

Peasant knowledge about the soils of the Zicuirán-Infiernillo Biosphere Reserve

Conocimiento campesino sobre los suelos de la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo

Francisco Bautista^{1*}; Alma Barajas^{1,2}; María Alcalá-de Jesús²

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Antigua Carretera a Pátzcuaro núm. 8701, col. Exhacienda de San José de La Huerta. C. P. 58190. Morelia, Michoacán, México.

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología. Av. Francisco J. Mujica s/n, Ciudad Universitaria. C. P. 58030. Morelia, Michoacán, México.

*Corresponding author: leptosol@ciga.unam.mx, tel.: +52 (443) 322-3869.

Abstract

Introduction: Peasants in La Huacana, Michoacán, have developed local knowledge about natural resources, including soil.

Objective: To compare local soil knowledge with technical knowledge to elucidate whether peasants identify horizons and give them names and attributes.

Materials and methods: Thirty-one trial pits were made and the profiles were described in collaboration with the peasants. Samples were taken by horizons and strata to determine their properties in the laboratory. The obtained data were subjected to discriminant analysis and principal component analysis.

Results and discussion: The soil classes present in the study area were: Polvilla, Barrosa, Charanda, Tocura, Cementante, Cascajo, Balastre and Tepetate. The peasants named the soil profile horizons/materials as soil classes, making it possible to find several soil classes in one profile. These classes were statistically differentiated in the profile on the basis of physical and chemical properties; 72.13 % of the cases were correctly classified.

Conclusion: For the first time, it is reported that the names of soil classes corresponded to horizons and layers of recently buried soils and not to the complete soil profile.

Keywords: Soil classes; ethnopedology; soil profile; horizon; local knowledge.

Resumen

Introducción: Los campesinos de La Huacana, Michoacán, han generado conocimiento local sobre los recursos naturales, entre ellos el suelo.

Objetivo: Comparar el conocimiento local del suelo con el conocimiento técnico para dilucidar si los campesinos identifican los horizontes y les asignan nombres y atributos.

Materiales y métodos: Se realizaron 31 calicatas y se describieron los perfiles junto con los campesinos. Se tomaron muestras por horizontes y estratos para determinar sus propiedades en el laboratorio. Los datos generados se sometieron a un análisis discriminante y análisis de componentes principales.

Resultados y discusión: Las clases de suelo presentes en el área de estudio fueron: Polvilla, Barrosa, Charanda, Tocura, Cementante, Cascajo, Balastre y Tepetate. Los campesinos nombraron los horizontes/materiales del perfil de suelo como clases de suelo, por lo que es posible encontrar varias clases de suelo en un perfil. Estas se diferenciaron estadísticamente en el perfil a partir de las propiedades físicas y químicas; 72.13 % de los casos fue clasificado correctamente.

Conclusión: Por primera vez se reporta que los nombres de las clases de suelo correspondieron a los horizontes y capas de suelos enterrados recientemente y no al perfil de suelo completo.

Palabras clave: Clases de suelo; etnopedología; perfil del suelo; horizonte; conocimiento local.

Introduction

Ethnopedology is the science dealing with how peasants, indigenous people or local farmers perceive, know, use and manage soils and other natural resources (Bautista & Zinck, 2010). Soil sciences have been developed for less than 150 years (Hartemink, Krasilnikov, & Bockheim, 2013). Throughout this period, scientific progress has been made to solve numerous problems; however, since man first appeared on the face of the earth (more than 40000 years ago), wisdom and experience have been developed to face a variety of agricultural and environmental problems in a broad sense (Brevik & Hartemink, 2010; Hartemink et al., 2013).

The virtues of local knowledge about soils have been recognized over time. For example, in the past, local knowledge about soil corresponded mainly to the arable layer (Bautista, Jiménez-Osornio, Navarro-Alberto, Manu, & Lozano, 2003, Ettema, 1994), while currently there is knowledge about the sub-surface horizons (Bautista, Díaz-Garrido, Castillo-González, & Zinck, 2005, Bautista & Zinck, 2010, Cruz, Ortiz, Gutiérrez, & Villegas, 2008, Licona-Vargas, Ortiz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, & Manzo-Ramos, 2006, Mariles-Flores, Ortiz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, Sánchez-Guzmán, & Cano-García, 2016). Local knowledge about soils is of great importance in adopting and adapting agricultural practices (Bautista, García, & Mizrahi, 2005, Bautista & Zinck, 2010, Krasilnikov & Tabor, 2003); in addition, it can be organized into classification schemes such as international ones (Bautista & Zinck, 2010).

In the state of Michoacán, Mexico, there is local and peasant knowledge about soil; for example, spatial relationships between land classes and soils have been reported (Barrera-Bassols, Zinck, & Van Ranst, 2009); there have been reports on the similarities and differences between land classes and soil classification according to the FAO (Ortiz-Solorio & Gutiérrez-Castorena, 1999; Sotelo-Ruiz & Ortiz-Solorio; 2001), as well as on the *P'urhépechas* names of soils (Alarcón-Cháires, 2010; Bedolla-Ochoa, Bautista, & Gallegos, 2018). However, with the exception of Alcalá, Ortiz, & Gutiérrez (2001), there are few studies comparing and harmonizing the denomination or description that peasants make of various soil classes based on properties determined in the laboratory.

The municipality of La Huacana, Michoacán, is located within the transverse volcanic system, where there are several soils buried due to volcanic ash emissions; thus, it is to be expected that local residents have knowledge about the surface soils and perhaps about the buried soils. The Zicuirán-Infiernillo Biosphere Reserve is located in La Huacana, and it is a globally

Introducción

La etnopedología es la ciencia que trata sobre la forma en que los pueblos campesinos, indígenas o agricultores locales perciben, conocen, usan y manejan los suelos y otros recursos naturales (Bautista & Zinck, 2010). Las ciencias del suelo tienen en desarrollo menos de 150 años (Hartemink, Krasilnikov, & Bockheim, 2013). A lo largo de ese periodo se han logrado avances científicos para resolver numerosos problemas; sin embargo, desde la aparición del hombre sobre la faz de la tierra (más de 40000 años) se ha generado sabiduría y experiencia para enfrentar una variedad de problemas agrícolas y ambientales en sentido amplio (Brevik & Hartemink, 2010; Hartemink et al., 2013).

Con el paso del tiempo se han reconocido las virtudes del conocimiento local sobre los suelos. Por ejemplo, anteriormente, el conocimiento local sobre el suelo correspondía principalmente a la capa arable (Bautista, Jiménez-Osornio, Navarro-Alberto, Manu, & Lozano, 2003; Ettema, 1994), mientras que en la actualidad hay conocimiento sobre los horizontes subsuperficiales (Bautista, Díaz-Garrido, Castillo-González, & Zinck, 2005; Bautista & Zinck, 2010; Cruz, Ortiz, Gutiérrez, & Villegas, 2008; Licona-Vargas, Ortiz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, & Manzo-Ramos, 2006; Mariles-Flores, Ortiz-Solorio, Gutiérrez-Castorena, Sánchez-Guzmán, & Cano-García, 2016). El conocimiento local sobre los suelos es de vital importancia en la adopción y adaptación de prácticas agrícolas (Bautista, García, & Mizrahi, 2005; Bautista & Zinck, 2010; Krasilnikov & Tabor, 2003); además, puede organizarse en esquemas de clasificación como los internacionales (Bautista & Zinck, 2010).

