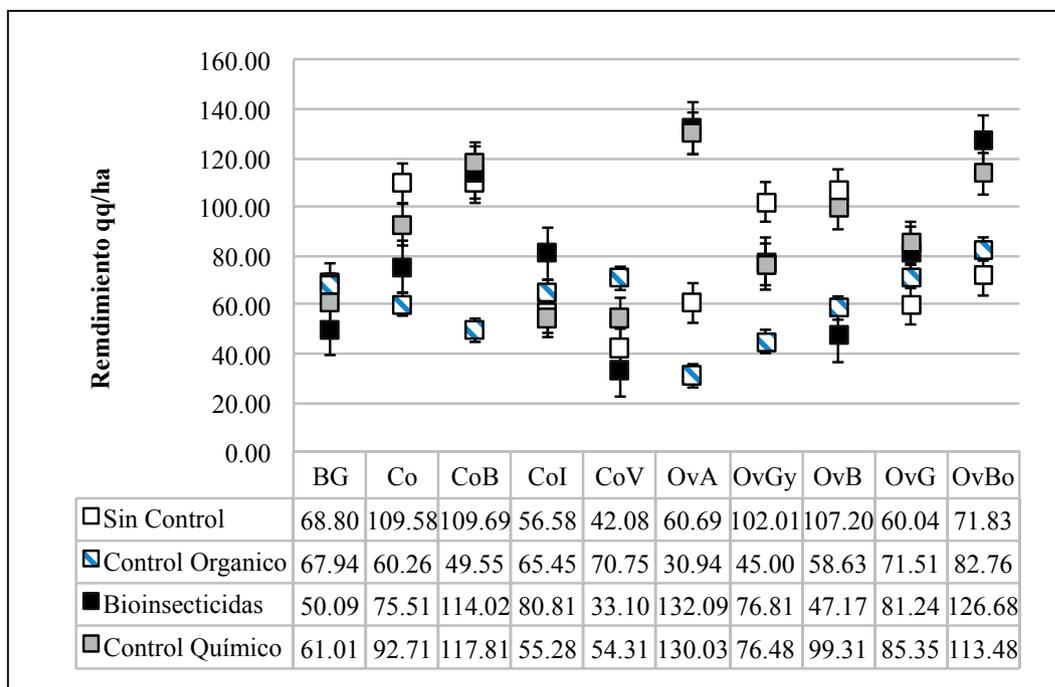


Figura 2. Rendimiento en quintales por hectárea a partir de los cuatro tratamientos. BG: *Bayo Gigante*, Co: *Coloradito*, CoB: *Colorado Bartolo*, CoI: *Colorado de Iboperenda*, CoV: *Colorado del Villar*, OvA: *Overo Atirimbia*, OvGy: *Overo Guarayo*, OvB: *Overo Baycua*, OvG: *Overo Guarani 2010* y OvBo: *Overo Bola*.

Con base en el análisis del nivel de daño económico (Fig. 3), en el tratamiento sin control, se obtuvieron valores altos en el *Overo Guarayo* con 1 084.7 insectos/ha, seguido del *Overo Baycua* con 1 069.5 insectos/ha, y el *Colorado de Bartolo* con 868.3 insectos/ha, el resto están por debajo de estos valores. En el tratamiento con control orgánico el mayor daño económico fue dado en el *Overo Guarani 2010* con 598.7 insectos/ha, seguido del *Bayo Gigante* con 367.5 insectos/ha y *Overo Guarayo* con 215.3 insectos/ha, y el menor daño económico fue en el *Overo de Atirimbia* con 26.75 insectos/ha. En cambio el nivel de daño económico para el tratamiento con bioinsecticidas, muestra que el mayor daño económico fue en el *Overo de Atirimbia* con 301.00 insectos/ha, seguido por el *Colorado de Bartolo* con 205.7 insectos/ha, el *Overo Bola* con 145.5 insectos/ha y el *Coloradito* con 141.8 insectos/ha, siguiendo con el descenso del nivel del daño del resto. El nivel de daño económico para el tratamiento con químicos, muestra que el mayor valor fue en el

Overo Atirimbia con 33.1 insectos/ha, seguido por el *Colorado de Bartolo* con 22.2 insectos/ha, el *Overo Guarayo* con 19.2 insectos/ha, y el menor daño lo tuvo el *Colorado del Villar* con 4.4 insectos/ha.

Relación entre NDE y Costo de Producción

Los costos de producción en la mayoría de los ecotipos y variedades de maní que fue mayor usando bioinsecticidas los cuales alcanzan valores de 7 133 Bs/hectárea. Luego está el control químico, el cual oscila entre 6 748 a 6 434 Bs/hectárea (Fig. 4). Con estos tratamientos el NDE posee valores bajos (4.4 a 19.2 insectos/hectáreas). En cambio en los ecotipos *Overo Baycua*, *Colorado Bartolo* y *Overo Guarayo*, alcanzaron los valores más altos, por la incidencia de menor número de insectos (> 140 insectos/ha). Sin embargo, en todo caso el control químico fue el que presenta bajos costos de producción y también niveles bajos de NDE.

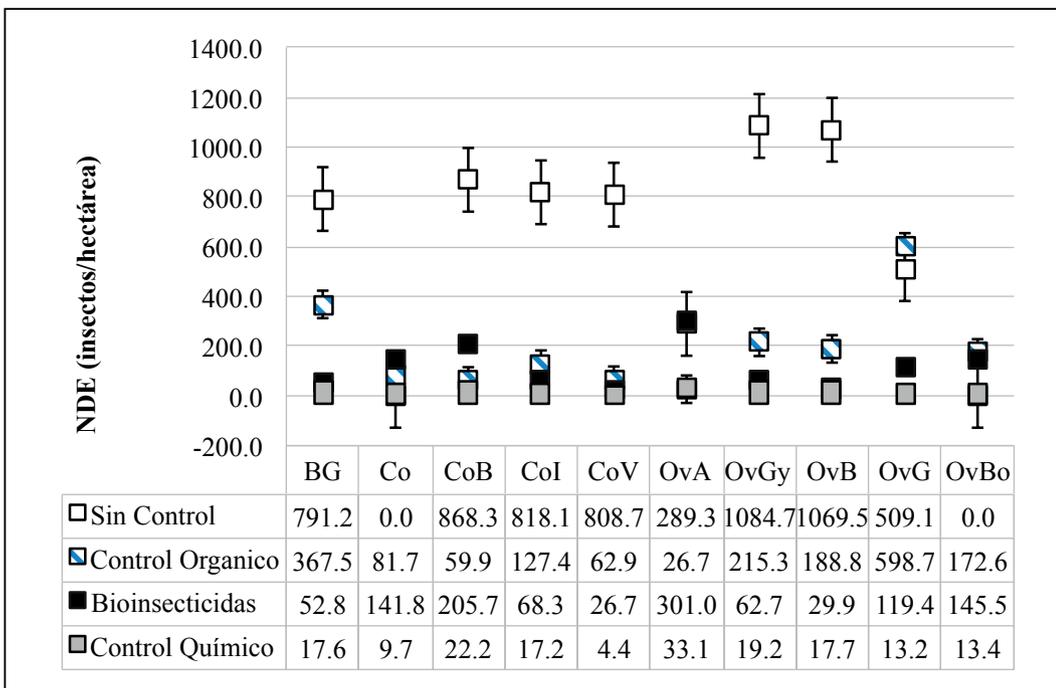


Figura 3. Variación del nivel de daño económico (insectos/hectárea) a partir de los cuatro tratamientos. BG: *Bayo Gigante*, Co: *Coloradito*, CoB: *Colorado Bartolo*, CoI: *Colorado de Iboperenda*, CoV: *Colorado del Villar*, OvA: *Overo Atirimbia*, OvGy: *Overo Guarayo*, OvB: *Overo Baycua*, OvG: *Overo Guarani 2010* y OvBo: *Overo Bola*.

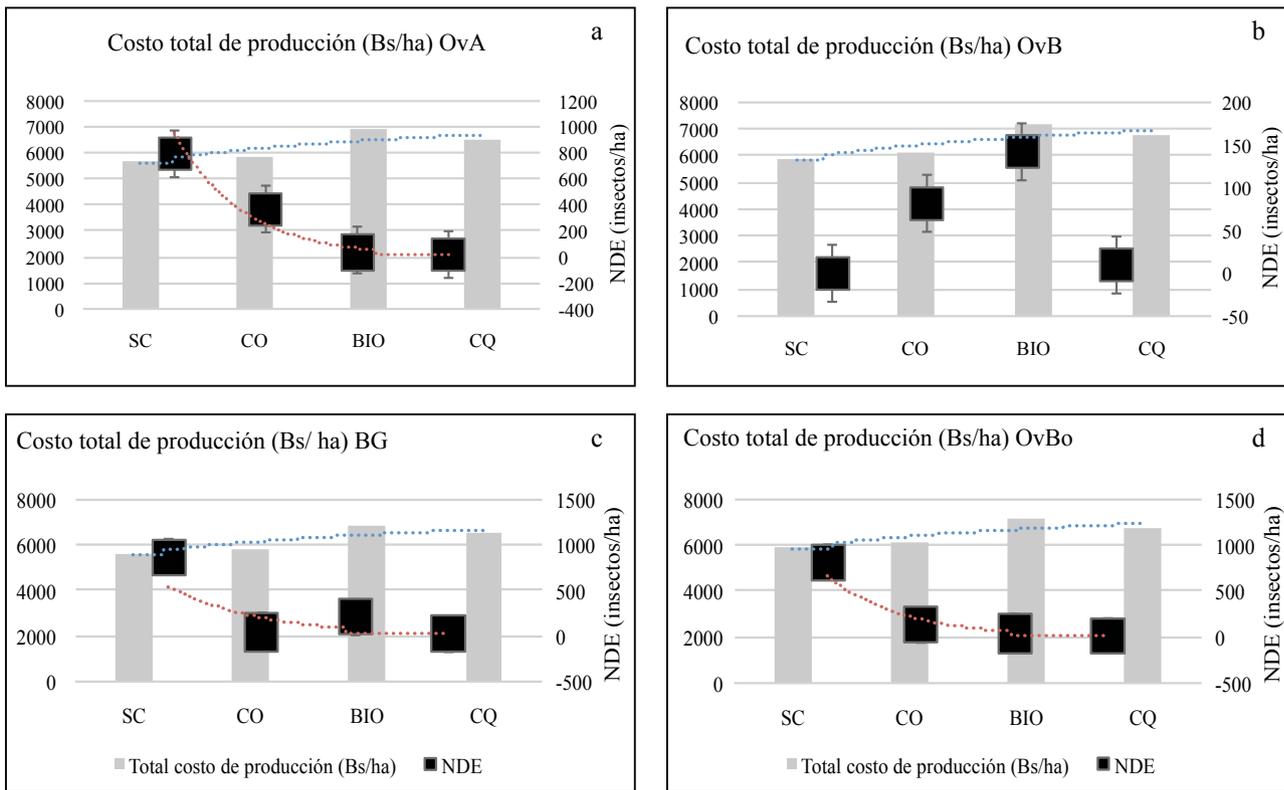


Figura 4. Relación entre el costo total de producción y el NDE, para cada ecotipo y variedad: a) *Overo Atirimbia*, b) *Overo Baycua*, c) *Bayo Gigante*, d) *Overo Bola*, e) *Overo Guarani*, f) *Colorado Bartolo*, g) *Colorado del Villar*, h) *Colorado de Iboperenda*, i) *Coloradito*, j) *Overo Guarayo*.

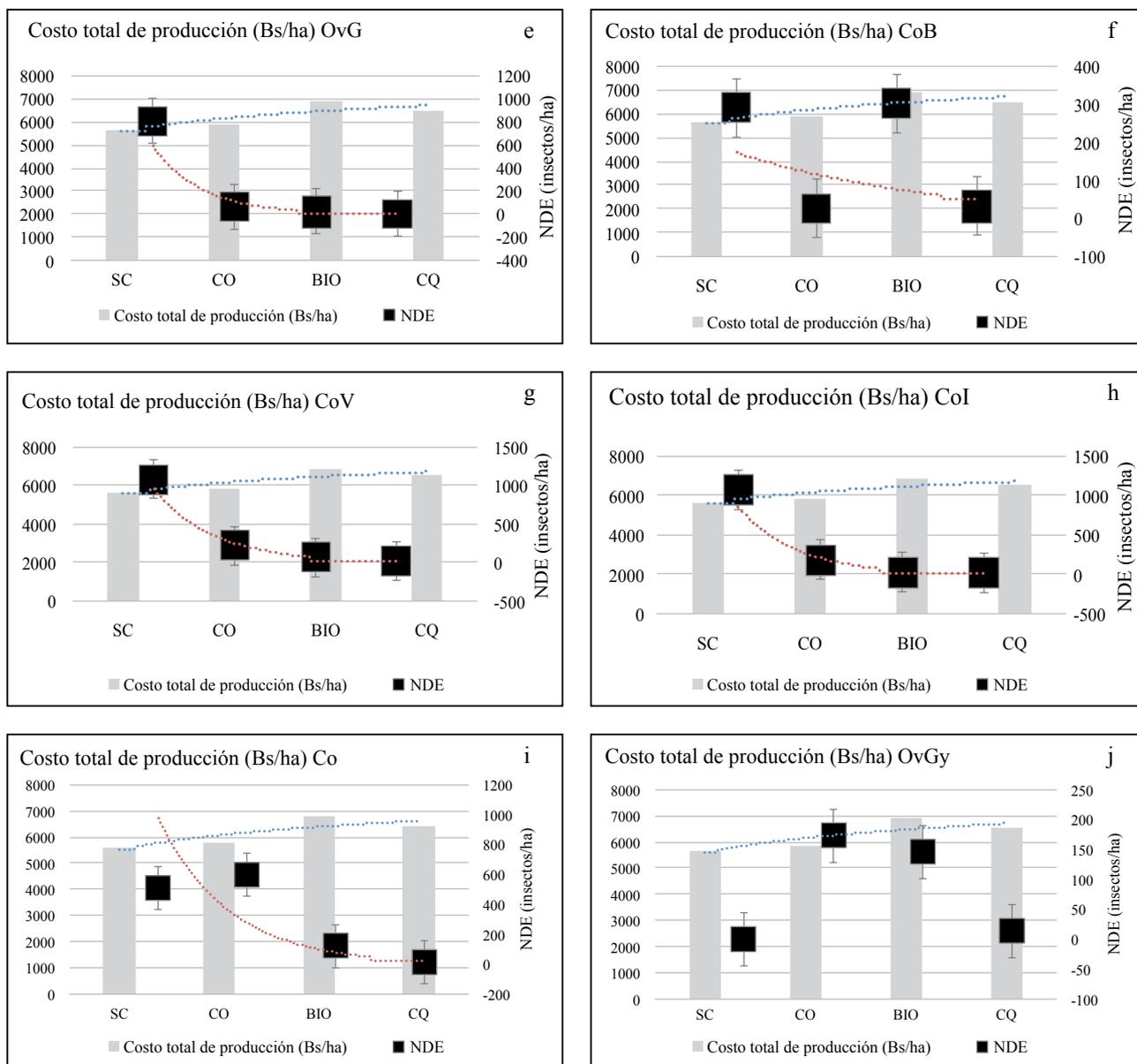


Figura 4. Relación entre el costo total de producción y el NDE, para cada ecotipo y variedad: a) *Overo Atirimbia*, b) *Overo Baycua*, c) *Bayo Gigante*, d) *Overo Bola*, e) *Overo Guarani*, f) *Colorado Bartolo*, g) *Colorado del Villar*, h) *Colorado de Iboperenda*, i) *Coloradito*, j) *Overo Guarayo*.

Discusión

El nivel de daño económico en evaluaciones de la viruela del maní, según los trabajos de March et al. (2011), muestran la eficiencia de un fungicida y su potencial de rendimiento, donde la severidad final de la viruela fue de 98% sin control, y los resultados obtenidos con el control, fue de 1.5% con el uso eficiente y oportuno de químicos. En tal sentido este mismo patrón se observó aplicando bioinsecticidas y control químico, donde el beneficio neto y rendimiento fueron altos para algunos ecotipos. No obstante, el

tratamiento sin control alcanzó valores superiores en beneficio neto y rendimiento, esto se debe a que por la cercanía entre las unidades experimentales en campo hubo una posible interacción con los tratamientos cercanos, que influenciaron en el control de plagas.

Según los costos de producción del observatorio agroambiental (2013), los reportes de referencia muestran valores de 10 290.42 Bs/ha. Utilizando los diferentes tratamientos de bioinsecticidas y control químico en este experimento, se pudo determinar valores más bajos, los cuales varían entre

7 130 a 6 400 Bs/ha. Los periodos de utilización de las técnicas de control y otros gastos, fueron eficientes para minimizar los costos de producción.

Conclusiones

El uso de productos orgánicos para el control de plagas y enfermedades no fue eficiente como técnica, pero la aplicación de bioinsecticidas llega a ser una importante herramienta que incrementa el beneficio neto y rendimiento muy similar a la alternativa uso de control químico.

Bajo las condiciones estudiadas, se recomienda utilizar bioinsecticidas combinadas con el control químico, debido a que económicamente presenta el mayor rendimiento y la mejor recuperación de tasa marginal de retorno al capital; como una recomendación preliminar de uso preventivo de ataque de enfermedades y plagas en la zona.

Agradecimientos

Se agradece al equipo técnico del proyecto BEISA 3, por el apoyo brindado en el trabajo de investigación, y por la colaboración permanentemente directa e indirectamente en el proceso de investigación. Agradecer también a las autoridades, docentes de la Unidad Académica de Monteagudo de la Facultad de Ciencias Agrarias que apoyaron incondicionalmente en la investigación.

Referencias

Allender, J. 1986. Educational research: A personal and social Process. Review of educational, v. 56, 2. 173-193.

Cohen, L. & L. Manion, 2002. Métodos de investigación educativa. Madrid: La Muralla.

FAOSTAT. 2013. FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.

FDTA – Valles. 2010. Manual Cultivo de Maní-Bolivia. Cochabamba-Bolivia. pp: 39 - 46.

Fundación Simón I. Patiño (FSP). 2003. Leguminosas de Bolivia. Bolivia Ecológica No. 30. Fundación Simón I. Patiño. Cochabamba, Bolivia.

Ghewande, M. P. & V. Nandagopal. 1997. Integrated pest management in groundnut

(*Arachishypogaea* L.) in India. Integrated Pest Management Reviews, 2(1):1-15.

Gurni, A. 2008. Cátedra FÁrmacobotánica, Agro Sciences. Control residual de malezas desde la Siembra hasta la cosecha, Santa Cruz. Bolivia.

Hartiweh, F., T. Arispe & M. Monge. 2007. Innovación en el cultivo del maní en Bolivia: Efectos de la interacción social y de las capacidades de absorción de los pequeños productores. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias. Washington DC. USA.

Huici, R. O. 2008 a. Plagas Agrícolas, Fundamentos Técnicos Para el Uso y Manejo Correcto de Plaguicidas, 3ra. Ed. La Paz – Bolivia. 10-12.

Huici, R. O. 2008 b. Manejo Integrado de Plagas, Una alternativa Sostenible, 3ra. Ed. La Paz – Bolivia. 5- 6

Krapovickas, A. & W. C. Gregory. 2006. Taxonomy of the Genus *Arachis* (Leguminosae). Translated by D.E. Williams & C. E. Simpson. Bonplandia, 15: 7-206

Leff, B., N. Ramankutty & J. A. Foley. 2004. Geographic distribution of major crops across the world. Global Biogeochemical Cycles, 18: 1-27.

March, G.J., C. M. Oddino, J. Garcia, A. D. Marinelli & A. M. Rago. 2011. Umbral de daño económico de la viruela del maní según eficiencia fungicida y potencial de rendimiento. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 17:1-3.

Moreno, B., J. F. Barrera, E. Pinson & J. Valle. 2002. Nivel de daño económico del Chacuatete. En: J. F. Barrera (eds) Tres Plagas del Café en Chiapas. ECOSUR, Mexico. Pp: 59-68.

Norton, G. A. 1976. Analysis of decision making in crop protection. Agroecosystems 3, 27-44.

Observatorio Agroambiental y Productivo. 2013. Costos de producción del cultivo de maní por hectárea. Viceministerio de Desarrollo Rural y Tierras. La Paz. Bolivia.

Pedigo, L. P. 2007. Economic Thresholds and Economic Injury Levels. Disponible en: <http://ipmworld.umn.edu/ipmchap.htm>. Visitado: 15/05/2015.

Anexos

Anexo 1. Costos de producción por hectárea de ecotipos y variedades de maní (*A. hypogaea*) para los tratamientos sin control y control orgánico. BG: *Bayo Gigante*, Co: *Coloradito*, CoB: *Colorado Bartolo*, CoI: *Colorado de Iboverenda*, CoV: *Colorado del Villar*, OvA: *Overo Atirimbia*, OvGy: *Overo Guarayo*, OvB: *Overo Baycua*, OvG: *Overo Guarani 2010* y OvBo: *Overo Bola*.

Tratamiento	OvA	OvB	BG	OvBo	OvG	CoB	CoV	CoI	Co	OvGy
Sin control										
Rendimiento medio (qq/ha)	60.69	71.83	68.80	107.20	60.04	109.69	42.08	56.58	109.58	102.01
Rendimiento ajustado (qq/ha)	54.62	64.65	61.92	96.48	54.03	98.72	37.87	50.92	98.63	91.81
Precio de venta de maní	390.00	390.00	360.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00
Beneficio bruto de campo (Bs/ha)	21 301.80	25 213.50	22 291.20	37 627.20	21 071.70	38 500.80	14 769.30	19 858.80	38 465.70	35 805.90
costo de preparación de terreno (Bs/ha)	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00
Costo para el surcado y la siembra (Bs/ha)	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
Costos de semilla (Bs/ha)	1 200.00	1 435.00	1 173.00	1 435.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 121.00	1 200.00
Costo de mano de obra	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00	3 749.00
Costo total de producción (Bs/ha)	5 649.00	5 884.00	5 622.00	5 884.00	5 649.00	5 649.00	5 649.00	5 649.00	5 570.00	5 649.00
Beneficios netos (Bs/ha)	15 652.00	19 328.00	16 670.00	31 745.00	15 425.00	32 853.00	9 122.00	14 210.00	32 894.00	30 157.00
Control Orgánico										
Rendimiento medio (qq/ha)	30.94	58.63	67.94	82.76	71.51	49.55	70.75	65.45	60.26	45.00
Rendimiento ajustado (qq/ha)	27.85	52.77	61.14	74.48	64.36	44.59	63.67	58.90	54.23	40.50
Precio de venta de maní	390.00	390.00	360.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00
Beneficio bruto de campo (Bs/ha)	10 861.50	20 580.30	22 010.40	29 047.20	25 100.40	17 390.10	24 831.30	22 971.00	21 149.70	15 795.00
costo de preparación de terreno (Bs/ha)	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00
costo para el surcado y la siembra (Bs/ha)	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
Costos de semilla (Bs/ha)	1 200.00	1 435.00	1 173.00	1 435.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 121.00	1 200.00
costo de mano de obra	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00	3 849.00
costo de insecticida ajos + cebolla (Bs/ha)	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50	118.50
Costo total de producción (Bs/ha)	5 867.50	6 102.50	5 840.50	6 102.50	5 867.50	5 867.50	5 867.50	5 867.50	5 788.50	5 867.50
Beneficios netos (Bs/ha)	4 994.00	14 477.80	16 169.90	22 944.70	19 232.90	11 522.60	18 963.80	17 103.50	15 361.20	9 927.50

Anexo 2. Costo de producción por hectárea de ecotipos y variedades de maní (*A. hypogaea*) para los tratamientos con bioinsecticidas y control químico. Cuadro 1. BG: *Bayo Gigante*, Co: *Coloradito*, CoB: *Colorado Bartolo*, CoI: *Colorado de Iboverenda*, CoV: *Colorado del Villar*, OvA: *Overo Atirimbia*, OvGy: *Overo Guarayo*, OvB: *Overo Baycua*, OvG: *Overo Guarani 2010* y OvBo: *Overo Bola*.

Tratamientos	OvA	OvB	BG	OvBo	OvG	CoB	CoV	CoI	Co	OvGy
Bioinsecticidas										
Rendimiento medio (qq/ha)	132.09	47.17	50.09	126.68	81.24	114.02	33.10	80.81	75.51	76.81
Rendimiento ajustado (qq/ha)	118.88	42.45	45.08	114.01	73.12	102.62	29.79	72.73	67.96	69.13
Precio de venta de maní	390.00	390.00	360.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00
Beneficio bruto de campo (Bs/ha)	46 363.20	16 555.50	16 228.80	44 463.90	28 516.80	40 021.80	11 618.10	28 364.70	26 504.40	26 960.70
Costo de preparación de terreno (Bs/ha)	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00
Costo para surcado y siembra (Bs/ha)	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
Costo de mano de obra	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00	4 149.00
Costos de semilla (Bs/ha)	1 200.00	1 435.00	1 173.00	1 435.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 121.00	1 200.00
Costo de insecticida Tricodamp (Bs/ha)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Costo de insecticida Probione (Bs/ha)	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Costo de insecticida Probiomet(Bs/ha)	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00	119.00
Costo de insecticida Biosulfocal	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
Costo total de producción (Bs/ha)	6 898.00	7 133.00	6 871.00	7 133.00	6 898.00	6 898.00	6 898.00	6 898.00	6 819.00	6 898.00
Beneficios netos (Bs/ha)	39 465.20	9 422.50	9 357.80	37 330.90	21 618.80	33 123.80	4 720.10	21 466.70	19 685.40	20 062.70
Control Químico										
Rendimiento medio (qq/ha)	130.03	99.31	61.01	113.48	85.35	117.81	54.31	55.28	92.71	76.48
Rendimiento ajustado (qq/ha)	117.03	89.38	54.91	102.13	76.82	106.03	48.87	49.75	83.44	68.83
Precio de venta de maní	390.00	390.00	360.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00	390.00
Beneficio bruto de campo (Bs/ha)	45 641.70	34 858.20	19 767.60	39 830.70	29 959.80	41 351.70	19 059.30	19 402.50	32 541.60	26 843.70
Costo de preparación de terreno (Bs/ha)	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00	560.00
Costo para el surcado y la siembra (Bs/ha)	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
Costos de semilla (Bs/ha)	1 200.00	1 435.00	1 173.00	1 435.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 121.00	1 200.00
Costo de mano de obra	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00	4 049.00
Costo de insecticida Ram-cat 88 Wp (Bs/ha)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Costo de insecticida Nurrelle 25E (Bs/ha)	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Costo de insecticida Lorban Plus (Bs/ha)	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00
Costo total de producción (Bs/ha)	6 513.00	6 748.00	6 486.00	6 748.00	6 513.00	6 513.00	6 513.00	6 513.00	6 434.00	6 513.00
Beneficios netos (Bs/ha)	39 128.70	28 110.20	13 281.60	33 082.70	23 446.80	34 838.70	12 546.30	12 889.50	26 107.60	20 330.70

Caracterización agroecológica de suelos con fines de manejo, en la cordillera de los Andes Tropicales

Agroecological characterization of soil with management objectives, in the Tropical Andes

Vedulia Coronado^{1*}, Jorge Orias¹ & Elke Noellemeier²

¹ Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria (IASA), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Calle Calvo N° 132, Casilla Postal 1046, Sucre – Bolivia.

² Profesora de la Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa, Argentina.

* vedulia.coronado@gmail.com

Resumen

En los bosques del sur y centro de Bolivia en la Cordillera de los Andes Tropicales, los suelos son de diferente características: en pie de monte tienen mejor aptitud para el uso agrícola que en el sub-andino y andino; en general son considerados ecosistemas frágiles, susceptibles a la erosión hídrica, con una tasa de erosión de 50 t/ha/año hasta 200 t/ha/año, principalmente por las altas pendientes, precipitaciones y por la agricultura migratoria, ya que estos bosques, en la actualidad han sido reducidos, por el uso humano, a remanentes degradados o refugiados en situaciones topográficas poco accesibles, comúnmente en los bosques en el sub-andino, los suelos son mucho más frágiles y rápidamente degradables, cuando se encuentran desprovistos de cobertura vegetal; siendo que, una vez agotada su fertilidad, las tierras son abandonadas y repobladas naturalmente por bosques secundarios, o áreas de pastizales con manejo no sostenible.

Palabras Claves: Agricultura migratoria, suelos frágiles, erosión

Abstract

In the forests in the south and central region of Bolivia in the Tropical Andes, the soils have distinct characteristics: in the foothills there is a greater aptitude for agricultural use than in the sub-Andean and Andean regions; in general these are considered as fragile ecosystems, susceptible to hydric erosion, with a degree of erosion of 50 t/ha/year and up to 200 t/ha/year. This occurs principally on steep slopes, areas with high precipitation and in areas with transitory agriculture. These forests actually have been degraded by human use to degraded remains or refuges in difficult to access topographic locations. Commonly in sub-Andean forests the soils are much more fragile and rapidly degradable, when there is an absence of vegetation cover. Once depleted of fertility, lands are abandoned and repopulated naturally by secondary forest or pasture with unsustainable management.

Key words: Erosion, Fragile soils, migratory agriculture.

Introducción

La mayoría de procesos que ocurren en los agroecosistemas, tienen al suelo como el centro regulador crítico; su lenta formación y renovación, además de reconocer los múltiples servicios que presta al ser humano, se considera un componente censor de la biosfera (Salazar 2008). Siendo de esa manera que la agricultura ocupó y alteró progresivamente los espacios terrestres, hasta cubrir una gran proporción de la superficie del planeta (Anderson & Swift 1983, Buol 1994 y Foley et al. 2005). Por lo tanto los estudios del suelo han estado ligados tradicionalmente a las necesidades de la agronomía.

A medida que los suelos son aptos para la agricultura, los ecosistemas naturales son habilitados para terrenos de producción, impulsando así la expansión de la agricultura y la intensificación productiva por unidad de superficie en Bolivia y el resto del mundo (Buol 1994), de esta manera las necesidades humanas fueron satisfechas con el aumento de la producción por unidad de superficie, mediante innovaciones tecnológicas continuas, conducentes a la intensificación productiva, las consecuencias es que cada vez, la productividad es baja, a resultado de las amenazas como: erosión, disminución de la materia orgánica, contaminación del ambiente con nutrientes y plaguicidas, salinización, compactación, inundaciones y deslizamiento de tierras.

La erosión de los suelos es considerada un serio problema ambiental a escala mundial, aunque resulta difícil estimar con precisión su extensión, magnitud e intensidad, como también sus consecuencias económicas y ambientales. Algunas estimaciones realizadas durante la década de 1970 (Dudal 1981) indicaban que en esos años ocurría en el mundo una pérdida irreversible de unas 6 millones de hectáreas de suelo fértil por año. De ellas, casi un 20 % del área erosionada se registraba en Sudamérica. (Lal 1994). Sin embargo Heid & Cuentas (2006) afirman que la erosión del suelo es del 45.6% de la superficie de la región del Chaco Boliviano, por efectos de la erosión hídrica y eólica, con una tasa de erosión de 50 t/ha/año hasta 200 t/ha/año. Algunos expertos mencionan que los procesos erosivos son resultados directos de un mal manejo de los suelos, la labranza agresiva, sobrepastoreo, uso inadecuado del fuego, el mal manejo de

las pendientes y coberturas vegetales del terreno, que son causa habitual de erosión y más aun en zonas con pendiente; no obstante cabe mencionar la importancia de estos efectos en las propiedades físico químicas del suelo. (Heid & Cuentas 2006)

Cuesta et al. (2009), Heid & Cuentas (2006) y Meli & Carrasco (2011), revelan que en los Andes Tropicales de Bolivia y ecosistemas similares, los problemas de manejo de suelos, van de la mano, con los suelos no aptos para la agricultura, por la geografía accidentada, altos porcentajes de pendientes con riesgos de erosión, intensas lluvias de 800 a 1200 mm, factores que facilitan, que la agricultura sea de alto riesgo, por lo tanto la presente nota hará referencia sobre la caracterización agro-ecológica de suelos con fines de manejo, además de recomendar alguna de las posibles prácticas conservacionistas.

Los objetivos específicos de esta revisión es: realizar un resumen sobre la caracterización agroecológica de suelos con fines de manejo, en la cordillera de los Andes Tropicales; identificar aspectos importantes sobre el tema en discusión, y describir aproximaciones teóricas y metodologías para la caracterización agroecológica de los suelos con fines de manejo.

Materiales y métodos

Para la búsqueda de los documentos bibliográficos se utilizaron varias fuentes documentales. Se realizó una indagación bibliográfica en mayo de 2014 en revistas y plataformas internacionales como: (Scielo, INTA-Gillermo Covas scientificamerican, Science, Bio-ciencias, Natura & Elsevier) utilizando los descriptores: escritura científica, revisión, , mapas conceptuales y lectura crítica. Los registros obtenidos fueron 48 después de la combinación de las diferentes palabras clave. También se realizó una búsqueda en internet en el buscador “google académico” con los mismos términos. Además se realizó el desarrollo del artículo, con base en los recursos y a las experiencias adquiridas durante el ciclo académico de la maestría en Producción Agropecuaria en Regiones Semiáridas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de la Pampa (Santa Rosa, La Pampa-Argentina).

