



Geomorfoedaphological landscapes and regularities of soil distribution in San Blas Nayarit, Mexico

Paisajes geomorfoedafológicos y regularidades de distribución de suelos en San Blas Nayarit, México

Herrera-Romero, J. A.¹, Bojórquez-Serrano, J. I.^{1*}, Hernández-Jiménez, A.², Can-Chulim, A.¹.

¹Programa de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera, Puerto Vallarta - Tepic Compostela, Km 9, 63780 Xalisco, Nayarit, México.

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera Tapaste km 3, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Cite this paper/Como citar este artículo: Herrera-Romero, J. A., Bojórquez-Serrano, J. I., Hernández-Jiménez, A., Can-Chulim, A. (2020). Geomorfoedaphological landscapes and regularities of soil distribution in San Blas Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 7, e706. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e706>



ABSTRACT

The objective of this study was to describe the geomorphological landscapes and to reorganize the Soil Referential Groups (SRG) according to the reliefs and the qualifiers to identify the regularities of the distribution of the soils of the municipality of San Blas, Nayarit. The soils found present great variability derived from the heterogeneity of the land and the factors that intervene in the study area, reflecting three regularities in the distribution and development of the soils, composed of 16 geomorphological landscapes. The first is the soils affected by the intrusion of sea water into the continent, these are soils of recent origin moderately acidic to neutral, very saline and sandy; the second regularity presents soils derived from the Río Grande de Santiago Delta, with accumulation of alluvial

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo describir paisajes geomorfoedafológicos y reorganizar los Grupos Referenciales de Suelos (RSG) en función de los relieves y los calificativos para identificar las regularidades de distribución de los suelos del municipio de San Blas Nayarit. Los suelos encontrados presentan gran variabilidad derivada de la heterogeneidad del terreno y de los factores que intervienen en el área de estudio, reflejan tres regularidades en la distribución y desarrollo de los suelos, compuestos por 16 paisajes geomorfológicos. La primera son los suelos afectados por la intrusión de agua de mar al continente, son suelos de origen reciente moderadamente ácidos a neutros, muy salinos y arenosos; la segunda regularidad presentan suelos derivados del Delta Río Grande de Santiago, con acumulación de sedimentos aluviales de origen fluvial, poco desarrollados muy profundos, muestran formación de arcilla débil, pH neutro, sin sales con excepción en los límites de transición de agua de mar o salobre; la tercera

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: March 15th 2019.

Accepted/Aceptado: August 13th 2019.

Available on line/Publicado: August 14th 2019.

*Corresponding Author:

José Irán Bojórquez Serrano; calle Miguel Lebrija # 309, colonia Caminera, Tepic Nayarit; C.P. 63196; Phone: +52(311) 909 5204; E-mail: iranbojorquez@uan.edu.mx

sediments of fluvial origin, little developed very deep, show weak clay formation, of neutral pH, without salts except in the transition limits of sea or brackish water; the third regularity groups soils of mountainous relief of basaltic origin, the accumulation of clay is greater than in the rest of the territory and does not present salts, its percentage of organic matter (OM) is high to very high and of acidic pH. A total of eight Reference Groups of Classified Soils are described based on the World Reference Base for the soil resource, in which Fluvisols, Phaeozems, Luvisols, Arenosols and Cambisols soils stand out.

KEY WORDS

Geomorphology, Edaphology, Coastal plain, Delta plain, relief.

Introduction

Soils maps are a scale representation of the spatial distribution of soil classes and their physiographical, physical, chemical and biological land characteristics; the shortage of maps with a detailed distribution of soil units represents a frequent limiting factor for decision making (Colin *et al.*, 2017). For Palma *et al.* (2017), developing knowledge on soil distribution in a determined region and on homogenous unit formation is necessary, as well as characterizing their properties to be able to infer their productive potential and management alternatives. From there, the necessity to rely on actualized soil studies arises, with the purpose of supplying a base for conservation, preservation, sustainable exploitation of the soil resource (Bautista *et al.*, 2005); use planning, agricultural development projects, erosion assessment and agroecological management (Zinck, 2012).