En el estado de Michoacán, México, existe conocimiento local y campesino sobre el suelo; por ejemplo, se han reportado las relaciones espaciales entre las clases de tierra y los suelos (Barrera-Bassols, Zinck, & Van Ranst, 2009); las similitudes y diferencias entre las clases de tierras y la clasificación de suelos según la FAO (Ortiz-Solorio & Gutiérrez-Castorena, 1999; Sotelo-Ruiz & Ortiz-Solorio; 2001); y se han publicado los nombres *P'urhépechas* de los suelos (Alarcón-Cháires, 2010; Bedolla-Ochoa, Bautista, & Gallegos, 2018). No obstante, con excepción de Alcalá, Ortiz, y Gutiérrez (2001), son escasos los estudios donde se compare y armonice la denominación o descripción que los campesinos hacen de diversas clases de suelo, a partir de las propiedades determinadas en laboratorio.

El municipio de La Huacana, Michoacán, se localiza al interior del sistema volcánico transversal, donde hay diversos suelos enterrados debido a las emisiones de ceniza volcánica, por lo que es de esperarse que los pobladores tengan conocimiento sobre los suelos

important biological conservation area (Ihl, Bautista, & Mendoza, 2017), so it is vital to use the soil carefully in the buffer area.

The objectives of this study were to establish whether the names peasants use for soil classes are associated with their physical and chemical properties, as well as to identify the main properties that allow the formation of soil classes. It is expected that the harmonization of local knowledge with that obtained systematically will contribute to a faster understanding of soils.

Materials and methods

Study area

This study was conducted in the municipality of La Huacana, Michoacán, Mexico. The agricultural area is located at an average elevation of 481 m a.s.l.; the climate is warm sub-humid (Aw_0) with rain during the summer. The average annual temperature is 28 °C (minimum of 10 °C and maximum of 44 °C), and the average annual rainfall is 767 mm (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2014). Soil cover is mainly low deciduous forest (Ihl et al., 2017). Inhabitants are mainly peasants, who are a mixture of descendants of *P'urhépechas*, Italians and Spaniards. The main productive activities are livestock breeding (extensive and, to a lesser extent, stabled), self-consumption agriculture and fishing (Ihl et al., 2017).

Peasant and technical knowledge

The 35 peasants interviewed had a low level of technical skills, average elementary school completion and 38 years' field experience on average. The interview was semi-structured on the use, management, names, characteristics and attributes of soil classes (Ortiz, Pájaro-Huertas, & Ordaz, 1990; Santos & Molina, 2011); the number of interviews accounted for 10 % of the peasant population.

Together with the farmers, 31 trial pits were dug 1.5 m deep or to where rock was found, including all geofoms (mountains, hills, plains and valleys) and land uses (agriculture, pasture and forest). Thirty-one soil profiles were described using the Food and Agriculture Organization of the United Nations handbook (FAO, 2009), including peasant soil classes such as Tocura, Charanda, Barrosa, Polvilla and others. In the 31 profiles, samples were taken by horizons or stratum according to each case, obtaining a total of 122 samples. The samples were dried at room temperature and in the shade, and sieved with a 10-mesh sieve (particles of 2 mm or less).

The analyses were: bulk density (Gandoy, 1991), particle size distribution (Okalebo, Gathua, & Woome, 1993),

superficiales y tal vez sobre los suelos enterrados. En La Huacana se localiza la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, una zona de conservación biológica importante a nivel mundial (Ihl, Bautista, & Mendoza, 2017), por lo que se tiene la obligación de hacer un uso cuidadoso del suelo en la zona de amortiguamiento.

Los objetivos del presente estudio fueron establecer si los nombres que los campesinos usan para las clases de suelo se asocian con sus propiedades físicas y químicas, así como identificar las principales propiedades que permiten la formación de las clases de suelo. Se espera que la armonización del conocimiento local con el obtenido sistemáticamente contribuya a un entendimiento más rápido de los suelos.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio La Huacana, Michoacán, México. La zona agrícola se localiza a una altitud media de 481 m; el clima es cálido subhúmedo (Aw_0) con lluvias en verano, temperatura media anual de 28 °C (mínima de 10 °C y máxima de 44 °C) y precipitación media anual de 767 mm (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2014). La cubierta del suelo es principalmente selva baja subcaducifolia (Ihl et al., 2017). La población es típicamente campesina, conformada por una mezcla de descendientes de *P'urhépechas*, italianos y españoles. Las principales actividades productivas son ganadería (extensiva y en menor proporción estabulada), agricultura de autoconsumo y pesca (Ihl et al., 2017).

Conocimiento campesino y técnico

Los 35 campesinos entrevistados tenían grado de tecnificación bajo, promedio de instrucción de primaria terminada y experiencia en campo de 38 años en promedio. La entrevista fue semiestructurada sobre el uso, manejo, nombres, características y atributos de las clases de suelo (Ortiz, Pájaro-Huertas, & Ordaz, 1990; Santos & Molina, 2011); el número de entrevistas representó 10 % de la población campesina.

Junto con los agricultores se cavaron 31 calicatas de 1.5 m de profundidad o hasta donde se encontró la roca, considerando las geofomas (montaña, lomeríos, planicies y valles) y los usos del suelo (agricultura, pastizal y selvas). Se describieron 31 perfiles de suelo utilizando el manual de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2009), incluyendo las clases campesinas de suelo, como Tocura, Charanda, Barrosa, Polvilla y otras. En los 31 perfiles se tomaron las muestras por horizontes o estrato según el caso, obteniendo un total de 122 muestras. Las muestras se secaron a temperatura

dry and wet color (Gandoy, 1991), pH (Lean, 1982), organic matter (OM) (Nelson & Sommers, 1982), cation exchange capacity (CEC) and interchangeable cations (United States Department of Agriculture [USDA], 1996).

Data analysis

A discriminant analysis was used to verify whether the names assigned to soil classes in the horizons of the profiles, used by the peasants, were related to 15 measured physical and chemical soil properties. The names of the classes were the dependent variables, and the chemical and physical properties were the independent variables. A principal component analysis was also made to identify the physical and chemical properties of soils that allow the formation of groups, in this case, peasant soil classes. In addition, a graph was constructed with the 31 profiles indicating their soil classes by horizon and substrate using the "Algorithms for quantitative pedology" package in R program (Beaudette, Roudier, & O'Geen, 2013).