Resultados y discusión

Condiciones de los suelos en la cordillera de los andes tropicales

Los componentes del sistema suelo son divididos de la siguiente forma: materia inorgánica (45%), agua (20-30%), aire (20-30%) y MO (5%) (Brady & Weil 1996). Según Doran et al., (1994) hay un intercambio continuo de moléculas e iones entre las tres fases, mediados por procesos físicos, químicos y biológicos. El balance dinámico de estos procesos es fundamental para mantener la salud y calidad del suelo. En ese sentido los parámetros o variables indicadoras de calidad de suelos son tres: (1) físico, (2) químico y (3) biológico, no obstante se mencionaran los parámetros comúnmente estudiadas, en el componente físico son evaluadas: punto de marchites permanente, capacidad de campo, densidad aparente (DA), textura y resistencia a la penetración (RP); en el componente químico son evaluadas: pH, conductividad eléctrica (CE), MO, N, P, Capacidad de intercambio cationico (Ca, Mg, K y Na), Cationes (Na), Cu, Zn, Mn y Fe y en el componente biológico son evaluadas: ausencia, presencia, diversidad y riqueza de nematodos, actinomicetos, lombrices de tierra, colémbolos, mico parásitos y el rol de los micro-organismos (André 2006).

En cuanto a los parámetros mencionados, las condiciones de los suelos de los andes tropicales de Bolivia, específicamente en el área protegida de la Serranía del Ñaño, Chuquisaca-Bolivia según Heid & Cuentas (2006), Cuesta (2009), PDM (Monteagudo, Padilla, Villa Serrano y Villa Vaca Guzmán (2010), ZONISIG (Chuquisaca) y Callejas (2001), mencionan que la Materia Orgánica varía entre: 2.03 a 2.72 en áreas de cultivo sin manejo, 3.35 a 3.81 en áreas de cultivo con manejo y en bosques maduros aproximadamente entre 3.92 a 4.13; el porcentaje de Nitrógeno varía entre: 0.113 a 0.143 en áreas de cultivo sin manejo, 0.86 a 0.211 en áreas de cultivo con manejo y en bosques maduros entre 0.117 a 0.212; en cuanto a P muestra grandes variaciones entre 5.0 a 33.2 ppm, siendo valor medio de 17.5 para bosques maduros; sin embargo entre los datos de pH no muestran variaciones significativas (5.9 a 6.2) y los bosques maduros oscilan entre 7.2 a 7.4, cabe mencionar los datos mencionados fueron tomadas en piedemonte. De acuerdo a los datos presentados se podría concluir que la calidad y salud de los suelos en piedemonte de los Andes Tropicales están en buenas condiciones en cuanto a la topografía

presentada, de igual forma debido a los constantes lavados de nutrientes de las partes altas hacia las partes bajas, mas aun si los bosques montanos están pobladas por especies arbóreas que ayudan la fijación de nutrientes, entre ellas: las Leguminosas, por otra parte otras investigaciones demostraron que la deficiencia de nutrientes es alto en las partes elevadas, por el mismo efecto antes mencionado (Coronado & Noellemeyer 2012).

En cuanto a la humedad y precipitación, Anderson y Swift (1983) demostraron que hay grandes traslapamientos entre las tasas de descomposición de la materia orgánica, entre bosques húmedos y sub-húmedos. Analizado de ésta manera, el coeficiente de descomposición, que indica la relación: caída de hojarasca/acumulación, varía de 0.5 en los bosques templados (sub-húmedos), a 2.0 en las selvas tropicales (húmedos). Dicho de otra manera, las tasas de fraccionamiento de la materia orgánica en regiones sub-húmedas como en la cordillera de los andes tropicales oscilan entre un 2 y 5% por año (Brown y Lugo 1982, Golley 1983) y en regiones semiáridas con valores entre 0.4 y 1% por año.

Caracterización agroecológica y uso del suelo

Estudios muestran muchas formas de caracterización agroecológica de los sistemas de producción, que varían según diferentes criterios de investigación (Sabattini et al. 1999, Toro et al. 2010, Ramos et al. 2004 y Carré & Girard 2002). Una caracterización agroecológica de los suelos implica muchas actividades como: categorizar a través de indicadores agroecológicos, por ambientes según los sistemas de producción, con la finalidad de obtener aproximaciones sobre el estado actual (Toro et al. 2010), y en cuanto a los cambios en el uso del suelo, en la actualidad existen diversos métodos para la detección, los más utilizados son: comparación, clasificación y cambios detectados mediante imágenes satelitales (Ramos et al. 2004). En ese sentido el mapeo de los suelos es una forma de caracterizar los predios agrícolas, los tipos de suelos, los diferentes paisajes y agro ecosistemas, representados digitalmente en un mapa para tener una base para el ordenamiento territorial (Sabattini et al. 1999). Sin embargo en regiones más accesibles, se está utilizando el mapeo de la aptitud de las tierras basado en información remota de: relieve, cobertura vegetal y material parental (Carré & Girard 2002). Entre las limitaciones para la caracterización agro-ecológica que a menudo se presentan son: el

tipo de paisaje, topografía, tipo de suelo, textura y estructura del suelo. Además de las condiciones climáticas, sociales, culturales y económicas de una determinada región.

Recuperación de suelos

Cuando se rompe el equilibrio del suelo, la evolución natural se modifica y se desarrollan una serie de procesos que tienden a la disminución de la calidad y fertilidad de los suelos (Figuroa 2004). Por lo tanto, las propiedades físicas, químicas y biológicas que controlan el ciclo biogeoquímico del suelo son modificados por los disturbios ocasionados por la expansión agropecuaria, intervención antrópicas a distintas escalas y otros factores de riesgos climáticos (Ortiz 2007).

El proceso de recuperación de los suelos es lento y dificultoso, dependiendo de las condiciones climáticas y del material parental, se inicia a partir de suelos totalmente desnudos o partes con vegetación nativa (Zamolinski 2000). Ante estas situaciones se genera dos alternativas: elaborar estrategias de conservación o perder el recurso (Figuroa 2004).

Algunas estrategias de recuperación del suelo a través de microorganismos vivos y materia orgánica para mejorar las características físico y químico del suelo, por lo tanto recuperar el agro ecosistema (Felipó 2002, Carpena & Pilar 2007).

Los suelos agrícolas tienen menores cantidades de materia orgánica que los suelos forestales, debido a la constante remoción que sufre el suelo agrícola (Romanyà 2007), siendo que la producción agrícola tiene como principal limitante a la fertilidad del suelo, la agricultura ecológica u orgánica son las que se basan en el estudio de la fertilidad del suelo, por lo tanto la materia orgánica y los procesos biológicos, se encargan de la recuperación de los suelos (Romanyà 2007). Para la recuperación de los suelos salinos se puede dar a través del tiempo, con lavados de láminas de agua para desalinizar, con diferentes dosis de materia orgánica (Serrato 2002). Sin embargo, algunas especies como agropiro alargado, festuca y trébol de olor, muestran buen comportamiento en suelos salinos (Zamolinski 2000). Por lo tanto, estas especies podrían ser un potencial para la recuperación de los suelos salinos.

Una gestión adecuada de los suelos está relacionada con el manejo de la cobertura, residuos vegetales y rotación de cultivos, también está involucrado el sistema de fertilización, labranza y riego (Van der Werf & Petit 2002 y Perales et al. 2009). Una alternativa de manejo de los residuos de cosecha es la incorporación del rastrojo al suelo, y según el tipo de cultivo, como en el caso de las leguminosas, son las que aumentan la fijación de nitrógeno, por otro lado disminuye la erosión, mejora la estructura del suelo y favorece el desarrollo de bacterias fijadoras de nitrógeno y fósforo (Lacasta et al. 2006, Chen et al. 2010), favoreciendo no solo al suelo y sino también al rendimiento del cultivo. Por otro lado el sistema de laboreo y rotación de cultivo a menudo son reconocidos como prácticas adecuadas para el manejo de un determinado suelo. Por lo tanto, uno de los ejemplos más comunes es la rotación de cultivos con pasturas perennes mejora la calidad del suelo y el rendimiento del cultivo. (Morón 2003). Otra de las alternativas es la siembra directa que más se destaca de las prácticas de manejo, recuperación de suelos y en la producción de granos (Bodas 2002). Con la siembra directa no solo se evita el movimiento o remoción del suelo sino también el uso de equipos tradicionales como el arado y otro tipo de maquinaria pesada (Freitas 2000 y Montoya et al. 2006) apto para llanuras. En caso de aumentar las densidades de siembra se reducen la cantidad de malezas en el cultivo (Poudel et al. 2002 y Lacasta et al. 2006). Otra de las prácticas de manejo de suelos más comunes, es el uso de cultivos de cobertura, que previenen la degradación y mejoran la calidad del suelo (Lozano et al. 2010), desde un punto de vista del buen manejo de los suelos cobran real importancia, ya que los mismos son encargados de mantener la porosidad, permeabilidad, reciclaje de nutrientes y mejoran la dinámica del agua (Dabalá 2009).

Suelos degradados y prácticas conservacionistas

Estudios y buenas prácticas de conservación de procesos erosivos (Hídrica y eólica) en condiciones de campo, son muy costosas y necesitan mucho tiempo y mano de obra para poder llevarlos a cabo. Además las variables climáticas y de suelo no pueden ser controladas, en ese sentido es necesario estudiar los procesos erosivos (eólicas e hídricas) con simuladores, en el caso de la erosión eólica, se realiza por generadores de fluidización (Dispersión por gas o ventilación), sin embargo los generadores de gravitación y dispersión mecánica o agitación

(Túnel de viento portátil, Fig. 1), han sido ampliamente usados para estimar la emisión por erosión eólica. (Méndez et al. 2012). Según Buschiazzo et al. (2007) y Buschiazzo (2012), las erosiones eólicas son más comunes en suelos de zonas áridas y semiáridas, donde las posibles soluciones son las hileras formadas por hierbas, arbustos y árboles conformadas por tres filas, reconocidas como las más efectivas (Fig. 2). Por otro lado las cortinas de rompe-viento de una sola fila también son efectivas en términos de reducción de la velocidad del viento a largas distancias, ambos diseños a una distancia considerable según el cultivo, porcentaje de cobertura y el sistema de labranza, además del cultivo y las cortinas de rompe-viento, tomar en cuenta la dirección del viento, para definir la orientación del surco y el posicionamiento de las filas. (Cornelis & Gabriels 2004).



Figura. 1. Túnel de viento portátil

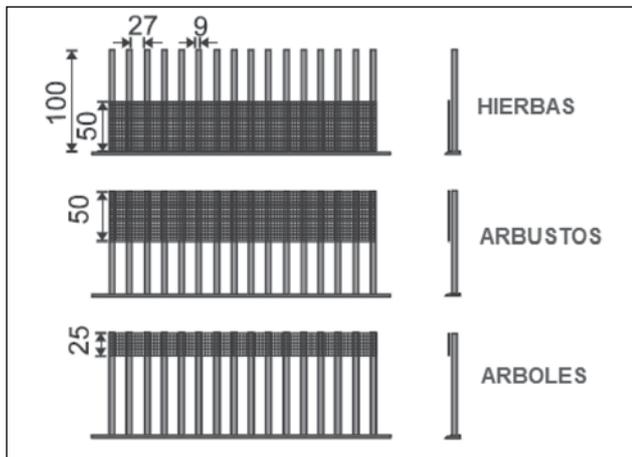


Figura. 2. Simulación de cortinas rompe-viento de tres filas (Adaptado de Cornelis & Gabriels 2004).

En cuanto a la erosión hídrica, es peculiar en zonas de ladera del trópico donde el potencial de erosión

del suelo y las pérdidas por escorrentía de agua es alto, debido a las características de la topografía y las altas precipitaciones, sin embargo, la productividad y los peligros de degradación de la fertilidad del suelo agrícola, son determinados básicamente por el clima, suelo, topografía y sobre todo por el mal manejo de los cultivos, sin embargo se debe más a cuestiones topográficas que los otros factores determinantes. Los ajustes de la erosión potencial y actual, pueden superar las pérdidas de decenas o incluso cientos de toneladas de suelo, por hectárea y por año. (El-Swaify 1997) por lo tanto la selección y diseño de sistemas de producción, sistemas de manejo de la tierra y sistemas de manejo del agua deben ser adaptados para el control de la erosión hídrica. (El-Swaify, 1985).

La principal causa de degradación en los bosques tropicales de Bolivia es la expansión agrícola sobre las tierras marginales no aptas para agricultura (Fig. 3) dando pie a la agricultura migratoria que funciona como un sistema de producción secuencial milenario, donde parches de bosques son tumbados, quemados y cultivados, pero una vez agotada su fertilidad son abandonados a la vegetación espontánea (Urube & Petit 2007).



Figura 3. Tierras marginales no aptas para agricultura

Para controlar la erosión hídrica en campo se deberá tomar en cuenta la cobertura en cuanto a su forma, estructura, arquitectura y las características de crecimiento de las plantas por separado dentro de la comunidad; también conocer el crecimiento de la biomasa, residuos de cobertura y la dinámica de descomposición de la materia orgánica, por un lado y por el otro, conocer la textura del suelo, así para poder diseñar las prácticas de conservación, que son: selección del sistema de labranza, tipo de

cultivos según las características del clima y suelo, modificar la textura y estructura, reforestación o aforestación de tierras marginales, implementación de pasturas en zonas con mucha pendiente, sistemas Agrosilvopastoriles, sistemas mixtos de producción y Agroforestería. Feldpausch et al. (2004), Gutiérrez & Lopera (2001), Fonseca et al. (2008), Valero (2004) y Resh et al. (2002).

Conclusiones

Las características de los suelos del Sur Centro de Bolivia, en cuanto a su heterogeneidad, profundidad y textura, en general son muy frágiles y susceptibles a la erosión hídrica y lixiviación de sus sales y minerales (Callejas 2001). En consecuencia, se puede inferir que la aptitud de las tierras para los cultivos presenta una amplia variación, debido a las características de la topografía, las propiedades intrínsecas de los suelos y su historia de uso.

En cuanto a los parámetros arriba mencionados, uno de los indicadores de calidad de suelos más importante es la Materia Orgánica (MO), que condiciona muchas propiedades del suelo, como la estructura, formación de costras, compactación susceptible a la erosión hídrica y eólica (Felipó 2002). Por otro lado, la MO es un factor indispensable que interviene en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Carpena & Pilar 2007), al igual que la textura da una idea del tipo de suelo de una determinada región, por otra parte, para poder suponer que la calidad del suelo está en buenas condiciones, se deberá también considerar los factores alineados o indicadores externos, como: porcentaje de pendiente, geografía, porcentaje de cobertura, caudal, sistema de producción, porcentaje de área cultivada, tipo de cultivo y factores climáticos.

Referencias

- André, G. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis de *Magister Scientiae*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza Tropical Agrícola (CATIE) Turrialba - Costa Rica.
- Anderson, J. & M. Swift. 1983. Decomposition in tropical forest. En SUTTON, S.; WHITMORE, T. & CHADWICK, A. Tropical rain forest: ecology and management. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 287-309.
- Bodas, V. 2002. Técnicas de Siembra Directa, Jornada Autónoma de la Comunidad de Castilla La Mancha Toledo, Libro Blanco de la Agricultura y el desarrollo Rural, España.30/10/13.http://www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jautonomica/c_mancha/comunicaciones/bodas.pdf
- Buol, S.W. 1994. Environmental consequences: Soils. *In*: Meyer, W.B. y B.L. Turner (étds.). Changes in land use and land cover: A global perspective. Cambridge University Press. Cambridge, New York. pp. 211-229.
- Buschiazzo, D. E. 2012. Erosión eólica: Avances y carencias en investigación y extensión. Presentado en el XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo-Argentina.
- Buschiazzo, D. E., T. M. Zobeck & S. A. Abascal. 2007. Wind erosion quantity and quality of an Entic Haplustoll of the semi-arid pampas of Argentina. *Journal of Arid Environments*. Vol. 69: (2007) 29-39.
- Brady, N.C. & R. Weill. 1996. *The Nature and Properties of Soils*. Onceava edición. Prentice-Hall International, Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 30/01/13. <http://www.ciga.unam.mx/investigadores/zacatucho/PDF/613Capitulos%20en%20Libros/6131Nacionales/6131-18.pdf>.
- Brown S. & A. Lugo 1982. The storage and production of organic matter in tropical foresta and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*. Vol. 14: 161-187.
- Callejas P. 2001. Estudio de Justificación para la Creación del Área Protegida Serranía del Iñaño, Estudio Socioeconómico,(Documento técnico), Prefectura del departamento de Chuquisaca, Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Programa de Cooperación Danesa al sector del Medio Ambiente – PCDSMA, Sucre – Bolivia.
- Carpena, R. O. & M. Pilar. 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos, *Ecosistemas*. Vol. 16: 1-3.
- Carre, F. & M.C. Girard. 2002. Quantitative Mapping Of Soil Types Based On Regression Kriging of Taxonomic Distances With Landform and Land Cover Attributes, *Geoderma*. Vol. 110: 241-26.

- Chen, F.S., D.H. Zeng; T.J. Fahey & P.F. Liao. 2010. Organic carbon in soil physical fractions under different-aged plantations of Mongolian pine in semi-arid region of Northeast - China, *Applied Soil Ecology*. Vol. 44: (2010) 42–48.
- Cornelis, W.M. & D. Gabriels. 2005. Optimal windbreak design for wind-erosion control. *Journal of Arid Environments*. Vol. 61: 315-332.
- Coronado, V & E. Noellemeyer. 2012. Condiciones de los suelos en una cronosecuencia de bosques montanos secundarios en la comunidad de San Pedro del Zapallar, Serranía del Iñaño, Chuquisaca – Bolivia, ponencia presentada en el VI congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Sucre-Bolivia.
- Cuesta, F., M. Peralvo, & Valarezo, N. 2009. Los bosques montanos de los andes tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. Programa regional ECOBONA-INTERCOOPERATION. 64p. www.bosquesandinos.info.
- Dabalá, L. 2009. Guía de Siembra Directa, El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), Montevideo, Uruguay. 30/01/13. <http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2009/07/guia-de-siembra-directa.pdf>.
- Doran, J. W. & TB. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. *In*: Doran JW; Coleman, DC; Bezdiceek, DF; Stewart, BA. (édit), *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, WI, USA. Soil Science Society of America. (Special publication N° (35). 3-21.
- Dudal, R. 1981. An evaluation of conservation needs. *En*: *Soil Conservation, Problems and Prospects* (R.P.C. Morgan, editor). presented in the soil congress, John Wiley and Sons, Chichester, England.
- El-Swaify, S.A. 1997. Factors affecting soil erosion hazard and conservation need dor tropical steeplands. *Soil Technology*; University of hawaii, USA. Vol. 11: (1997) 3-16.
- El-Swaify, S.A., P. Pathak, T.J. Rego & S. Singh. 1985. Soil management for optimized productivity under rainfall conditions in the semi-arid tropics. *Advances in Soil Science*. Springer Verlag, New York, Vol. 1: (1985) 1-64.
- Felipó, M.T. 2002. Utilización de Materia Orgánica Residual Urbana en la Recuperación de Suelos Degradados, *AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE: Nuevos Avances en Conservación y Manejo de Agro sistemas*. Curso patrocinado por la Fundación Universidad de Verano de Casilla y León-Segovia. 10.
- Figueroa, D.N. 2004. Estrategias de recuperación de suelos degradados, industria Hortícola, 30/01/2013. www.horticom.com/revistasonline/horticultura/.../36_39.pdf
- Freitas, V.H. 2000. Manejo del suelo en pequeñas fincas Estrategias y métodos de introducción, tecnologías y equipos, Experiencias en el estado de Santa Catarina, Brasil, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 30/01/13. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb77s.pdf>
- Foley, Ja; R. Defries; Gp. Asner; C. Barford; G. Bonan. 2005. Global consequences of land use. *Science*: Vol. 309: 570-574.
- Fonseca W G; F. E. Alice; J. Montero; H. Toruño & H. Leblanc 2008. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica, Universidad Nacional, Heredia-Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* N° 46.
- Golley, F. 1983. Decomposition *En*: tropical rain forest ecosystems: Structure and functions. *Ecosystems of the world 14^a*. Amsterdam - Oxford- New York: Elsevier. Vol. 14A: 117 – 136.
- Heid, C. & D. Cuentas. 2006. Estudio sobre Desarrollo Agropecuario Sostenible en el Chaco Boliviano: Problemas, Tendencias, Potencialidades y Experiencias (Documento de trabajo), Fundación AGRECOL Andes, Cochabamba-Bolivia. 24-25.
- Lal, R. 1994. Sustainable land use systems and soil resilience. *In*: Greenland, D.J., Szabolcs, I. (édit.), *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB International, Wallingford, RU, 41-67.
- Lacasta, C., E. Estalrich, R. Meco, & M. Benítez. 2006. Control de malas hierbas: Densidades de siembra y rotaciones de cultivo, *Tierras de Castilla y León-Agricultura* Vol. 131: 32-41.

- Lacasta, C., M. Benítez; N. Maire & R. Meco. 2006. Las Rotaciones de Cultivos en los Agrosistemas de Cereales y su Influencia sobre Diferentes Parámetros Bioquímicos. Ponencia presentada en el VII Congreso SEAE: Agricultura y Alimentación Ecológica. Toledo-España, Trabajo 152.
- Lozano, Z., H. Romero, & C., Bravo. 2010. Influencia de los Cultivos de Cobertura y el Pastoreo sobre las Propiedades Físicas de un Suelo de Sabana. *Agrociencia* Vol. 44: 135-146.
- Magrin, G., M. Travasso & G. Rodríguez. 2005. Changes in climate and crop production during the 20th century in Argentina. *Climatic Change, Argentina*. Vol. 72: 229-249.
- Meli, P & Carrasco, P. 2011. Restauración ecológica de riberas, Manual para la recuperación de la vegetación rivereña en arroyos de la Selva Lacandona, Colección Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Diálogos/ Número 5.
- Morón, A. 2003. Efecto de las rotaciones Cultivos-Pasturas sobre la fertilidad de los suelos en ensayos de larga duración del INIA La Estanzuela (1963-2003). *Informaciones Agronómicas* n° 20. Diciembre 2003.
- Montoya, J.C., J.L. Costa, R. Liedl, F. Bedmar & P. Daniel. 2006. Effects of soil type and tillage practice on atrazine transport through intact soil cores, *Geoderma* Vol. 137: 161–173.
- Méndez, M.J., S.B. Aimar & D.E. Buschiazzo. 2012. Un generador simple de polvo para evaluar la capacidad de los suelos de emitir partículas finas. Presentado en el XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo-Argentina.
- Ortiz, I., J. Sanz; M. Dorado & S. Villar. 2007. Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Informe de vigilancia tecnológica. http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf.
- Perales, A., O. Loli; J. Alegre & F. Camarena. 2009. Indicadores de Sustentabilidad del Manejo de Suelos en la Producción de Arveja (*Pisum sativum* L.). Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. *Ecología Aplicada*, Vol. 8(2).
- Poudel, D.D., W.R. Horwath, W.T. Lanini, S.R. Temple, & A.H.C. van Bruggen. 2002. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in organic, low-input and conventional farming systems in northern California, *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol. 90: 125–137.
- PDMs, Monteagudo; Padilla; Villa Serrano y Villa Vaca Guzmán, 2007 - 2011. Plan de Desarrollo Municipal, Chuquisaca-Bolivia.
- Ramos, R. R., L. D. Palma, C.A. Ortiz, C.A. Ortiz & P. G. Díaz. 2004. Cambios de uso de suelo mediante técnicas de sistemas de información geográfica en una región cacaotera, *TERRA Latinoamericana*, Universidad Autónoma Chapingo - México. Vol. 22 (3) 267-278.
- Romanyà, J., P. Rovira, & R. Vallejo. 2007. Análisis del carbono en los suelos agrícolas de España. Aspectos relevantes en relación a la reconversión a la agricultura ecológica en el ámbito mediterráneo. *Ecosistemas, España*. Vol. 16 (1) 50-57.
- Salazar J. 2008. Manejo del suelo en los sistemas Agrícolas de producción ecológica. Ponencia presentada en VII Congreso SEAE de Agricultura y Alimentación.
- Sabattini, R.A.; M.G. Wilson; N. Muzzachiodi, & A.F. Dorsch. 1999. Guía para la Caracterización de Agro ecosistemas del Centro-Norte de Entre Ríos, *Revista Científica Agropecuaria*, Facultad Ciencias Agropecuarias - UNER, Argentina. Vol. 3: 7-19.
- Serrato, R.; A. Ortíz; J.Dimas, & S. Berúmen. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, Chapingo - México. Vol. 20: (003) 329-336.
- Toro, P.; A. García; A.G. Gómez; J. Perea; R. Acero & V. Rodríguez. 2010. Evaluación de la Sustentabilidad en Agro ecosistemas, *Archivos de zootecnia*, Córdoba-Argentina. Vol. 59 (R) 74.
- Van der Werf, H.M.G. & J. Petit. 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods, *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol. 93: 131–145.

- Viglizzo, E.F., Z.E. Roberto, F. Lertora, E.L. Gay & J. Bernardos. 1997. Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, La Pampa-Argentina. Vol. 66: 61-70.
- Zamolinski, A.F. 2000. Experiencias de recuperación de suelos salinos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional de Buenos Aires Norte, Estación Experimental Agropecuaria “General Villegas”. 30/01/13 http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/suelos_salinos/35-salinizados.pdf.
- ZONISIG, 2000. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica del Departamento de Chuquisaca, Proyecto Zonificación Agroecológica y Establecimiento de una Base de Datos y Red de Sistema de Información Geográfica en Bolivia, DHV Consultores – ITC, Cooperación del Gobierno de los Países Bajos. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Prefectura del Departamento de Chuquisaca. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, 157–264.

Indicadores Agroambientales: Diseño y análisis en Agroecosistemas con cultivo de maíz (*Zea mays*) Chuquisaca, Bolivia

Agri-environmental indicators: Design and Agro ecosystem analysis with maize crop (*Zea mays*) Chuquisaca, Bolivia

Winder Felipez Chiri^{1*}, Martha Serrano Pacheco¹ & Rodrigo Rojas Morales²

¹Proyecto BEISA 3. Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre - Bolivia.

²Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica, Profesor Asociado a la Universidad Andina Simón Bolívar, Maestría Internacional en Cambio Global, Gestión de Riesgos y Seguridad Alimentaria, Sucre - Bolivia.

* winder.felipezz@gmail.com

Resumen

La intervención antropogénica ha causado la degradación de agroecosistemas en diferentes regiones de Bolivia. Se analizó utilizando indicadores agroambientales las condiciones de manejo y estado de conservación de los agroecosistemas con maíz (*Zea mays*) en la comunidad de Zapallar, Monteagudo en Chuquisaca. Los métodos aplicados fueron entrevistas semiestructuradas, observación participativa a 29 pobladores locales, aplicación de protocolo de evaluación de indicadores agroambientales y el análisis en un diseño bloques completos al azar de diez agroecosistemas en terrenos con pendientes y diez en planos con cuatro tratamientos (T1=1-2 y T2=3-10 campañas agrícolas en terrenos en laderas; T3=1-10 y T4=11- 30 campañas agrícolas en terrenos planos). Los resultados muestran menor presencia de cobertura de malezas, plagas, enfermedades; compactación, y mayor materia orgánica en el suelo; y mayor diversidad agrícola en los agroecosistemas en laderas. El estado actual de los agroecosistemas en terrenos planos, depende de la presencia regular de lombrices en el suelo, diversidad de macrofauna edáfica y mayor cobertura de malezas, además de control de plagas y enfermedades que realiza el propietario. Finalmente la prueba estadística de Tukey ($p < 0.05$) nos indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4. Por tanto, se concluye que los indicadores agroambientales utilizados permiten conocer la respuesta a las condiciones de manejo local en los agroecosistemas del cultivo de maíz en la comunidad de Zapallar, que se plantea como punto de referencia para el resto de las comunidades del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño.

Palabras Claves: Agroecosistemas, Bolivia, diversidad agrícola, terrenos en pendiente, Serranía Iñaño.

Abstract

Human intervention has caused the degradation of agroecosystems in different parts of Bolivia. The management conditions and state of conservation was analyzed using agroenvironmental indicators with the maize crop (*Zea mays*) in the community of Zapallar, Monteagudo in Chuquisaca. The applied methods were semistructured interviews, and participative observation in 29 local communities. The application of an evaluation protocol was carried out of agroenvironmental indicators and analysis in a random block design of ten agroecosystems on land on slopes and ten plots on flat ground with four treatments (T1=1-2 and T2=3-10 agricultural fields on slopes; T3=1-10 and T4=11-30 agricultural fields on flat ground). The results showed lower presence of weed cover, pests, diseases; compaction, and higher organic material in the soil; and higher agricultural diversity in agroecosystems on slopes. The actual state of the agroecosystems on flat ground, depends on the regular presence of earthworms, diversity of soil macrofauna and greater coverage of weeds, apart from the control of pests and diseases that is carried out by the land owner. Finally, the statistical test of Tukey ($p < 0.05$) indicates that different significant factors between the treatments T1 and T4. Owing to this, it is concluded that the agroenvironment indicators used, permit knowledge of reaction to conditions of local management in agroecosystems of the maize crop in the Zapallar community, which is proposed as a reference point for the rest of the communities in the Serranía del Iñaño National Park and Managed Integrated Natural Area.

Key words: Agroecosystems, agricultural diversity Bolivia, sloped land, Serranía del Iñaño.

Introducción

El uso y manejo de los agroecosistemas modernos manifiesta el desequilibrio de los factores abióticos y bióticos (Altieri & Nicholls 2000) ocasionando la vulnerabilidad de los agroecosistemas y la exposición a riesgos del cambio climático (Lima *et al.* 2011). Es así, que muchos de los riesgos agroambientales en los agroecosistemas requieren ser evaluados (Lugo & Morin 2007), con medidas agroambientales que son consideradas como herramientas útiles para frenar la degradación de los sistemas agrícolas (Concepción & Díaz 2013), donde los impactos ocurridos no son fácilmente medibles o evaluables en el tiempo (CCE 2006). Por lo que resulta necesario utilizar indicadores que permitan tener información numérica y la descripción de procesos y fenómenos ocurridos dentro de los agroecosistemas de manera sistemática (Maser *et al.* 1999).

Por tanto, evaluar y monitorear los problemas agroambientales, además de la pobreza rural (FAO 2013), requiere también una planificación participativa con lineamientos técnicos, socioeconómicos y ambientales (Obando *et al.* 2011) y la toma de actitudes desde los agricultores en políticas agroambientales (FAO 2013). De la misma manera las interacciones entre los sistemas de vida y los agroecosistemas (FAO 2007), han generado la degradación de la calidad de los suelos, proliferación de plagas y enfermedades y entre otros como la degeneración del material genético (SERNAP 2011) hasta ocasionar el desequilibrio ambiental de los agroecosistemas (Lugo, Morin & Rey 2009).

En diferentes regiones de Bolivia los problemas agroambientales ascienden a más de treinta millones de hectáreas de tierra (LIDEMA 2010, 2011), muchos de estos ocasionados por la contaminación de los suelos y aguas, además por la habilitación de nuevos espacios agrícolas (ABT 2010, 2011, 2013). En Chuquisaca la quema de 34 808 hectáreas reportados de los Municipios de Monteagudo, Villa Vaca Guzmán y Huacareta (Arancibia 2010) y la degradación de los agroecosistemas por factores antropogénicos también afecta a la calidad agroambiental en la región (SERNAP 2011).

En la reserva natural del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño (PN-ANMISI) en donde se centró el estudio, los agroecosistemas se usan y manejan con pastizal, uso silvícola y agrícola (SERNAP 2011), donde además,

el monocultivo de maíz (*Zea mays*) ha conducido a la degradación acelerada en la fertilidad del suelo, convirtiéndolos en poco productivos y con mucha predominancia de especies vegetales tóxicas e indeseables hasta para el ganado (SERNAP 2011). Particularmente en la comunidad de Zapallar donde el uso y manejo de los agroecosistemas contempla áreas de pastoreo familiar (13 ha), áreas de cultivo (17 ha), área forestal (58 ha) y finalmente áreas en descanso o de relimpia (12 ha) registrados por Soto & Ferreira (2013).

En general, los agroecosistemas de la región están representados por los cultivos más predominante y de rentabilidad económica como el maíz (*Zea mays*), ají (*Capsicum baccatum var. pendulum*), maní (*Arachis hypogaea*) y entre otros varios frutales (Sardan 2012, Canaviri 2012, NATURA 2013, Churqui *et al.* 2014), ya que los mismos son cultivados en agroecosistemas en pendientes (laderas) y planos (llanos), además por su capacidad adaptativa a condiciones agroambientales (SERNAP 2011).

Pero, muchos de los parámetros físicos de calidad de suelos y la actividad biológica en los agroecosistemas, no responden ya a las exigencias del monocultivo del maíz. Por lo que fue necesario analizar diferentes indicadores agroambientales en los agroecosistemas de la comunidad del Zapallar del Municipio de Monteagudo que es parte del subandino de Chuquisaca Bolivia, con finalidad de facilitar a técnicos y agricultores diferentes parámetros de medición de degradación de los agroecosistemas para el uso y manejo sostenible de los agroecosistemas.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en 20 agroecosistemas de la microcuenca Tartagalito y Huacaní de la comunidad del Zapallar (Fig.1), ubicada a cinco kilómetros del Municipio de Monteagudo, sobre el camino departamental Monteagudo-Santa Cruz. Zapallar es parte de la Zona Externa de Amortiguación (ZEA), de Manejo Integrado (MI) y Área de Protección (AP) del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño (PN-ANMISI). Geográficamente está en las coordenadas 20°06'36" latitud sur y 63°26'41" latitud oeste, a una altitud de 1153 m. La precipitación total anual de 1010 mm, presentando máximas de 166 mm en el mes de enero y mínimas de 10 mm en el mes de julio, además la temperatura media máxima supera los 20°C (SERNAP 2011, PDMM 2012).