In the last decades, technological methodologies and innovations have been developed to reduce the prices in soil survey, such as teledetection, geographical information systems and spatial statistics (Zinck, 2005). Relationships between geomorphology and edaphology in the context of landscape ecology provides cartographical limits of mapping units, where geomorphological landscapes affect the geographical distribution of soil groups and characteristics at horizons, properties, diagnostic materials and qualifiers

regularidad agrupa suelos de relieve montañoso de origen basáltico, la acumulación de arcilla es mayor que en el resto del territorio y no presenta sales, su porcentaje de materia orgánica (OM) es alto a muy alto y de pH ácido. Se describen un total de ocho Grupos Referenciales de Suelos Clasificados en base a World Reference Base para el recurso suelo, en los que destacan los suelos de tipo Fluvisol, Feozem, Luvisol, Arenosol y Cambisol.

PALABRAS CLAVE

Geomorfología, WRB, Llanura costera, Llanura deltaica, relieve, regularidad del suelo.

Introducción

Los mapas de suelos son una representación a escala de la distribución espacial de las clases de suelo y sus características fisiográficas, físicas, químicas y biológicas del terreno; la escasez de mapas con una distribución detallada de las unidades de suelo representa una limitante frecuente para la toma de decisiones (Colín *et al.*, 2017). Para Palma *et al.* (2017), es necesario conocer cómo se distribuyen los suelos en una región determinada, la formación de unidades homogéneas y caracterizar sus propiedades a modo de inferir su potencial productivo y alternativas de manejo. De ahí surge la necesidad de contar con estudios de suelo actualizados, con la finalidad de proporcionar la base para la conservación, preservación, aprovechamiento sustentable del recurso suelo (Bautista *et al.*, 2005); planificación de uso, proyectos de desarrollo agrícola, evaluación de erosión y manejo agroecológico (Zinck, 2012).

En las últimas décadas se han desarrollado metodologías e innovaciones tecnológicas para abaratar costos en los levantamientos de suelos, tales como la teledetección, sistemas de información geográfica y estadísticas espaciales (Zinck, 2005). La relación entre geomorfología y edafología en el contexto de la ecología de paisajes, suministra los límites cartográficos de las unidades de mapeo, donde los paisajes geomorfológicos influyen en la distribución geográfica de los grupos de suelos y las características a nivel de horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores, que inciden en factores limitantes para la capacidad agropecuaria,

levels, which have an impact on limiting factors for agriculture and livestock capacity, natural conservation, urban areas and each coverage established in its distribution (Zinck, 2012). As well, digital soil maps designed from environmental variables allow to infer the spatial distribution of great soil groups, based on field observations and auxiliary data, it is an alternative technic in studies where information on soils is minimum or is found at a very little scale (Colín *et al.*, 2017).

In Mexico, some recent reports link geomorphological environments, geoforms and soils for the state of Yucatán (Bautista *et al.*, 2015), Tabasco (Zavala *et al.*, 2012; 2016) and, Tabasco and Chiapas (Solís *et al.*, 2014). In the region of the municipality of San Blas, Nayarit, where two physiographic regions converge, diverse authors report studies of soil survey in which geomorphological landscapes are included, mainly in the Pacific Coastal Plain (Bojórquez & López 1997, Bojórquez *et al.*, 2006, 2007, 2008; González *et al.*, 2009) and in the Northwestern sector of the Neovolcanic Axis (Bojórquez & López, 1995); however, at a semi-detail scale, very little edaphological studies have been performed, there are just some profiles characterized by INEGI and a soil map at small scale, that was performed in the period from 2001 to 2004 (consulted on October 17th of 2018 at <http://www.inegi.org.mx>).

Because of the importance of San Blas municipality for the state of Nayarit in agriculture, aquaculture and fishery production, the objective of this study was to describe geomorphoedaphological landscapes and to reorganize Reference Soil Groups (RSG) according to soil identification patterns present in San Blas municipality, Nayarit.