The analysis of variance was performed with the Kruskal-Wallis test ($P = 0.05$), in which the medians are compared because the populations were not Gaussian (Kruskal & Wallis, 1952).

Results and discussion

Validation of traditional knowledge

Table 1 presents the eight soil classes that peasants identified at horizon or substrate level: Barrosa, Cementante, Charanda, Polvilla, Tocura, Tepetate, Cascajo and Balastre. The properties of the soils that the peasants used in the field were: dry and wet consistency, texture, color and coarse fragments. In addition, the peasants defined soil use by the accessibility of the land and water availability.

The discriminant analysis revealed that 76.23 % of all cases (soil horizons with their traditional names) were correctly assigned; thus, it can be said that the names of the soil classes are supported by their physical and chemical properties (Table 2). The discriminant analysis indicated that the Cementante and Tocura classes were 100 % correctly assigned because they are not mixed with sand from the El Jorullo volcano; it also allowed mathematically validating that the traditional empirical knowledge, to assign soil class names, does consider physical and chemical properties.

On the other hand, the principal component analysis revealed that the first component explained 41.3 % and was defined by sand, Na, pH and clay (Figure 1). According to the second component, which explained 12.9 %, the properties that formed the groups by soil

ambiente y a la sombra, y se tamizaron con un tamiz malla 10 (partículas de 2 mm o menos).

Los análisis fueron: densidad aparente (Gandoy, 1991), distribución del tamaño de partículas (Okalebo, Gathua, & Woomeer, 1993), color en seco y en húmedo (Gandoy, 1991), pH (Lean, 1982), materia orgánica (MO) (Nelson & Sommers, 1982), capacidad de intercambio de cationes (CIC) y cationes intercambiables (United States Department of Agriculture [USDA], 1996).

Análisis de datos

Se utilizó un análisis discriminante para verificar si los nombres asignados a las clases de suelo de los horizontes de los perfiles, utilizadas por los campesinos, tenían relación con 15 propiedades físicas y químicas medidas del suelo. Los nombres de las clases fueron las variables dependientes, y las propiedades químicas y físicas, las variables independientes. También se hizo un análisis de componentes principales para identificar las propiedades físicas y químicas de los suelos que permiten la formación de grupos, en este caso, las clases de suelo campesinas. Además, se construyó una gráfica con los 31 perfiles indicando sus clases de suelo por horizonte y sustrato utilizando el paquete "Algoritmos para pedología cuantitativa" en el programa R (Beaudette, Roudier, & O'Geen, 2013).

El análisis de varianza se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis ($P = 0.05$), en la cual se comparan las medianas, debido a que las poblaciones no fueron gaussianas (Kruskal & Wallis, 1952).

Resultados y discusión

Validación del conocimiento tradicional

El Cuadro 1 presenta las ocho clases de suelo que los campesinos reconocieron a nivel de horizonte o sustrato: Barrosa, Cementante, Charanda, Polvilla, Tocura, Tepetate, Cascajo y Balastre. Las propiedades de los suelos que los campesinos utilizaron en el campo fueron: consistencia en seco y húmedo, textura, color y fragmentos gruesos. Además, los campesinos definieron el uso de los suelos por la accesibilidad al terreno y la disponibilidad de agua.

El análisis discriminante reveló que 76.23 % de los casos (horizontes de suelo con sus nombres tradicionales) fueron asignados correctamente, por lo que se puede afirmar que los nombres de las clases de suelo tienen sustento en sus propiedades físicas y químicas (Cuadro 2). El análisis discriminante indicó que las clases Cementante y Tocura lograron 100 % de asignación correcta debido a que no están mezcladas con la arena del volcán El Jorullo; además, permitió

class were pH, OM, Na and sand. The third component explained 9.4 % and the properties of greatest weight were pH, OM, Na, CEC, sands and clay. These three components explained a total of 63.6 % of the variance.

validar matemáticamente que el conocimiento empírico tradicional, para asignar los nombres de las clases de suelo, sí considera las propiedades físicas y químicas.

Table 1. Attributes used by the peasants of La Huacana, Michoacán, to define soil classes.

Cuadro 1. Atributos utilizados por los campesinos de La Huacana, Michoacán, para definir las clases de suelo.

Attribute/ Atributo	Soil classes/Clases de tierra				
	Tocura	Barrosa	Polvilla	Charanda	Cementante
Consistency/ Consistencia	“Rigid.” Slightly hard laminar structure./ “Tiesa”. Estructura laminar ligeramente dura.	“Heavy, cracks when dry.” Very plastic and extremely hard./ “Pesada, se revienta cuando seca”. Muy plástica y extremadamente dura.	“Loose and soft.” Non-coherent, with semi- spherical aggregates easy to disintegrate./ “Suelta y suave”. No coherente, con agregados semiesferoidales fáciles de disgregar.	“Hard, tight and with lots of stone.” Its structure resists pressure./ “Dura, apretada y con mucha piedra”. Su estructura resiste a la presión.	“Firm, very hard.” It can break apart in your hands into smaller structures./ “Firme, muy dura”. Puede disgregarse con las manos en estructuras más pequeñas.
Texture/ Textura	Muddy-sandy/ Barrosa-arenosa	Clay/ Arcillosa	Sandy/ Arenosa	Clay/ Arcillosa	Sandy/ Arenosa
Color	Reddish brown/ Café rojizo	Dark gray/ Gris obscuro	Black/ Negra	Reddish/ Rojiza	Yellow/ Amarilla
Moisture/ Humedad	Slightly moist/ Levemente húmedo	Excess moisture/ Exceso de humedad	Very dry/ Muy seco	Moist/ Húmedo	Dry/ Seco
Drainage/ Drenaje	“Absorbs water moderately”. Moderate drainage./ “Absorbe el agua moderadamente”. Drenaje moderado.	“Absorbs a lot of water; even ponds it.” Deficient drainage./ “Absorbe mucha agua hasta la estanca”. Drenaje deficiente.	“It lets water run fast.” Good drainage/ “Deja correr el agua rápido”. Buen drenaje.	“It’s hungry for water.” Absorbs water. Deficient drainage./ “Tiene hambre de agua”. Absorbe agua. Drenaje deficiente.	“Water runs, it hardly absorbs it.” Good drainage./ “Corre el agua, casi no la absorbe”. Buen drenaje.

Table 2. Cross validation of cases of assigning soil classes to groups formed on the basis of physical and chemical soil properties. Cases classified correctly: 76.23 %.