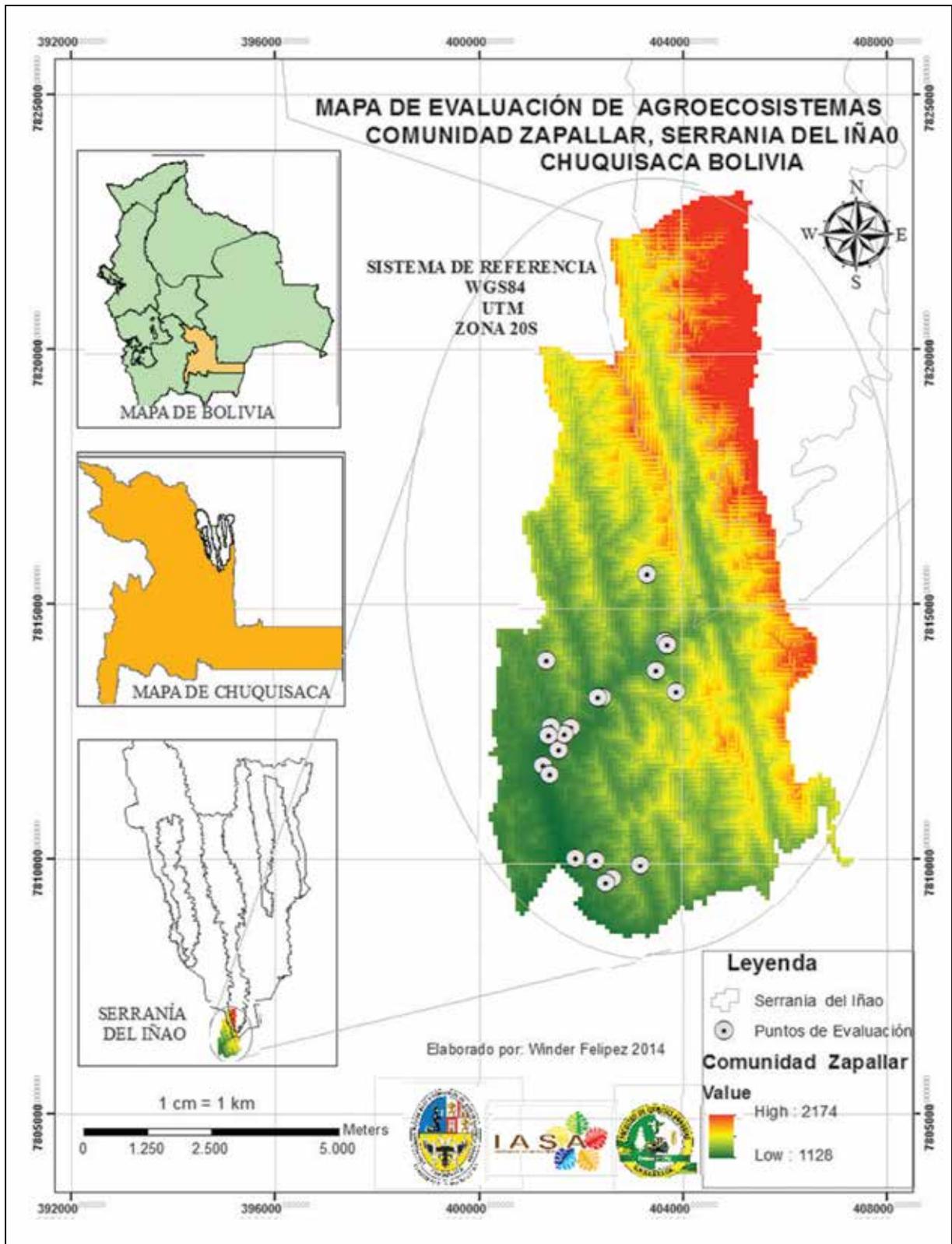


Figura 1. Mapa de ubicación de la comunidad de San Pedro del Zapallar, Municipio Monteagudo, Chuquisaca: Puntos de muestro en los agroecosistemas de maíz (*Zea mays*).

Planteamiento de indicadores agroambientales- *Participación de expertos locales (perspectiva local)*

Se aplicó 29 entrevistas semiestructuradas a hombres y mujeres jefes de familia, tomando una muestra compuesta por 50 familias con residencia permanente, obtenida con el cálculo de poblaciones finitas al 95% de confianza de Morales (2012). Las preguntas realizadas fueron: ¿Qué le indica que su agroecosistema (chaco, tierra/suelo, terreno, cultivo) esta degradado (pobre), en proceso de degradación (regular) o sin degradación (buena)?, de todos los indicadores que ha mencionado ¿Cuáles son los más importantes o mejores indicadores que le indican el estado de salud de sus agroecosistemas?. Después que el productor indicaba los más importantes, se les pidió que le asignen valores (1 al 10) a cada uno, de los indicadores considerado importante para incorporar al planteamiento de indicadores desde la perspectiva técnica.

- *Revisiones bibliográficas, participación de técnicos y otros expertos locales*

Se consultó los procesos metodológicos de Sarandón & Flores (2009), Rios (2010), García (2010), Cuesta & Chiriboga (2010), Bermudez (2007), George (2006), Fajador (2002), Cardernas *et al.* (2005). b) Se consultó a diez expertos técnicos (agrónomos, biólogos, ambientalistas y abogados) con preguntas como: ¿existen indicadores agroambientales que puedan medir la salud de los agroecosistemas?, ¿cuáles son los indicadores más importantes para medir mejor la salud de agroecosistemas?. c) se incorporó el planteamiento desde la perspectiva local y d) finalmente se adoptó las técnicas de Jiménez (2009), Obando *et al.* (2011), Ochoa *et al.* (2007), Cardernas *et al.* (2005), con el uso de las categorías de valoración con indicadores en: pobre (1-2), regular (3-4) y bueno (5). Las descripciones de cada indicador propuesto con fuentes de referencia que se visualiza en la Tabla 1.

Tabla 1. Planteamiento de indicadores agroambientales para evaluar agroecosistemas de la comunidad del Zapallar, en el subandino de Bolivia.

Indicadores Físicos	Valoración del indicador			Referencia Citada
	Pobre (1-2)	Regular (3-4)	Bueno (5)	
Infiltración del agua en el suelo.	El nivel del agua desciende menos de 2 cm en un minuto.	El nivel del agua desciende de 2 a 5 cm en un minuto.	El nivel del agua desciende más de 5 cm en un minuto.	USDA (2009) Reporte local (2014)
Color, olor y materia orgánica del suelo.	Suelo de color pálido; con mal olor (posible olor a químicos), no se nota la presencia de materia orgánica.	Suelo de color café o rojizo, sin mucho olor, con algo de materia orgánica.	Suelo de color negro o café oscuro, con olor a tierra fresca, abundante presencia de materia orgánica	USDA (1999; 2009) Reporte local (2014)
Compactación del suelo.	La sonda penetra menor a 0-14 cm. de profundidad.	La sonda de alambre penetra con dificultad hasta una profundidad 15-25 cm.	La sonda de alambre penetra con facilidad hasta 30 cm.	USDA (2009); Obando et al. (2011)
Humedad del suelo.	El suelo es seco (25-50 %) la muestra se desarma con poca presión.	En suelo húmedo (50-75%) se nota brillo en la superficie.	En suelo saturado (más de 100%) el agua se escurre entre los dedos al apretar la muestra del suelo.	CITRA (2012) Reporte local (2014)

Indicadores biológicos	Valoración del indicador			Referencia Citada
	Pobre (1-2)	Regular (3-4)	Bueno (5)	
Malezas	El % de cobertura sobre el suelo oscila entre 67% 100%, el número de individuos es mayor a 7 malezas.	El % de cobertura sobre el suelo oscila entre 34% 66%, el número de individuos es de 4-6 malezas.	El % de cobertura sobre el suelo es menor a 33, el número de individuos es de 0 a 3 malezas.	INATEC (2003); Bermudez (2007) Reporte local (2014)
Enfermedades del cultivo	Cultivo susceptible a enfermedades con más del 50% enfermo.	De 10 a 20% de las plantas con sistemas de leve a severo.	Cultivo resistente menos del 10% de las plantas con síntomas leves.	INATEC (2003); Bermudez (2007) Reporte local (2014)
Plagas insectiles del cultivo	Existe más de tres tipos de plagas insectos en la planta.	Una a dos tipo de plagas insectos en la planta.	Existe menor a uno tipo plaga de insecto en la planta.	INATEC (2003); Bermudez (2007) Reporte local (2014)
Macrofauna edáfica	Una a dos clases o tipos de animales del suelo.	Tres a cinco clases o tipos de animales del suelo.	Más de cinco clases o tipos de animales del suelo.	USDA (2009); Obando et al. (2011)
Lombrices en el suelo	0-2 lombrices	3-5 lombrices	Mayor a 6 lombrices	USDA (2009); Obando <i>et al.</i> (2011)
Agrobiodiversidad	Monocultivo de una o dos variedades.	Más de dos familias de cultivos rodeadas por vegetación natural o hierbas dominantes.	Diversidad de cultivos rodeada por otras plantas y producción pecuaria.	Cárdenas <i>et al.</i> (2005)

Los valores de calificación del conjunto de indicadores propuestos se integran en un Índice de Indicadores Agroambientales de Agroecosistemas -IIAA por medio de la expresión:

$$IIAA = \sum_{i=1}^n I_i \quad (1)$$

Donde I_i es el valor de e-ésimo indicador agroambiental y n es el total de indicadores planteados.

El rango del IIAA varía de acuerdo a los indicadores propuestos. Es así que sus valores oscilan entre 10 y 50, porque responde a la sumatoria de los 10 indicadores valorados, en una escala de 1 a 5, además de expresarse en porcentajes (Tabla 2). La propuesta del IIAA, es una adaptación de los planteamientos propuestos de Villanueva (2007), USDA (2009) y Zamorano (2003), donde plantean el Índice de Acumulación de Calidad de Suelos, su calificación porcentual y las asignaciones de valores.

Tabla 2. Calificación de indicadores agroambientales y asignación de valores de calidad y grado de alteración

Indicadores Biológicos (%)	Indicadores Físicos (%)	Características de calidad / sostenibilidad	Grado de alteración	Asignación de valor
0-33 (malezas) ≤ 10 (enfermedad) ≤ 10 (plagas insectiles) ≥ 50 (macrofauna edáfica) ≥ 60 (lombrices) ≥ 50 (agrobiodiversidad)	≥ 80 (Infiltración Color, Olor y MO Humedad del suelo) ≥ 30 (Compactación)	Alta	Ninguno	5
34-43(malezas) 11-20(enfermedades) 11-20(plaga insectil) 40 (macrofauna edáfica) 40-50 (lombrices) 31-40 (agrobiodiversidad)	60-80 (Infiltración Color, Olor y MO Humedad del suelo) 21-30 (Compactación)	Saludable/sostenible	Leve	4
44-66(malezas) 21-30(enfermedad) 21-30 (plagas insectil) 30 (macrofauna edáfica) 30-40 (lombrices) 21-30 (agrobiodiversidad)	50-58 (Infiltración Color, Olor y MO Humedad del suelo) 15-20 (Compactación)	Saludable/sostenible con medidas de remediación (sistemas agroforestales)	Moderado	3
67- 87 (malezas) 31-49 (enfermedad) 31-49 (plaga insectil) 20 (macrofauna edáfica) 20-30 (lombrices) 10-20 (agrobiodiversidad)	40-48 (Infiltración Color, Olor y MO Humedad del suelo) 10-14 (Compactación)	Saludable para sistemas agroforestales	Severo	2
88-100 (malezas) ≥ 50 (enfermedad) ≥ 50 (plaga insectil) ≤ 10 (macrofauna edáfica) ≤ 20 (lombrices) ≤ 10 (agrobiodiversidad)	≤ 40 (Infiltración Color, Olor y MO Compactación Humedad del suelo) ≤ 10 (Compactación)	No saludable (descanso de los agroecosistemas)	Extremo	1

Aplicación de indicadores agroambientales

Fue necesario elaborar un protocolo de evaluación de los indicadores propuestos, que contempló la descripción de características conceptuales, procedimiento de evaluación, pruebas básicas, materiales necesarios y categorización de valores en función a cada indicador propuesto. La categorización cualitativa y cuantitativa se fundamentó en criterios planteados por Ríos (2010) en ser medible, pertinente, disponible, eficiente y confiable.

El proceso de reconocimiento de los agroecosistemas de la comunidad de Zapallar, fue a través de una comunicación verbal con los pobladores locales en la reunión ordinaria comunitaria. El

recorrido fue conjuntamente con el guía de campo (experto local), donde se observó la exposición del agroecosistema (llano y pendiente), la especies vegetal más cultivada (*Zea mays*) y la cronosecuencia de periodos de uso de los agroecosistemas (número de campañas agrícolas).

Posteriormente, se formuló 10 planillas de registro de evaluación de los indicadores propuestos adaptados de la USDA (2009) y Zamorano (2003), que corresponden a cuatro indicadores físicos (infiltración, color, compactación y humedad) y seis indicadores biológicos (malezas, plagas insectiles, enfermedades, lombrices y macrofauna edáfica y agrobiodiversidad).

Diseño experimental y análisis de datos

El diseño experimental aplicado fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos T1=1-2 y T2=3-10 campañas agrícolas en terrenos en laderas; T3=1-10 y T4=11- 30 campañas agrícolas en terrenos planos) en el cultivo de maíz (*Zea mays*). La unidad de evaluación fue de 0.5, con cinco repeticiones, haciendo un total de 20 unidades muestrales. El sistema de evaluación fue en diagonal, tomando en cuenta de cada unidad de evaluación, tres sub-evaluaciones, a excepción del indicador de agro biodiversidad (una sub-evaluación) e infiltración (dos subevaluaciones). La exposición de los agroecosistemas corresponden a 0-20% de pendiente para los terrenos planos o pampas y 30-60% de pendiente para las laderas.

La época de evaluación se efectuó en el mes de febrero del 2014, en total en 20 agroecosistemas (a1 - a20) que corresponden a las microcuencas de Tartagalito y Huacanqui de la comunidad de Zapallar, los factores ambientales preponderantes durante el desarrollo de trabajo, fueron precipitaciones pluviales muy leves y nubosidades pasajeras. La evaluaciones de indicadores fue analizado según la variable exposición de los agroecosistemas (pendiente y plano), ambas con repeticiones (10 agroecosistemas), valorados según el diseño y protocolo planteado. Las ponderaciones de cada indicador, generan el planteamiento del Índice de los Indicadores Agroambientales (IIAA) con

resultados de los tres más sobre salientes.

En análisis estadístico correspondió a la aplicación de un ANOVA de una vía, con pruebas de comparación de Tukey al 0.05 de significancia en Infostaf (versión 17/07/2013), para dar respuesta al comportamiento de los tratamientos y las variables de dependientes.

Resultados*Evaluación agroambiental de los agroecosistemas en laderas*

La Tabla 3 presenta la matriz de resultados de la evaluación de 10 indicadores agroambientales propuestos en agroecosistemas de laderas. Las evaluaciones más representativas se ilustran en la Figura 2, donde el agroecosistema (a1) tiene un valor favorable en relación al resto, esto se debe a la menor presencia de cobertura de malezas, plagas insectiles y enfermedades, menor compactación del suelo y muy favorables el color, olor y materia orgánica al igual de que la diversidad agrícola. El agroecosistema (a7) muestra diferencias con el (a1), por la mayor presencia de macrofauna edáfica, lombrices y por la humedad e infiltración del agua en el suelo. Finalmente la peor evaluación en los agroecosistemas pendientes es (a5), esta debido a la menor presencia de lombrices en el suelo y la diversidad agrícola.

Tabla 3. Reporte de la evaluación de los

agroecosistemas de maíz en terrenos en pendiente, con indicadores e índices de indicadores agroambientales-IIAA

Agroecosistema (a)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Indicadores Agroambientales-IA	Valoración del Indicador									
1	4	3	3	4	3	3	3	3	3	2
2	4	4	2	3	3	3	4	3	3	3
3	3	1	2	2	3	3	2	3	2	3
4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	4
5	5	1	4	5	2	4	4	5	3	5
6	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4
8	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4
9	2	3	2	2	2	2	3	2	2	1
10	3	5	3	4	3	3	4	3	3	2
IIAA	39	30	30	34	29	32	35	34	30	30

a 1: Máximo Plata, 2: Marcial Barja, 3: Sabino Padilla, 4: Florencio Flores, 5: Julio Flores, 6: Juan Arancibia, 7 y 8: Teófilo Escobar, 9: Freddy Chaure, 10: Mario Vedia

IA: 1: Color, Olor y MO, 2: Compactación del suelo, 3: Infiltración del agua en el suelo, 4: Cobertura de malezas, 5: Agrobiodiversidad, 6: Humedad del suelo, 7: Incidencia plagas insectiles, 8: Incidencia de enfermedades, 9: Lombrices; 10: Macrofauna edáfica

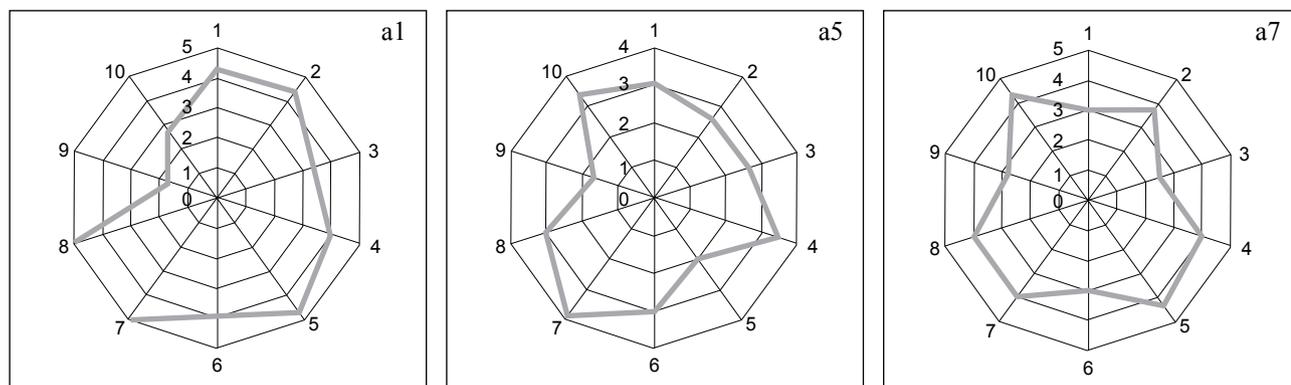


Figura 2. a1) Agroecosistema en mejor condición, a5) Agroecosistema en mala condición, a7) Agroecosistema en condiciones regulares. 1: Color, Olor y MO, 2: Compactación del suelo, 3: Infiltración del agua en el suelo, 4: Cobertura de malezas, 5: Agrobiodiversidad, 6: Humedad del suelo, 7: Incidencia plagas insectiles, 8: Incidencia de enfermedades, 9: Lombrices; 10: Macrofauna edáfica.

Evaluación agroambiental en agroecosistemas de maíz en terrenos planos

La matriz de los agroecosistemas planos se visualiza en la Tabla 4, y las evaluaciones más representativas se ilustran en la Figura 3, donde el agroecosistema (a2) tiene un valor favorable en relación al resto, esto se debe por la presencia alta de lombrices y macrofauna edáfica y control regular de plagas y enfermedades. El

agroecosistema (a1) muestra diferencias con el (a2) por la menor presencia de lombrices y una diversidad regular de macrofauna edáfica y la compactación del suelo es menor. Finalmente la evaluación resulto bajo en los agroecosistemas planos (a7), esto debido a la mayor cobertura de malezas y menor presencia de lombrices, a pesar de que el cultivo este regularmente controlado.

Tabla 4. Reporte de la evaluación de los agroecosistemas de maíz en terrenos planos con indicadores e índice de indicadores agroambientales (IIAA)

Agroecosistema (a)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Indicadores Agroambientales-IA	Valoración del Indicador									
1	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2
2	5	3	5	4	3	3	3	3	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
5	2	3	2	4	3	1	1	1	1	1
6	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3
8	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4
8	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4
9	1	5	1	1	3	1	1	1	2	1
10	4	4	2	3	3	2	3	2	2	3
IIA	31	33	28	28	30	32	26	28	27	28

a 1: Máximo Plata, 2: Marcial Barja, 3: Sabino Padilla, 4: Claudio Flores, 5: Julio Flores, 6: Juan Arancibia, 7: Andrés Cárdenas, 8: Gustavo Navia, 9: Ariel Salazar, 10: Mario García*

IA: 1: Color, Olor y MO, 2: Compactación del suelo, 3: Infiltración del agua en el suelo, 4: Humedad del suelo, 5: Cobertura de malezas, 6: Agrobiodiversidad, 7: Incidencia plagas insectiles, 8: Incidencia de enfermedades, 9: Lombrices; 10: Macrofauna edáfica.

- Se menciona los nombres de los productores, propietarios de los agroecosistemas evaluados.

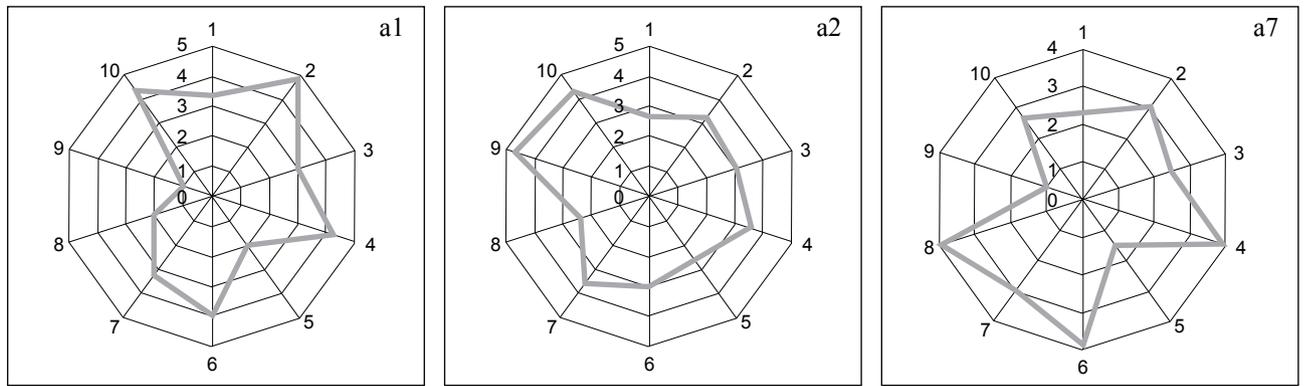


Figura 3. a1) Agroecosistema en condiciones regulares, a2) Agroecosistema en mejor condición, a7) Agroecosistema en malas condiciones. 1: Color, Olor y MO, 2: Compactación del suelo, 3: Infiltración del agua en el suelo, 4: Cobertura de malezas, 5: Agrobiodiversidad, 6: Humedad del suelo, 7: Incidencia plagas insectiles, 8: Incidencia de enfermedades, 9: Lombrices; 10: Macrofauna edáfica

Efecto del número de las campañas agrícolas en los agroecosistemas (años de uso)

El análisis de varianza reporta que existen diferencias significativas según el diseño evaluado entre los tratamientos de 1-2 campañas agrícolas (laderas) y de 16-30 campañas agrícolas (planos), en relación al resto (Tabla 3). La diferencia radica en el periodo de la habilitación de los nuevos agroecosistemas con trayectoria de solo dos campañas agrícolas, en relación a agroecosistemas tiene mayor trayectoria por el número de campañas agrícolas (Natura 2013), (SERNAP 2011), (PDM Monteagudo 2007) y (Soto & Ferreira 2013). Según la perspectiva local, los agroecosistemas con mayor trayectoria, tuvieron por los menos dos descansos no consecutivos, debido a la transferencia de propietario y venta de productos de maíz de los agroecosistemas de la comunidad de Zapallar.

Discusión

Las afirmaciones del SERNAP (2011) y PDM de Monteagudo (2007) concuerdan con las evaluaciones de los agroecosistemas en laderas, ya que el monocultivo del maíz (*Zea mays*) practicado en la comunidad de Zapallar, ha degradado la actividad biológica de los suelos (abundancia de macrofauna edáfica, presencia de lombrices). También por el uso de agroquímicos, lavado de la materia orgánica del suelo por la acción de la lluvia, quema del suelo por los chaqueos, menor periodo de descanso del terreno y entre otros la falta de rotación de cultivos, causando modernamente la proliferación de plagas insectiles, malezas y enfermedades por los controles que se van aplicando al cultivo: Las campañas agrícolas oscilan entre 1-3 años, y generalmente están destinadas a la producción de maíz por tener mejores condiciones de adaptación para este cultivo.

Tabla 3. Análisis de la varianza de Tipo I en relación al número de las campañas agrícolas entre los agroecosistemas en laderas y planos en la comunidad de Zapallar.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.36754

Error: 8,7993 gl: 16

Tratamientos Medias n E.E.

1-2 campañas agrícolas (laderas) 34.40 5 1.33 A

3-10 campañas agrícolas (laderas) 32.60 5 1.33 A B

1-15 campañas agrícolas (planos) 29.97 5 1.33 A B

16-30 campañas agrícolas (planos) 28.40 5 1.33 B

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

El comportamiento de los agroecosistemas planos, está en función a la producción continua de maíz (*Zea mays*), maní (*Arachis hipogaea*), ají (*Capsicum baccatum var. pendulum.*) y papa (*Solanum tuberosum*) por más de 30 campañas agrícolas. Donde la calidad del suelo ha disminuido gradualmente según el análisis físico-químico realizado por Orias (2010), quien indica que a menor profundidad, la materia orgánica, los macro nutrientes (N, P, K) son menores en relación a mayor profundidad del suelo. También estos agroecosistemas tienen mayor proliferación de plagas insectiles, malezas, enfermedades particularmente en el maíz, ya que también son considerados agroecosistemas semi-mecanizados donde se aplica riego.

Conclusiones

El comportamiento de los agroecosistemas de maíz en terrenos en laderas tienen menor presencia de malezas, plagas insectiles, compactación del suelo y muy favorables el color del suelo (materia orgánica y olor) particularmente cuando son utilizados entre 1-2 campañas agrícolas. También tienen menor presencia de macrofauna edáfica y diversidad agrícola cuando el uso está dispuesto en periodos de 3-10 campañas agrícolas.

Los agroecosistemas planos tienen menor presencia de macrofauna edáfica, lombrices y por lo contrario tiene mayor cobertura de malezas, además, los controles con pesticidas son regulares para evitar la proliferación de plagas y enfermedades en el cultivo de maíz

Existen diferencias significativas entre los agroecosistemas en laderas (1-2 campañas agrícolas) y los agroecosistemas ubicados en terrenos planos (16-30 campañas agrícolas). Los indicadores agroambientales diseñados y aplicados en el estudio, permitieron evaluar las características físicas y biológicas de los agroecosistemas de maíz para fines de remediación de suelos y su conservación.

Agradecimientos

Se agradece a los pobladores de la comunidad de Zapallar y al equipo técnico del proyecto BEISA 3-Facultad de Ciencias Agrarias –Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo en la investigación.

Referencias

- ABT. 2010. Informe Anual 2010, Santa Cruz, Bolivia: Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra.
- ABT. 2011. Informe Anual de la ABT Gestión 2011. In Autoridad de Bosque y Tierra. Santa Cruz, Bolivia: Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra, 1–92.
- ABT 2013. Informe de avances y resultados Gestión 2012. In Autoridad de Bosque y Tierratoridad de Bosque y Tierra,. Santa Cruz, Bolivia: Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra, pp. 1–79.
- Altieri, M. & C. I. Nicholls. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. In Agroecología. D.F. Mexico: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, pp. 4–257.
- Arancibia, R. 2010. Serie de Investigación de estado ambiental: Informe de estado ambiental del departamento de Chuquisaca 2010 Edwin Alva. Liga de Defensa del Medio Ambiente, ed., La Paz, Bolivia: SOIPA.
- Bermudez, M.B. 2007. Determinación de indicadores agroecológicos en sistemas agroforestales y de medios de vida de fincas cafeteras de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica María Bianney Bermúdez Cardona. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Canaviri, M. 2012. Incidencia de plagas y enfermedades en los agro ecosistemas de ají, maní, maíz y papa en las Comunidades Iripiti y Zapallar del PN ANMI Serranía del Ñaño del Dpto. Chuquisaca. Informe de pasantía para optar el título de técnico superior en agronomía, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier. BEISA 3. Chuquisaca. 34.
- Cárdenas GI, Gomez H, Idarraga A, Vasquez L. 2005. Desarrollo y Validación de Metodología para Evaluar con Indicadores la Sustentabilidad de Sistemas Productivos Campesinos de la Asociación de Caficultores Organicos de Colombia- ACOC. Programa Agron UNISARC. 1–17.
- CCE. 2006. Establecimiento de indicadores agroambientales para el seguimiento de la integración de las consideraciones medioambientales en la política agrícola común, Bruselas.

- Churqui M, Lozano R, Serrano M, Cespedes A. 2014. Evaluación de la agrobiodiversidad en los agroecosistemas del PN-ANMI Serranía del Ñao (Bolivia , Chuquisaca). ACTA Nov. 6: 165–193.
- CITRA. 2012. Manejo de Agua en el Suelo, Santiago, Chile. Available at: citra@citraulca.cl.
- Concepción, E. D. & Díaz, M., 2013. Medidas agroambientales y conservación de la biodiversidad: Limitaciones y perspectivas de futuro. *Ecosistemas*, 22(1), pp.44–49.
- Cuesta, F. & C. Chiriboga. 2010. Indicadores de Evaluación del Impacto del Cambio Climático Sobre la Biodiversidad de los Países de la Comunidad Andina de Nacionales. In CONDESAN-UICN-SUR. Quito, Ecuador, pp. 1–102.
- Fajador, E. N. 2002. Indicadores para el Manejo de los Bosques en Honduras con Énfasis en Cuencas Hidrográficas. In Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Turrialba, Costa Rica, 101.
- FAO. 2007. Cambio climático y seguridad alimentaria : un documento de marco. In Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 24.
- FAO. 2013. Taller de Presentación del Estudio de Políticas Agroambientales en Chile: Proyecto GCP/RLA/195/BRA, Santiago, Chile.
- García, G. D. 2010. Conceptos y metodología de la investigación histórica * Concepts and methodology of historical research. 36(1), 9–18.
- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba , Costa Rica. In Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Turrialba, Costa Rica, 118.
- INATEC. 2003. Niveles y umbrales de daños económicos de las plagas. In A. Pitty, J. Lopez, & D. Matute, eds. Manual para el Estudiante de Primer Año de Bachillerato Técnico. América Central: Instituto Nacional Tecnológico, Dirección General de Formación Profesional. 53.
- Jiménez. M. 2009. Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático. In Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Escuela de Posgrado, 155.
- LIDEMA. 2011. Cartilla de Medios de vida y cambio climático, La Paz- Bolivia: Liga de Defensa del Medio Ambiente.
- LIDEMA. 2010. Estado Ambiental de Bolivia 2010, La Paz, Bolivia: Liga de Defensa del Medio Ambiente.
- Lima, P.T., J.G.C. Castillo & R.A. Barradas. 2011. Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. *Agendas de adaptación y sistemas institucionales. Política y Cultura*, (36), 205–232.
- Lugo-Morin, D.R. 2007. Evaluación del riesgo agroambiental de los suelos de las comunidades indígenas del estado Anzoátegui, Venezuela. *Ecosistemas*, XVI(1).
- Lugo-Morin, D. R. & J. C. Rey. 2009. Evaluación de la Vulnerabilidad a la Degradación Agroambiental a Traves del Uso del Sistema Microleis en los Llanos Centrales de Venezuela. *Int. Contm, Ambient*, 25(1), 43–60.
- Masera, O., M. Astier & S. Lopez-Ridaura. 1999. El Marco de Evaluación MESMIS. In *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos*. Mexico, 13–44.
- NATURA. 2013. Informe Socioeconómico del Chaco-Monteaugudo, Monteaugudo, Bolivia.
- Obando, F., I. Tobasura & J. Miranda. 2011. Evaluación de la calidad del suelo por medio de indicadores locales en sistemas con predominio de café y ganadería en zonas de ladera en Colombia. In C. Villanueva, C. J. Sepúlveda L., & M. Ibrahim, eds. *Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 260.
- Ochoa V, Hinojosa B, Gómez-muñoz B, García-ruiiz R. 2007. Actividades enzimáticas como indicadores de calidad del suelo en agroecosistemas ecológicos. 1.
- Orias, J. 2010. Uso actual y valor cultural de las plantas nativas útiles en las Comunidades de Entierillos y Santiago de Las Frías del PN-

- ANMI Serranía del Iñao del Dpto. Chuquisaca. Tesis de Grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier. BEISA2. Chuquisaca. 57.
- PDMM. 2012. Plan de Desarrollo Municipal de Monteagudo, Monteagudo, Bolivia: Gobierno Autonomo Municipal de Monteagudo, Provincia Hernando Siles, Chuquisaca, Bolivia.
- Rios, S. J. 2010. Vulnerabilidad al Cambio Climático de tres grupos de productores agropecuarios en el Área de influencia del Bosque Modelo Reventazón (BMR) - Costa Rica. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, 132.
- Sarandón, S. J. & C. C. Flores. 2009. Evaluación de la Sustentabilidad en Agroecosistemas : Una Propuesta Metodologica. Agroecologia, 4, pp.19–28.
- Sardán, S. 2012. Diagnóstico de la diversidad de variedades cultivadas en los agroecosistemas de ají, maní, maíz y papa en las comunidades de Acero Norte del municipio de Monteagudo y Pedernal del Municipio de Padilla del Dpto. Chuquisaca. Informe de pasantía para optar el título de técnico superior en agronomía, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier. BEISA 3. Chuquisaca. 39.
- SERNAP. 2011. Plan de Manejo 2012-2021:Parque Nacional y Area Natural de Manejo Integrado Serrania del Iñao. In Parque Nacional y Area Natural de Manejo Interado Serrania del Iñao. Monteagudo, Bolivia: Servicio Nacional de Areas Protegidas. 282.
- Soto, J. & D. Ferreira. 2013. Monitoreo de Termino Medio de las variables Agro Socio-Economicas en Seis Comunidades del Area de Trabajo del Proyecto BEISA 3. Facultad de Ciencias Agrarias, 133.
- USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Instituto de Calidad de Suelos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 88.
- USDA. 2009. Soil Quality Card EM8710-E ed. V. Valley, ed., Oregon, Estados Unidos: Extesin Service, Oregon State University.