Material and Methods

Study area

This research study was performed in San Blas municipality, Nayarit, Mexico; it has a surface of 849.78 km², the type of climate is warm-subhumid (25.2 °C) with an average annual precipitation of 1,316 mm (Cossio *et al.*, 2008); limits with Pacific Mexican Ocean, where the physiographical provinces of Neovolcanic Axis and Pacific Coastal Plain converge, corresponding to geostructures according to Zinck (2012), in which six topoform systems converge, corresponding to geomorphological landscapes according to Zinck (2012)

conservación natural, zonas urbanas y cada una de las coberturas que se instauran en su distribución (Zinck, 2012). También, el diseño de mapas digitales de suelos a partir de variables ambientales, permite inferir la distribución espacial de los grandes grupos de suelos con base en observaciones de campo y datos auxiliares, es una técnica alternativa en estudios donde la información de suelos es mínima o se encuentra en una escala muy pequeña (Colín *et al.*, 2017).

En México existen reportes recientes que relacionan los ambientes geomorfológicos, geoformas y suelos para el estado de Yucatán (Bautista *et al.*, 2015), Tabasco (Zavala *et al.*, 2012; 2016) y, Tabasco y Chiapas (Solís *et al.*, 2014). En la región del municipio de San Blas, Nayarit confluyen dos regiones fisiográficas, diversos autores reportan estudios de levantamientos de suelos en los cuales incluyen a los paisajes geomorfológicos, principalmente en la Llanura Costera del Pacífico (Bojórquez & López, 1997, Bojórquez *et al.*, (2006, 2007, 2008); González *et al.*, 2009) y del sector noroccidental del Eje Neovolcánico (Bojórquez & López, 1995); sin embargo, a escala de semidetalle se han hecho muy pocos estudios edafológicos, solamente hay algunos perfiles caracterizados por el INEGI y un mapa de suelos a escala pequeña (consultado el 17 de octubre de 2018 en <http://www.beta.inegi.org.mx>), que se hizo durante el periodo del 2001 al 2004 (consultado el 17 de octubre de 2018 en <http://www.inegi.org.mx>).

Por la importancia del municipio de San Blas para el estado de Nayarit en la producción agrícola, acuícola y pesquera, el objetivo de este estudio fue describir paisajes geomorfoedafológicos y reorganizar los Grupos Referenciales de Suelos (RSG) en función de los relieves y obtener los calificadores para identificar las regularidades de distribución de los suelos.

Material y Métodos

Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en el municipio de San Blas, Nayarit, México; tiene una superficie de 849.78 km², el tipo de clima es cálido-subhúmedo (25.2 °C) con precipitación promedio anual de 1,316 mm (Cossio *et al.*, 2008); limita con el Océano Pacífico Mexicano donde confluyen las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico y la Llanura Costera del Pacífico, en ellas convergen seis sistemas de topoformas (Llanura costera, Llanura costera

(Coastal Plain, Delta Coastal Plain, Saline Coastal Plain with Coastal Lakes, Littoral ridges Plain, Volcanic Belt with steep hillsides and Volcanic Isolated Elevations) (Figure 1). The northwestern part of the Neovolcanic Axis has been included, a Plio-Quaternary volcanic structure that is East-West superimposed to the most ancient structures, in the region Graben Chapala-Tepic; the principal eruptive center is San Juan volcano, to which secondary eruptive centers such as La Yerba and La Cebadilla are associated, with diverse small volcanic cones with lava flows partially buried by recent alluvium, among them Chacalilla, La Contaduría and Ceboruco-Las Islitas (Demant *et al.*, 1976). As well, the South part of the Pacific Coastal Plain formed by alluvium of Santiago river during late Pleistocene Epoch, followed by a transgressive phase in the first millennia of the Holocene Epoch where the coastal line progressed and migrated inside under the primitive surface of the Delta; posteriorly, the transgressive movement stabilized with a slow ascent of the sea level, from 5,600 to 6,800 years ago, age from which a regressive behavior of the coast occurred with the formation of littoral ridges, phenomenon that has persisted since the last thousands of years (Curry *et al.*, 1969).