Cuadro 2. Validación cruzada de los casos de asignación de las clases de suelo a los grupos formados con base en las propiedades físicas y químicas de los suelos. Casos correctamente clasificados: 76.23 %

Soil class/ Clase de suelo	Samples/ Muestras	Barrosa	Cementante	Charanda	Polvilla	Tocura
Barrosa	45	36 (80.00 %)	0 (0.00 %)	3 (6.67 %)	3 (6.67 %)	3 (6.67 %)
Cementante	6	0 (0.00 %)	6 (100 %)	0 (0.00 %)	0 (0.00 %)	0 (0.00 %)
Charanda	34	3 (8.82 %)	1 (2.94 %)	26 (76.47 %)	3 (8.82 %)	1 (2.94 %)
Polvilla	33	1 (3.03 %)	4 (12.12 %)	7 (21.21 %)	21 (63.64 %)	0 (0.00 %)
Tocura	4	0 (0.00 %)	0 (0.00 %)	0 (0.00 %)	0 (0.00 %)	4 (100 %)

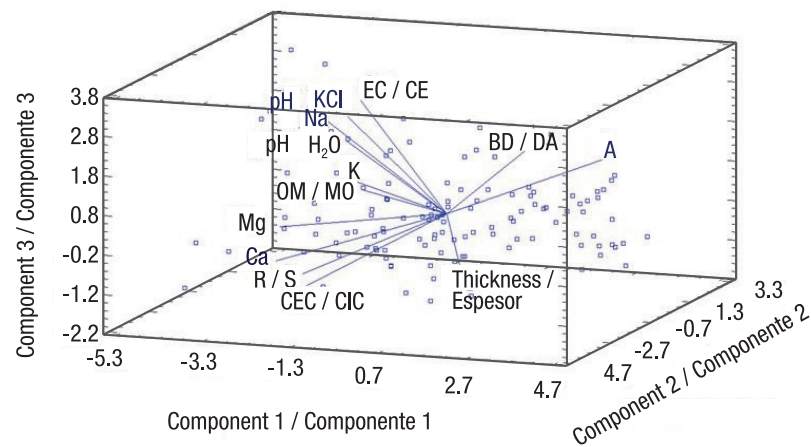


Figure 1. Analysis of the three principal components that explain the formation of soil groups. BD = bulk density, EC = electrical conductivity, OM = organic matter, CEC = cation exchange capacity, C = clay, S = sand, K = interchangeable potassium, Mg = interchangeable magnesium, Ca = interchangeable calcium, Na = interchangeable sodium, pH H₂O = pH value measured in water, pH KCl = pH value measured in KCl.

Figura 1. Análisis de los tres componentes principales que explican la formación de los grupos de suelos. DA = densidad aparente, CE = conductividad eléctrica, MO = materia orgánica, CIC = capacidad de intercambio de cationes, R = arcilla, A = arena, K = potasio intercambiable, Mg = magnesio intercambiable, Ca = calcio intercambiable, Na = sodio intercambiable, pH H₂O = valor de pH medido en agua, pH KCl = valor de pH medido en KCl.

Description of peasant soil classes

The name Polvilla is assigned to black sand emitted by the El Jorullo volcano during the 1759-1774 period. Polvilla, therefore, is found in the upper part of the soils, covering the Barrosa and Charanda classes (Figure 2).

The Polvilla and Barrosa soil classes have wide-ranging sand and clay percentages because they are buried soils; the contact point between them is a mixture. Pedogenetic processes have already formed horizons (upper and lower) different from those of origin; in other places in Michoacán, these horizons are called “Revuelta” (Maldonado, Alcalá, González, & Ayala, 2014).

The term Polvilla used in this text is very different from that reported by Maldonado et al. (2014) for soil classes surrounding the city of Morelia, Michoacán. The Barrosa soil class corresponds to Vertisols (Krasilnikov et al., 2013; Torres-Guerrero, Gutiérrez-Castorena, Ortiz-Solorio, & Gutiérrez-Castorena, 2016), clay soils with high cation exchange capacity. However, the Barrosa soil class (peasants call it Barro) escapes the typical concept of Vertisols, since some horizons contain less clay and, therefore, a lower capacity for cation exchange due to contact with the Polvilla soil class. The Barrosa class has the highest electrical conductivity, pH, magnesium and sodium values.

The term Charanda “*Echeri charanda*”, of *P'urhépecha* origin, corresponds to reddish and clay soils, often

Por otra parte, el análisis de componentes principales reveló que el primer componente explicó 41.3 % y se definió por la arena, Na, pH y arcilla (Figura 1). De acuerdo con el segundo componente, que explicó 12.9 %, las propiedades que formaron los grupos por clase de suelo fueron pH, MO, Na y arena. El tercer componente explicó 9.4 % y las propiedades de mayor peso fueron pH, MO, Na, CIC, arenas y arcilla. Los tres componentes explicaron en total 63.6 % de la varianza.

Descripción de las clases de suelo campesinas

El nombre Polvilla se asigna a la arena negra que emitió el volcán El Jorullo durante el periodo 1759-1774. La Polvilla, por lo tanto, se encuentra en la parte superior de los suelos, cubriendo a las clases Barrosa y Charanda (Figura 2).

Las clases de suelo Polvilla y Barrosa tienen intervalos amplios de porcentajes de arena y arcilla; debido a que son suelos enterrados, el punto de contacto entre ambas es de mezcla. Los procesos pedogénicos ya han formado horizontes (superior e inferior) diferentes a los de origen; en otros lugares de Michoacán, a estos horizontes se les denominan como “Revuelta” (Maldonado, Alcalá, González, & Ayala, 2014).

El término Polvilla utilizado en este texto es muy diferente al reportado por Maldonado et al. (2014) para las clases de suelo circundantes a la ciudad de Morelia, Michoacán. La clase de suelo Barrosa

