

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 Iñao.

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

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 Iñao National Park and Managed Integrated Natural Area.

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

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 Iñaño (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 Huacanqui 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 Iñaño (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).

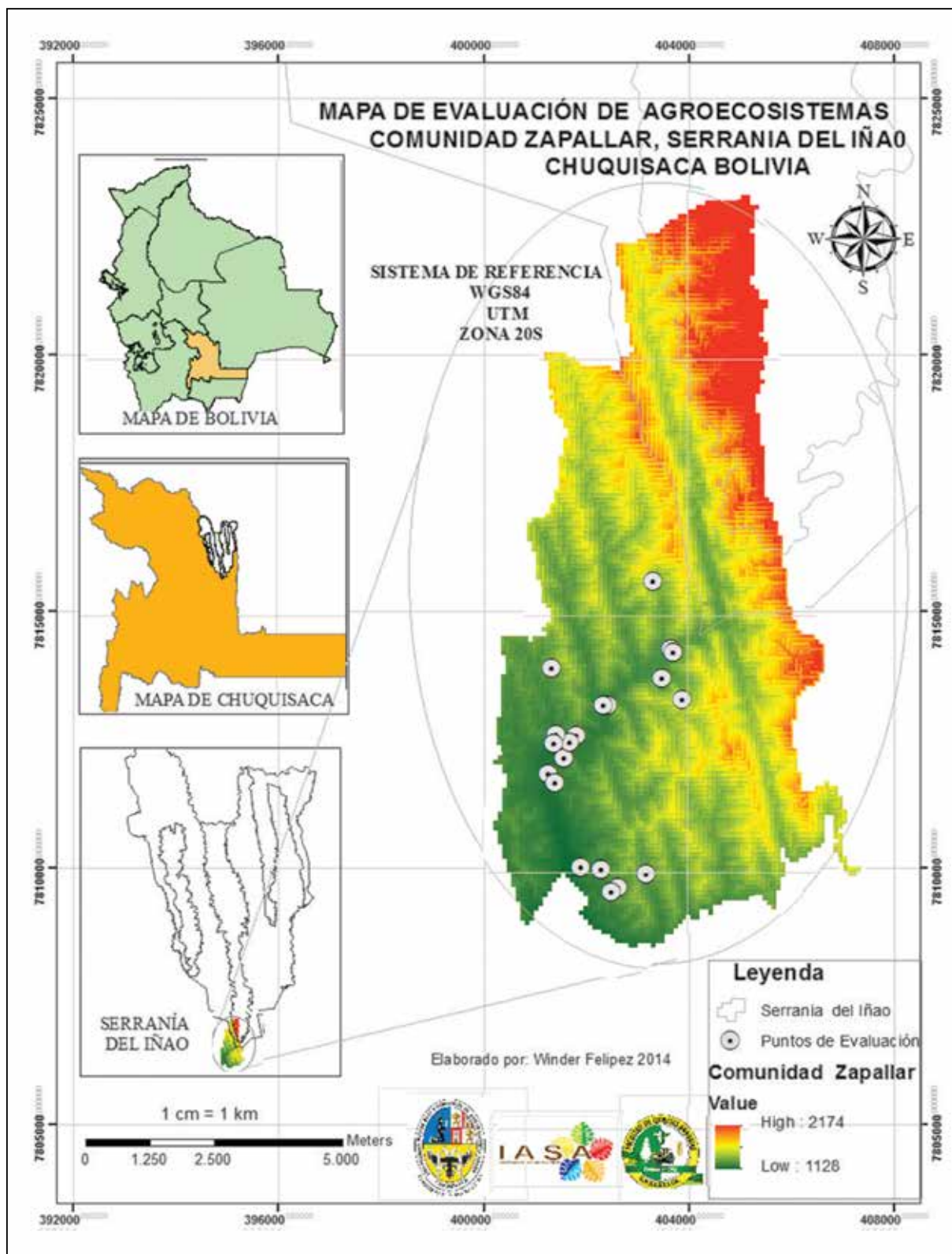


Figura 1. Mapa de ubicación de la comunidad de San Pedro del Zapallar, Municipio Monteagudo, Chuquisaca: Puntos de muestro en los agroecosistemas de maíz (*Zea mays*).