deltaica, Llanura costera salina con lagunas costeras, Llanura de cordones litorales, Sierra volcánica de laderas escarpadas y Elevaciones volcánicas aisladas) (Figura 1). Se incluyen la parte noroccidental del Eje Neovolcánico, una estructura volcánica Plio-Cuaternaria que se sobrepone Este-Oeste a las estructuras más antiguas, en la región Graben Chapala-Tepic; el centro eruptivo principal es el volcán San Juan, al cual se asocian centros eruptivos secundarios tales como La Yerba y La Cebadilla, con diversos edificios volcánicos pequeños con coladas de lava parcialmente sepultados por aluviones recientes, entre ellos Chacalilla, La Contaduría y Ceboruco-Las Islitas (Demant *et al.*, 1976). También, la parte sur de la Llanura Costera del Pacífico formada por aluviones del río Santiago en el Pleistoceno tardío, seguido de una fase transgresiva en los primeros milenios del Holoceno donde la línea de costa avanza y emigra tierra adentro sobre la primitiva superficie del delta; posteriormente, el movimiento transgresivo se fue estabilizando con un lento ascenso del nivel del mar, hace unos 5,600 a 6,800 años, época a partir de la cual tiene lugar un comportamiento regresivo de la costa con formación de cordones litorales, fenómeno que ha perdurado desde los últimos miles de años (Curry *et al.*, 1969).

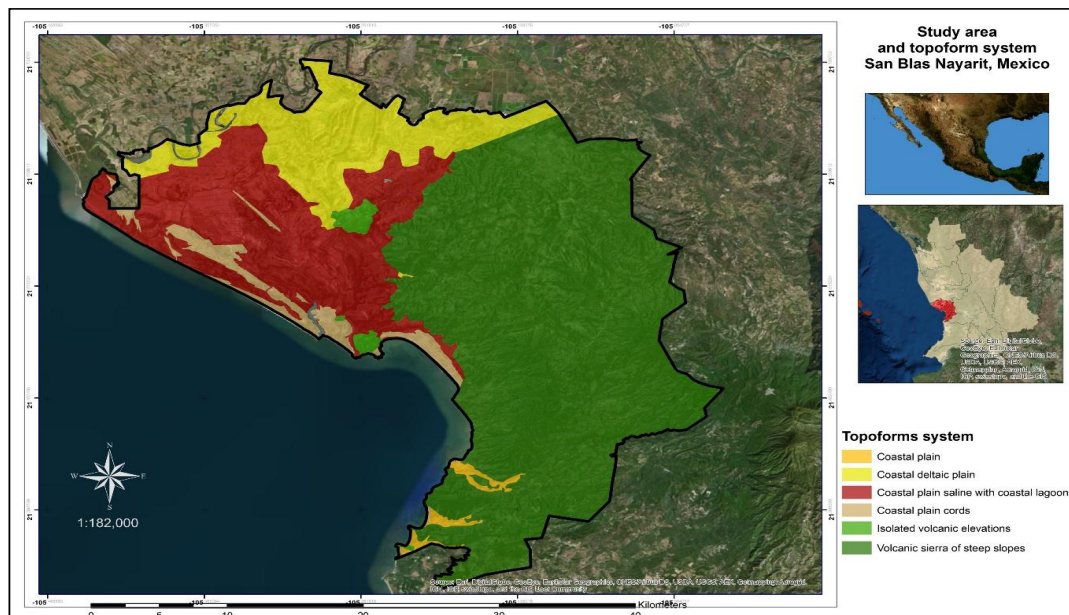


Figure 1. Physiographic location of the area under study.

Figura 1. Localización fisiográfica del área en estudio.