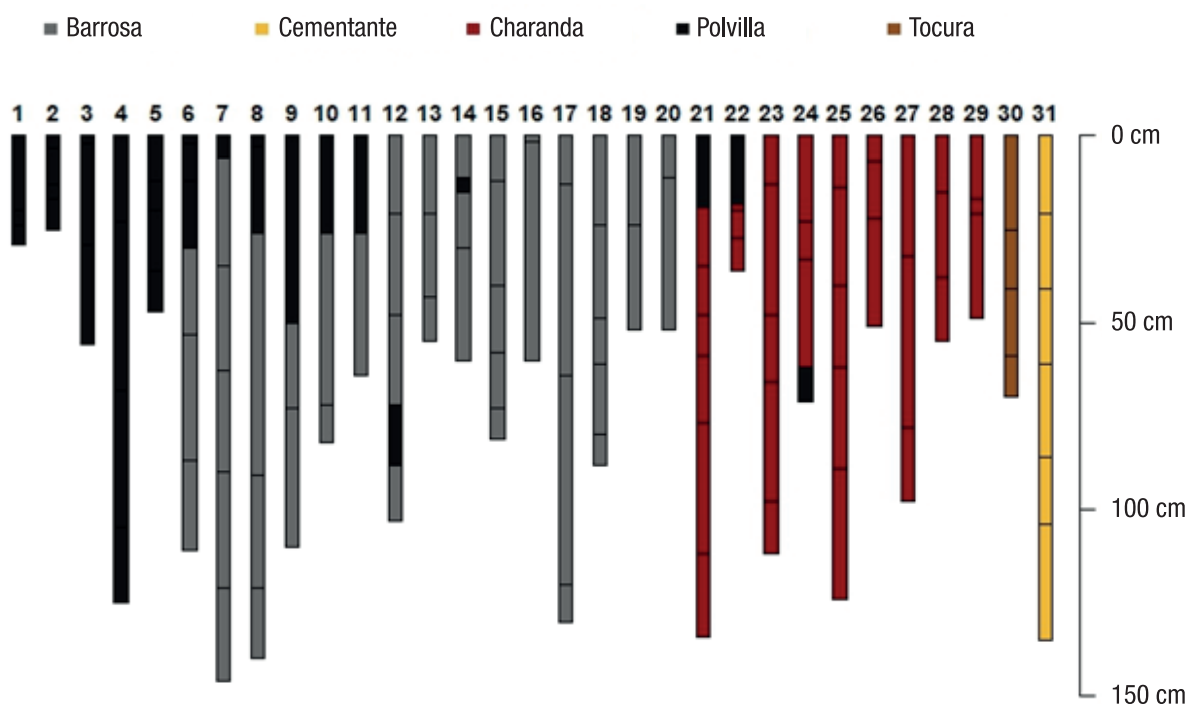


Figure 2. Profiles with soil classes in La Huacana, Michoacán.

Figura 2. Perfiles con las clases de suelo en La Huacana, Michoacán.

corresponding to Luvisols (Carney, 1990), but they are also reported as Acrisols (Bravo et al., 2011), which are red soils with Bt horizon. The Charanda soil class varies considerably in particle size distribution (Figure 3), due to contact horizons with Polvilla. It also has wide intervals in Mg (Figure 4), K (Figure 5), EC and pH. In most cases there is a Bt horizon, hence this soil class corresponds to Luvisols and to a lesser extent to Cambisols. The Charanda class is a highly erodible soil; the name is also given to reddish sediments (Fisher, Pollard, Israde-Alcántara, Garduño-Monroy, & Banerjee, 2003).

The Tocura soil class has not been reported; it corresponds to reddish brown soil with laminar structure, a median of 40 % in sand and silt (Figure 3), CEC around 25 $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ and has the highest contents of interchangeable calcium (Figure 4) and potassium (Figure 5). This soil class has a Bt horizon, so it qualifies as a Luvisol.

The Cementante soil class is yellow, and has hard consistency, strong aggregates and sandy texture (Table 1). This soil has the lowest percentages of clay and silt (Figure 3), its CEC is the lowest (Figure 4), and it has the lowest contents of interchangeable cations (Figure 5) and organic matter. This soil class had not been reported; it corresponds to an Arenosol according to the IUSS Working Group WRB (2014).

Other soil classes with a smaller surface area were found in the study area, such as: Balastre, which corresponds to gravel and coarse fragments with a scant quantity

corresponde a los Vertisoles (Krasilnikov et al., 2013; Torres-Guerrero, Gutiérrez-Castorena, Ortiz-Solorio, & Gutiérrez-Castorena, 2016), suelos arcillosos y con alta capacidad de intercambio de cationes. No obstante, la clase de suelo Barrosa (los campesinos le llaman Barro) escapa al concepto típico de Vertisoles, ya que algunos horizontes contienen menor cantidad de arcillas y, por lo tanto, menor capacidad de intercambio de cationes debido al contacto con la clase de suelo Polvilla. La clase Barrosa presenta los valores más altos de conductividad eléctrica, pH, magnesio y sodio.

El término Charanda “*Echeri charanda*”, de origen *P'urhépecha*, corresponde a suelos rojizos y arcillosos, a menudo corresponden a los Luvisoles (Carney, 1990), pero también son reportados como Acrisoles (Bravo et al., 2011), que son suelos rojos con horizonte Bt. La clase de suelo Charanda varía considerablemente en cuanto a la distribución del tamaño de partículas (Figura 3), debido a los horizontes de contacto con la Polvilla. También tiene intervalos amplios en Mg (Figura 4), K (Figura 5), CE y pH. En la mayoría de los casos hay un horizonte Bt por lo que esta clase de suelo corresponde con Luvisoles y en menor proporción con Cambisoles. La clase Charanda es suelo muy erosionable; el nombre también se les da a los sedimentos de color rojizo (Fisher, Pollard, Israde-Alcántara, Garduño-Monroy, & Banerjee, 2003).

La clase de suelo Tocura no ha sido reportada, corresponde a suelo café rojizo con estructura laminar, con una mediana de 40 % de arenas y limos (Figura 3), CIC