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 le 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), Cardenas *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), Cardenas *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 et al. (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 et al. (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 Infostat (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										

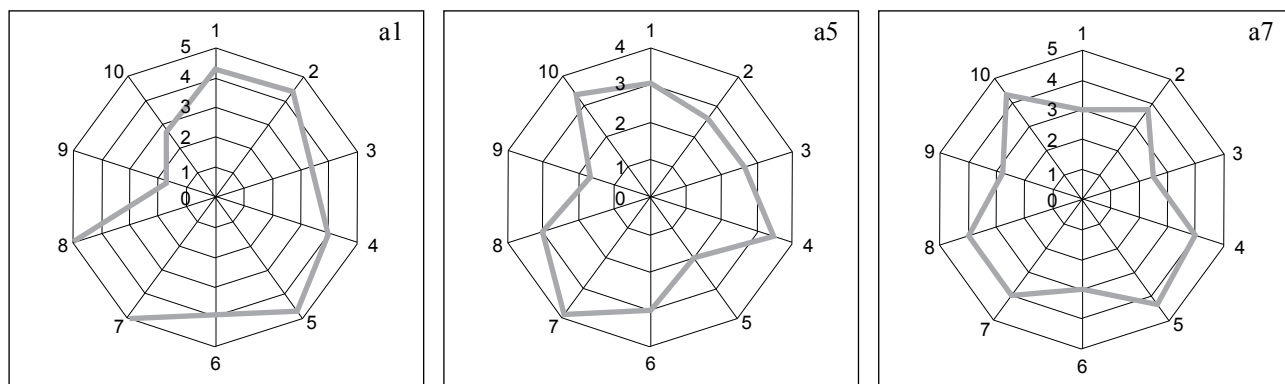


Figura 2. a1) Agroecosistema en mejor condición, a5) Agroecosistema en mala condición, a7) Agroecosistema en condiciones regulares. 1: Color, Olor y MO, 2: Compactación del suelo, 3: Infiltración del agua en el suelo, 4: Cobertura de malezas, 5: Agrobiodiversidad, 6: Humedad del suelo, 7: Incidencia 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.

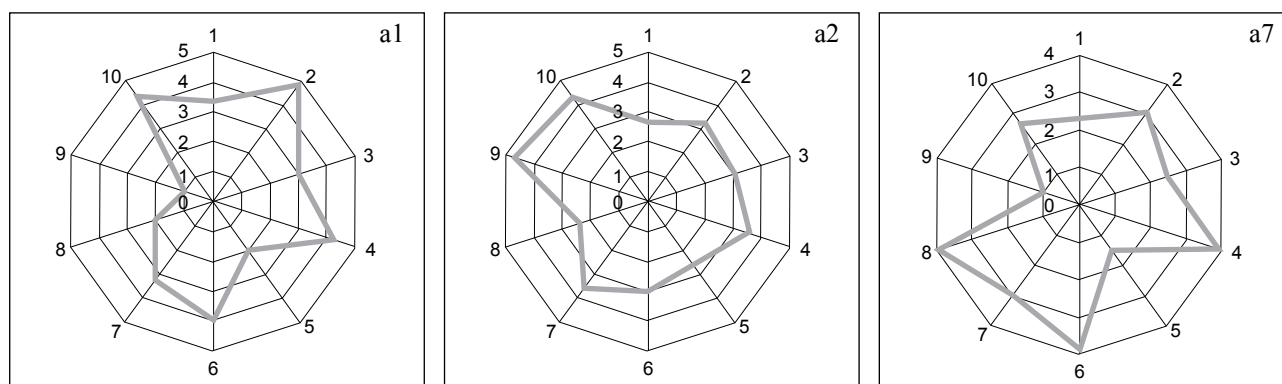


Figura 3. a1) Agroecosistema en condiciones regulares, a2) Agroecosistema en mejor condición, a7) Agroecosistema en malas condiciones. 1: Color, Olor y MO, 2: Compactación del suelo, 3: Infiltración del agua en el suelo, 4: Cobertura de malezas, 5: Agrobiodiversidad, 6: Humedad del suelo, 7: Incidencia 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 numero 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 físicos-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 organica 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 Bianne 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 Iñaño 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 Asociacion 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 Iñaño (Bolivia , Chuquisaca). ACTA Nov. 6: 165–193.
- CITRA. 2012. Manejo de Agua en el Suelo, Santiago, Chile. Available at: citra@citrautalca.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-Montagudo, Montagudo, 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.