Producción de semillas de una variedad promisoría de maíz (*Zea mays*) en las comunidades de Azero Norte y Zapallar del Municipio de Monteagudo

Seed production of a promising maize variety (*Zea mays*) in the communities of Azero Norte and Zapallar, Monteagudo Municipality

Heriberto Reynoso Montes^{1*}

¹Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Calle Calvo N° 132, Casilla Postal 1046, Sucre – Bolivia.

*hery_reynoso@hotmail.com

Resumen

Se establecieron dos lotes de producción de semillas de maíz (*Zea mays*) de la variedad IBO-128 en dos comunidades del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño, durante las campañas agrícolas 2012-2013. El objetivo fue evaluar las características agronómicas de la variedad, con datos provenientes del Centro de Investigación e Innovación de Tecnología Agropecuaria Iboperenda (CIITAI) donde se liberó esta variedad de maíz, a efectos de determinar la interacción entre el genotipo-ambiente. Las variables evaluadas fueron: días a la floración; altura de planta, altura de inserción de mazorca, prolificidad, cobertura y tamaño de la mazorca; tipo de grano y rendimiento (t/ha). Se han encontrado diferencias en relación a los valores de las variables evaluadas entre las comunidades y en comparación con el lugar de procedencia de la variedad, obteniendo valores inferiores en la comunidad de Azero Norte y mayores en Zapallar, con rendimientos de 4.08 t/ha y 4.65 t/ha respectivamente, que podría atribuirse al tipo de suelo y condición de humedad favorable en la comunidad del Zapallar. Las condiciones agroclimatológicas de ambas comunidades determino la manifestación fenotípica y la variación en las características agronómicas de la variedad de maíz.

Palabras clave: Interacción genotipo-ambiente, mejoradores de semillas, semillas de calidad, rendimiento, variedad promisoría

Abstract

Two maize seed production lots (*Zea mays*) were established with the variety IBO-128 in two communities of the Serranía del Iñaño National Park and Natural Integrated Managed Area, during the agricultural campaigns of 2012 to 2013. The objective was to evaluate the agricultural characteristics of the variety with data from the Centre for Investigation and Agro-Technological Innovation 'Iboperenda' (CIITAI), where this variety of maize was founded, to the effects in order to determine the interaction between gene type environments. The variables evaluated were: days to flowering, plant height, size, prolificacy, cover and size of the cob, type of grain and yield (t/ha). Differences were encountered in the relation to the values of the variables evaluated between the communities and in comparison with the place of origin of the variety, obtaining lower values in the communities of Azero Norte and higher values in Zapallar with yields of 4.08 t/ha and 4.65 t/ha respectively, which could be due to the type of soil and favorable humidity conditions in the Zapallar community. The agroclimatological conditions of both communities determined the phenotypic manifestation and the variation in the agronomic characteristics of the variety of maize.

Key words: Genotype-environment interaction, quality seeds, promising variety, seed improvement, yield.

Introducción

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), indica que la producción mundial de maíz del año 2013 fue de 988.57 millones de toneladas, además esta institución estima que la producción mundial de maíz el 2014/2015 sería de 989.30 millones de toneladas, cerca de 3.18 millones de toneladas más que podría significar un incremento de 2.13 millones de toneladas o un 0.22% en la producción de maíz alrededor del mundo (FAO STAT 2014).

Los fitomejoradores de semillas han realizado un trabajo activo, produciendo una gama de variedades de la mayoría de especies cultivadas en el mundo, es así que este aumento de variedades a través de la producción de semillas permite al agricultor, tener una mayor variedad de semillas, dando la oportunidad de escoger la semilla más adecuada para cada región (Espinosa et al. 1995, 1997). También nos permite la producción de semillas, obtener mejores resultados en cuanto al rendimiento, a la propagación de especies que presenten características de resistencia a algún patógeno (INTA 2008).

El principal insumo agrícola, para alcanzar un alto rendimiento, es la utilización de semilla de calidad, registradas por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Forestal (INIAF), después de procesos eficientes de selección y mantenimiento para la obtención de semillas de alta calidad genética y respuesta fenotípica favorable a determinadas condiciones agroecológicas. La multiplicación de semillas de maíz, requiere de información técnica, sobre el manejo agronómico, en áreas de adaptación óptima, fechas de siembra, coincidencia a floración, forma correcta de eliminación de plantas indeseables, densidad de población, fertilización convencional, respuesta a biofertilizantes, además de otra información que permita la obtención de los rendimientos más elevados de cada variedad, así como semilla certificada (Ramírez & Córdoba 1992).

En nuestro país, la producción de maíz, según la Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO 2014), informa que la superficie de maíz del área cultivada registró un crecimiento del 28% en la gestión 2014. El año pasado en la campaña de verano 2012 – 2013 se cultivaron 72 000 hectáreas y durante la presente campaña 2013 – 2014, 100 000 hectáreas.

Los buenos precios internos (Bs 120 el quintal), han llevado a que la superficie cultivada de maíz para esta campaña de verano se incremente notoriamente en comparación de la similar campaña del año pasado.

Información obtenida de los Planes de Desarrollo Municipal en los Municipios de Monteagudo, Villa Vaca Guzmán y Huacareta, las superficies de producción de maíz son elevadas en comparación a otros cultivos, desde la gestión 2009 la superficie de producción (25 000 ha), han incrementado en un 5%, por tanto se puede mencionar que en las zonas productoras de maíz en el Chaco Chuquisaqueño, existe aproximadamente 37 550 ha cultivadas con diferentes variedades de maíces. De acuerdo al incremento de las superficies de producción comercial de maíz en zonas productoras, existe el incremento relativo por la demanda de semilla certificada, el proceso productivo y el procesamiento de la semilla en los Municipios de Monteagudo, Huacareta y Villa Vaca Guzmán, ha sido reforzado institucionalmente con la creación de la Asociación Regional de Productores Semilleristas (ARPROS) en el Chaco de Chuquisaca, se está incentivando al incremento de las superficies de producción de semillas abriendo además otros canales para su comercialización.

La demanda creciente por semilla en las comunidades del área protegida (PN-ANMI Serranía del Iñao), y otras de los Municipios de Monteagudo y Villa Vaca Guzmán y Huacareta, han impulsado a iniciar con procesos de producción y mantenimiento de semillas de variedades promisorias de maíces, bajo métodos viables y accesibles para su aplicación in situ, a nivel de los pequeños productores de las comunidades del PN-ANMI Serranía del Iñao.

Por tanto, el objetivo general de esta investigación, fue producir semilla de calidad de variedades promisorias de maíz como la variedad IBO 128 registrado por la ex CORDECH (INIAF 2009), en terrenos agrícolas de pequeños productores, para contribuir en la atención de las demandas insatisfechas de semillas de los agricultores, y ofertar semillas de calidad de variedades que han sido obtenidas en el Centro de Investigación e Innovación de Tecnología Agropecuaria – Iboperenda (CIITAI). Entre las principales variables se evaluó la adaptabilidad de la variedad promisorias de maíz, en función al rendimiento en las comunidades del área protegida PN-ANMI Serranía del Iñao. La variedad

de maíz IBO-128, respondió favorablemente en las condiciones agroecológicas de las comunidades donde se realizó la investigación, demostrando estabilidad fenotípica y alto rendimiento, en comparación con las variedades que usan actualmente los productores.

Materiales y Métodos

Área de Estudio.

El trabajo de investigación se realizó en las comunidades de Azero Norte y El Zapallar en el Municipio de Monteagudo del departamento de Chuquisaca, estas comunidades forman parte del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao. La comunidad de El Zapallar se encuentra a 5 km de la ciudad de Monteagudo a una altitud de 1120 m, la precipitación promedio anual oscila entre 800 a 900 mm/año, la temperatura promedio anual es de 23°C y una humedad relativa del ambiente promedio de 76%, la principal actividad económica de esta comunidad es la producción de maíz, seguido del maní, ají y otras leguminosas de grano. La comunidad de Azero Norte se encuentra al norte del Municipio de Monteagudo, aproximadamente a 97 km, a una altitud de 1178 m, la precipitación promedio anual es de 500 a 600 mm, temperatura media anual de 21°C y una humedad relativa del ambiente de 72%, la principal actividad económica en esta comunidad es la producción de maíz, maní, ají y otras leguminosas de grano.

En el municipio de Monteagudo la principal actividad económica, está determinada por la actividad agrícola y pecuaria, en gran porcentaje las familias tienen en sus sistemas de producción, cultivos de maíz, maní, ají, frejoles, en pequeñas superficies se pueden identificar a los cultivos de yuca y papa. La tecnología que emplean las familias en sus parcelas de producción es parcialmente mecanizada, debido a que los suelos presentan topografía irregular, presencia de suelos relativamente planos en bajo porcentaje.

Diseño Experimental.

En la campaña agrícola 2012-2013, se establecieron lotes de producción de semillas de maíz en la variedad IBO-128, cuyo material genético original es la población 28 que es conservada por el CIMMYT-México. Esta variedad está en mantenimiento desde hace más de 30 años en el

Centro de Investigación e Innovación de Tecnologías Agropecuarias-Iboperenda (CIITAI), institución dependiente de la Gobernación de Chuquisaca. Este Centro en años anteriores estuvo bajo la dependencia de la ex CORDECH (Corporación Regional de Desarrollo de Chuquisaca), entidad que registró la variedad como obtenedor el año 1999 con el número MA-010-90 el año 1990 (INIAF 2009).

La superficie para la producción de semillas en cada comunidad fue de una hectárea, establecidos en predios de los productores, la densidad de siembra de 80 000 a 85 000 plantas/ha. Para efectos de evaluación de las características agronómicas, se han tomado al azar muestras de plantas en un 10% de la población total del cultivo, en cada uno de los lotes semilleros.

Se realizó la preparación de los terrenos con maquinaria agrícola, esta labor consistió en la remoción y preparado de la cama de siembra con el implemento agrícola conocido como rastra de tiro. En la comunidad de Azero Norte la siembra del lote semillero de maíz de manera tradicional (yunta de bueyes), depositando la semilla en forma manual a una densidad de siembra de 0.70 m entre surcos y a una distancia de siembra entre plantas de 0.50 m, depositando dos semillas por sitio. En la comunidad de El Zapallar la siembra del lote semillero de maíz fue mecanizada, con una sembradora de granos de cuatro tachos, regulados a una distancia de 70 cm entre surcos, depositando las semillas a una distancia de entre 20 a 25 cm (3 a 4 semillas/metro lineal).

Las principales labores culturales realizadas en los lotes semilleros fueron:

Control de malezas, las mismas que compiten con el cultivo, por los nutrientes del suelo y pueden ser transmisores de enfermedades y/o hospederos de larvas de plagas insectiles. El control fue químico y manual en diferentes épocas del desarrollo del cultivo, eliminando las malezas perjudiciales a los cultivos. El aporque del cultivo de maíz, realizado en la comunidad de Azero Norte, con el propósito de remover la capa superficial del suelo para brindar mayor oxigenación y estabilidad a las plantas.

El control del ataque de plagas insectiles, en esta caso se acudió al empleo de agroquímicos, los mismos recomendados dentro el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y en la producción agroecológica.

Cuando las plantas alcanzaron su ciclo fisiológico, se realizó la cosecha de manera tradicional, considerando los registros de otros datos agronómicos de importancia, como ser: Número de plantas cosechadas, peso de campo y porcentaje de humedad. Durante el desarrollo de los cultivos en los lotes semilleros se han realizado las siguientes evaluaciones agronómicas que se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables agronómicas evaluadas en el estudio

Variables	Método de evaluación
Ataque de plagas insectiles	Esta variable agronómica fue evaluada con una escala de calificación (1: sin ataque, 2: ataque leve, 3: ataque severo)
Días a floración masculina y femenina	Variable registrada en función al número de días transcurridos desde la siembra hasta el desarrollo del 50% de espigas y 50% de los estigmas.
Altura de planta	Variable registrada con la ayuda de una regla graduada de 3 m. de altura. La regla se apoya en la base y se realiza la lectura con la última hoja bandera de la planta.
Altura de inserción de la mazorca	Con la regla graduada, se aprovecha en realizar la medición de altura de mazorca, dato obtenido en cm.
Prolificidad de mazorcas	Se cuenta el número de mazorcas presentes en una planta que presente granos maduros.
Cobertura de mazorca	Se aplica una escala de calificación de la cobertura de la mazorca (1: excelente, 2: regular, 3: mala).
Tamaño de mazorca	Se mide la longitud total de la mazorca
Tipo de grano	Se toman muestras de granos de varias mazorcas y se realiza la observación a la corona para calificar (SD: grano semi-dentado, D: grano dentado, F: grano vítreo).
Rendimiento	Una vez determinado el peso de campo y el porcentaje de humedad del grano, se realiza el cálculo de rendimiento de acuerdo a la fórmula establecida.

Comparaciones de la variedad de maíz IBO-128

Se ha recopilado del INIAF – Chuquisaca, la documentación sobre las características originales de la variedad IBO-128, liberado el año 1990 por el Centro Experimental Iboperenda, ahora conocido como Centro de Investigación e Innovación de Tecnología Agropecuaria – Iboperenda (CIITAI), institución dependiente de la Gobernación de Chuquisaca.

Resultados

Determinación de las características agronómicas de la variedad IBO-128

Las plantas del lote semillero de maíz en la localidad de Azero Norte alcanzaron entre 62 y 70 días la floración masculina y femenina respectivamente, a

un promedio de altura de planta 2.70 m y altura de inserción de mazorca 1.50 m, con cierta tendencia a formar dos mazorcas por planta. La cobertura de mazorca fue regular y el tamaño alcanzó un promedio de 30 cm, grano dentado amarillo y el rendimiento promedio fue de 4.09 t/ha.

Mientras que en la comunidad de El Zapallar, las plantas alcanzaron la floración masculina y femenina a los 64 y 72 días respectivamente, la altura de planta promedio fue de 2.82 m y altura de inserción de mazorca de 1.65 m, también las plantas manifestaron tener cierta tendencia a formar una segunda mazorca. La cobertura de mazorca fue regular ya que las brácteas en algunas plantas no logran cubrir estrechamente la mazorca, el tamaño de mazorca promedio es 32 cm, tipo de grano dentado y rendimiento promedio de 4.65 t/ha.

Tabla 2. Características agronómicas de la variedad de maíz IBO-128, en dos localidades del PN ANMI Serranía del Iñao Gestión Agrícola 2012-2013

Localidad	Datos promedio de las características agronómicas evaluadas								Rendimiento (t/ha)
	Floración Masculina (Días)	Floración Femenina (Días)	Altura de planta (m)	Altura de Inserción de mazorca (m)	Prolificidad de mazorcas	Cobertura de mazorca *(Esc 1-3)	Tamaño de mazorca (cm)	Tipo de grano	
Azero Norte	62	70	2.70	1.5	1.5	2	30	Dentado	4.09
Zapallar	64	72	2.82	1.65	1.5	2	32	Dentado	4.65

1: excelente, 2: regular, 3: mala

Comparación de las características con originales de la variedad IBO-128 con las características evaluadas en Azero Norte y Zapallar (2012-2013)

Realizada la comparación de las características agronómicas principales de la variedad original respecto a las plantas que corresponden a la parcela semillera de la comunidad de Azero Norte (Fig. 1a), existe una diferencia de hasta 2 días en la floración masculina y femenina, por tanto se manifiesta cierta precocidad de la variedad en el nuevo ambiente agroecológico. En relación a la altura de planta e inserción de mazorca existen diferencias de 0.08 y 0.06 m, que no es significativo en relación a la variedad original (Fig. 1b y Fig. 1c). Se mantiene la característica de prolificidad en 1.5 mazorcas por

planta, la cobertura de mazorca alcanzó un valor de 2 (regular cobertura), siendo una diferencia clara de pérdida de la característica original, que manifiesta la calificación de 1 (buena cobertura de mazorca). Respecto al tamaño de mazorca la diferencia es negativa respecto a las características originales frente al promedio de tamaño de las mazorcas del lote semillero que alcanzo un promedio de 30 cm (Fig. 1c). Se mantiene la característica del tipo de grano original (dentado).

El rendimiento de la parcela semillera (4.09 t/ha), fue inferior en comparación al dato de rendimiento registrado para su liberación como variedad original (5.01 t/ha), tal como se muestra en la Figura 1e.

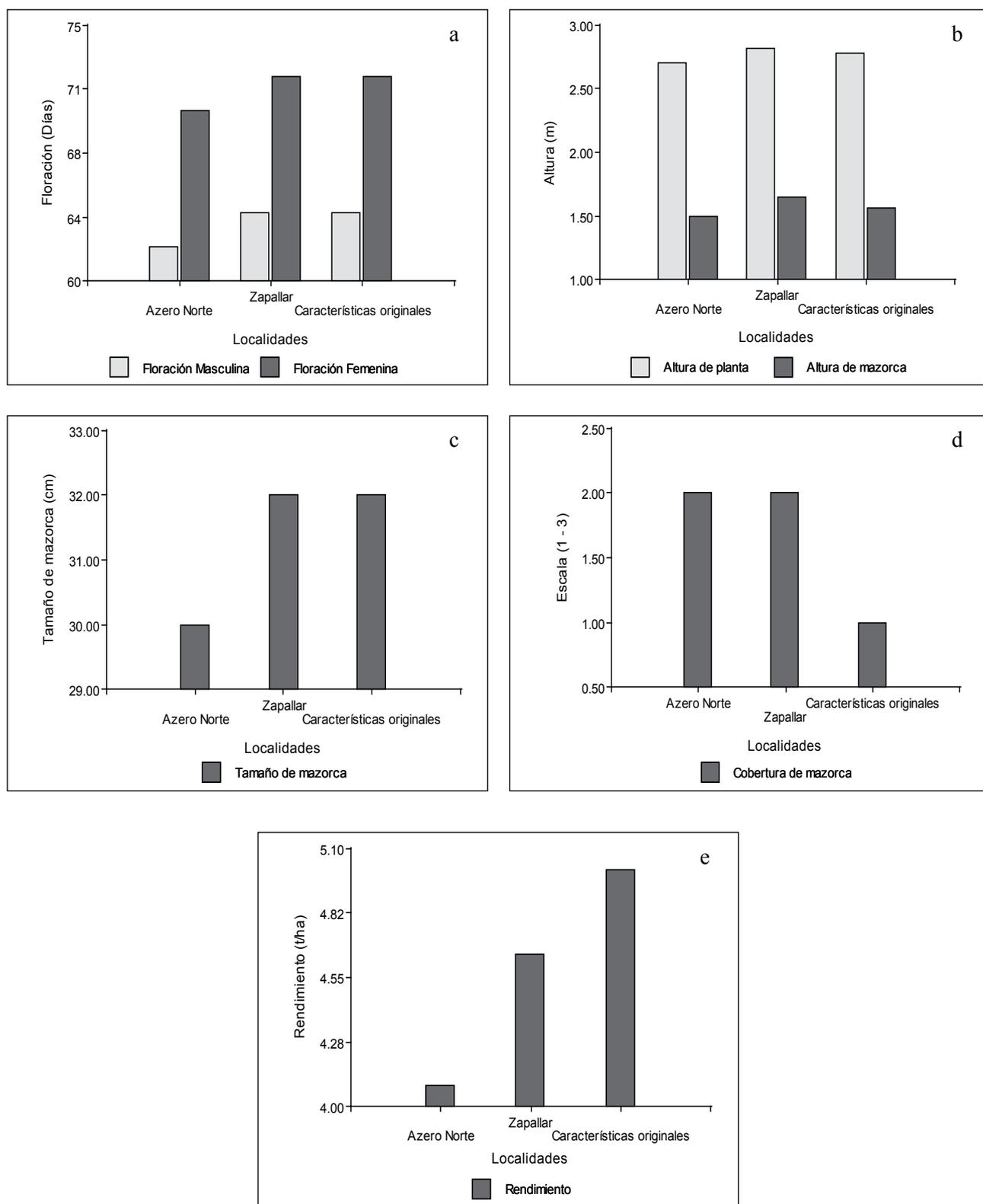


Figura 1. Comparación de las características de: a) floración, b) altura de la planta, c) tamaño de la mazorca, d) cobertura de la mazorca, e) rendimiento de la variedad de maíz (*Z. mays*) IBO-128, obtenidos en las comunidades de Azero Norte y Zapallar en el Municipio de Monteagudo y el CIITAI.

El comportamiento de las características agronómicas principales de la variedad original respecto a las plantas que corresponden a la parcela semillera de la comunidad de El Zapallar, no registró diferencias en la floración masculina y femenina, por tanto se manifiesta el mantenimiento del número de días en este ambiente agroecológico. En relación a la altura de planta y mazorca existen diferencias de 0.04 m y 0.09 m., es decir que las plantas del lote semillero fueron superiores en comparación a las características originales.

Se mantiene la característica de prolificidad en 1.5 mazorcas por planta, la cobertura de mazorca alcanzo un valor de dos (regular cobertura), siendo una diferencia clara de pérdida de la característica original, que manifiesta una calificación de uno (buena cobertura de mazorca). En el tamaño de la mazorca no existe diferencia o ganancia génica respecto a las características originales frente al promedio de tamaño de las mazorcas del lote semillero que alcanzo un promedio de 32 cm. Las plantas han manifestado tener mazorcas con grano dentado, manteniendo la característica del tipo de grano original. En el caso del rendimiento de la parcela semillera fue inferior (4.65 t/ha), en comparación al dato de rendimiento registrado para su liberación como variedad original (5.01 t/ha) (Fig. 1).

Discusión

Las variedades de maíces en actual producción desde hace más de 3 décadas (Aragón-cuevas et al. 2006), aun manifiestan sus características originales y rendimiento no muy inferior al promedio, de acuerdo al registro en el INIAF. Las variedades de maíces de grano dentado amarillo como el IBO-128, IBO-2836, son de mayor demanda en la zona, la región y a nivel nacional por sus peculiaridades que tienen, para la elaboración de alimentos balanceados para animales, por tanto se prevé el incremento de producción de semillas certificadas por la alta estabilidad fenotípica y respuesta positiva al comportamiento agronómico y rendimiento que es expectable respecto a los híbridos comerciales.

El estudio de la interacción genotipo-ambiente (G x A) es un tema de relevancia en la etapa final del mejoramiento genético (Riccell 2009), siendo uno de los factores determinantes en la selección y recomendación de cultivares evaluados en pruebas regionales de rendimiento, debido a que los patrones

de respuesta de los cultivares no son uniformes a través de los diversos ambientes donde se evalúan y que seguramente cambiaran en los lugares en donde los agricultores los siembren (Luchsinger et al. 2006).

En este sentido los resultados obtenidos en el ensayo indican claramente que las condiciones agroclimáticas de las comunidades de El Zapallar y Azero Norte son muy contrastantes respecto a las condiciones agroclimatológicas del Centro de Investigación e Innovación de Tecnología Agropecuaria Iboperenda (CIITAI), lugar donde se liberó la variedad IBO-128, es clara la diferencia de las manifestaciones fenotípicas de las plantas como ser: días a la floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca, en las parcelas semilleras en la comunidad de Azero Norte respecto al CIITAI. Al respecto García et al. (2009), indica que si se usa una misma localidad en diferentes años o incluso en diferentes épocas de un mismo año, no implica que se esté utilizando el mismo ambiente de evaluación, puesto que aun cuando las condiciones edáficas puedan ser las mismas de un año para otro, las diferencias climáticas entre años o épocas pueden ser relevantes. Así también se indica que para evaluar el comportamiento agronómico de los cultivares, generados de los programas de mejoramiento genético de cualquier rubro agrícola, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación (Alejos et al. 2006).

De acuerdo a las recomendaciones de los expertos, las etapas finales de los programas de mejoramiento genético, incluyen experimentos de evaluación en diferentes localidades durante varios años. La ocurrencia a menudo de interacción genotipo ambiente (G x A) en este tipo de ensayos exige la realización de estudios adicionales con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica. La interacción G x A, es frecuentemente descrita como la inconsistencia del comportamiento entre genotipos desde un ambiente a otro, y cuando ésta ocurre en gran proporción reduce el progreso genético de la selección (Yang & Baker 1991, Magari & Kang 1993). Por todo lo antecedido se continuará con los otros ensayos que darán sostenibilidad a estos primeros resultados obtenidos en estas dos comunidades.

Conclusiones

Las plantas de la parcela semillera de maíz (*Zea mays*) var. IBO 128, en la comunidad de Azero Norte manifestaron tener diferencias respecto a días a la floración tanto masculina y femenina, considerándose cierta precocidad respecto a la variedad original. La manifestación de altura de planta y mazorca fue inferior, no existe tendencia a la prolificidad de mazorcas, se mantiene el tipo de grano dentado y el rendimiento es inferior respecto al promedio que obtuvo la variedad original, durante su registro como variedad.

En la comunidad de El Zapallar, que presenta características agroecológicas muy diferentes a la comunidad de Azero Norte, se encontraron diferencias en las características de altura de planta y mazorca, siendo superiores en comparación a las características originales de la variedad, sin embargo el rendimiento fue inferior; no existe tendencia a la prolificidad de mazorcas, se mantiene el tamaño de mazorca y tipo de grano dentado amarillo.

Por tanto, las características agroecológicas de la comunidad de Azero Norte, permiten la introducción y adaptación de la variedad de maíz IBO-128, ya que las condiciones climáticas permiten la manifestación genética favorable, existiendo una interacción genotipo+fenotipo y ambiente, que permite la expresión favorable de las características cualitativas y cuantitativas de la variedad IBO-128.

Agradecimientos

El autor desea expresar su gratitud al Gobierno Autónomo del Municipio de Monteagudo que aportó los recursos físicos, humanos, técnicos y financieros para esta investigación, al Instituto Nacional de Investigación agropecuaria y Forestal (INIAF), que aportó sus recursos humanos para el seguimiento técnico en las parcelas experimentales de BEISA 3. A todos los funcionarios y estudiantes, que de una u otra aportaron su conocimiento y esfuerzo e hicieron posible que esta investigación fuera concluida en forma exitosa.

Referencias

Alejos, G., P. Monasterio, R. Rea. 2006. Análisis de la interacción genotipo - ambiente para

rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela

ANAPO. 2014. Asociación Nacional de productores de Oleaginosas. La producción de maíz, en nuestro país, Santa Cruz-Bolivia.

Aragón-Cuevas, F. S. J.M. Taba, J. Hernández, Figueroa, V. Serrano Altamirano & F. H. Castro. 2006. Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA: Libro Técnico No. 6. Oaxaca, México. 344.

Becker, H. C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* 30:835-840.

Casilla, L., & O. Franz. 2015, Efectos del sistema de riego sobre la producción y la conservación de variedades nativas de maíz (*Zea mays*) en la comunidad de Chacapaya del Municipio de SipeSipe, provincia Quillacollo, departamento Cochabamba.

Córdova, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. *Agro. Mesoamer.* 2:01-10.

Espinosa, A., M. Tadeo. A. Piña del Valle. 1995. Estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz por diferente orden de cruza en la producción de semilla. *Alajuela, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana* 6: 98- 103.

ENA. 2008. Encuesta Nacional Agropecuaria. El Maíz la base de la dieta alimentaria en Chuquisaca, Campaña de Verano 2007 – 2008, Chuquisaca-Bolivia.

Espinosa, A., A. Tapia N., R. O.S. Avela, & M. A. López. 1997. Análisis económico de la producción y uso de semilla mejorada de maíz en México: el caso kilo por kilo. En: Memoria del Seminario Internacional de economía agrícola del tercer mundo. México.

Freire F., F. R., M. Maurisrael, Q. R. Valdenire, Â. C. Lopez. 2005. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi. *Ciência Rural, Santa Maria*, 35(1):24-30.

García M. P. J, R. Cabrera, A. Pérez, R. J. Silva, R. M. Álvarez, C.A. Marín, P. Monasterio & M. D. Santella. 2009. Estabilidad del Rendimiento y Potencial Agronómico de Cultivares de Maíz de Endospermo Normal y QPM en Zonas Agroecológicas de Venezuela.

- Gobierno autónomo departamental de Chuquisaca (GACH). 2013. Secretaria Departamental de Desarrollo Productivo y Economía Plural, Proyecto Mejoramiento de la Producción de Maíz en el Departamento de Chuquisaca.
- INTA. 2008. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, La Fitotécnica, Mejoramiento del Maíz, Argentina.
- INIAF. 2009. Registro Nacional de Variedades 2009. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. La Paz Bolivia. 16.
- Luchsinger, A., M. González, & A. Rivera. 1981. Precocidad y rendimiento de maíz en relación a la época de siembra. *Simiente* 51(1-2): 68-73.
- PROMASOR. 2008. Proyecto de Maíz y Sorgo, Santa Cruz-Bolivia.
- Ramírez, D. & H. Córdova. 1992. Patrones de siembra en la producción de semilla de maíz híbrido. Saltillo, México, Pub. Centro de Semillas UAAAN.
- Riccelli, M. 2000. Mejoramiento Genético y Biotecnología, Introducción a la Genética del Maíz. En: *El Maíz En Venezuela*. Fundación Polar. 77-93.
- UNAD. 2007. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Curso sobre Fitomejoramiento. Pereira-Colombia.
- USDA. 2013. Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Producción Mundial de Maíz del año 2013.
- Yang, R. & R. Baker. 1991. Genotype – environment interactions in two wheat crosses. *Crop Sci.* 31:83-87.

Efecto de métodos de control de malezas, en el crecimiento y rendimiento del cultivo de ají, Municipio Padilla

Effect of weed control methods on the growth and yield of chile pepper crop in the municipality of Padilla

Marco A. Barrientos Pinto^{1*} & Martha Serrano¹

¹Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N°132, Sucre, Bolivia

* desmodium_agro_el.escondido@hotmail.es

Resumen

La investigación, se realizó en la comunidad Las Casas, en el Municipio de Padilla. El objetivo, fue contribuir al manejo de malezas en el cultivo de ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), mediante la aplicación de seis métodos de control de malezas. La metodología, consistió en el establecimiento de dos ensayos de campo uno en la localidad (I), ubicada en una superficie plana a una altitud de 1405 m; y la localidad (II), en un terreno con pendiente de 45° a una altitud de 1438 m, el ecotipo de ají utilizado fue “Asta de Toro Naranja”. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Donde los 6 tratamientos fueron: control mecánico (T1), control físico (T2), control químico (T3), control químico + control mecánico (T4), testigo absoluto (T5) y testigo local (T6). Las variables evaluadas en el cultivo fueron: altura de la planta, ancho del follaje de la planta, número de frutos/planta, peso de frutos/planta y rendimiento en vaina seca (kg/ha). Para la interpretación de los datos, se procedió a un análisis de varianza y también se aplicaron las pruebas de medias Tukey, ($\alpha=0.05\%$). Los resultados muestran que para la variable rendimiento hubo diferencias significativas entre los tratamientos en ambas localidades, el Testigo absoluto (T5) con 1 645.81 kg/ha obtuvo el mayor rendimiento, en la localidad I; y en localidad II con 1 451.57 kg/ha, existiendo diferencias significativas en el rendimiento en vaina entre localidades.

Palabras clave: Ecotipo, cobertura de malezas, control mecánico, ensayo de campo, tratamientos.

Abstract

The investigation was carried out in the community of Las Casas, Municipality of Padilla. The objective was to contribute to the management of weeds in the cultivation of chile pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), through the application of six control methods for weeds. The methodology, consisted in the establishing of two field tests, one in locality (I), situated on level ground at an altitude of 1 405 m; and locality (II), situated on a sloped position of 45°, at an altitude of 1 438 m. The ecotype utilized was “Asta de Toro Naranja”. The experimental design used was random blocks, with six treatments and four repetitions. Where the 6 treatments were: mechanical control (T1), Physical control (T2), Chemical control (T3) Chemical control + Mechanical control (T4), Absolute control (T5) and Local control (T6). The variables of the crop evaluated were: plant height, foliage width, number of fruits/ plant, weight of fruits/ plant and yield in dry legumes (kg/ha). For the interpretation of the data, an analysis of variance was used, in addition to Tukey mean tests ($\alpha=0.05\%$). The results showed that for the variable of yield there were significant differences between treatments in both localities, the Absolute control (T5) with 1645.81 kg/ha which achieved the highest yield, in the locality “I”; and in the locality “II” with 1451.57 kg/ha.

Key words: Field tests, mechanic control, treatments, weeds cover.