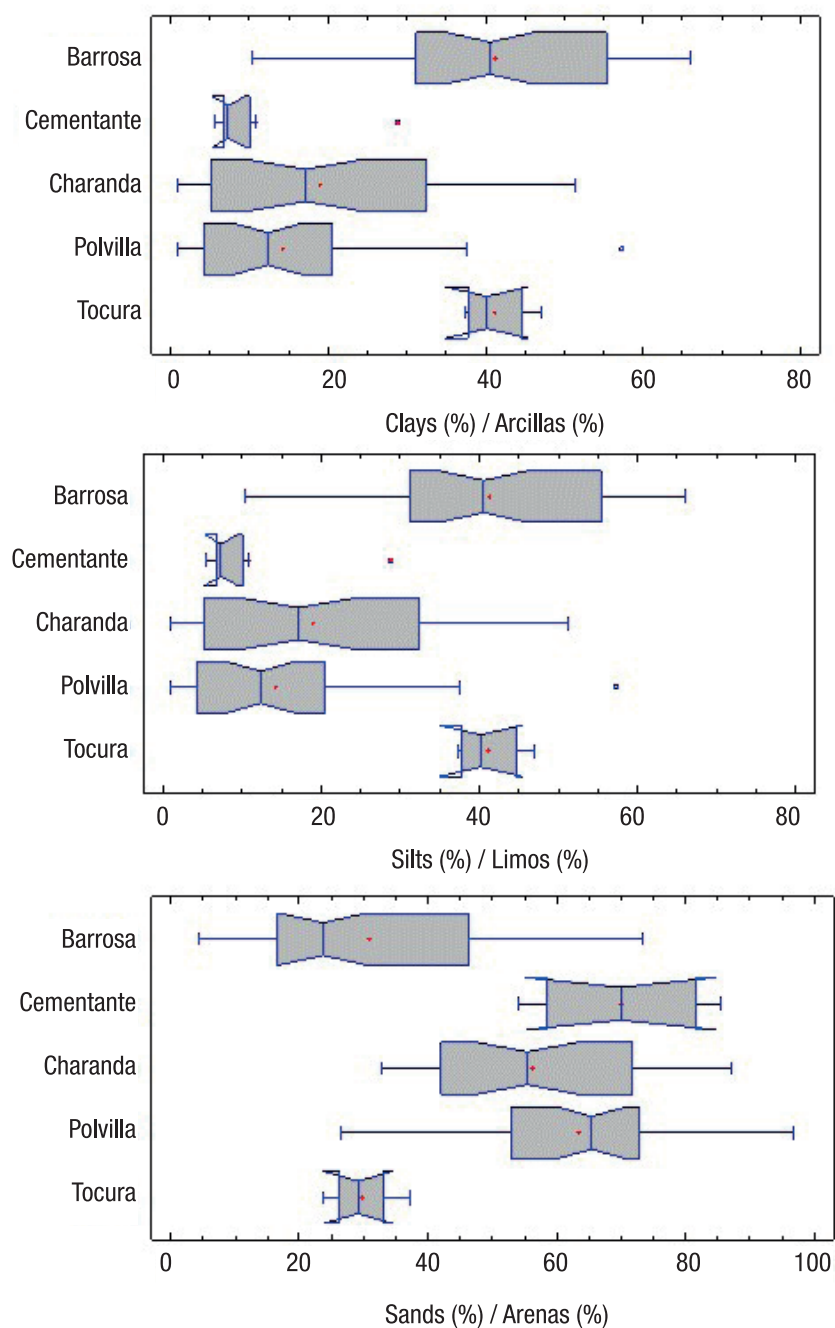


Figure 3. Analysis of variance (Kruskal-Wallis, $P = 0.05$) of particle percentages by soil class in La Huacana, Michoacán.

Figura 3. Análisis de varianza (Kruskal-Wallis, $P = 0.05$) de los porcentajes de partículas por clases de suelo en La Huacana, Michoacán.

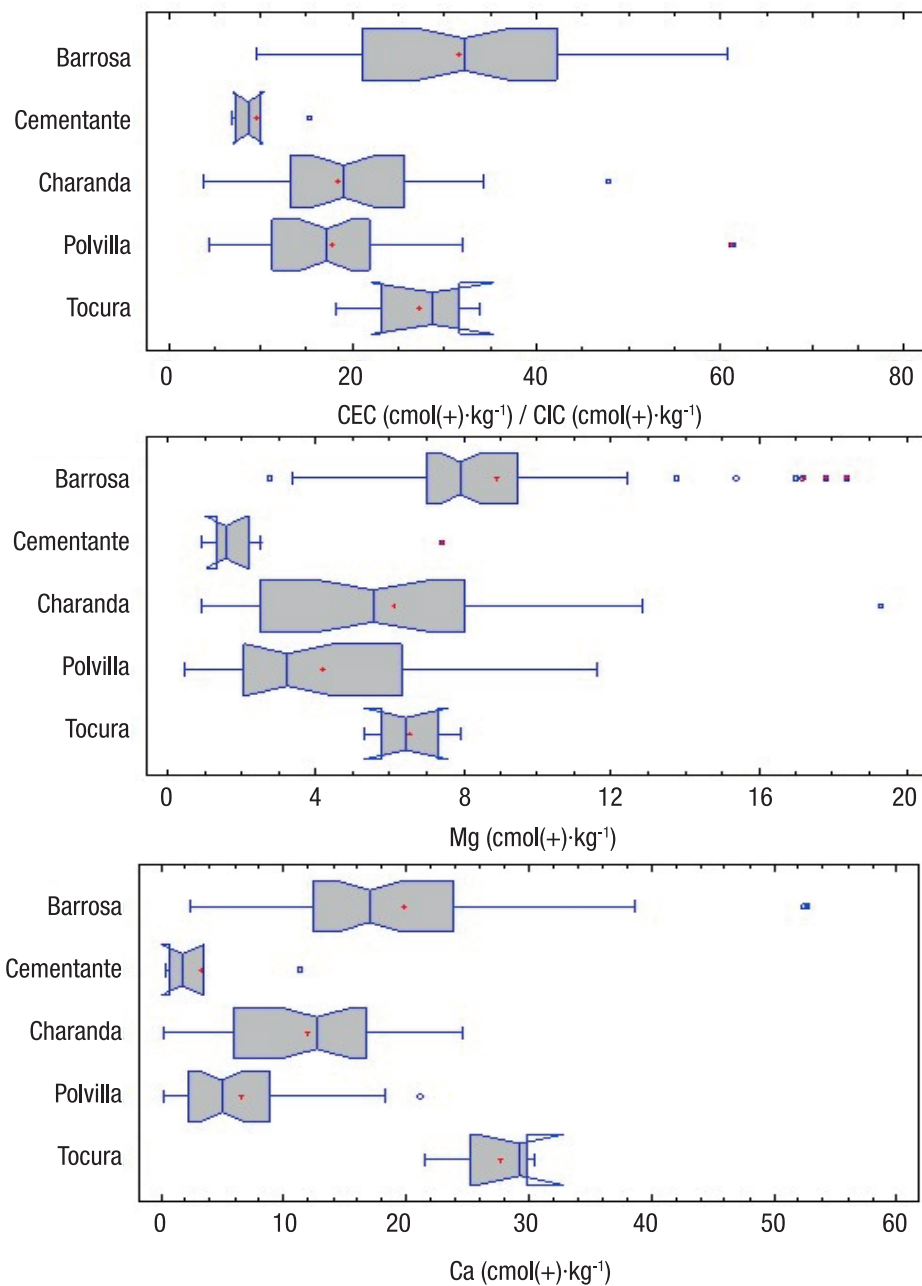


Figure 4. Analysis of variance (Kruskal-Wallis, $P = 0.05$) of cation exchange capacity (CEC) and interchangeable calcium and magnesium by soil classes in La Huacana, Michoacán.

Figura 4. Análisis de varianza (Kruskal-Wallis, $P = 0.05$) de la capacidad de intercambio de cationes (CIC) y calcio y magnesio intercambiables por clases de suelo en La Huacana, Michoacán.

