

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 Inñao, 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 Inñao 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 (Ericksen & 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 esto 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).

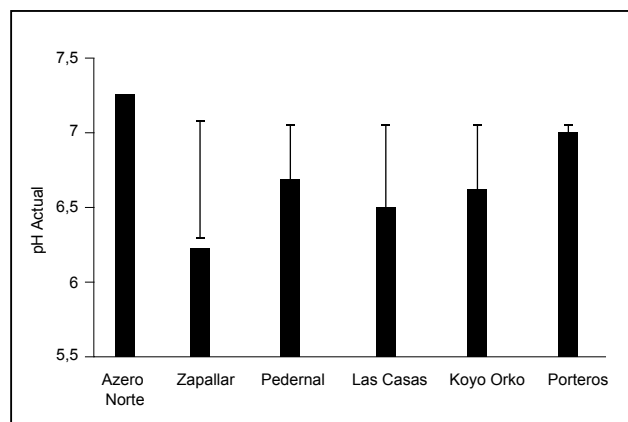


Figura 3. Resumen de medias de acidez y alcalinidad del suelo en seis comunidades.

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 Iñao.

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 agua 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. Agrochimophysics 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.ucbcb.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.