

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 Iñaño, 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

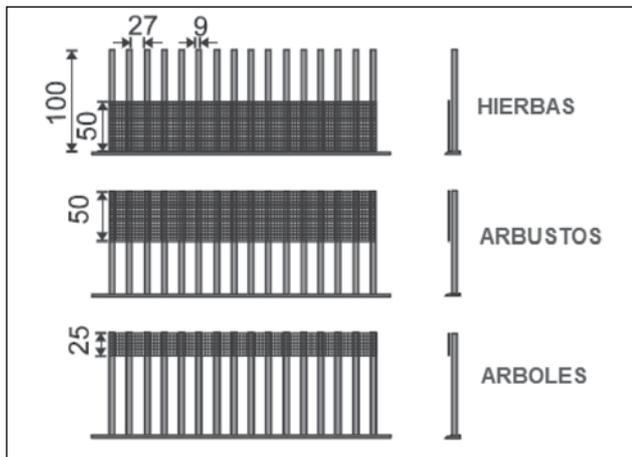


Figura. 2. Simulación de cortinas rompe-viento de tres filas (Adaptado de Cornelis & Gabriels 2004).

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.