The mountainous region of the study area corresponds to Nayarit Volcanic Belts sub-province or geomorphological environments according to Zinck (2012) are constituted by basalts and andesite rocks, with dominant vegetation of tropical semi-deciduous forest and fruit trees plantations; while the coastal part of Rio Grande de Santiago Delta is constituted by three topoforms: 1) Delta plain (alluvial) of Santiago river with the use of the agriculture soil, 2) saline coast with lakes, mangrove vegetation and aquaculture-fishery use and 3) system of coastal ridges with sandy soils, halophyte vegetation and cultivations (INEGI, 2013).

Geomorphological landscapes

The interpretation of geomorphological units was realized from the tridimensional model of land from aerial photographs, supported by digital orthophotos, digital model of elevation (DME) (Priego *et al.*, 2010), geological, edaphological, vegetation and soil use thematic maps (INEGI, 2013). Maps were digitalized using the Geographical Information System ArcGIS 10.3. With them, the hierarchized geomorphological caption was designed, using the physiographic model previously defined by INEGI (2013) as a frameshift, the geomorphological environment corresponding to areas dominated by tectonic blocks of sedimentary rocks without marked geoforms of other environments; Great geomorphological landscape based on the physical description of its geology, macro relief and climate as proposed by Robertson *et al.* (2013); finally the geomorphological landscape that adds coverage and soil use to these characteristics (González *et al.*, 2009). The criterion of separation of geomorphoedaphological units proposed by Zinck (2012) and applied in Mexico by Bautista *et al.* (2015) and Zavala *et al.* (2016) was used.

Geomorphoedaphological landscapes

To characterize geomorphoedaphological units, 43 sites were described through soil profiles (FAO, 2009) and were added to two already described by INEGI, for a total of 45 detailed descriptions: a profile for each 18.88 km². There are units with one to five soil profiles described according to their size, heterogeneity and availability (Elbersen *et al.*, 1986; SEMARNAT, 2002; Soil Survey Staff, 1993). Samples were analyzed in laboratory; mechanical composition, apparent density, pH, electrical conductivity, organic matter, interchangeable cations and cationic interchange capacity (SEMARNAT, 2002). With field and laboratory data, the described profiles were classified, the World Reference Base (WRB) International Standard for Soil Classification

La región montañosa del área en estudio corresponde a la subprovincia Sierras Volcánicas Nayaritas de composición de basaltos y andesitas, con vegetación dominante de bosque tropical subcaducifolio y plantaciones de frutales; mientras que la parte costera al Delta del río grande de Santiago, con tres topoformas: 1) la llanura deltaica (aluvial) del río Santiago con uso del suelo agropecuario, 2) la llanura salina con lagunas, vegetación de manglares y uso acuícola-pesquero y, 3) el sistema de barras costeras con suelos arenosos, vegetación halófito y cultivos (INEGI, 2013).

Paisajes geomorfológicos

La interpretación de las unidades geomorfológicas se realizó a partir del modelo tridimensional de terreno sobre fotografías aéreas, apoyo de ortofotos digitales, modelo digital de elevación (DME) (Priego *et al.*, 2010), cartas temáticas de geología, edafología, de vegetación y uso del suelo (INEGI, 2013). Se digitalizaron utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcGIS 10.3. Con todo ello, se diseñó la leyenda geomorfológica jerarquizada, utilizando como marco el modelo fisiográfico previamente definido por el INEGI (2013), el Ambiente geomorfológico que corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias sin geoformas marcadas de otros ambientes; Gran paisaje geomorfológico basado en la descripción física de su geología, el macrorelieve y clima como lo propone Robertson *et al.* (2013); por último el Paisaje geomorfológico que suma a estas características la cobertura y uso del suelo (González *et al.*, 2009). Se utilizó el criterio de separación de las unidades geomorfopedológicas propuesto por Zinck (2012) y aplicado en México por Bautista *et al.* (2015) y Zavala *et al.* (2016).