Introducción

La producción de ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) en el departamento de Chuquisaca, constituye una de las actividades más importantes en la agricultura de la región de los Valles y el Chaco. Además de ser una importante fuente de empleo e ingreso económico para el sector rural, se trata de un cultivo que forma parte integral del sistema de producción agrícola (Carballo 1998).

El término “maleza” o plantas arvenses refieren a las plantas silvestres o introducidas que crecen en las parcelas agrícolas, que si no se manejan pueden significar la reducción de los rendimientos del cultivo (Mitich 1994, Espinoza y Sharukhan 1997, Kudsk 2013). Según Cáceres et al. (2009), las malezas se constituyen en una limitante para la producción de ají, causando pérdidas entre 20 y 100%, si no se realiza un manejo oportuno y en las épocas adecuadas. Su control está basado en la aplicación de una serie de labores que retardan o eliminan la competencia de las malezas y favorecen el desarrollo del cultivo de las varias especies de *Capsicum* (Lui et al. 1984).

En las zonas productoras de ají de la región del Chaco Chuquisaqueño, predominan las malezas estacionales y anuales, que se multiplican en forma generativa y/o gámica (por semillas), y las especies bianuales y perennes que se desarrollan por rizomas, bulbos y tubérculos, su multiplicación es vegetativa o agámica, y debido a esta diversidad de malezas su control se hace más complejo (ABPV 2009).

Entre los controles más comunes que aplica el agricultor en el ají, es la forma mecánica y manual, que en términos económicos resulta ser costoso, porque durante el ciclo productivo del cultivo, requieren en promedio cinco carpidas como mínimo y que depende de las condiciones climáticas, la incidencia y el desarrollo de las malezas (Cáceres et al. 2009). Siendo que en el proceso de manejo integral de malezas, el control químico, es el método más rápido y efectivo. Sin embargo, el uso de herbicidas, no debe ser una práctica básica, sino una práctica complementaria, en este contexto, es necesario realizar trabajos de investigación, usando los diferentes métodos de control, que permitan controlar la incidencia poblacional o presencia de malezas, que compiten notablemente con el cultivo de ají (ABPV 2009).

Este estudio, es parte de las investigaciones del componente de Agroecología de BEISA 3 y presenta resultados de la evaluación de los diferentes métodos de control de malezas en el cultivo de

ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), en dos localidades, con diferentes pendientes topográficas, en la comunidad Las Casas del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño, Chuquisaca. Así mismo, esta investigación, es un aporte al conocimiento para permitir obtener posibles soluciones a la problemática planteada en estudio.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Comunidad Las Casas, ubicado en el distrito Tabacal del municipio de Padilla, provincia Tomina del departamento de Chuquisaca (Fig. 1). La comunidad a se encuentra dentro del “Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño” (PN-ANMI), ubicado entre las coordenadas geográficas 64° 07' 11'' LW y 19° 17' 55'' LS, con una altitud de 1600 m., tiene una superficie de 1.884 ha limita al Norte con la comunidad de Naranjal, al Sur con la comunidad de Tabacal, al Este con la comunidad de Llantoj, al Oeste con las comunidades de Chajra Mayu y Tabacal (Negrete 2012, Lozano et al. 2013).

Los principales cultivos agrícolas en la comunidad son el poroto (*Phaseolus vulgaris*), Maíz (*Zea mays*), Yuca (*Manihot esculenta*), Papa (*Solanum tuberosum* ssp *tuberosum*) y Ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) con variedades como Asta de Toro Naranja, Chicotillo, Asta de Toro Rojo (Churqui 2013; Villagómez & Blanco 2006). Los suelos son arcillosos, arcillo – arenoso y muestra una precipitación media anual de 900.00 mm (PDM. Padilla 2007 – 2011).

El ensayo de campo instalado en el, sector Arrayán denominado Localidad I, se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 64°07'20.6'' longitud oeste y 19°17'53.9'' latitud sud, a una altitud de 1405 m. Esta localidad se encuentra aproximadamente a 30 minutos del punto centro de la comunidad, en borde de río, en el límite con la comunidad de Naranjal propiedad de Celia Padilla Mendieta.

El ensayo de campo instalado en terreno en pendiente, en el sector Las Casas denominado Localidad II, se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 64°07'04.3'' longitud oeste y 19°18'36.0'' latitud sud, a una altitud de 1438 m, se encuentra a pocos metros de la escuela de la comunidad, en propiedad de Catalina Torrez Soliz, ubicado en borde de río que baja de dirección de Llantoj.

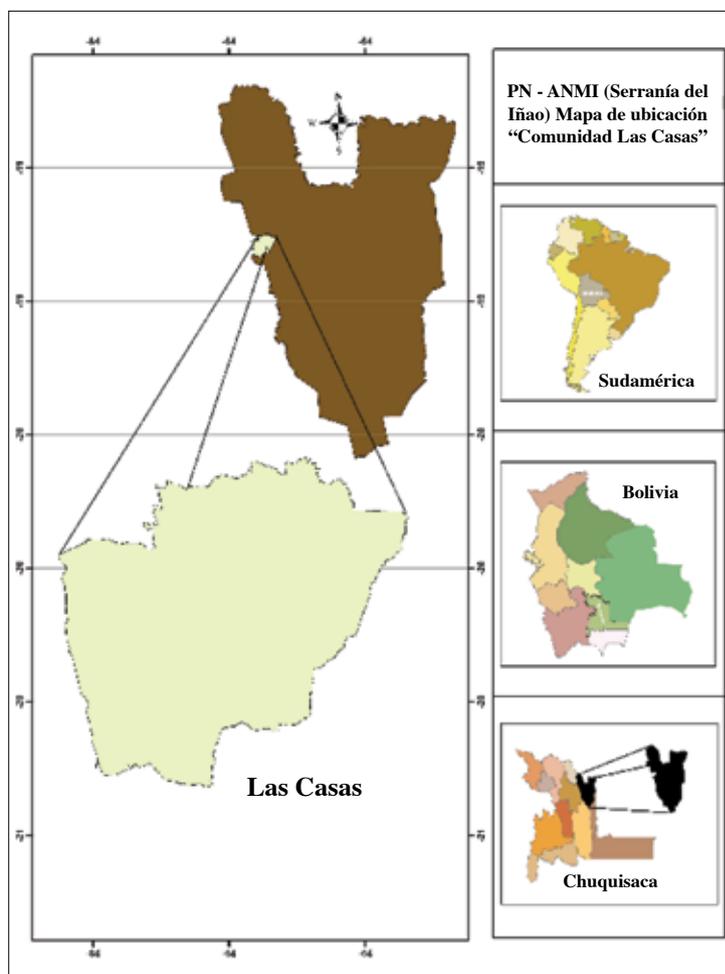


Figura 1. Mapa de ubicación de la comunidad Las Casas en el PN-ANMI Serranía del Iñao, Chuquisaca.

Diseño experimental

Con la finalidad de evaluar métodos de control de malezas en agroecosistemas del cultivo de ají, se realizó un estudio de campo de tipo experimental, bajo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), aplicando 6 tratamientos con 4 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales, los

tratamientos fueron diferentes métodos de control de malezas y dos testigos (Tabla 1). Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza usando el programa estadístico InfoStat (Balzarini et al. 2008, Guzmán 2002, Reyes, 1981 & Fernández et al. 2010) y se compararon las medias con pruebas de Tukey al 95% de significancia.

Tabla 1. Tratamientos evaluados, métodos de control de malezas en el cultivo de ají.

Nº	Método de control	Descripción de los tratamientos
1	Control Mecánico	Dos carpidas y un aporque a los 15 y 40 días después del trasplante.
2	Control Físico	Aplicación de una capa de 10 cm de cobertura vegetal (restos de árboles y arbustos).
3	Control Químico (Glifosato)	2.5 l/ha de ingrediente activo aplicado a los 15 y 90 días después del trasplante
4	Control Quím. + Control Mec. (Metribuzim + aporque)	400 gr/ha de ingrediente activo en pre trasplante y un aporque manual con azadón a 40 días después del trasplante.
5	Testigo Absoluto	Parcela libre de malezas.
6	Testigo Local	Dos carpidas a los 60 y 90 días después del trasplante de acuerdo a indicaciones de agricultores de la comunidad.

Tabla 2. Descripción de las cinco variables agronómicas evaluadas en el cultivo de ají.

Variables	Descripción
Altura de la planta (cm.)	De 10 plantas seleccionadas al azar dentro de la parcela útil, se midió desde la base del tallo hasta el ápice terminal.
Ancho del follaje de la planta (cm)	De 10 plantas seleccionadas al azar tomadas dentro de la parcela útil, a las cuales en el punto más ancho de la cobertura foliar.
Numero de vainas por planta	Número total de vainas que completaron su ciclo y desarrollo en el cultivo de ají.
Peso del fruto por planta (gr)	De cada parcela se recolectó los frutos por planta, y se pesó expresándolo en gr/planta al momento de la cosecha.
Rendimiento en vaina (kg/ha)	De cada parcela se recolectó el total de frutos producidos, se pesó y mediante este dato, se estimó el rendimiento por hectárea (ha).

Resultados

Localidad I: Arrayán

Crecimiento en altura de las plantas (cm)

La variable altura de la planta, a los 120 días después del trasplante, muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0044$). Y según la prueba de medias de Tukey en el tratamiento *Testigo absoluto* (T5) alcanzó el mayor valor (59.73 cm), siendo diferente estadísticamente al resto de los tratamientos, T1 (48.40 cm), T2 (47.55 cm) y luego están los tratamientos T4 (45.10 cm), T6, (44.85 cm) y T3, (41.33 cm), que son los tratamientos que presentaron el menor valor en comparación a los demás tratamientos (Fig.2a).

Ancho del follaje de la planta (cm)

El ancho del follaje de la planta, a los 120 días después del trasplante, no muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0711$) y mediante la prueba de medias de Tukey, a una probabilidad de 0.05%, el *Testigo absoluto* (T5), tiene el mejor ancho de follaje (68.18 cm), seguido T4 (61.45 cm), T2 (52.05 cm), T1 (46.50 cm), T3 (43.10 cm) y por último T6 (40.08 cm) que es el tratamiento que presentó el menor tamaño en comparación a los demás tratamientos (Fig. 2b).

Numero de frutos por planta

El número de frutos/planta, muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0002$), así también la prueba de medias de Tukey, se observa que

la mayor cantidad de vainas por planta corresponde al *Testigo absoluto* (T5) con 17.13 vainas/planta), seguido por los tratamientos T1 (7.98 vainas/planta), T4 (6.43 vainas/planta), T6 (6.03 vainas/planta), T2 (4.85 vainas/planta) y T3 (4.75 vainas/planta) (Fig. 2c).

Peso del fruto por planta

En la etapa de madurez del fruto, el peso de frutos/planta, muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0006$). Donde se reporta un coeficiente de variación confiable de 41.86%. Mediante la prueba de medias de Tukey se observa que el *Testigo absoluto* (T5) con 284.93 gr/planta, produjo los mejores rendimientos de vainas al momento de la cosecha, seguido por los tratamientos T1, con 127.38 gr/planta, T6, con 94.53 gr/planta, T2, con 92.60 gr/planta, T4, con 90.80 gr/planta y por último T3, con 82.20 gr/planta, que fue el tratamiento que presentó el peso menor/planta al momento de la cosecha (Fig. 2d).

Rendimiento en vaina seca (kg/ha)

Según el análisis de varianza, para rendimiento (kg/ha), muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p = <0.0001$), con la prueba de medias de Tukey, se observa que el *Testigo absoluto* (T5) con 1 645.81 kg/ha, produjo los mejores rendimientos/ha, seguido por los tratamientos T1 (660.17 kg/ha), T4 (519.76 kg/ha), T6 (480.38 kg /ha), T2 (418.37 kg/ha) y por último T3 (378.89 kg/ha), que fue el tratamiento que presentó el rendimiento menor/ha (Fig 2e).

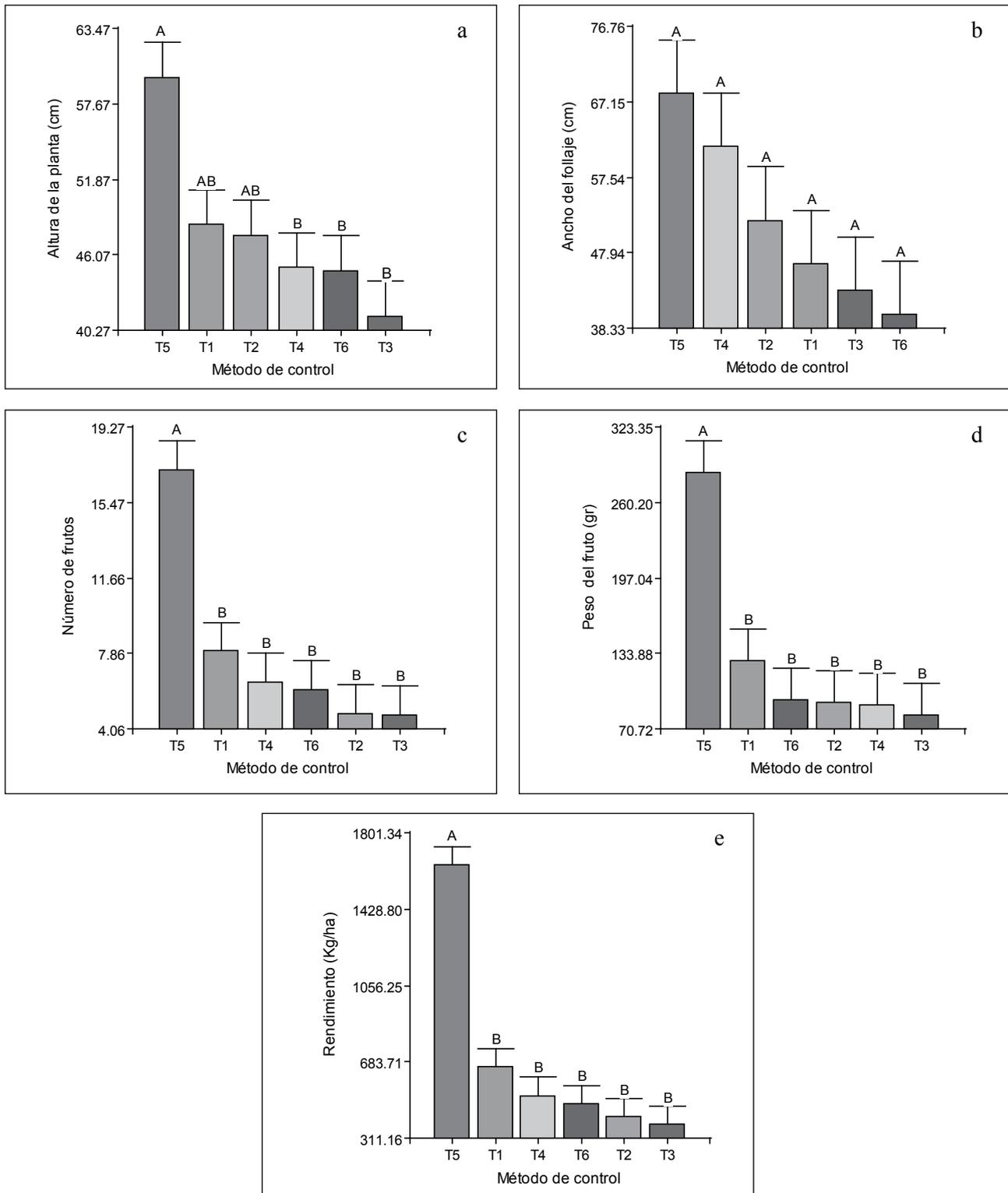


Figura 2. Efecto de los métodos de control de malezas: a) altura de la plantas a los 120 días. b) ancho del follaje de las plantas a los 120 días. c) número de frutos/planta. d) peso del fruto/planta al 60% de humedad. e) rendimiento en vaina seca (kg/ha) en la localidad I sector Arrayán.

*Localidad II: Las Casas**Peso del fruto por planta (gr)**Crecimiento en altura de las plantas (cm)*

A 120 días después del trasplante, muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.0032$). Además se reporta un coeficiente de variación confiable de 13.00%. Mediante la prueba de medias de Tukey el *Testigo absoluto* (T5), tiene el mayor valor (53.13 cm), luego estuvieron el T1 (44.35 cm), T4 (43.60 cm), T3 (8.75 cm) y por último el T2, (34.15 cm), que es el tratamiento que presentó el menor tamaño, en comparación a los demás tratamientos (Fig.3a).

Según el análisis de varianza, para peso de frutos/planta, muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$) en la prueba de medias para Tukey, se observa que el *Testigo absoluto* (T5) con 366.48 gr/planta, produjo los mejores rendimientos al momento de la cosecha, seguido por los tratamientos T4 (220.45 gr/planta), T1 (137.18 gr/planta), T6 (91.60 gr/planta) y por T2 (17.30 gr/planta), que además fue el tratamiento que presentó el menor rendimiento (Fig. 3d).

Ancho del follaje de la planta (cm)

La variable ancho de follaje de la planta, a los 120 días después del trasplante, muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$), y mediante la prueba de medias de Tukey, el *Testigo absoluto* (T5), tiene el mayor valor (54.65 cm), seguido por T4 (50.45 cm), T1 (41.80 cm), T6 (36.95 cm) y el T2 (27.05 cm), que presentó el menor tamaño, en comparación a los demás tratamientos (Fig.3b).

Rendimiento en vaina seca (kg/ha)

Según el análisis de varianza, para el rendimiento de vaina seca (kg/ha), muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$), siendo que la prueba de medias para Tukey muestra al *Testigo absoluto* (T5) con 1 451.57 kg/ha, con el mejor rendimiento/ha, seguido por los tratamientos T4 (865.28 kg/ha), T1 (568.50 kg/ha), y T3 (319.74 kg/ha) y T2 (158.54 kg/ha), que fueron los tratamientos que presentaron los rendimientos menores/ha (Fig. 3e).

Número de frutos por planta

De acuerdo al análisis de varianza, para el número de frutos/planta, muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = < 0.001$), donde se reporta un coeficiente de variación confiable de 19.33%. Y según la prueba de medias de Tukey, se observa que la mayor cantidad de vainas por planta corresponde al *Testigo absoluto* (T5), con 16.18 vainas/planta, seguido por los tratamientos T4, con 10.38 vainas/planta, T1, con 7.30 vainas/planta, T6, con 4.88 vainas/planta, T3, con 3.58 vainas/planta y por último T2, con 1.53 vainas/planta, que fue el tratamiento que presentó la menor cantidad de vainas/planta (Fig. 3c).

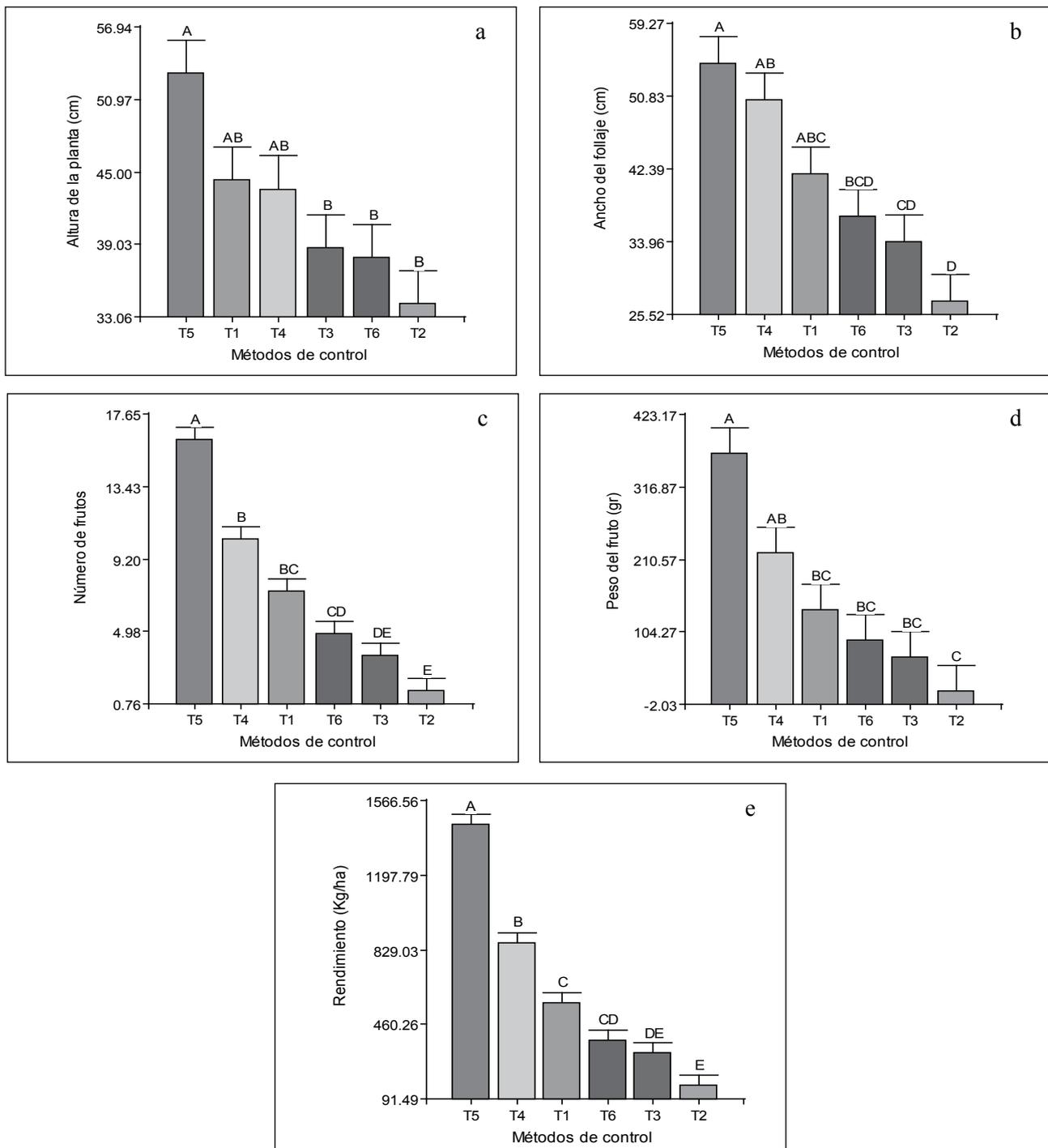


Figura 3. Efecto de los métodos de control de malezas: a) altura de la plantas a los 120 días. b) ancho del follaje de las plantas a los 120 días. c) número de frutos/planta. d) peso del fruto/planta al 60% de humedad, e) rendimiento en vaina seca (kg/ha) en localidad II, sector Las Casas.

Análisis de la altura de panta, número de frutos por planta y rendimiento entre localidades

Mediante el análisis de varianza, para la variable altura de la planta entre localidades, no muestran diferencias significativas entre los tratamientos

($p=0.3823$). Donde la localidad I (Sector Arrayan) las plantas alcanzaron mejor desarrollo y crecimiento (47.83 cm), en relación a la localidad II, (Sector Las Casas) con 42.07 cm, que produjo el menor crecimiento de las plantas (Fig. 4a). Para el número de frutos/planta entre localidades, no muestran

diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0.1457$), en la localidad I (Sector Arrayan) el número de frutos fue de 7.86 vainas/planta, presentando la mayor cantidad de vainas, que en la localidad II (Sector Las Casas) con 7.30 vainas/planta, que presento la menor cantidad de vainas en relación a la otra localidad (Fig. 4b). El rendimiento de vaina seca (kg/ha) entre localidades, muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p=0.0055$). En la localidad I (Sector Arrayan) presentó 683.90 kg/ha donde se dio los mejores rendimientos/ha, y en la localidad II (Sector Las Casas) con 624.53 kg/ha, que produjo el menor rendimiento/ha (Fig. 4c).

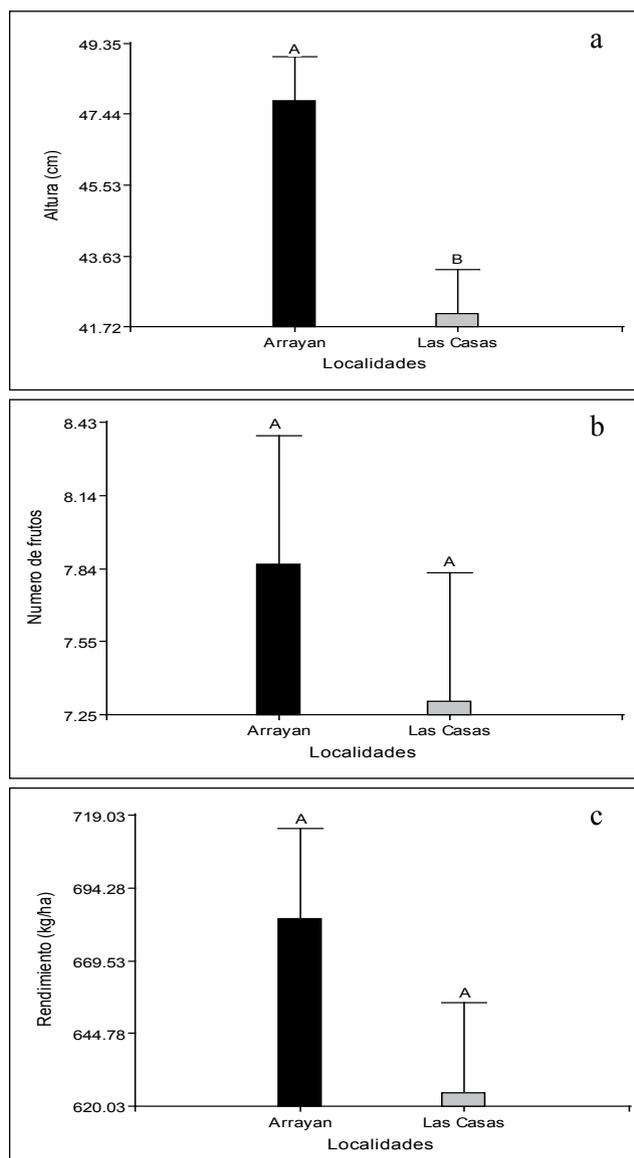


Figura 4. Comparación de parámetros de las plantas de ají: a) altura, b) número de frutos, c) rendimiento de ají en vaina seca (kg/ha) entre dos localidades, Municipio Padilla.

Discusión

Altura de la planta

La altura de la planta en el cultivo de ají es muy importante por la competencia inter específica que puede darse entre el cultivo y las malezas, por la sanidad de las vainas y por la relación que existe con el rendimiento. Uno de los factores que afectan la altura de las plantas, es la competencia causada por las malezas, según Peralta (2000), la altura de la planta es inversamente proporcional a la abundancia de malezas.

En el análisis de crecimiento de la planta de ají, se observa que la altura de las plantas es significativamente mayor en las plantas en los tratamientos, en la localidad I, los mayores promedios totales fueron T5 (59.73 cm), T1 (48.40 cm), T3 (41.33 cm) en localidad I, mientras en localidad II el T5 (53.13 cm), T1 (44.35 cm). Estas diferencias se reflejan por el efecto de los diferentes métodos de control de malezas y la competencia de las malezas que influye sobre la altura de la planta cultivada, ya que la presión de las malezas induce a la planta a una mayor altura, los tallos se elongan en busca de la luz solar, lo cual es una característica indeseable ya que ello produce un debilitamiento en la planta, haciéndola más susceptible al volcamiento y restándole eficiencia en la producción de vainas.

Número de frutos por planta

Esta variable es uno de los parámetros que más tiene que ver con el rendimiento en localidad I, se observa que la mayor cantidad de vainas se presentó en el *Testigo absoluto* (T5) con 17.13 vainas por plantas, T1 (7.98 vainas por planta), mientras en localidad II el T5 (16.18 vainas por planta); T4 (10.38 vainas por planta) estos resultados dan a entender que la cantidad de frutos está directamente relacionados con el desarrollo vegetativo de las plantas porque esta depende del número de flores que tiene una planta (Tapia 1987, White 1985), así mismo se puede afirmar que a mayor distancia presenta un número mayor de frutos por planta, ocasionada probablemente por el mayor número de ramas.

Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento en el cultivo de ají depende del Ecotipo, agroecosistema y del buen manejo agronómico al que se somete el cultivo. Según Peralta (2000), afirma que el rendimiento de un determinado cultivo es el resultado de un gran número de factores biológicos y ambientales que se correlacionan entre sí para luego expresarse en producción por hectárea.

En cuanto al rendimiento el control *Testigo absoluto* presentó el mayor rendimiento con 1 645.81 kg/ha en la localidad I y 1 451.57 kg/ha en localidad II, superando a los rendimientos promedios de 920.00 a 1 380.00 kg/ha, citados por (Blanco 2010) obtenidos en agroecosistemas similares en el Municipio de Monteagudo y Padilla. Está bien documentado que los rendimientos de los cultivos se reducen en la medida en que se incrementan la abundancia y cobertura de malezas, por lo tanto, lo beneficios marginales del control de malezas decrecen con el incremento de la abundancia de malezas (Montes 2005).

De los resultados de la presente investigación se desprende que un control temprano (15 días después del trasplante) no es suficiente para evitar la competencia por parte de las malezas, por el contrario un posterior control de malezas a los 40 días después del trasplante es suficiente para permitir buenos rendimientos de vainas de ají.

Conclusiones

Con base a los resultados de la evaluación de los métodos de control de malezas en el cultivo de ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* Willd.), se han llegado a las siguientes conclusiones:

Los métodos de control de malezas son diferentes y no tienen el mismo efecto, sobre el control de malezas en la producción del cultivo de ají (*Capsicum baccatum* var. *pendulum* Willd.)

Mediante el tratamiento mecánico, en base a carpidas, en Localidad I (Arrayán), se obtuvieron los siguientes rendimientos con el T5 (Testigo absoluto), el rendimiento fue de 1 645.81 kg/ha, seguido del T1 (Control mecánico), con un rendimiento de 660.17 kg/ha. Mientras que en la localidad II (Las Casas), el T5 (Testigo absoluto), obtuvo

un rendimiento de 1451.57 kg/ha seguido del T1 (Control mecánico) ocupando el tercer lugar en esta localidad, con un rendimiento de 568.50 kg/ha, siendo estos tratamientos más eficientes que los herbicidas.

El tratamiento combinado, Control químico + Control mecánico (T4), resultó tener buenos rendimientos en localidad I (Arrayán). Este tratamiento ocupó el tercer lugar, con un rendimiento de 519.76 kg/ha, mientras que en localidad II (Las Casas), este tratamiento ocupó el segundo lugar, con un rendimiento de 865.28 kg/ha.

El rendimiento de la baines seca (Kg/ha) entre localidades, en la localidad I (Sector Arrayan) con 683.90 kg/ha, produjo los mejores rendimientos/ha, y en la localidad II (Sector Las Casas) con 624.53 kg/ha, que produjo el menor rendimiento/ha existiendo diferencias entre localidades a causa de diferentes factores como tipo de suelo, pendiente y cobertura de las malezas presentes.

Agradecimientos

Al Gobierno Autónomo del Municipio de Padilla vía las organizaciones de la Comunidad de Las Casas por el apoyo brindado para la ejecución del presente trabajo de investigación de importancia departamental y regional. Al Ing. Roberto Acebey por el apoyo brindado durante la ejecución del trabajo de campo. A Per Kudsk por confianza y sus valiosos comentarios al presente trabajo y por la motivación constante en la redacción del presente artículo.

Referencias

- ABPV. 2009. Memorias del V Congreso Nacional de Protección Vegetal. Chuquisaca". Sucre, Bolivia.
- Balzarini, G. M. González. M. Tablada. F. Casanoves. J. Di Rienzo. & C. Robledo. 2008. InfoStat. Manual de Usuario. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina.
- Blanco, E. 2010. Manual de Cultivo de Ají. s.l.
- Cáceres, P., C. Bejarano & H. Equise. 2009. Control Químico de Malezas en el Cultivo de Ají en el Municipio de Monteagudo, Chuquisaca. Sucre, Bolivia.

- Carballo, M. A. 1998. Identificación de agentes causales de la pudrición del fruto del ají. UMSS, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Cochabamba, Bolivia. 81p.
- Churqui, M. 2013. Evaluación y caracterización de la agrobiodiversidad en seis comunidades del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñaño. Tesis de grado para Optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales, Naturales. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. BEISA 3. Chuquisaca. 56 p.
- Espinoza, G.F.J. & J. Sarukhan. 1997. Manual de malezas del valle de México. Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de cultura económica. 427 p.
- Fernández, R., A. Trapero. & J. Dominguez. 2010. Experimentación en agricultura. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
- Guzmán, P. 2002. Diseño y análisis de experimentos agrícolas y pecuarios. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre, Bolivia.
- Kudsk, P. N. 2013. Apuntes de clases curso: Malezas en los cultivos. Programa de capacitación de BEISA 3. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca
- Lozano, R. M. A. Barrientos, P. Kudsk. & R. Acebey. 2014. Malezas de los agroecosistemas del Parque Nacional y Área Natural de manejo Integrado Serranía del Iñaño: Guía para identificar las malezas de hoja ancha pastos y similares. BEISA 3-Herbario del Sur de Bolivia. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre, Bolivia. 195
- Liu, I. C., J. González -Ibáñez, M.R. Goyal. 1984. Weed competition in transplanted sweet peppers. Proceedings of the Caribbean food Crops Society 20: 198-199
- Mitich, L. W. 1994. Intriguing world of weeds: Beggarticks. Weed technol. 8: 172-175.
- Negrete, C. A. 2012. Estudio de conectividad de áreas fragmentadas con uso agropecuario en cuatro comunidades del (PN-ANMI)-Serranía del Iñaño. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero en Desarrollo Rural. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. BEISA 3. Sucre. 133.
- Plan de desarrollo municipal (PDM), Padilla. 2007 - 2011. Gobierno municipal de Padilla. Primera sección - Provincia Tomina.
- Reyes, P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. Mexico D. F. Trillas.
- Tapia, H. 1987. Manejo de malas hierbas en plantaciones de frijol en Nicaragua. Instituto de Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua Nicaragua. 36.
- Villagomez, J., & E. Blanco. 2006. Catalogo de aji: de los ecotipos conservados en campos de agricultores. PROIMPA, PNVD, SGP, DEMA. Cochabamba, Bolivia. p21-28.
- White, W. J. 1985. Conceptos básicos de fisiología en frijol. In: Frijol, investigación y producción. Compilado y editado por M. López, F. Fernández y A. Schoonhoven. CIAT. Cali, Colombia. 43-60.