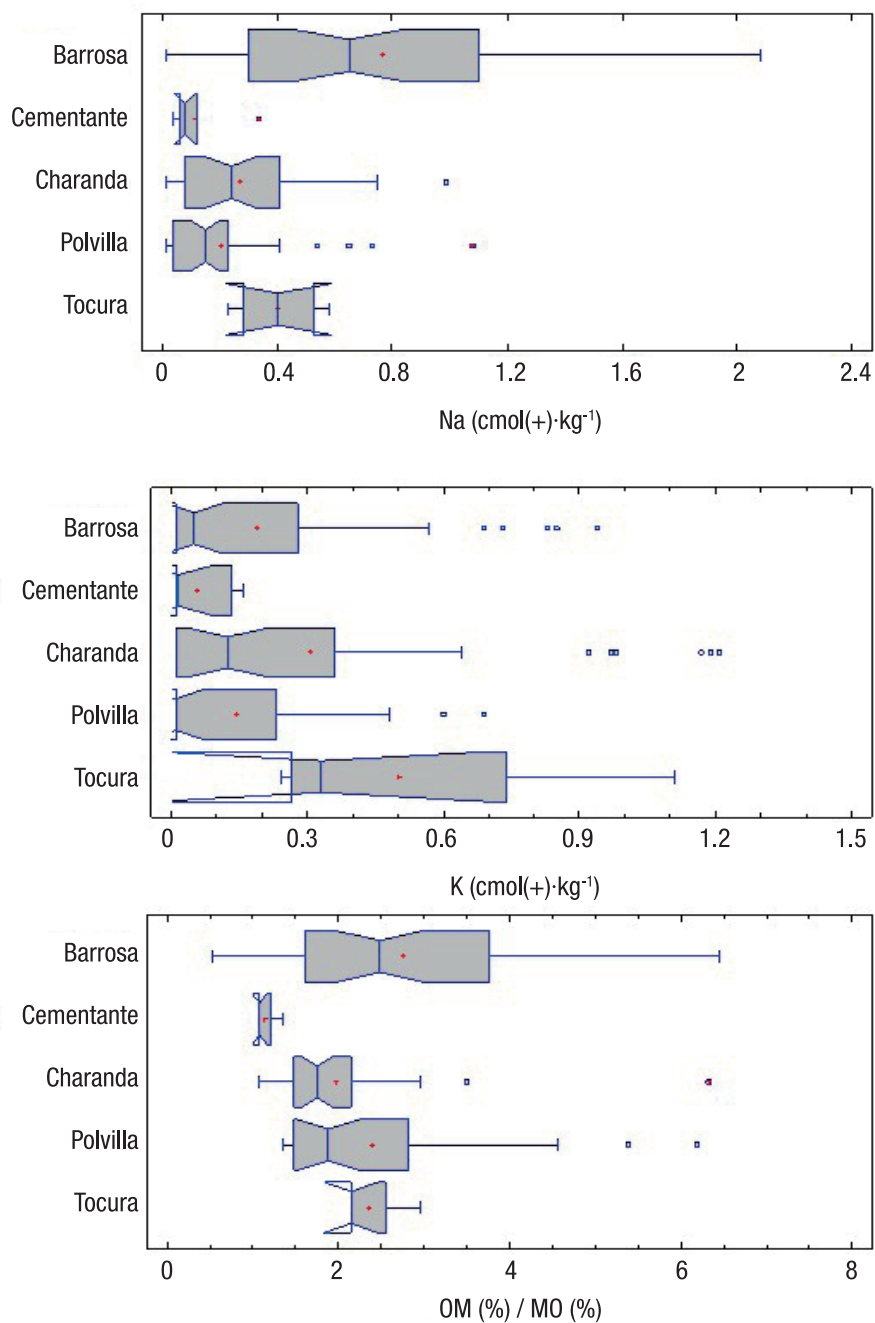


Figure 5. Analysis of variance (Kruskal-Wallis, $P = 0.05$) of organic matter (OM) and interchangeable sodium and potassium by soil classes in La Huacana, Michoacán.

Figura 5. Análisis de varianza (Kruskal-Wallis, $P = 0.05$) de la materia orgánica (MO) y sodio y potasio intercambiables por clases de suelo en La Huacana, Michoacán.

of particles smaller than 2 mm in diameter; eroded Tepetates without fine earth, and Cascajo, which consists of coarse fragments without fine earth.

Conclusions

The methodology allowed determining that the peasants of La Huacana, Michoacán, have a three-dimensional perspective of the soil because they recognize the subsurface horizons, an aspect reported for the first time. The soil class names correspond to horizons and have a physical and chemical basis; the properties that define them were sand and clay percentages, organic matter, cation exchange capacity, pH and interchangeable Na. The Tocura and Cementante soil classes are characterized for the first time, according to their chemical and physical properties. Polvilla, which is black sand from the volcano, is being incorporated into the Barrosa and Charanda classes, which has already given rise to a horizon called “mezclada” that not all peasants recognize, but that in other parts of the state they call “revuelta”. Proven local knowledge can be a very useful resource for local soil inventory purposes, both in attributes and spatial distribution.

Acknowledgements

The authors wish to thank the Dirección General de Asuntos del Personal Académico of the Universidad Nacional Autónoma de México for funding the PAPIIT IN 209218 project, and our farmer friends in La Huacana, Michoacán.

End of English version

References / Referencias

- Alarcón-Cháires, P. (2010). *Etnoecología de los indígenas P'urhépecha. Una guía para el análisis de la apropiación de la naturaleza*. México: Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from <http://etnoecologia.uv.mx/json/imagenesjson/ETNOPURE.pdf>
- Alcalá, M., Ortíz, S. C. A., & Gutiérrez, C. M. C. (2001). Clasificación de los suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 227–239. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57319304.pdf>
- Barrera-Bassols, N., Zinck, J. A., & Van Ranst, E. (2009). Participatory soil survey: Experience in working with a Mesoamerican indigenous community. *Soil Use and Management*, 25(1), 43–56. doi: 10.1111/j.1475-2743.2008.00192.x
- Bautista, F., Jiménez-Osornio J., Navarro-Alberto, J., Manu, A., & Lozano, R. (2003). Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico en Leptosoles

alrededor de 25 cmol·kg⁻¹ y tiene los mayores contenidos de calcio (Figura 4) y potasio intercambiables (Figura 5). Esta clase de suelo tiene un horizonte Bt, por lo que califica para Luvisol.

La clase de suelo Cementante es de color amarillo, de consistencia dura, con agregados fuertes y textura arenosa (Cuadro 1). Este suelo tiene los porcentajes de arcilla y limo más bajos (Figura 3), su CIC es la más baja (Figura 4), así como los contenidos de cationes intercambiables (Figura 5) y la materia orgánica. Esta clase de suelo no había sido reportada, corresponde a un Arenosol según la IUSS Working Group WRB (2014). En la zona de estudio se encontraron otras clases de suelo de menor superficie, como Balastre que corresponde a grava y fragmentos gruesos, con escasa cantidad de partículas menores de 2 mm de diámetro; Tepetates erosionados sin tierra fina; y Cascajo que consiste en fragmentos gruesos sin tierra fina.

Conclusiones

La metodología permitió identificar que los campesinos de La Huacana, Michoacán, tienen una visión tridimensional del suelo porque reconocen los horizontes subsuperficiales, aspecto que se reporta por primera vez. Los nombres de las clases de suelo corresponden a horizontes y tienen un sustento físico y químico; las propiedades que las definen fueron porcentaje de arena y arcilla, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH y Na intercambiable. Las clases de tierra Tocura y Cementante son caracterizadas por primera vez, de acuerdo con sus propiedades químicas y físicas. La Polvilla, que es la arena negra del volcán, se está incorporando a las clases Barrosa y Charanda, lo que ya da lugar a un horizonte denominado “mezclada” que no todos los campesinos reconocen, pero que en otras partes del estado lo nombran “revuelta”. El conocimiento local demostrado puede ser un recurso muy útil para los fines de inventarios locales de suelo, tanto en atributos como en distribución espacial.