Paisajes geomorfoedafológicos

Para caracterizar las unidades geomorfoedafológicas se describieron 43 sitios para a través de perfiles de suelos (FAO, 2009) y se sumaron dos descritos por INEGI, para un total de 45 descripciones detalladas; un perfil por cada 18.88 km². Existen unidades con uno y hasta cinco perfiles de suelo descritos, de acuerdo a su tamaño, heterogeneidad y accesibilidad (Elbersen *et al.*, 1986; SEMARNAT, 2002; Soil Survey Staff, 1993). Se analizaron las muestras en laboratorio; la composición mecánica, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónico (SEMARNAT, 2002). Con los datos de campo y laboratorio, se clasificaron los perfiles descritos, se utilizó el sistema internacional de clasificación

System (IUSS, Working Group, WRB, 2015) and integrated to the geomorphoedaphological map and caption of the study area.

Soil distribution pattern

Soil distribution patterns of the study area were analyzed from the clustering of Reference Soil Groups (RSG) and their I primary and II supplementary qualifiers of the International Standard for Soil Classification System (IUSS, Working Group, WRB, 2015) and for types of relief (geostructures, geomorphological environments and geomorphoedaphological landscapes).

Results and Discussion

Geomorphoedaphological landscapes

In the municipality of San Blas, Nayarit, 16 geomorphological landscapes were identified, distributed into three geomorphological environments and two geostructures (Table 1).

The municipality of San Blas, Nayarit, presented two types of climate (AW_1 and AW_2), both warm-subhumid, dark rocks of basaltic igneous were found in the Neovolcanic Axis; in the Coastal and Delta Plain accumulations of sediments mainly sands and limos which have been depositing over time, these delta deposits have harrowed the ancient coastal line until making the current external continental platform (Curry & Moore, 1964), the distribution of these properties, of present vegetation and RSG was presented in Table 2.

For each one of the geomorphoedaphological landscapes, the location and identification of the soil profiles described in the study (Figure 2) were described below. Primary and supplementary qualifiers were shown in Table 3 for the edaphological identification of landscapes.

Soils of the geomorphological environment of the Pacific Coastal Plain

This ecosystem was located in the extreme south of the Pacific Coastal Plain, it presented three great landscapes, Delta Plain made by sediments from the Santiago River, Littoral Ridges Plain originated during sea regressive step and, Saline Plain with Coastal Lakes, influenced by seawater intrusion into the continent.

de suelos WRB (IUSS, Working Group, WRB, 2015) y se integraron a la leyenda geomorfoedafológica y el mapa geomorfoedafológico del área en estudio.

Regularidades de distribución de suelos

Se analizaron las regularidades de distribución de suelos del área en estudio a partir del agrupamiento de grupos referenciales de suelos (RSG) y sus calificadores I primarios y II suplementarios del Sistema Internacional de Clasificación de Suelos (IUSS, Working Group, WRB, 2015) y por tipos de relieve (regiones fisiográficas, ambientes geomorfológicos y unidades geomorfoedafológicas).

Resultados y Discusión

Paisajes geomorfoedafológicos

En el municipio de San Blas, Nayarit se identificaron 16 paisajes geomorfológicos, distribuidos en cinco grandes paisajes y dos ambientes geomorfológicos (Tabla 1).

El municipio de San Blas, Nayarit, presenta dos tipos de clima (AW_1 y AW_2), ambos cálidos subhúmedos, se encuentran presentes rocas de origen ígnea basáltica de color oscuro en el eje neovolcánico; en la llanura costera y deltaica son acumulaciones de sedimentos principalmente arenas y limos que se estado depositando a lo largo del tiempo, esos depósitos deltaicos han progradado la antigua línea de costa hasta formar la actual plataforma continental externa (Curry & Moore, 1964), en la Tabla 2 se presenta la distribución de estas cualidades, vegetación presente y GRS.

A continuación, se describen cada uno de los paisajes geomorfoedafológicos, la posición e identificación de los perfiles de suelo descritos en el estudio (Figura 2). En la Tabla 3 se muestran los calificativos primarios y suplementarios para la identificación de la edafología de los paisajes.

Suelos del ambiente geomorfológico del Delta del río Grande de Santiago

Este ecosistema se localiza en el extremo sur de la Llanura Costera del Pacífico, presenta tres grandes paisajes, la llanura deltaica formada por sedimentos del río Santiago, la llanura de cordones litorales originada durante la etapa regresiva del mar y, la llanura salina con lagunas costeras, influenciada por la intrusión de agua marina al continente.