Evaluación de tres cultivos de cobertura en San Pedro del Zapallar, Municipio Monteagudo

Evaluation of three cover crops in San Pedro del Zapallar, Monteagudo Municipality

Blanca A. Rosado Vargas^{1*}, Marco A. Barrientos Pinto² & Martha Serrano Pacheco²

¹ Gobierno Autónomo Municipal de Monteagudo, Unidad de Desarrollo Productivo, Monteagudo, Chuquisaca.

² Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Calle Calvo N° 132, Casilla Postal 1046, Sucre – Bolivia.

*blan_ca75@hotmail.com

Resumen

En la comunidad de San Pedro del Zapallar del municipio de Monteagudo se identificaron problemas como el descenso de la fertilidad, erosión del suelo, uso inadecuado de los suelos, la migración agrícola. En este contexto, los cultivos de cobertura son considerados como una medida eficiente para la conservación de los suelos al brindar cobertura vegetal y materia orgánica de fácil descomposición, se propuso porpuso el trabajo de investigación para la introducción y evaluación de tres especies entre leguminosas y gramíneas como cultivos de cobertura en época de invierno. La investigación se realizó en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), utilizando cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La especie de mejor comportamiento fue *Hordeum vulgare* (cebada), seguido *Vicia villosa* (veza) y *Sorghum vulgare* (sorgo) y el tratamiento del testigo sin cultivo, presento un resultado diferente a los demás tratamientos ($p < 0.001$) para las variables porcentaje de cobertura y biomasa foliar.

Palabras Clave: Conservación de suelos, cobertura vegetal, fertilidad, humedad, manejo agronómico.

Abstract

In the community of San Pedro del Zapallar, Monteagudo Municipality, problems were identified with the decrease in fertility, soil erosion, inadequate use of soils, and shifting agriculture. In this context the degradation of soils, the crops of cover are considered an efficient measure for the conservation of soils by offering vegetation cover and readily decomposable organic material. The introduction and evaluation of three species were proposed between legume and grass as a cover crop in the winter period. The investigation was realized using a random block design (DBCA), utilizing five treatments and four repetitions. The species with the best performance was *Hordeum vulgare* (cebada), followed by *Vicia villosa* (veza) and *Sorghum vulgare* (sorgo) and the treatment without control, and presented a different result from the other treatments ($p < 0.001$) for the variables of percent cover and foliar biomass.

Key words: agronomic management, fertility, humidity, soil conservation, vegetation cover

Introducción

En el Municipio de Monteagudo más propiamente en la comunidad de San Pedro del Zapallar, los principales cultivos son el maíz, ají, maní y frutales, el sistema de cultivos que se realiza es principalmente el monocultivo sin ningún esquema de rotación definido, las campañas agrícolas que empiezan en el mes de noviembre culminando en los meses de abril y junio.

Los siguientes meses del año, estos terrenos de cultivos, denominados localmente “barbechos”, son utilizados, para pastoreo del ganado bovino, a consumir los rastrojos de la cosecha anterior. También se practica la agricultura migratoria, hacen que se amplíen cada vez más la frontera agrícola, atentando en forma directa con la degradación de los recursos naturales y el medio ambiente. Este esquema de agricultura no es sustentable en el tiempo, ya que no se realizan ninguna reposición de material vegetal al suelo (Rivero et al. 1992, Kristensen 2003), por esta situación está en propuesta el uso de prácticas de manejo conservacionista, con prácticas con cultivos de cobertura y siembra directa, entre varios otros, para mejorar la calidad del suelo y la productividad de los agroecosistemas (Flores 1991, CIDICCO 2005, Lozano 2010).

Los cultivos de cobertura permiten mantener las tasas de infiltración de agua de lluvia, por el aumento de la cobertura del suelo y la macro porosidad, por descomposición de las raíces que generan un sistema de canales o corredores. La mayor cobertura de biomasa disponible, disminuye la amplitud térmica del suelo superficial, y provoca menor pérdida de agua por evaporación así mejora el uso del agua, aumentando la disponibilidad para el cultivo siguiente (Aitken 1984, Bravo et al. 2014). Además estas coberturas permiten eliminar o reducir la remoción mecánica del suelo, presentándose como una alternativa para recuperar suelos de áreas tropicales húmedas que se encuentran sometidas a altas temperaturas, a un exceso de lluvia y meteorización, lo que resulta una acidificación constante y baja fertilidad (Gliessman 2002).

En ese sentido, los cultivos de cobertura son una alternativa para mantener el balance del carbono en el suelo, por medio de la biomasa aérea y el aporte de las raíces, que incrementa el contenido de materia orgánica del suelo, también disminuye la pérdida de

nutrientes móviles como, nitratos y sulfatos. Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de cultivos de cobertura en la época invernal en la comunidad del Zapallar, Municipio Monteagudo.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en terrenos de la comunidad de San Pedro del Zapallar que aproximadamente tiene una superficie de 3.25 has, en municipio de Monteagudo, Provincia Hernando Siles, ubicado en las coordenadas 63°56'24.4" de Longitud Oeste de Greenwich y en el paralelo 19°47'43.1" de Latitud Sud, y una altitud de 1148 m, temperatura media de 20.4° C, suelos franco arenosos, que abarca la importante Micro-cuenca “Tartagalito”. El manejo tradicional del recurso suelo consiste en una agricultura migratoria, creando una cantidad considerable de bosques secundarios. La comunidad del Zapallar cuenta con ecosistemas húmedos en las áreas bajas y sub húmedo en las áreas altas (PDM. Monteagudo 2011-2016).

Diseño experimental

La investigación se realizó a partir del mes junio a octubre, del periodo agrícola 2013, bajo un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron dos especies de gramíneas y una leguminosa. Los tratamientos fueron: T_1 = Testigo, (parcela sin cultivo de cobertura); T_2 = Cebada (*Hordeum vulgare*); T_3 = Sorgo (*Sorghum vulgare*); T_4 = Cebada + Veza (*Hordeum vulgare*) + (*Vicia villosa*); T_5 = Sorgo (*Sorghum vulgare*) + Veza (*Vicia villosa*), elegidos con base a sugerencias de la comunidad.

La siembra anterior de la parcela fue con cultivo de maíz, por la comunidad (2012) y posteriormente se implementó la parcela experimental de ecotipos y variedades de maní (2012 – 2013), el terreno fue preparado manualmente utilizando medios mecánicos (azadón), removiendo los suelos para que este suelto y realizar la apertura de surcos para la siembra.

Evaluación de las variables

Altura de la planta: Se seleccionaron 10 plantas al azar en el área útil en cada unidad experimental, la medición se realizó desde la base del suelo hasta el ápice terminal de las plantas (cm).

Porcentaje de cobertura (%): La evaluación del porcentaje de cobertura de los cultivos en estudio se realizó cada 30 días, en superficies de 1 m².

Biomasa: La evaluación de la biomasa se llevó a cabo después 120 días de realizada la siembra, en cada unidad experimental se muestreo un 1 m², y luego se procedió al pesado de la biomasa.

Análisis estadístico

Una vez concluido el trabajo de campo se procedió a la sistematización de datos y la aplicación de pruebas estadísticas de acuerdo al modelo de Diseño de Bloques Completamente al Azar, Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), y cuando existieron diferencias en los tratamientos se efectuó comparación de medias por la prueba de Tukey ($p=0.05$), para comprobar la diferencia entre los tratamientos, para ello se utilizó el programa de análisis estadístico InfoStat.

Resultados

Altura de planta de los cultivos de cobertura

El análisis de varianza, para la variable altura de planta a 90 días, mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p = <0.001$) con un coeficiente de variación que es confiable (25.65%), con la prueba de comparación de medias Tukey, en el tratamiento con *Hordeum vulgare* (T2) alcanzo la mayor altura, con promedio de 49.68 cm (Fig. 1a), también fue importante la altura que alcanzó la asociación *Sorghum vulgare* + *Vicia veza* (T5), siendo el testigo compuesto por solo una diversidad de malezas, que tuvo la menor altura de especies presente en este periodo de evaluación.

Porcentaje de cobertura (m²)

La evaluación de la cobertura de los cultivos después de 30 día de la siembra indica que entre los tratamientos existen diferencias altamente

significativas ($p<0.001$). La prueba de medias de Tukey, determinó que el tratamiento *Hordeum vulgare* + *Veza sativa* (T4) alcanzó el mejor porcentaje de cobertura (66.25%). En tanto que *Sorghum vulgare* + *Vicia veza* (T5), *Sorghum vulgare* (T3) y *Testigo* (T1) fueron los tratamientos que presentaron los porcentajes de cobertura más bajos, en comparación a los demás tratamientos (Fig. 1b).

No obstante, la evaluación de la cobertura a 60 y 90 días, también registró que entre los tratamientos existen diferencias altamente significativas ($p<0.001$). Se determinó que el tratamiento *Hordeum vulgare* (T2) cebada tuvo el mejor porcentaje de cobertura (80%). Y los tratamientos *Sorghum vulgare* + *Vicia villosa* (T5), *Sorghum vulgare* (T3) y *Testigo* (T1) fueron los tratamientos que presentaron los porcentajes de cobertura más bajos (Fig. 1c, 1d).

Biomasa (gr/m²)

Para la variable aporte de biomasa a los 120 días, se determinó que existen diferencias altamente significativas ($p=<0.001$) entre los tratamientos y se incrementó el coeficiente de variación a 36.42%. Procediendo a la prueba de comparación de medias de Tukey, se identificó que el tratamiento con *Hordeum vulgare* (T2), tuvo la mayor biomasa (148.46 gr/m²), y solamente el *Testigo* (T1) aportó escasa biomasa al suelo (Fig. 1e).

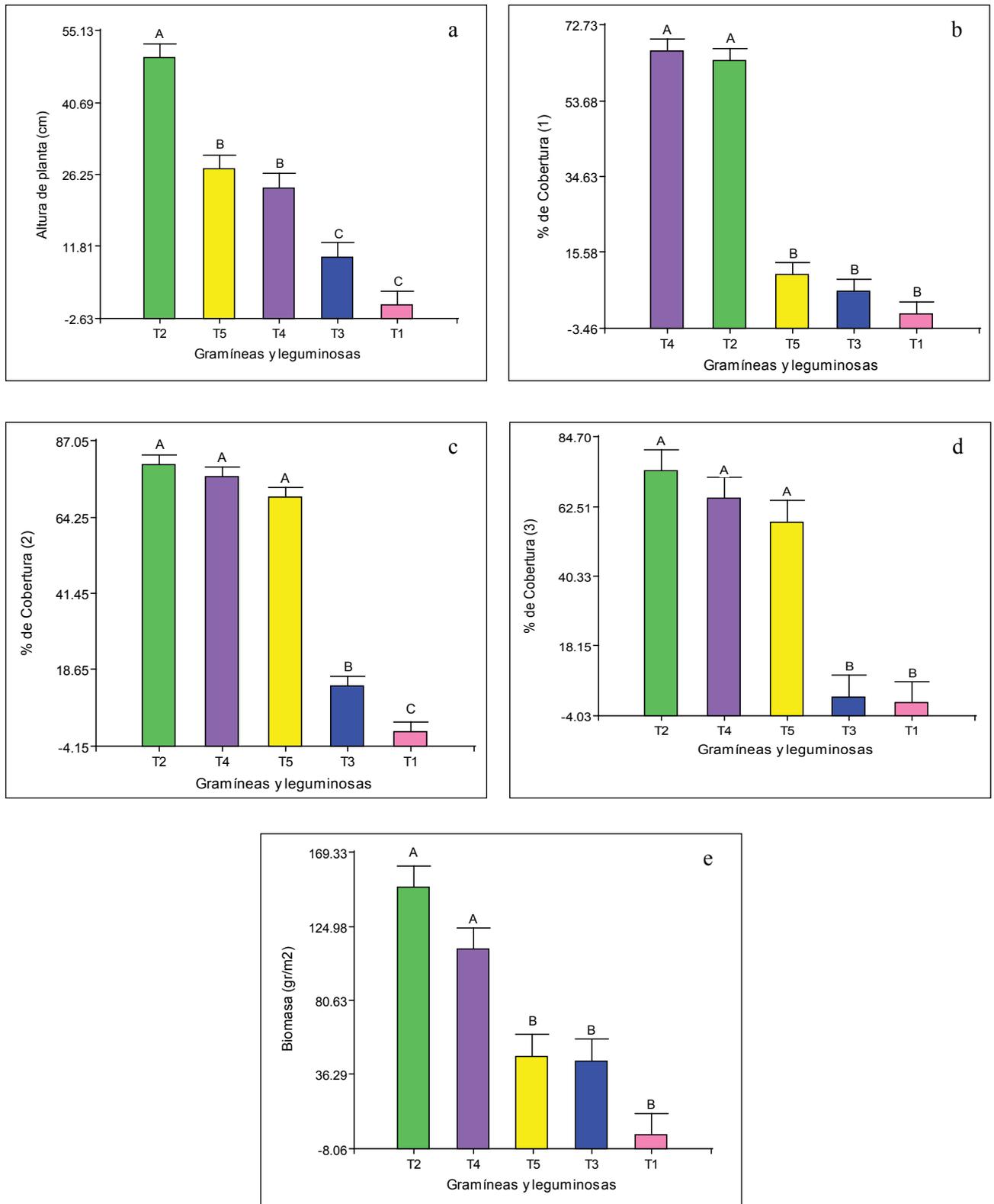


Figura 1. Parámetros evaluados en los cultivos de cobertura en época de invierno: a) altura de la planta, b) biomasa gr/m², c) porcentaje de cobertura (m²) evaluado a 30 días, d) porcentaje de cobertura (m²) a 60 días y e) porcentaje de cobertura (m²) a 90 días.

Discusión

Según García (2012), los cultivos de cobertura son agresivos pueden reducir las reservas de humedad del suelo hasta una profundidad de 1 m. La incorporación de los cultivos de cobertura como un abono verde también podría conducir a incrementos en rendimiento, por ejemplo, el incremento en la producción. Por su parte, Smith et al. (1987) indica que los cultivos de cobertura se adecuan a climas con inviernos templados y en general, para secuencias de cultivos estivales. El uso de la técnica aplicada en la comunidad del Zapallar favoreció al cultivo de *Hordeum vulgare*, que se adecua las condiciones de acidez del suelo (Isla 1998), aunque estuvo agrónomicamente limitado por la desventaja de la humedad del suelo para producir materia seca, por la temperatura invernal y por la disponibilidad de agua en la estación de crecimiento, que como remarcan otros estudios los cultivos de cobertura tendrían un efecto positivo sobre la eficiencia de uso de agua de los sistemas de producción, sobre todo en regiones donde ocurren precipitaciones durante el barbecho invernal (Lemaire et al. 2004).

En relación a otras investigaciones de cultivos de cobertura apropiados para la época invernal no se han encontrado referencias en cuanto a esta temática, que sirvan de referencia al objetivo del presente trabajo de investigar el crecimiento y desarrollo y biomasa vegetal de la asociación de un cultivo de leguminosa y gramínea, y determinar las ventajas que representa en los rendimientos en comparación con sus siembras como cultivos únicos o monocultivos y época común de siembra.

Conclusiones

El tratamiento T2 (*Hordeum vulgare*), T4 (*Hordeum vulgare* + *Vicia veza*) y seguido del T5 (*Sorghum vulgare*) + (*Vicia sativa*) respondieron mejor como cultivos de cobertura en época de invierno. Adicionalmente *Hordeum vulgare* y *Vicia veza* por sus características de elevada densidad radicular y foliar además de su hábito rastrero y abundante cobertura vegetal son más eficaces en la protección del suelo a la erosión y la retención de humedad. La cobertura de la especie gramínea *Sorghum vulgare* obtuvo menor biomasa.

Agradecimientos

Los autores Agradecen a los responsables del proyecto BEISA 3 por la oportunidad de difundir los resultados de esta investigación, como contribución para proponer mejores y buenas prácticas agrícolas en el Área Protegida del Ñaño. Así mismo un agradecimiento, Ing. Manuel Jiménez, Arminda Ortiz, y a todo el personal técnico del proyecto BEISA 3 en Monteagudo, por su apoyo durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Referencias

- Alfonso, C., M. Rivero, P. Porras, E. Cabrera, J. Llanes, J. Hernández, V. Somoza. 1997. Las asociaciones maíz-leguminosas: su efecto en la conservación de la fertilidad de los suelos. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 65-73.
- Aitken, S.J. 1987. Manual agrícola. Ed. Wayar & Soux Ltda. La Paz, Bolivia. 165.
- CIDICCO (Centro internacional de información sobre cultivos de cobertura). 2003. Catálogo de Abonos verdes / cultivos de cobertura (CCAV), empleados por pequeños productores de los trópicos. Dirección: <http://www.cidicco.hn/archivospdf/Catalogo%20AVCC%202003.pdf> (en línea: 04/12/2013).
- Bravo, C., Z. Lozano, R. M. Hernández, L. Piñango, & B. Moreno. 2004. Efecto de diferentes especies de cobertura sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro* 16: 163–172.
- García, A. 2012. Manejo de leguminosas de coberturas con fines de conservar y mejorar las propiedades de suelos Para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo, Presentado por el bachiller: Tarapoto – Perú. Universidad nacional de san Martín Tarapoto. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento Académico Agrosilvo pastoril. Escuela académico-profesional de Agronomía.
- Bunch, R. 2004. Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. Rehabilitación de tierras degradadas, LEISA Revista de Agroecología. Vol. 19, N° 4, Abril 2004.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible”, Impresión LITOCAT, Turrialba, Costa Rica, 359.

- Isla, C.R. 1998. Efecto de la salinidad sobre la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. Salamanca. 5-6.
- Kristensen, T. 2003. Cultivos y abonos verdes como herramientas biológicas en el manejo de nitrógeno en las zonas templadas, vol. 79 227-302.
- Lemaire, G., S. Recous & B Mary. 2004. Managing residues and nitrogen in intensive cropping systems. New understanding for efficient recovery by crops. *In*: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sept-1 Oct 2004, Brisbane, Australia, www.cropscience.org.au/icsc2004/
- Lozano, Z., H. Romero & C. Bravo. 2010. Influencia de los cultivos de cobertura y el pastoreo sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana. *Agrociencia* vol.44 no.2 México feb./mar. 2010.
- Miller, P.R., W. L. Graves, W.A. Williams. 1992. Cultivos de coberturas. *Agronomy Progress Report- Universidad de California. DAVIS-USA.*
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal, Monteagudo). 2012. Gobierno Municipal de Monteagudo Primera Sección – Provincia Hernando Siles.
- Rivero, L. M., J.M. Illanes, M. Cabrera, N. Castro. 1992. La influencia de los cultivos inter cosechas y los abonos verdes en la protección del suelo. Informe del resultado 005-09. Instituto de Suelos, MINAG.
- Smith, M. S, Frye W & Varco J. 1987. Legume winter cover crop. *Advances in soil science*, Dirección: http://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1995Articles/PlantDisease79n02_167.pdf (En línea: 04/12/2013).

Determinación del efecto nodular de bacterias nitrificantes (*Rhizobium*) en el rendimiento de ecotipos y variedades de maní

Determining the nodular effect of nitrogen fixing bacteria (*Rhizobium*) in the yield of ecotypes and varieties of peanut

Iverth Cabrera Carreon^{1,2*} Marco Antonio Barrientos Pinto¹
& Richar Edwar Lazo Cabrera^{1,2}

¹Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Monteagudo, Bolivia.

²Carrera de Ingeniería Agroforestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Monteagudo, Bolivia.

* ivercito_90@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en las comunidades de Azero Norte y San Pedro del Zapallar, en el Municipio de Monteagudo. El objetivo, fue determinar la respuesta de los ecotipos y variedades de maní al inoculante *Rhizobium*, en condiciones de suelo con baja calidad nutricional, el diseño utilizado fue el diseño de bloques completos al azar, con 13 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas fueron biomasa (kg/ha), número de nódulos/planta, peso de 100 semillas y rendimiento en grano (kg/ha). La inoculación de semillas de maní con bacterias nitrificantes, incrementaron la cantidad de biomasa en el *Tubito Bayo* (T12) con 13 172.94 kg/ha en la comunidad de Azero Norte, mientras que en la comunidad de San Pedro del Zapallar el *Colorado de Bartolo* (T1), alcanzo la mayor incorporación de biomasa con promedio de 6 664.56 kg/ha. El número de nódulos por planta en la comunidad de Azero Norte y San Pedro del Zapallar el *Coloradito Chiquitano* (T7), alcanzó la mayor población nodular (483.60 y 536.93 nódulos/planta). En la comunidad de Azero Norte el rendimiento fue mayor en el *Coloradito Chiquitano* (T7) con 2 449.01 kg/ha, mientras que en la comunidad de San Pedro del Zapallar, el *Colorado de Bartolo* (T1) alcanzó 1 512.47 kg/ha, existiendo diferencias entre las localidades y siendo estos tratamientos eficientes para la producción del cultivo de maní con técnicas de inoculación.

Palabras clave: Biomasa, inoculación, nódulos, suelo

Abstract

The present investigative work was carried out in the communities of Azero Norte and San Pedro del Zapallar, in the Monteagudo Municipality. The objective was to determine the response of ecotypes and varieties of peanut to *Rhizobium* inoculum, in soil conditions with a low quality of fertility. The design used was a random block design, with 13 treatments and 4 repetitions. The variables evaluated were biomass (kg/ha), number of nodules/ plant, weight of 100 seeds and grain yield (kg/ha). The inoculation of peanut seeds with nitrifying bacteria increased the biomass quantity in *Tubito Bayo* (T12) (13 172.94 kg/ ha) in the community of Azero Norte, while in the community of San Pedro del Zapallar *Colorado de Bartolo* (T1), the highest incorporation of biomass was achieved with a mean of 6 664.56 kg/ha. The number of nodules per plant in the community of Azero Norte and San Pedro del Zapallar in *Coloradito Chiquitano* (T7) achieved the highest nodular density of (483.6 and 536.93 nodules/ plant). In the community of Azero Norte the yield was higher in *Coloradito Chiquitano* (T7) with 2 449.01 kg/ha, while in the community of San Pedro del Zapallar, in *Colorado de Bartolo* (T1) with 1 512.47 kg/ha, meaning that these are effective treatments for the production of peanut crop with inoculation techniques.

Key words: Biomass, inoculation, nodules, soil, yield

Introducción

El maní es una leguminosa con altos requerimientos de Nitrógeno (N), que obtiene tanto del suelo como de la fijación biológica de nitrógeno, se estima que este proceso contribuye entre el 60-80% de la fijación biológica de nitrógeno (FBN), esta simbiosis aporta una parte considerable del nitrógeno combinado en la tierra y permite a las plantas leguminosas crecer sin fertilizantes nitrogenados y sin empobrecer los suelos (Cuadrado et al. 2009). El maní se siembra generalmente en suelos pobres en nitrógeno, pero ventajosamente el maní se puede inocular teniendo la capacidad de formar una asociación con *Rhizobium* que son bacterias que captan nitrógeno del aire, localizados en nódulos formados en la raíz (Cerioni et al. 2007). El nitrógeno una vez convertido en alimento para la planta contribuye con el desarrollo vegetal (altura, follaje y vigor) y por lo tanto ayuda a aumentar en gran escala el rendimiento del maní (Jeres et al. 2004)

El nitrógeno es el nutriente más importante de los cultivos por su rol en los sistemas biológicos, la complejidad de su ciclo y su participación en los sistemas de producción hace que la deficiencia de Nitrógeno como factor limitante en la productividad de las plantas, afectarían el desarrollo de la simbiosis leguminosa-*Rhizobium* (Fassbende & Bornemisza 1994). La gran necesidad de Nitrógeno de las plantas y la limitada habilidad de los suelos para suministrarlo hace que sea en general, el nutriente más limitante para la producción agrícola.

La importancia de la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa radica en la capacidad del nuevo órgano formado “el nódulo” para transformar el nitrógeno atmosférico en nitrógeno asimilable para la planta, con lo que se incorpora a la cadena nutritiva. La interacción simbiótica entre las bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) y las leguminosas, se establece a través de un intenso intercambio de señales entre ambos simbiosis, donde se destaca la liberación de compuestos isoflavonoides por la raíz que inducen la síntesis de los factores de la nodulación en la bacteria (Hamdi 2008, Suárez 2013).

Según Wynne et al. (1987), la fijación biológica de nitrógeno en la mayoría de los casos no expresa su máximo potencial debido a que está condicionada por factores abióticos como el suelo, la humedad,

temperatura y horas luz; por esto, es necesario determinar las interacciones genotipo-cepa de *Rhizobium* que presente respuestas superiores en determinadas condiciones abióticas. La habilidad fijadora de nitrógeno y la eficiencia de ésta puede variar entre cepas de *Rhizobium* y los genotipos de la planta cultivada, a mayor especificidad se maximizan la formación de nódulos y por ende el proceso de fijación (Halliday et al. 1982). Mediante la utilización de las técnicas de inoculación con *Rhizobium* que por sus funciones llega a ser un fertilizante natural como una práctica agroecológica muy adecuada, para evitar en gran medida el uso de fertilizantes químicos (Cabrera et al. 2014.)

Siendo el cultivo de maní uno de los principales en importancia económica después del maíz, para las familias en las comunidades de Azero Norte y el Zapallar, es importante mantener el equilibrio productivo, incentivando al incremento de la producción a través de la incorporación de nuevas técnicas que vayan a mejorar el proceso productivo e incrementar los rendimientos y plantear alternativas donde los resultados de estas técnicas se puedan integrar, de manera productiva y rentable. Es así que con la presente investigación, se buscó mejorar las prácticas agroecológicas mediante la aplicación del inoculante *Rhizobium* en ecotipos y variedades del cultivo de maní como prácticas productivas y herramientas para mejorar las condiciones productivas del Municipio de Monteagudo, y lograr experiencias en su introducción y validación en las comunidades aledañas.

Materiales y Métodos

Área de estudio.

La investigación se realizó en las comunidades de Azero Norte y San Pedro del Zapallar, cantón Los Sauces del Municipio de Monteagudo, provincia Hernando Siles del departamento de Chuquisaca. Las comunidades además se encuentran dentro del área protegida “Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Ñaño” (PN-ANMI), en las coordenadas geográficas 19°34'06.3" LS y 63°59'25.3" LW, a una altitud de 950 m. La comunidad de San Pedro del Zapallar está ubicada en las coordenadas geográficas 19° 47'30" LS 64° 09' 15" LW (Cerezo 2011, SERNAP 2013, Lozano et al. 2013).

Diseño experimental

El ensayo de campo se realizó en dos parcelas experimentales en las comunidades de Azero Norte y San Pedro del Zapallar, en un área de 837.20 m² cada una. La disposición de las sub parcelas se estructuró en un diseño de bloques completos al azar (BCA), aplicando 13 tratamientos con cuatro repeticiones, haciendo un total de 52 unidades experimentales, donde los tratamientos fueron una combinación de parcelas cultivadas de maní inoculadas con la bacteria nitrificante *Rhizobium* a una dosis de 21.90 gr, como se indica en la Tabla 1. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza (Reyes 1981, Balzarini et al. 2008, Ramón 2000, & Guzmán 2002, Morales et al. 2009) usando el programa estadístico *InfoStat* y se compararon las medias con pruebas de Tukey al 0.05 de significancia.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el trabajo de investigación.

Nº	Tratamientos	Dosis de aplicación de <i>Rhizobium</i>
1	Colorado de Bartolo	
2	AN - 1355	
3	Guaraní - 2010	
4	Blanco Paradito	
5	Colorado Iboperenda	
6	Bayo Gigante	21.9 gr de
7	Coloradito Chiquitano	Rhizobium/21.9 litros de
8	Coloradito del Ingre	agua
9	AN - 1890	
10	Coloradito	
11	Overo Bola	
12	Tubito Bayo	
13	L - 1288	

Tabla 2. Descripción de las siete variables evaluadas en la inoculación del cultivo de maní.

Variabes Agronómicas:	Descripción
Biomasa (kg/ha)	Peso de biomasa de cada UE, se pesó todo el follaje de las plantas dentro del área útil.
Número de nódulos por planta	Se evaluó 10 plantas tomadas al azar de cada en cada UE, se cortaron las raíces y se contó el número de nódulos de cada una de las raíces. Para el procesamiento de las muestras se tuvieron en cuenta las técnicas descritas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT 1988)
Peso de 100 granos	100 granos tomados al azar por tratamiento, el peso se expresó en kg. Cosecha de los dos surcos centrales de cada UE de cada tratamiento.
Rendimiento en grano (Kg/ha)	Para el análisis de las cosechas se utilizó la ecuación de rendimiento de granos de maní en kg/ha (<i>Rend</i>), donde <i>PC</i> = peso de campo del maní en vaina en kg/ha; <i>Sup.parc</i> = superficie en m ² ; <i>Hum cosech</i> =humedad del grano a la cosecha; <i>Hum estand</i> = humedad estándar para el maní en grano al 9%= 1 kg de vainas (Blanco 2005). $Rend. (Kg/ha) = PC (Kg/ha) \times \frac{(10.000)}{(Sup. parc)} \times \frac{(100 - Hum cosech)}{(100 - Hum estand)} \times (\% \text{ de grano})$

Resultados

Peso de la Biomasa incorporada (Kg/ha) al suelo

De acuerdo a la Figura 1, de análisis de la varianza, la biomasa incorporada por los ecotipos y variedades en la parcela de Azero Norte, no muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0.0680$) y mediante la comparación de medias Tukey, el

T12 (*Tubito Bayo*) alcanzo la mayor incorporación de biomasa con un promedio de 13 172.94 kg/ha; seguido del T4 (*Blanco Paradito*) con 12 649.61 kg/ha; T1 (*Colorado de Bartolo*) reportó 8 261.76 kg/ha y por último el T13 (*L-1288*) con 6 466.30 kg/ha y T3 (*Guaraní 2010*) con 4 839.71 kg/ha, que fueron los ecotipos y variedades que presentaron menor biomasa.

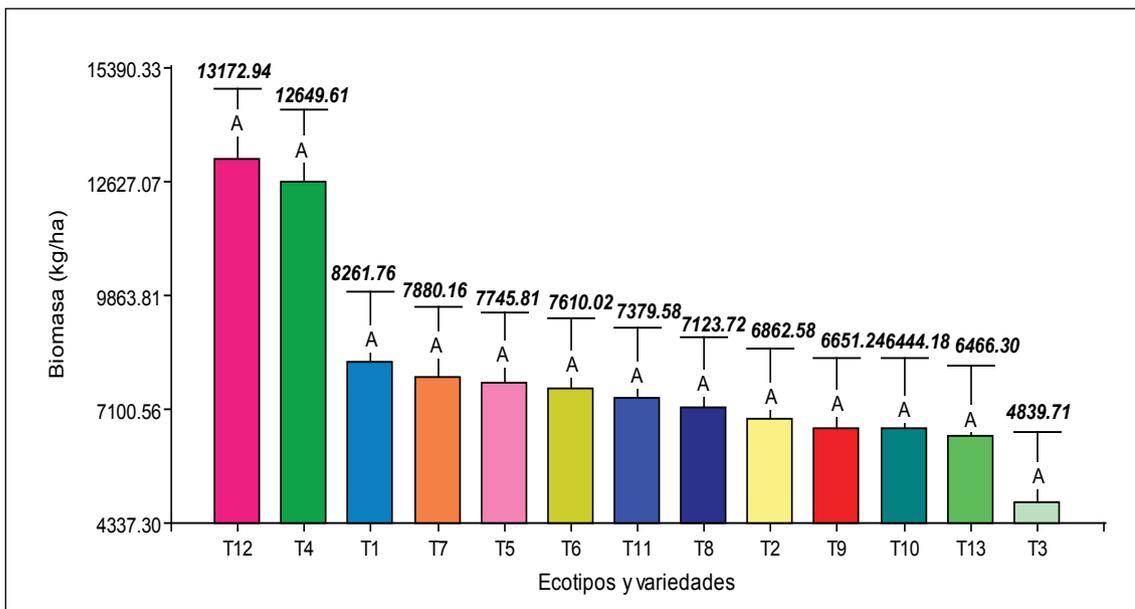


Figura 1. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* en la cantidad de biomasa incorporada (kg/ha), en la parcela experimental de Azero Norte.