Agradecimientos

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México por el financiamiento del proyecto PAPIIT IN 209218. A nuestros amigos agricultores de La Huacana, Michoacán.

Fin de la versión en español

- cársticos. *Terra*, 21(1), 1–11. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57321101.pdf>
- Bautista, F., Díaz-Garrido, M. S., Castillo-González, J. L. M., & Zinck, A. J. (2005). Spatial heterogeneity of the soil cover in the Yucatán Karst: comparison of Mayan, WRB and numerical classification. *Eurasian Soils Science*, 38(1), 81–87. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.461.2975&rep=rep1&type=pdf>
- Bautista, F., García, J., & Mizrahi, A. (2005). Diagnóstico campesino de la situación agrícola en Hocabá, Yucatán. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 571–580. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/5731146016.pdf>
- Bautista, F., & Zinck, J. A. (2010). Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6(7), 1–11. Retrieved from <https://ethnobiomed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-4269-6-7>
- Beaudette, D. E., Roudier, P., & O'Geen, A. T. (2013). Algorithms for quantitative pedology: A toolkit for soil scientists. *Computers & Geosciences*, 52, 258–268. doi: 10.1016/j.cageo.2012.10.020
- Bedolla-Ochoa, C., Bautista F., & Gallegos-Tavera, A. (2018). Funciones ambientales de las clases de tierra campesinas en la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3), 265–274. doi: 10.5154/r.rchscfa.2017.09.058
- Bravo, M., Sáenz, T., Barrera, G., Medina, L., Mendoza, M., Prat, Ch., & García, F. (2011). *Tecnologías agroecológicas para la restauración de suelos degradados en la subcuenca de Cointzio, Michoacán*. Michoacán, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Retrieved from https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/04/tecnologias_agroecologicas_para_la_restauracion_de_suelos_degradados_en_cointzio.pdf
- Brevik, E. C., & Hartemink, A. E. (2010). Early soil knowledge and the birth and development of soil science. *Catena*, 83(1), 23–33. doi: 10.1016/j.catena.2010.06.011
- Carney, J. (1990). *Triticale production in central Mexican highlands: Smallholders' experiences and lessons for research*. México: CIMMYT. Retrieved from <http://repository.cimmyt.org/handle/10883/1143>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2014). Estadísticas del agua en México. Retrieved from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- Cruz, C. G., Ortiz, C., Gutiérrez, C., & Villegas, A. (2008). Las clases de tierras citrícolas del ejido Pueblillo, Papantla, Veracruz. *Terra Latinoamericana*, 26(1), 11–19. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311561002.pdf>
- Ettema, C. H. (1994). Indigenous soil classifications. What is their structure and function, and how do they compare to scientific soil classifications? In D. G. Rossiter (Ed.), *Intro to ethnopedology* (pp. 1–7). UK: Cornell University.
- Fisher, Ch., Pollard, H., Israde-Alcántara, I., Garduño-Monroy, V., & Banerjee, S., (2003). A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacan, Mexico. *PNAS*, 100(8), 4957–4962. doi: 10.1073/pnas.0630493100
- Gandoy, B. (1991). *Manual de laboratorio para el manejo físico de suelos*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Hartemink, A. E., Krasilnikov, P., & Bockheim, J. G. (2013). Soil maps of the world. *Geoderma*, 207–208, 256–267. doi: 10.1016/j.geoderma.2013.05.003
- Ihl, T., Bautista, F., & Mendoza, M. (2017). Conservación e intensidad de uso de la tierra en la Reserva de la Biosfera Zicuirán-Infiernillo, Michoacán. *Terra Digitalis*, 1(1), 1–6. doi: 10.22201/igg.terradigitalis.2017.1.2.70
- IUSS Working Group, WRB. (2014). *World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Rome, Italy: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>
- Krasilnikov, P., & Tabor, J. (2003). Perspectives of utilitarian ethnopedology. *Geoderma*, 111(3–4), 197–215. doi: 10.1016/S0016-7061(02)00264-1
- Krasilnikov, P., Gutiérrez-Castorena, M. C., Ahrens, R. J., Cruz-Gaistardo, C. O., Sedov, S., & Solleiro-Rebolledo, E. (2013). *The soils of Mexico*. Netherlands: Springer.
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583–621. doi: 10.2307/2280779
- Lean, E. (1982). Soil pH and lime requirement. In A. Page, R. Miller, & D. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis* (vol. 2, pp. 199–224). USA: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.
- Licona-Vargas, A. L., Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., & Manzo-Ramos, F. (2006). Clasificación local de tierras y tecnología del policultivo café-plátano para velillo-sombra en comunidades cafetaleras. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 1–7. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57311494001.pdf>
- Maldonado, E., Alcalá, M., González, J., & Ayala, J. (2014). Caracterización de tierras campesinas en la microcuenca El Calabozo. *Biológicas*, 16(2), 27–30. Retrieved from <https://www.biologicas.umich.mx/index.php/biologicas/article/view/181>
- Mariles-Flores, V., Ortiz-Solorio, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., Sánchez-Guzmán, P., & Cano-García, M. A. (2016). Las clases de tierras productoras de maguey mezcalero en la Soledad Salinas, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1199–1210. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263146723019.pdf>
- Nelson, W., & Sommers, E. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In A. Page, R. Miller, & D. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis*. (vol. 2., pp. 535–577). USA: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.
- Okalebo, R., Gathua, K., & Woome, P. (1993). *Laboratory methods of soil and plant analysis*. Nairobi, Kenya: KARI, SSEA, TSBF & UNESCO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), (2009). *Guía para la descripción de*

- suelos. Roma: Autor. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Ortiz, C., Pájaro-Huertas, D., & Ordaz, V. (1990). *Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas*. México: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados.
- Ortiz-Solorio, C. A., & Gutiérrez-Castorena, M. C. (1999). Evaluación taxonómica de sistemas locales de clasificación de tierras. *Terra Latinoamericana*, 17(4), 277–286. Retrieved from <https://chapingo.mx/terra/contenido/17/4/art277-286.pdf>
- Santos, J., & Molina, G. C. (2011). Diagnóstico rural participativo. In F. Bautista, & G. Palacio (Eds.), *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales* (pp. 563–584). México: Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/tmuestreo.pdf
- Sotelo-Ruiz, E. D., & Ortiz-Solorio, C. A. (2001). Comparación de la información edafológica del INEGI, con la generada por la clasificación campesina de tierras en Oriental, Puebla México. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 211–217. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57319302.pdf>
- Torres-Guerrero, C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C., Ortiz-Solorio, C. A., & Gutiérrez-Castorena, E. V. (2016). Manejo agronómico de los Vertisoles en México: una revisión. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 457–466. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/573/57347465007.pdf>
- United States Department of Agriculture (USDA). (1996). *Soil survey laboratory methods manual*. USA: Author.