Table 1.
Geomorphic-edaphological legend of the municipality of San Blas, Nayarit.

Tabla 1.
Leyenda geomorfo-edafológica del municipio de San Blas, Nayarit.

Geostructure	Geomorphological environment	Landscape geomorphological	RSG
Pacific Coastal Plain	Coastal plains	A.- Beach and coastal dunes	Arenosols Sodic
		B.- Littoral cords or beach ridge	Arenosols Eutric
		C.- Ordinary tidal inundation plain with coastal estuary and lakes	Solonchaks Subacuatic, Sodic, Fluvisols, Arenic, Humic
		D.- Extraordinary tidal inundation plain	Solonchaks Thidalic, Fluvisols, Chromic, Arenic
		E.- Seasonal tidal inundation plain	Arenosols Sodic y Fluvisols, Sodic, Arenic
	Deltaic coastal plain	F.- Low plain with fluvial-marine influence	Fluvisols Eutric; Fluvisols Sodic, Chromic, Ochric y Cambisols Eutric, Chromic, Arenic
		G.- Medium alluvial plain of overflow	Cambisols Eutric; Phaeozems Luvisols, Siltic; Fluvisols Endoskeletal, Eutric, Arenic y Fluvisols Sodic, Ochric.
		H.- High alluvial plain	Luvisols Haplic, Siltic
		I.- Flooding riverbed terraces	Fluvisols Sodic, Siltic
Neovolcanic axis Neovolcanic	Nayaritas neovolcanic saws	J.- Structures with isolated elevations	Phaeozems Luvisols
		K.- Surface of conglomerates and series of ridges	Cambisols Eutric; Regosols Skeletic, Colluvic, Eutric, Arenic; Phaeozems Siltic, Arenic y Phaeozems Luvisols Chromic.
		L.- Intra-mountainous valley in basic rocks landscape	Cambisols Rhodic, Eutric, Clayic, Humic, Colluvic
		M.- Series of ridges of basic rocks	Luvisols Haplic, Arenic; Luvisols Rhodic y Luvisols Chromic, Siltic; Cambisols Fluvisols, Distric, Arenic
		N.- Basalt lava flows of different height	Acrisols Chromic, Siltic; Luvisols Chromic, Siltic clayic, Humic; Luvisols Chromic, Clayic; Luvisols Gleyic, Chromic, Clayic, Humic Colluvic y Phaeozems Luvisols.
		O.- Basalt lava flow with cineritic cones	Phaeozems Skeletic, Colluvic y Cambisols Skeletic, Eutric, Colluvic
		P.- Volcanic structure of basic rocks	Phaeozems Skeletic; Acrisols Rhodic, Humic; Acrisols Rhodic, Clayic y Acrisols Abruptic, Chromic, Humic, Clayic.

Table 2.
General characteristics of geomorphological environments.

Tabla 2.
Características generales del entorno geomorfológico.

Geomorphological environment	Climatology	Rock of origin	Vegetation	RSG
Coastal plains	AW1	Accumulation of sediments (sand)	Psamófila Vegetation Mangrove forest Hydrophilic halophilous vegetation Low spiny deciduous forest	Arenosols y Solonchaks
Deltaic coastal plain	AW1, AW2	Accumulation of sediments (sand and silt)	Gallery vegetation Low spiny deciduous forest	Fluvisols, Cambisols, Phaeozems y Luvisols
Nayaritas neovolcanic saws	AW2	Igneous basaltic	Low spiny deciduous forest Medium subcaducifolia jungle Mesophyll forest of Montain	Phaeozems, Cambisols, Regosols, Luvisols y Acrisols