En cambio en la comunidad Zapallar la biomasa incorporada por los ecotipos y variedades de maní, muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$), siendo que con la prueba de comparación de medias Tukey el T1 (*Colorado de Bartolo*) alcanzó el valor más alto de biomasa con un promedio de (6 664.56 kg/ha), siendo diferente

estadísticamente al resto de los tratamientos, seguido del T5 (*Colorado de Iboperenda*) con 6 486.23 kg/ha, y el T10 (*Coloradito*) que pesó 5 185.17 kg/ha y por último el T13 (*L-1288*) con 2 772.75 kg/ha y T2, *AN-1355* con 2 157.57 kg/ha que fueron los tratamientos que presentaron la menor biomasa de las plantas en comparación a los demás tratamientos (Fig. 2).

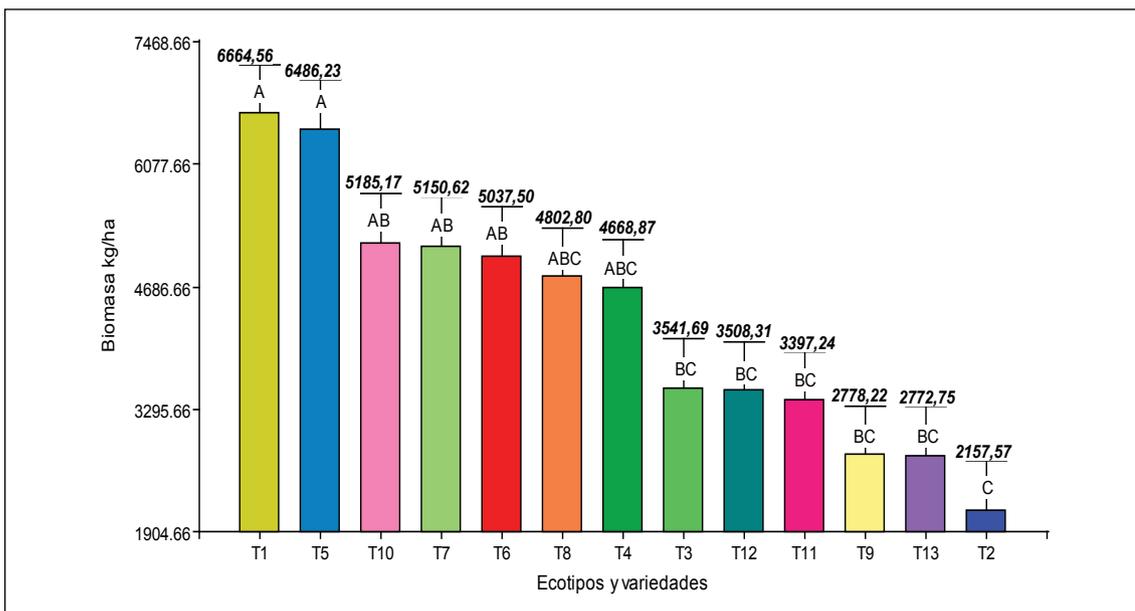


Figura 2. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* en la cantidad de biomasa incorporada (kg/ha), en la parcela experimental de Zapallar.

Relación del número de nódulos/planta

En la parcela de Azero Norte, la variable número de nódulos/planta, muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$), indicando distintas habilidades de las cepas de *Rhizobium* para colonizar los ecotipos y variedades de maní. El tratamiento T7 (*Coloradito Chiquitano*), tiene el mayor número de nódulos con un promedio de 483.60 nódulos, siendo diferente estadísticamente al resto de los tratamientos, seguido del T8 (*Coloradito del Ingre*) con 448.65 nódulos, T6 (*Bayo Gigante*) con 432.18 nódulos, T13 (*Overo Bola*) con 270.93 nódulos y T10,

Coloradito (262.58 nódulos) fueron los tratamientos que presentaron el menor número de nódulos por planta (Fig. 3).

También la parcela del Zapallar mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.001$), donde el tratamiento T7 (*Coloradito Chiquitano*), tuvo el mayor promedio de nódulos (536.93) seguido de T6 (*Bayo Gigante*) con 518.38 nódulos, T10 (*Coloradito*) con 473.93 nódulos. El T11 (*Overo Bola*) con 243.30 nódulos y T13 (*L-1288*) fueron los tratamientos que presentaron el menor número de nódulos por planta (Fig. 4).

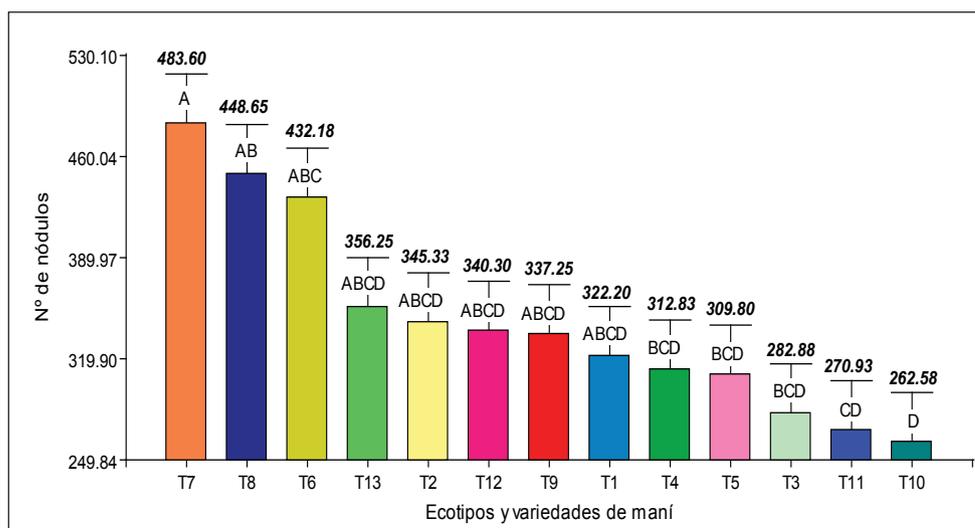


Figura 3. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el número de nódulos/planta, en la parcela experimental de Azero Norte.

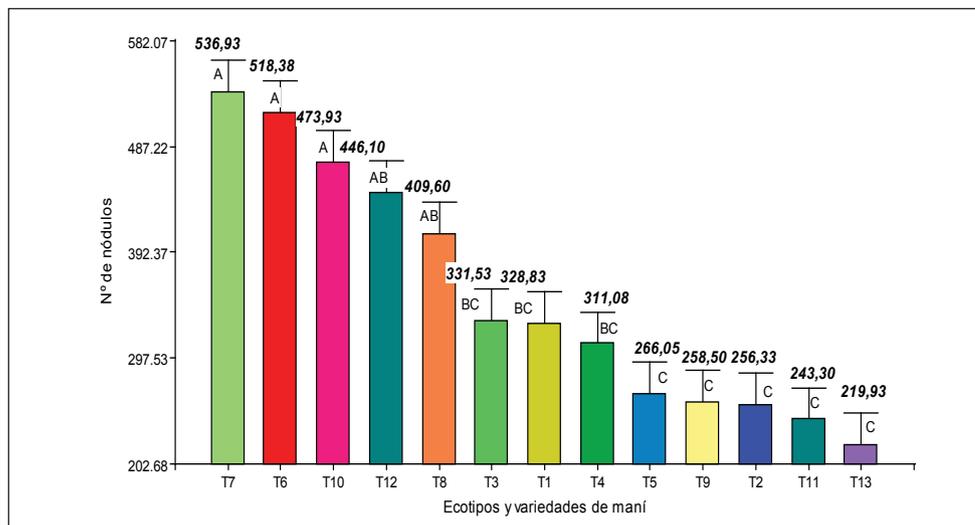


Figura 4. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el número de nódulos/planta, en la parcela experimental del Zapallar

Rendimiento en grano (kg/ha).

Para la parcela de Azero Norte se determinó que el tratamiento T7 (*Coloradito Chiquitano*), con 2449.01 kg/ha, obtuvo el mejor rendimiento/ha, seguido por los tratamientos T1 (*Colorado de Bartolo*) con 2340.14 kg/ha, T9 (*AN-1890*) tuvo 2321.15 kg/ha. Mientras que el T3 (*Guarani 2010*) con 1412.86 kg/ha y T10 (*Coloradito*) con 1323.37 kg/ha, fueron los tratamientos que presentaron los rendimientos más bajos (Fig. 5).

De la parcela del Zapallar también el rendimiento (kg/ha) de los ecotipos y variedades, mostró diferencias significativas ($p < 0.001$), con el tratamiento T1 (*Coloradito de Bartolo*) que obtuvo 1512.47 kg/ha seguido de T6 (*Bayo Gigante*) con 1452.83 kg/ha; y el T12 (*Tubito Bayo*); T3 (*Guarani 2010*) y T2 (*AN-1355*) fueron los tratamientos que presentaron menor rendimiento (Fig. 6).

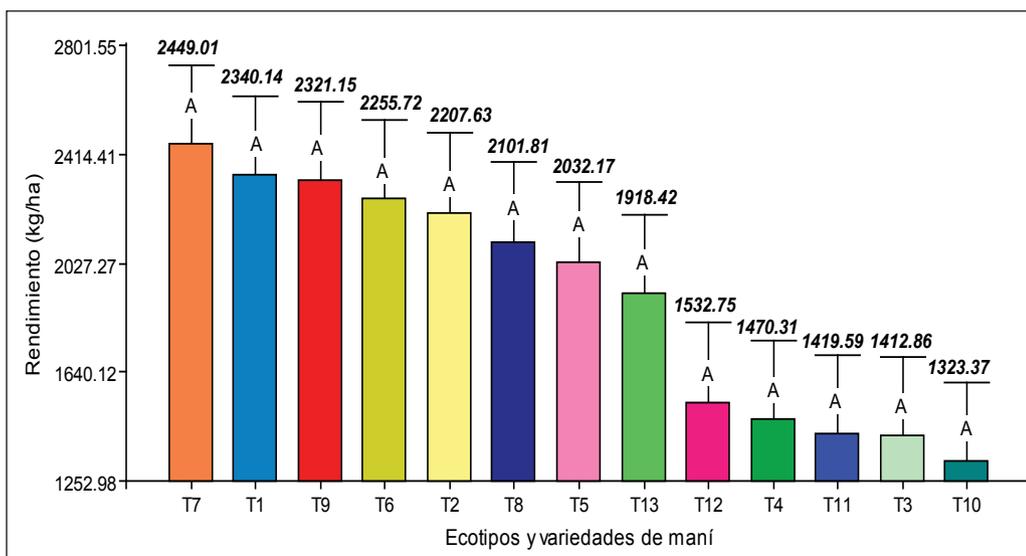


Figura 5. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el rendimiento en (kg/ha), en la parcela experimental de Azero Norte

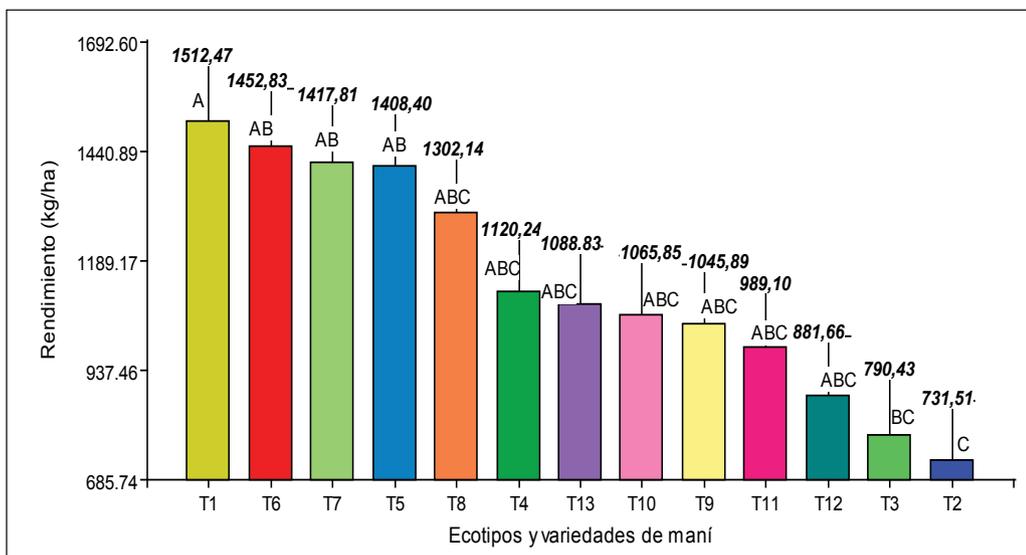


Figura 6. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el rendimiento en (kg/ha), en la parcela experimental de Zapallar

Análisis del número de nódulos/panta y rendimiento en grano entre localidades

La variable número de nódulos/planta entre localidades, muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.0001$), donde en la localidad de San Pedro del Zapallar las plantas alcanzaron el mayor valor (353.88 nódulos/planta), en relación a la localidad de Azero Norte con 346.52 nódulos, que produjo el menor número de nódulos por planta (Fig. 7a). El rendimiento en vaina seca (kg/ha) de la misma manera muestran diferencias significativas. En la localidad de Azero Norte los ecotipos y variedades alcanzaron en total 1 906.53 kg/ha y en la localidad de San Pedro del Zapallar 1 139.01 kg/ha (Fig. 7b).

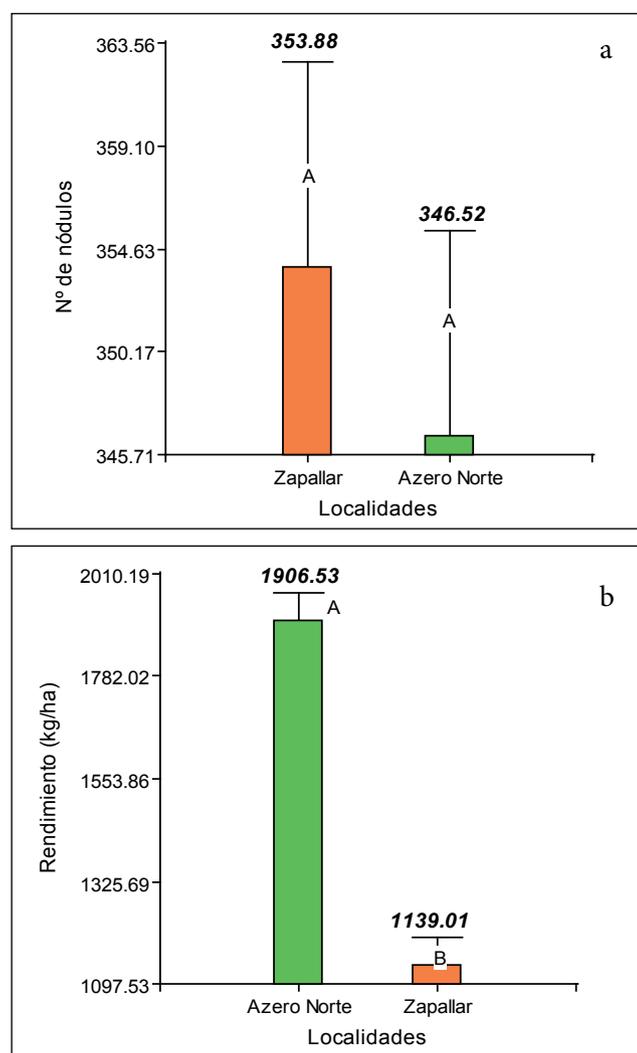


Figura 7. Comparación del efecto de la inoculación de *Rhizobium* sobre el a) número de nódulos/planta y b) el rendimiento en dos localidades del municipio de Monteagudo.

Discusión

Efecto nodular de las bacterias nitrificantes en ecotipos y variedades de maní

El género *Rhizobium* ha sido estudiado con fines agronómicos para cubrir la deficiencia de nitrógeno en el suelo (Hardarson & Craig 2003, Jackson et al. 2008). En el análisis del efecto nodular en los diferentes ecotipos y variedades de maní cultivados en las comunidades de Azero Norte se observaron diferencias entre los tratamientos donde el *Coloradito Chiquitano* (483.60 nódulos), el *Coloradito del Ingre* (448.65 nódulos), presentaron el mayor número de nódulos por planta y en la comunidad de San Pedro del Zapallar, se muestran diferencias entre los tratamientos, siendo mayor en el *Coloradito Chiquitano* (536.93 nódulos), y *Bayo Gigante* (518.38 nódulos). Estas diferencias se manifiesta, porque mediante la inoculación con *Rhizobium* se forma una simbiosis con las raíces de los ecotipos y variedades de maní, influyen factores de genotipo, y otros externos como tipo de suelo, humedad y otros factores ambientales (Martínez & Dibut 2006, Oldroyd & Downie 2008).

Efecto de la aplicación de inoculantes *Rhizobium* en el rendimiento en los ecotipos y variedades de maní

El rendimiento en grano es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio unido al potencial genético de la variedad, por lo tanto es el resultado de un sin número de factores biológicos ambientales y manejo que se le da al cultivo, los cuales se relacionan entre sí para expresarse en producción de grano por hectárea (Alvarado 2000). En la comunidad de Azero Norte se observó que el *Coloradito Chiquitano* (2 449.01 kg/ha) obtuvo el mayor rendimiento, *Colorado de Bartolo* (2 340.14 kg/ha), *AN-1890* (2 321.15 kg/ha) y *Bayo Gigante* (2 255.72 kg/ha) y en la comunidad de San Pedro del Zapallar *Colorado de Bartolo* (1 512.47 kg/ha), *Bayo Gigante* (1 452.83 kg/ha) y *Coloradito Chiquitano* (1 417.81 kg/ha) fueron los tratamientos que presentaron los mejores rendimientos, estos datos indican que los rendimientos varían de acuerdo al potencial del material genético (Becana & Begmar 1991, Zamudio 2009), las condiciones climáticas y de manejo del cultivo (Guamán & Álava 2004, Jerés et al. 2004, Peticari 2006). Comparando estos

resultados con los reportados por Villalba (2014), quien utilizando algunos ecotipos y variedades de maní, encontró resultados inferiores en un estudio de control de plagas y enfermedades en el cultivo de maní en la misma comunidad. Por otro lado, similares resultados de rendimiento fueron obtenidos por Barrientos & Fuentes (2013), quienes utilizaron la variedad colorado de Iboperenda (1 578.40 kg/ha) en agroecosistemas similares al presente estudio, aunque sin el uso de inoculantes.

Estos resultados nos indican que la inoculación de diferentes ecotipos y variedades de maní con *Rhizobium* tienen un excelente potencial para que sea utilizado como promotor de crecimiento de plantas, así mismo se constituye como un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable para reducir el uso de fertilizantes químicos.

Conclusiones

Para el número de nódulos por planta en la comunidad de Azero Norte y San Pedro del Zapallar el ecotipo *Coloradito Chiquitano* (T7), alcanzó la mayor población nodular en relación a los otros tratamientos alcanzando un promedio de 483.60 nódulos/planta en la comunidad de Azero Norte y 536.93 nódulos/planta en la comunidad de San Pedro del Zapallar.

Mediante la aplicación de inoculantes en la producción de maní, en la comunidad de Azero Norte, obtuvieron mayor rendimiento el ecotipo *Coloradito Chiquitano* (T7), el 2 449.01 kg/ha, seguido del ecotipo *Colorado de Bartolo* (T1) con 2 340.14 kg/ha. Mientras que en la comunidad de San Pedro del Zapallar, el rendimiento del ecotipo *Colorado de Bartolo* (T1), fue mayor con 1 512.47 kg/ha y *Bayo Gigante* (T6) alcanza el segundo valor más importante con 1 452.83 kg/ha, siendo estos tratamientos más eficientes para la producción del cultivo de maní con técnicas de inoculación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, por la oportunidad de difundir estos resultados. A la Ing. Martha Serrano y Heriberto Reynoso por la motivación para escribir el presente artículo y apoyo logístico durante la ejecución del presente trabajo. De la misma manera a los productores de las comunidades de Azero Norte y San Pedro del Zapallar por la grata acogida en la región.

Referencias

- Balzarini, G.M., L. González, E.M. Tablada, Casanoves. J.A. Di Rienzo. & C.W. Robledo. 2008. Infostat. Manual de Usuario. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina. 20-256.
- Barrientos, M., V. Fuentes & Acebey, R. 2013. Evaluación de periodos críticos y determinación de parámetros técnicos para el control de malezas en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* var. Colorado de Iboperenda) en la comunidad de Azero norte (Chuquisaca, Bolivia) 8-14.
- Becana, M. & E. Begmar. 1991. Metabolismo del nitrógeno y oxígeno en nódulos de leguminosas. In: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España. p. 33-50.
- Blanco, E. 2005. Guía técnica para el mejoramiento de variedades vegetales de maní (*Arachis hypogaea* L.). Ministerio de asuntos campesinos y agropecuarios. Programa nacional de semillas. s.l. 12.
- Cabrera, I., R.E. Lazo & R. Vallejos. 2014. Inoculación de semillas de ecotipos y variedades de maní. Boletín informativo serie 3 No 1. IASA – Beisa 3. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca. Monteagudo – Bolivia. 4.
- Cerezo, E. 2011. Estudio Socioeconómico. En: Plan de manejo del Parque nacional y área natural de manejo integrado Serranía del Iñao.
- Cerioni, G., M. Baliña, D. Toniotti, O. Giayetto & E. Fernandez. 2007. Inoculación de maní aplicada en el surco. Biomasa, componentes del rendimiento y calidad. Dpto. de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Buenos Aires, Argentina Dirección: <http://www.ciacabrera.com.ar/InfoJornadas/Jornada22/Cerioni%20Guillermo%20-%20Inoculaci%C3%B3n%20al%20suelo.pdf> (en línea 14 de Enero 2014).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1988. “Simbiosis leguminosa-Rizobio. Manual de métodos de evaluación, selección y manejo agronómico”, CIAT Eds., Cali, p. 203.
- Cuadrado, B. G. Rubio, W. Santos. 2009. Caracterización de cepa de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupi

- (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm. Vol.38 No.1 Bogotá.
- Fassbende, H.W. & E. Bornemisza. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Eds., San José, 1994, p. 420.
- Guzmán, P. 2002. Diseño y análisis de experimentos agrícolas y pecuarios. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre, Bolivia. 20-31.
- Halliday, J., & P. Somasegaran. 1982. Nodulation, fixation, and Rhizobium Strain affinities in the genus *Leucaena*, Asian-pacific. Internationale Development Research Center. 27- 32
- Hamdi, Y.A. 2008. La fijación biológica del nitrógeno. FAO Eds., Roma.
- Hardarson. G. & A. Craig. 2003. Optimising biological N₂ fixation by legumes in farming systems. Plant and soil. 252(1):41-54.
- Jackson, L., E. Burger & T. Cavagnaro. 2008. Roots, nitrogen transformations, and ecosystem services. s.l.
- Jerés, M., G. Bernal, R. Guzmán. & J. Ullauri. 2004. Preparación (inoculación) de semilla de maní con bacteria *rhizobium*. Departamento nacional de protección vegetal – INIAP. Quito Ecuador.
- Lozano, R., M.A. Barrientos, P. Kudsk & R. Acebey. 2013. Malezas de los agroecosistemas del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao: “Guía para identificar malezas de hoja ancha, pastos y similares. Beisa 3, Herbario del Sur de Bolivia, Universidad Mayor de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Sucre, Bolivia. 18-19.
- Martínez, R. & B. Dibut. 2006. Practical Applications of bacterial biofertilizers and biostimulators. In: Biological approaches to sustainable soil systems. Taylor and Francis group, LLC. 764.
- Morales, J., J.L. Quemé & M. Melgar. 2009. Infostat manual de usos: ejemplos de los principales métodos estadísticos utilizados en la industria cañera. Centro Guatemalteco de investigaciones y capacitación de la caña de azúcar (CENGICAÑA). Santa Lucia, Guatemala. 1-43.
- Oldroy, G. & J. Downie. 2008. Coordinating nodule morphogenesis with rhizobial infection in legumes. s.l.
- Perticari, A. 2006. Pasturas de alfalfa: importancia de una adecuada inoculación. MYZA- CICVyA – INTA. 1-5.
- Ramón, G. 2000. Diseños experimentales. Apuntes de clase del curso seminario investigativo VI. Colombia 1-38.
- Reyes, P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. Mexico D.F. Trillas. 348.
- SERNAP. 2013. Plan de manejo del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Serranía del Iñao. Documento síntesis del plan (2012 – 2021). Sucre, Bolivia. 36p.
- Suárez, A. 2013. Efecto De Inoculación de Rhizobium en el Crecimiento y Nutrición de Plántulas de Soya, en la Zona de Manglaralto, Cantón Santa Elena (Doctoral dissertation).
- Wynne, J.C., F. A. Bliss & J. C. Rosas. 1987. Principal and Practice of Field Designs to Evaluate Symbiotic Nitrogen Fixation. In: G. Elkan (ed.), Symbiotic Nitrogen Fixation Technology. Marcel Dekker Inc., New York. pp 371-388.
- Zamudio, F. 2009. Importancia de la fuente de semilla en el mejoramiento genético forestal. Universidad de Talca. Dirección: http://colbun.otalca.cl/intercambio/otros/mgforestal/Manual_Adobe/apunte004.pdf (En línea: 25 de junio de 2014).

Ética y biotecnología: más preguntas que respuestas Juntos por la seguridad alimentaria en Bolivia

Ethics and Biotechnology: More questions than answers
Together for assurance of nutrition and food supply in Bolivia

Gabor L Lövei¹ & Martha Serrano²

¹Aarhus University, Department of Agroecology - Crop Health, Forsøgsvej 14200 Slagelse, Denmark

² Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia.

gabor.lovei@agro.au.dk

La seguridad alimentaria es una preocupación real, la simple razón es que 800 millones de personas pasan hambre, no porque no existe producción agrícola o porque no se produce suficiente alimento, que se lo hace permanentemente, y se trabaja en ello; más que todos estos argumentos la responsabilidad es de orden social y no de la producción agrícola por sí misma.

La biotecnología tiene un papel importante para el desarrollo futuro de la agricultura – y también tiene el potencial para dañar la vida de millones de habitantes en el mundo. Por tanto, la tecnología no es la única razón, ni más importante para lograr la seguridad alimentaria. Como indica el informe del Consejo de Derechos Humanos de la ONU del 2010 (A/HRC/16/49). “El futuro debe ser la agricultura ecológicamente más sensible y no una agricultura más industrial”.

Como ejemplo se tiene que las malezas resistentes al herbicida denominado Glifosato, contaminan 61.2 millones de hectáreas de tierras agrícolas en los EE.UU, debido al uso excesivo de este agroquímico relacionado a la siembra de cultivos transgénicos. Similares problemas molestan a los productores en Argentina y Brasil. ¿Qué es lo que la industria sugiere como solución verde?. Las nuevas plantas transgénicas resistentes al herbicida dañino 2.4-D, conocido como “agente naranja” desde la guerra de Vietnam. Significa que no es ni verde, ni sustentable.

Los riesgos de los cultivos genéticamente modificados se incrementan y no se puede negar, diferentes afirmaciones de artículos de prensa que fueron

publicados, refieren a que la biotecnología es más que riesgo, y existen suficientes documentos científicos que respaldan sus efectos nocivos. Un ejemplo: en China los productores tuvieron que incrementar tratamientos fitosanitarios porque el algodón GM (Genéticamente Modificado) es como un caldo de cultivo para las plagas de insectos que se dispersan sobre la tierra, infestando otros cultivos.

Los cultivos transgénicos tienen que ser analizados con mucho cuidado, y deben ser estrictamente regulados y no mostrar sólo supuestos beneficios, los cuales no ayudan a la adopción de la biotecnología para mejorar sostenibilidad de la producción agrícola que provee alimentos para la humanidad.

Suelos y los servicios ecosistémicos

Soils and ecosystem services

Elke Noellemeier^{1,2}

¹Profesora de la Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa, Argentina.
²Investigadora Asociada. Proyecto BEISA 3, Instituto de Agroecología y Seguridad Alimentaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Casilla postal 1046, Calle Calvo N° 132, Sucre- Bolivia. enoellemeier@gmail.com

La materia orgánica del suelo, y en particular el elemento más abundante en ella, el Carbono (C), son los que movilizan la mayoría de los procesos biológicos, físicos y químicos que ocurren en el suelo.

El manejo de la materia orgánica del suelo (MOS) se ha centrado tradicionalmente en la mejora de la productividad de los cultivos. Por lo tanto, MOS se ha considerado principalmente como una fuente de nutrientes para las plantas, y las prácticas agrícolas fueron desarrolladas con la premisa de extraer más fácilmente los nutrientes vegetales durante la fase de cultivo y para reponer las reservas de nutrientes durante la fase de no-cultivo de la rotación (Whitbread et al. 2000). La rotación de cultivos de cosecha y barbechos a base de pasturas perennes confiere estabilidad al sistema del suelo y era un sistema de producción agrícola sostenible hasta la llegada de los fertilizantes inorgánicos, herbicidas, el mejoramiento genético de cultivos de alto rendimiento y la innovación tecnológica de la labranza mecanizada, que en su conjunto constituyó la llamada “revolución verde”. Estos cambios globales provocaron una mejora sustancial en la producción de alimentos pero también producen un desacoplamiento de los procesos biológicos con las concentraciones de los nutrientes esenciales en el suelo (Tonitto et al. 2006). La disponibilidad de fuentes de nitrógeno sintético de bajo costo y herbicidas eficientes ha promovido esta tendencia, y permitió a vastas áreas de las tierras más productivas del mundo para ser cultivadas con un tipo de cultivo durante períodos prolongados (Tilman et al. 2002). El problema inherente asociado con este tipo de manejo de las tierras es una reducción drástica de la diversidad vegetal sobre el suelo, que también se traduce en una disminución de la actividad y la diversidad microbiana del suelo (Milcu et al. 2010), y por lo tanto en una pérdida de las funciones vitales del suelo (Nielsen et al. 2011). La producción de

biomasa, la protección de los seres humanos y el medio ambiente, reservorio de genes, base física de las actividades humanas, el origen de las materias primas, y el patrimonio geogénica y cultural se han identificado como principales funciones del suelo (Blum 2005). Los suelos son organismos vivos y sus múltiples funciones ecosistémicas están íntimamente relacionados con las transformaciones y la dinámica de la MOS, que están mediadas por la actividad biótica del suelo y la dinámica estructural del suelo (Six et al. 2002). Por lo tanto, el manejo del suelo para múltiples servicios ecosistémicos tiene que centrarse en el vínculo entre la MOS, la estructura del suelo y la biota del suelo y los factores que regulan de este enlace (Six et al. 2004, Wardle et al. 2004).

Recientemente, se ha producido un fuerte enfoque en la MOS como reservorio de C y un mecanismo de secuestro de C y la protección del cambio climático (Lal 2004, Powlson et al. 2011), pero mucho menos atención fue dada a la gestión de los servicios de regulación, los culturales y los de apoyo. La importancia del carbono del suelo en relación a abordar apremiantes problemas mundiales a través de la provisión de diversos servicios ecosistémicos ha sido reconocido por los responsables políticos hasta hace tiempos muy recientes (Victoria et al. 2012).

El capital natural del suelo y servicios ecosistémicos relacionados

El término “*capital natural*” fue diseminado por Robert Costanza (Costanza et al. 1997), que define el capital natural como “*la extensión de la noción económica del capital (medios de producción fabricados) a los bienes y servicios ambientales. Una definición funcional de capital en general es: una acción que produce un flujo de bienes o servicios valiosos en el futuro. El capital natural es, pues, la*

acción de los ecosistemas naturales que produce un flujo de bienes y servicios de los ecosistemas valiosos en el futuro. Por ejemplo, una reserva de árboles o peces proporciona un flujo de nuevos árboles o peces, un flujo que puede mantenerse indefinidamente. El capital natural también puede proporcionar servicios como los desechos de reciclaje o de captura de agua y control de la erosión. Dado que el flujo de servicios de los ecosistemas requiere que funcionen los sistemas en su conjunto, la estructura y diversidad del sistema son componentes importantes de capital natural. “ (Http://www.oeearth.org/article/Natural_capital, consultado sobre 22/01 / 2013).

Sólo recientemente, estos conceptos han sido aplicado a los suelos (Dominati et al. 2010, Robinson et al. 2012), a pesar de la importancia obvia del capital natural y de los servicios ecosistémicos para la ciencia del suelo. La falta de tipología consistente o terminología para los servicios ecosistémicos

significa que las propiedades, procesos, funciones y servicios se hayan utilizado indistintamente, lo que lleva a la confusión (Robinson et al. 2012), y con frecuencia el foco sobre los bienes y servicios finales ignora la importancia de los suelos en su entrega. En un intento de clarificar los conceptos y desarrollar un marco de capital natural y servicios ecosistémicos de los suelos, Dominati y colegas (Dominati et al. 2010) definen el capital natural de los suelos a través de sus propiedades físicas inherentes, tales como profundidad, contenido y tipo de arcilla, junto con propiedades manejables tales como la disponibilidad de nutrientes, materia orgánica del suelo, pH, etc. (Fig. 1). Estas propiedades pueden cambiar bajo la influencia de los procesos naturales, tales como los procesos climáticos y geológicos, o debido a factores antropogénicos, como el uso de la tierra y la tecnología agrícola. A través del capital natural de los suelos, servicios ecosistémicos que cumplen las necesidades humanas pueden ser definidos (Fig.1).

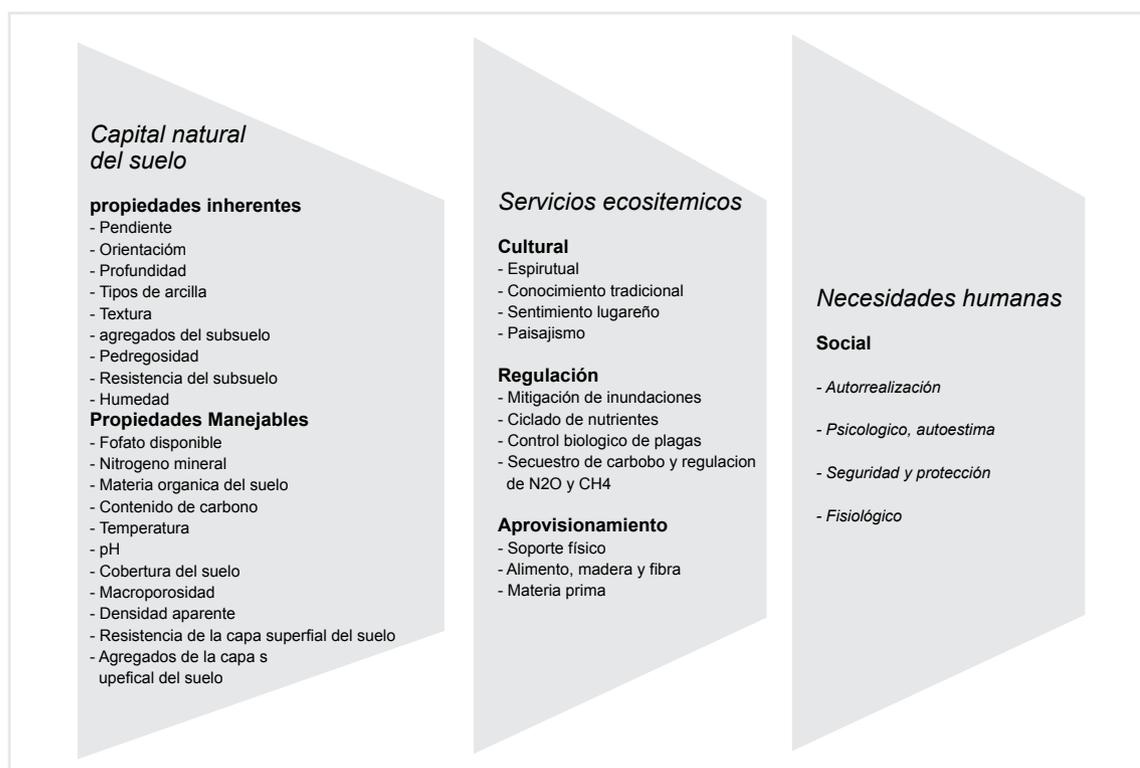


Figura 1. El capital natural del suelo, servicios ecosistémicos y necesidades humanas (Adaptado de Dominati et al. 2010)

La mayoría de las propiedades manejables de los suelos se relacionan directamente con el C del suelo. Por ejemplo, la materia orgánica del suelo contiene más de 50% de C; la disponibilidad de nitrógeno y azufre están directamente acoplados al ciclo de C (Cadisch et al. 1996); la macro porosidad, el tamaño de los agregados, la densidad aparente y otras propiedades físicas del suelo son directamente relacionadas con el C del suelo (Dexter et al. 2008, Noellemeyer et al. 2008, Urbanek et al. 2011) as it acts as physical barrier between the decomposing microorganisms and the substrates. It is, however, not fully understood how the organic carbon (C(org), Holeplass et al. 2004, Plante & McGill 2002, Scott et al. 2002, Six et al. 2004, 2002; Swinton et al. 2007) as it acts as physical barrier between the decomposing microorganisms and the substrates. It is, however, not fully understood how the organic carbon (C(org.

Servicios ecosistémicos y procesos edáficos

Independiente del tipo de servicio ecosistémico, los procesos edáficos proporcionan funciones claves para satisfacer las necesidades humanas. Estos procesos que ocurren en los suelos pueden proporcionar bienes agrícolas como alimentos o fibra, como también bienes no-agrícolas (Fig. 2).

Los servicios no-agrícolas proporcionados por los procesos edáficos son vitales para las necesidades humanas, y todos los procesos que proporcionan estos servicios están directamente relacionados con las cantidades de C del suelo y su ciclado. El manejo del suelo para sostener el abastecimiento y la calidad de agua también mejorará el control de la erosión, la composición de la atmósfera, y la regulación del clima. Todos estos servicios ecosistémicos son muy dependientes de la estructura del suelo y la dinámica de la MOS.

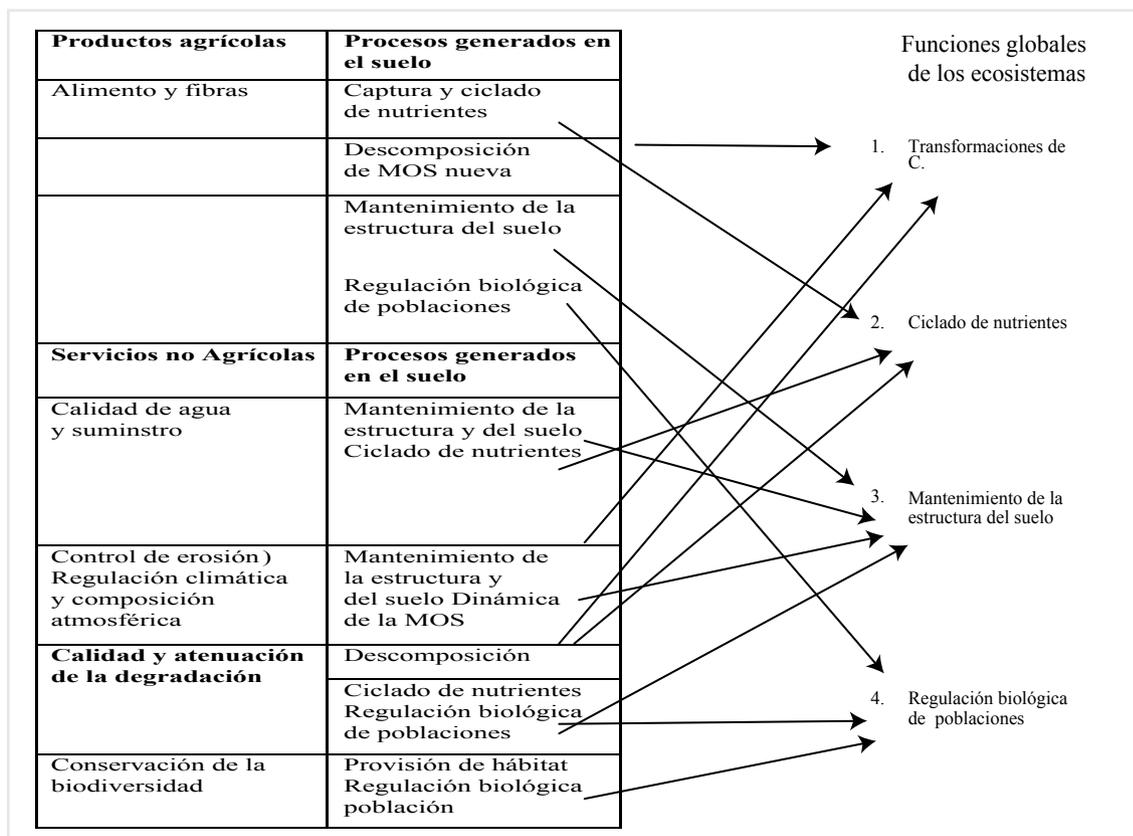


Figura 2. Servicios ecosistémicos y los procesos edáficos relacionados. (Adaptado de Pulleman et al. 2012).

Los principios básicos para el manejo del suelo que mejora la MOS y la estructura consisten en la reducción de las pérdidas de carbono a través de tasas de respiración excesivos que están asociados a las labranzas convencionales. La labranza cero es una tecnología ampliamente utilizada que produce una perturbación mínima del suelo y por lo tanto induce menos la respiración microbiana que el arado de vertedera tradicional. Esta técnica también confiere cobertura permanente de residuos al suelo, evitando exponer el suelo desnudo a los vientos o lluvias fuertes. La rotación de cultivos anuales con cultivos perennes, también contribuye a reducir las emisiones de carbono, especialmente durante la fase de pastura. Cultivos de alto rendimiento proporcionan la base para lograr buenos niveles de cobertura y residuos sobre el suelo. Sistemas de producción que eliminan una gran proporción de residuos posterior a la cosecha, como por ejemplo para la producción de biocombustibles o fardos de paja, tienen un impacto negativo sobre el

contenido de MOS (Lal 2009). La actividad biológica del suelo es fundamental para construir y mantener una buena estructura del suelo (Ayuke et al. 2011, Six and Paustian 2014). Además de los restos vegetales en la superficie del suelo, la biomasa de raíces y sus exudados constituyen una importante fuente de alimentos para los microorganismos, lombrices y otros organismos superiores, así (Kong & Six 2012, 2010).

Manejo del carbono del suelo para múltiples y específicos servicios ecosistémicos

Mantenimiento y mejora de la estructura del suelo

La estructura del suelo es el resultado de la interacción entre constituyentes minerales inorgánicos y componentes orgánicos del suelo que forman agregados estables (Elmholt et al. 2008, Niewczas 2003).

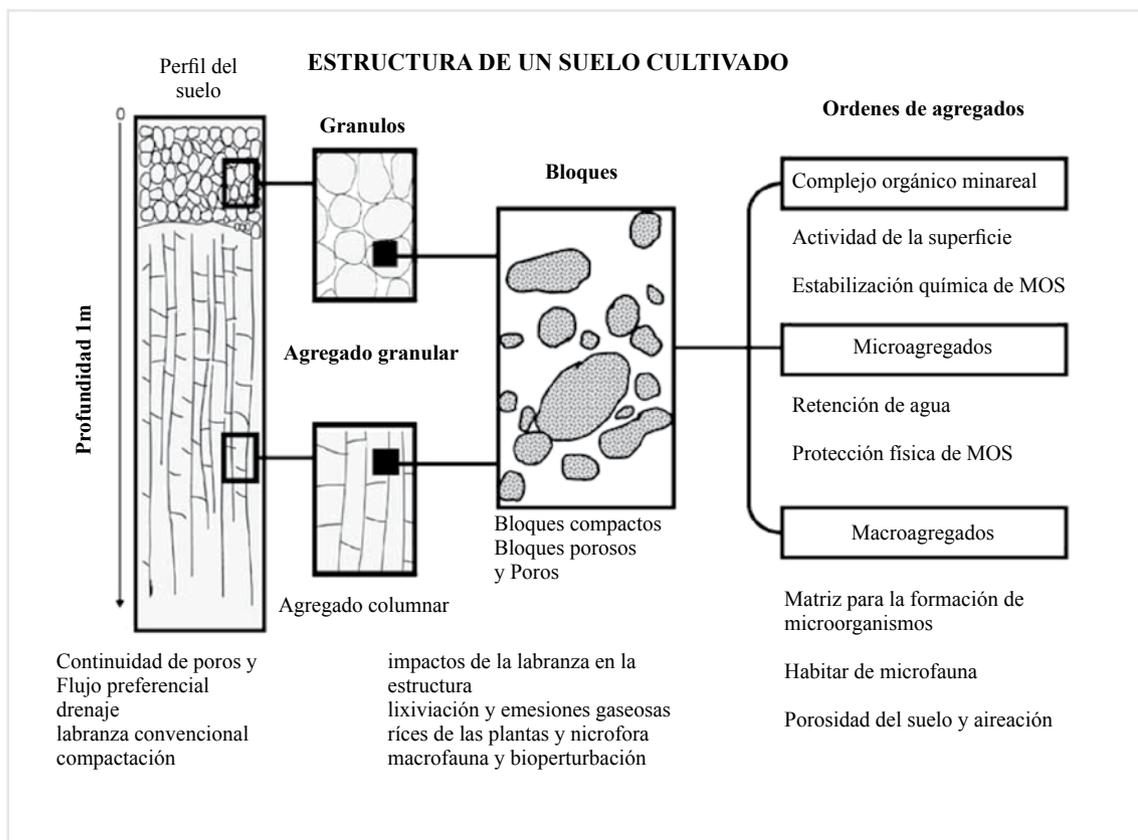


Figura 3. Jerarquía estructural del suelo en diferentes escalas de análisis, adaptado de Carter (2004).

En la mayoría de los suelos, la materia orgánica es el agente cementante más importante que contribuye a la estabilidad de los agregados, aunque en muchos suelos tropicales los iones polivalentes metálicos y alcalinos son muy importantes en el mantenimiento de la estructura (Barthes et al. 2008, Chivenge et al. 2011, Six et al. 2000). La disposición de los agregados estables define el volumen de los poros del suelo y su distribución de tamaño, que a su vez afecta a la mayoría de las propiedades del suelo relacionadas con el transporte de agua y gas (Horn & Smucker 2005). Muchos estudios han demostrado que los suelos bajo pasturas permanentes tienen mejor estructura que los suelos agrícolas que se cultivaban con frecuencia (Berhongaray et al. 2013, Noellemeyer et al. 2008, Pulleman and Marinissen 2004, Zach et al. 2006). Esta es una manera en la que rotaciones de cultivos que incluyen pasturas perennes contribuyen al mantenimiento de la estructura del suelo. La labranza cero o siembra directa (SD) también ha sido demostrada que mejora la estructura del suelo, en comparación con los sistemas de labranza tradicionales, debido a la reducción de la remoción del suelo (Fernández et al. 2010, Hollinger et al. 2005, Lal et al. 2007, López et al. 2012, Lorenz et al. 2006, Quiroga et al. 2009, Six et al. 2002, Smith & Bolton 2003, Zotarelli et al. 2005). Sin embargo, los aportes de C en un suelo es también un factor importante en la estabilización de la estructura del suelo y del C edáfico (Kong et al. 2011). Por lo tanto SD combinado con otras prácticas agrícolas que mejoran los aportes de C como el mulching y los cultivos de cobertura estabilizarán aún más la estructura del suelo y aumentarán el carbono del suelo (Alletto et al. 2011, Ding et al. 2006, Restovich et al. 2012, Rockström et al. 2009, Santos et al. 2011, Zhu et al. 2012).

Manejo del carbono del suelo para el control de la erosión

La pérdida de partículas minerales y orgánicas del suelo a través de la erosión hídrica o eólica causa una pérdida irreversible de los recursos que sustentan los servicios ecosistémicos del suelo. En algunos casos, los procesos erosivos transportan la materia orgánica y las partículas de arcilla a distancias cortas y dan lugar a una redistribución espacial de estos elementos (Li et al. 2008, Polyakov & Lal 2004), en muchos casos, sin embargo, las partículas erosionadas son transportadas a mucho mayores distancias lo cual implica su pérdida y disminución de la productividad

de las tierras (Ballantine et al. 2005). La prevención de la erosión del suelo depende en gran medida de la estabilidad de la estructura del suelo (Fattet et al. 2011) y por lo tanto se ve fuertemente afectado por la dinámica de la MOS. El contenido de materia orgánica del suelo es un factor importante para determinar la estabilidad de agregados (Cerdeira 2000; Eynard et al. 2004), y la fracción de agregados en seco de tamaño <0.84 mm se puede utilizar como un indicador de la susceptibilidad de los suelos a la erosión eólica (López et al. 2007; Zobeck et al. 2003). Cuando se cambia de los sistemas de cultivo convencionales a los sistemas de labranza conservacionista o SD los procesos de erosión hídrica (Schuller et al. 2007) e eólica (Hevia et al. 2007) se reducen drásticamente. Este efecto beneficioso de la labranza conservacionista se ha relacionado con los contenidos de MOS más altos y mayor porosidad de la superficie (Kirkby et al. 2000, Rhoton and Shipitalo 2002). Otro factor que contribuye al control de la erosión es la cobertura del suelo permanente proporcionada por plantas vivas o muertas (López et al. 2003, Soane et al. 2012) o en los sistemas de vegetación naturales (Adema et al. 2004). Repetidas labranzas a una profundidad fija pueden conducir a la compactación subsuperficial del suelo y la formación de “piso de arado” (Hamza & Anderson 2005), que reducen la infiltración del agua y por lo tanto aumentan la erosión (Zink et al. 2011). Sistemas de cultivo de rotación e integradas que promueven el desarrollo radicular profundo pueden mitigar el efecto de la labranza repetida (Keller et al. 2012). En los pastizales naturales y en las pasturas implantadas, la intensidad de pastoreo es un factor desencadenante de la erosión; el sobrepastoreo promueve la erosión (Oztas 2003) mediante la compactación de la capa superficial del suelo y la reducción de los aportes de C de las hojas y de las raíces (Barto et al. 2010, Franzluebbers and Stuedemann 2008, Steffens et al. 2008).

Referencias

- Adema, E.O., D.E. Buschiazzo, F.J. Babinec, T.E. Rucci & V.F.G. Hermida. 2004. Mechanical control of shrubs in a semiarid region of Argentina and its effect on soil water content and grassland productivity. *Agric. Water Manag.* 68, 185–194. doi:10.1016/j.agwat.2004.04.001
- Alletto, L., Y. Coquet & E. Justes. 2011. Effects of tillage and fallow period management on soil physical behaviour and maize development.

- Agric. Water Manag. 102, 74–85. doi:10.1016/j.agwat.2011.10.008
- Ayuke, F.O., L. Brussaard, B. Vanlauwe, J. Six, D.K. Lelei, C.N. Kibunja & M.M. Pulleman. 2011. Soil fertility management: Impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. *Appl. Soil Ecol.* 48, 53–62. doi:10.1016/j.apsoil.2011.02.001
- Ballantine, J.-A.C., G.S. Okin, D.E. Prentiss & D.A. Roberts. 2005. Mapping North African landforms using continental scale unmixing of MODIS imagery. *Remote Sens. Environ.* 97, 470–483. doi:10.1016/j.rse.2005.04.023
- Barto, E.K., F. Alt, Y. Oelmann, W. Wilcke & M.C. Rillig. 2010. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient. *Soil Biol. Biochem.* 42, 2316–2324. doi:10.1016/j.soilbio.2010.09.008
- Blum, W.E.H. 2005. Functions of Soil for Society and the Environment. *Rev. Environ. Sci. Bio/Technology* 4, 75–79. doi:10.1007/s11157-005-2236-x
- Cadisch, G., H. Imhof, S. Urquiaga, R. Boddey & K. Giller. 1996. Carbon turnover ($\Delta^{13}C$) and nitrogen mineralization potential of particulate light soil organic matter after rainforest clearing. *Soil Biol. Biochem.* 28, 1555–1567.
- Carter, M. 2004. Researching structural complexity in agricultural soils. *Soil Tillage Res.* 79, 1–6. doi:10.1016/j.still.2004.04.001
- Cerda, A. 2000. Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia. *Plant Soil* 57, 159–166.
- Chivenge, P., B. Vanlauwe, R. Gentile & J. Six. 2011. Organic resource quality influences short-term aggregate dynamics and soil organic carbon and nitrogen accumulation. *Soil Biol. Biochem.* 43, 657–666.
- Costanza, R., R. Arge, R. Groot, S. Farberk, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V.O. Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin & P. Suttonkk. 1997. The value of the world 's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Dexter, A., E. Czyz, G. Richard & A. Reszkowska. 2008. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. *Geoderma* 143, 243–
- Dominati, E., M. Patterson & A. Mackay, A. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecol. Econ.* 69, 1858–1868. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.05.002
- Elmholt, S., P. Schjønning, L.J. Munkholm & K. Debosz. 2008. Soil management effects on aggregate stability and biological binding. *Geoderma* 144, 455–467. doi:10.1016/j.geoderma.2007.12.016
- Eynard, A., T. Schumacher, M. Lindstrom & D. Malo. 2004. Aggregate sizes and stability in cultivated South Dakota prairie Ustolls and Usterts. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 1360–1365.
- Fattet, M., Y. Fu, M. Ghestem, W. Ma, M. Foulonneau, J. Nespoulous, Y. Le Bissonnais, & Stokes. 2011. Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena* 87, 60–69. doi:10.1016/j.catena.2011.05.006
- Fernández, R., A. Quiroga, C. Zorati & E. Noellemyer. 2010. Carbon contents and respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. *Soil Tillage Res.* 109, 103–109. doi:10.1016/j.still.2010.05.002
- Franzluebbers, A., J. Stuedemann. 2008. Soil physical responses to cattle grazing cover crops under conventional and no tillage in the Southern Piedmont USA. *Soil Tillage Res.* 100, 141–153. doi:10.1016/j.still.2008.05.011
- Hamza, M., W. Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Tillage Res.* 82, 121–145. doi:10.1016/j.still.2004.08.009
- Hevia, G.G., M. Mendez & D.E. Buschiazzo. 2007. Tillage affects soil aggregation parameters linked with wind erosion. *Geoderma* 140, 90–96. doi:10.1016/j.geoderma.2007.03.001
- Holeplass, H., B.R. Singh & R. Lal. 2004. Carbon sequestration in soil aggregates under different crop rotations and nitrogen fertilization in an inceptisol in southeastern Norway. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 70, 167–177.
- Hollinger, S.E., C.J. Bernacchi & T.P. Meyers. 2005. Carbon budget of mature no-till ecosystem in North Central Region of the United States. *Agric. For. Meteorol.* 130, 59–69. doi:10.1016/j.agrformet.2005.01.005
- Horn, R., & A. Smucker. 2005. Structure formation and its consequences for gas and water transport in

- unsaturated arable and forest soils. *Soil Tillage Res.* 82, 5–14. doi:10.1016/j.still.2005.01.002
- Keller, T., J. Sutter, A.K. Nissen & T. Rydberg. 2012. Using field measurement of saturated soil hydraulic conductivity to detect low-yielding zones in three Swedish fields. *Soil Tillage Res.* 124, 68–77. doi:10.1016/j.still.2012.05.002
- Kirkby, M.J., Y. Le Bissonais, T.J. Coulthard, J. Daroussin & M.D. McMahon. 2000. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion. *Environment* 81, 125–135.
- Kong, A.Y. & J.Six. 2012. Microbial community assimilation of cover crop rhizodeposition within soil microenvironments in alternative and conventional cropping systems. *Plant Soil* 356, 315–330. doi:10.1007/s11104-011-1120-4
- Kong, A.Y.Y., K.M. Scow, A.L. Córdova-Kreylos, W.E. Holmes & J. Six. 2011. Microbial community composition and carbon cycling within soil microenvironments of conventional, low-input, and organic cropping systems. *Soil Biol. Biochem.* 43, 20–30. doi:10.1016/j.soilbio.2010.09.005
- Kong, A.Y.Y. & J. Six. 2010. Tracing Root vs. Residue Carbon into Soils from Conventional and Alternative Cropping Systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74, 1201–1210. doi:10.2136/sssaj2009.0346
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123, 1–22. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- Lal, R., D.C. Reicosky & J.D. Hanson. 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil Tillage Res.* 93, 1–12. doi:10.1016/j.still.2006.11.004
- Lal, R. 2009. Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production. *Soil Tillage Res.* 102, 233–241. doi:10.1016/j.still.2008.07.003
- Li, J., G.S. Okin, L.J. Alvarez & H.E. Epstein. 2008. Sediment deposition and soil nutrient heterogeneity in two desert grassland ecosystems, southern New Mexico. *Plant Soil* 319, 67–84. doi:10.1007/s11104-008-9850-7
- López, M.V., N. Blanco-Moure & M.A. Limón, R. Gracia. 2012. No tillage in rainfed Aragon (NE Spain): Effect on organic carbon in the soil surface horizon. *Soil Tillage Res.* 118, 61–65. doi:10.1016/j.still.2011.10.012
- López, M.V., J.M. de Dios Herrero, G.G. Hevia, R. Gracia & D.E. Buschiazzi. 2007. Determination of the wind-erodible fraction of soils using different methodologies. *Geoderma* 139, 407–411. doi:10.1016/j.geoderma.2007.03.006
- López, M.V., D. Moret, R. Gracia & J.L. Arrúe. 2003. Tillage effects on barley residue cover during fallow in semiarid Aragon. *Soil Tillage Res.* 72, 53–64. doi:10.1016/S0167-1987(03)00047-3
- Lorenz, K., R. Lal, & M.J. Shipitalo. 2006. Stabilization of organic carbon in chemically separated pools in no-till and meadow soils in Northern Appalachia. *Geoderma* 137, 205–211. doi:10.1016/j.geoderma.2006.08.010
- Milcu, A., E. Thebault, S. Scheu & N. Eisenhauer. 2010. Plant diversity enhances the reliability of belowground processes. *Soil Biol. Biochem.* 42, 2102–2110. doi:10.1016/j.soilbio.2010.08.005
- Nielsen, U.N., E. Ayres, D.H. Wall & R.D. Bardgett. 2011. Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity-function relationships. *Eur. J. Soil Sci.* 62, 105–116. doi:10.1111/j.1365-2389.2010.01314.x
- Niewczas, J. 2003. Index of soil aggregates stability as linear function value of transition matrix elements. *Soil Tillage Res.* 70, 121–130. doi:10.1016/S0167-1987(02)00155-1
- Noellemeyer, E., F. Frank, C. Alvarez, G. Morazzo & A. Quiroga. 2008. Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. *Soil Tillage Res.* 99, 179–190. doi:10.1016/j.still.2008.02.003
- Oztas, T. 2003. Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. *J. Arid Environ.* 55, 93–100. doi:10.1016/S0140-1963(02)00267-7
- Plante, A.F. & W.B. McGill. 2002. Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. *Soil Tillage Res.* 66, 79–92.
- Polyakov, V. & R. Lal. 2004. Modeling soil organic matter dynamics as affected by soil water erosion. *Environ. Int.* 30, 547–56. doi:10.1016/j.envint.2003.10.011

- Powlson, D.S., A.P. Whitmore & K.W.T. Goulding. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *Eur. J. Soil Sci.* 62, 42–55. doi:10.1111/j.1365-2389.2010.01342.x
- Pulleman, M., R. Creamer, U. Hamer, J. Helder, C. Pelosi, G. Pérès & M. Rutgers. 2012. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 4, 529–538. doi:10.1016/j.cosust.2012.10.009
- Pulleman, M.M. & J.Y.C. Marinissen. 2004. Physical protection of mineralizable C in aggregates from long-term pasture and arable soil. *Geoderma* 120, 273–282. doi:10.1016/j.geoderma.2003.09.009
- Quiroga, A., R. Fernández & E. Noellemeyer. 2009. Grazing effect on soil properties in conventional and no-till systems. *Soil Tillage Res.* 105, 164–170. doi:10.1016/j.still.2009.07.003
- Restovich, S.B., A.E. Andriulo & S.I. Portela. 2012. Introduction of cover crops in a maize–soybean rotation of the Humid Pampas: Effect on nitrogen and water dynamics. *F. Crop. Res.* 128, 62–70. doi:10.1016/j.fcr.2011.12.012
- Rhoton, F. & M. Shipitalo. 2002. Runoff and soil loss from midwestern and southeastern US silt loam soils as affected by tillage practice and soil organic matter content. *Soil Tillage Res.* 66, 1–11.
- Robinson, D. A., N. Hockley, D. Cooper, B. Emmett, A. M.Keith, I. Lebron, B. Reynolds, E. Tipping, a.M. Tye, C.W. Watts, W.R. Whalley, H.I.J. Black, G.P. Warren & J.S. Robinson. 2012. Natural capital and ecosystem services, developing an appropriate soils framework as a basis for valuation. *Soil Biol. Biochem.* 1–11. doi:10.1016/j.soilbio.2012.09.008
- Rockström, J., P. Kaumbutho, J. Mwalley, A.W. Nzabi, M. Temesgen, J. Mawenya, J. Barron, J. Mutua & S. Damgaard-Larsen. 2009. Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rain water productivity from on-farm action research. *Soil Tillage Res.* 103, 23–32. doi:10.1016/j.still.2008.09.013
- Santos, N.Z. dos, J. Dieckow, C. Bayer, R. Molin, N. Favaretto, V. Pauletti & J.T. Piva. 2011. Forages, cover crops and related shoot and root additions in no-till rotations to C sequestration in a subtropical Ferralsol. *Soil Tillage Res.* 111, 208–218. doi:10.1016/j.still.2010.10.006
- Schuller, P., D.E. Walling, A. Sepúlveda, A. Castillo & I. Pino. 2007. Changes in soil erosion associated with the shift from conventional tillage to a no-tillage system, documented using ¹³⁷Cs measurements. *Soil Tillage Res.* 94, 183–192. doi:10.1016/j.still.2006.07.014
- Scott, N. a, K.R. Tate, D.J. Giltrap, C. Tattersall Smith, R.H. Wilde, P.F.J. Newsome & M.R. Davis. 2002. Monitoring land-use change effects on soil carbon in New Zealand: quantifying baseline soil carbon stocks. *Environ. Pollut.* 116 Suppl , S167–86.
- Six, J., H. Bossuyt, S. Degryze & K. Denef. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79, 7–31. doi:10.1016/j.still.2004.03.008
- Six, J., R.T. Conant, E.A. Paul & K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter : Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil* 155–176.
- Six, J., E.T. Elliott & K. Paustian. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation : a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *J. Soil Sci.* 32, 2099–2103.
- Six, J. & K. Paustian. 2014. Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property and a measurement tool. *Soil Biol. Biochem.* 68, A4–A9.
- Smith, J.M.B.J.L. & V.L.B.H. Bolton. 2003. Priming effect and C storage in semi-arid no-till spring crop rotations. *Can. J. Soil Sci.* 237–244. doi:10.1007/s00374-003-0587-4
- Soane, B.D., B.C. Ball, J. Arvidsson, G. Basch, F. Moreno, & J. Roger-Estrade. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil Tillage Res.* 118, 66–87. doi:10.1016/j.still.2011.10.015
- Steffens, M., K. Kolbl, A. Totsche & I. Kogelknabner. 2008. Grazing effects on soil chemical and physical properties in a semiarid steppe of Inner Mongolia (P.R. China). *Geoderma* 143, 63–72. doi:10.1016/j.geoderma.2007.09.004
- Swinton, S.M., S.K. Hamilton, F. Lupi, G.P. Robertson & E. Barrios. 2007. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecol. Econ.* 64, 269–285.

- Tilman, D., K.G. Cassman, P. Matson, A. R. Naylor & S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–7. doi:10.1038/nature01014
- Tonitto, C., M. David & L. Drinkwater. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112, 58–72. doi:10.1016/j.agee.2005.07.003
- Urbanek, E., A.J.M. Smucker & R. Horn. 2011. Total and fresh organic carbon distribution in aggregate size classes and single aggregate regions using natural ^{13}C / ^{12}C tracer. *Geoderma* 164, 164–171. doi:10.1016/j.geoderma.2011.05.020
- Uribe, T.O., M.E. Mastrangelo, D.V. Torrez, A. Piaz, M. Vallejos, J. Eduardo, S. Ceja, F. Gallego, L.C. Peña, N.E. Mellado, J.F. Flores, R.G. Mairhofer, Z.G. Espino, L. Salguero, C.M. Martinez-peralta, O. Ochoa, L.P. Volkow, J. Emilio, I. Sánchez-rose, M. Weeks, D.A. García, I. Bueno, A. Carmona, F.C. Videla, C.S. Ferrer, M. Elisa, F. Buss, G.L. Carapia, M.N. Cruz, R.T. Hermoza, D. Benet, Y. Venegas, P. Balvanera, T.H. Mwampamba, E.L. Chavero, E. Noellemeyer & M. Maass. 2014. Estudios transdisciplinarios en socio-ecosistemas : reflexiones teóricas y su aplicación en contextos latinoamericanos Transdisciplinary studies in socio-ecosystems : Theoretical considerations and its application in Latin American contexts. *Investig. Ambient. Cienc. y Política Pública* 123–136.
- Victoria, R., S. Banwart, H. Black, J. Ingram, H. Joosten, E. Milne, E. Noellemeyer & Y. Baskin. 2012. The benefits of soils carbon, in: UNEP Yearbook 2012. UNEP, Nairobi, pp. 19–33.
- Wardle, D.A., R.D. Bardgett, J.N. Klironomos, H. Setälä, V. Puten, H. Der, Wim & D.H. Wall. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* (80-.). 304, 1629–1633.
- Whitbread, A.M., G.J. Blair & R.D.B. Lefroy. 2000. Managing legume leys, residues and fertilisers to enhance the sustainability of wheat cropping systems in Australia.: 1. The effects on wheat yields and nutrient balances. *Soil Tillage Res.* 54, 63–75.
- Zach, A., H. Tiessen & E. Noellemeyer. 2006. Carbon Turnover and Carbon-13 Natural Abundance under Land Use Change in Semiarid Savanna Soils of La Pampa, Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 1541–1546. doi:10.2136/sssaj2005.0119
- Zhu, B., L. Yi, L. Guo, G. Chen, Y. Hu, H. Tang, C. Xiao, X. Xiao, G. Yang, S. N. Acharya & Z. Zeng. 2012. Performance of two winter cover crops and their impacts on soil properties and two subsequent rice crops in Dongting Lake Plain, Hunan, China. *Soil Tillage Res.* 124, 95–101. doi:10.1016/j.still.2012.05.007
- Zink, A., H. Fleige & R. Horn. 2011. Verification of harmful subsoil compaction in loess soils. *Soil Tillage Res.* 114, 127–134. doi:10.1016/j.still.2011.04.004
- Zobeck, T., T. Skidmore, E. Lamb, J. Merrill, S. Lindstrom, M. Mokma & R. DL Yoder. 2003. Aggregate-mean diameter and wind-erodible soil predictions using dry aggregate-size distributions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67, 425–436.
- Zotarelli, L., B. Alves, S. Urquiaga, E. Torres, H. Dos Santos, K. Paustian, R. Boddey & J. Six. 2005. Impact of tillage and crop rotation on aggregate-associated carbon in two Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69, 482–491.