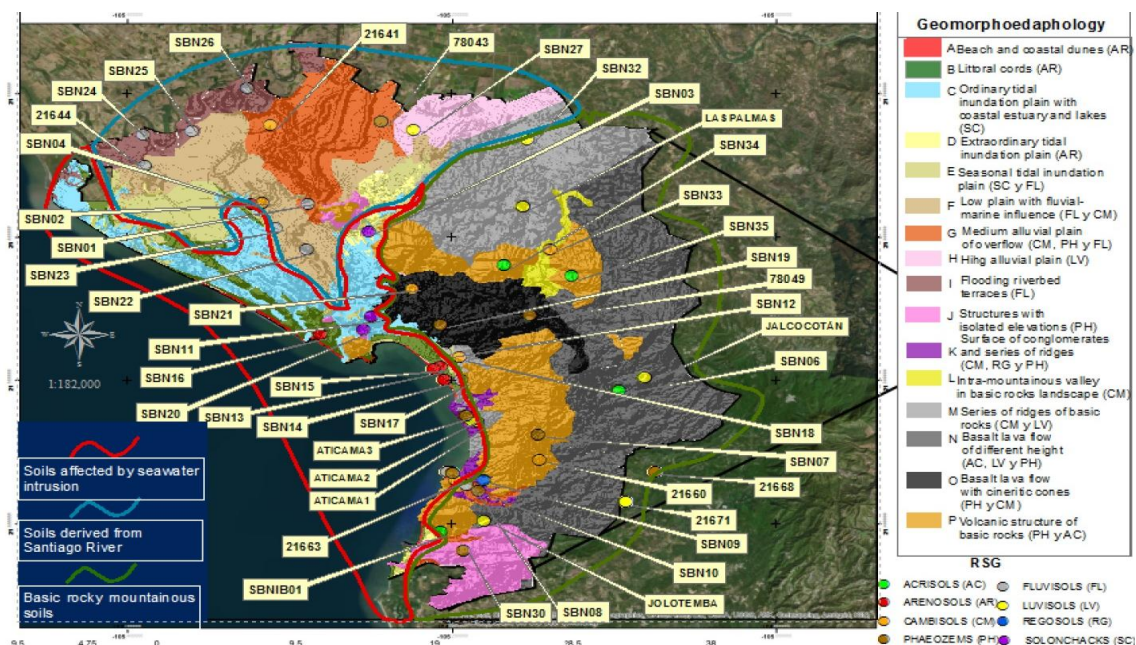


Figure 2. Geomorphoedaphological landscapes and soil distribution regularities in the municipality of San Blas, Nayarit.
Figura 2. Paisajes geomorfoedafológicos y regularidades de distribución de suelos en el municipio San Blas, Nayarit.

Great landscape: Littoral ridges Plain. Two geomorphoedaphological landscapes were identified in this ecosystem.

A- Beach and coastal dunes. Found at the limits between sea and continent, these were mounds of sandy sediments accumulation transported by the sea and winds, with a 10-20 % slope, presented a development of Arenosols Sodic (id of the profiles: SBN13 and SBN14), with pH from neutral to highly alkaline and very low OM content.

B- Littoral cords or beach ridges. Were elevated residual materials deposited in the form of beach ridges, which were dragged and deposited by the sea and Santiago river; in this landscape, soils of the Arenosols Eutric type were found (id of the profiles: SBN15 and SBN16), slightly saline, with pH from neutral to moderately acid and very low to medium OM content.

Great landscape: Saline coastal plain with coastal lakes. This ecosystem presented a direct intrusion of seawater by means of tidal movement through tidal

Gran paisaje: Llanura de cordones litorales. En este ecosistema se identificaron dos paisajes geomorfoedafológicos.

A- Playa y dunas costeras. Se encuentran en los límites del mar y el continente, son montículos de acumulación de sedimentos de arena transportados por el mar y los vientos, con pendiente de 10-20 %, presentan desarrollo de Arenosoles sódicos (id del perfil: SBN13 y SBN14), con pH neutro a fuertemente alcalino y muy bajo contenido de OM.

B- Cordones litorales o barras costeras. Son materiales residuales elevadas que se depositan en forma de barras, estos son arrastrados y depositados por el mar y el río Santiago; en este paisaje se encuentran suelos del tipo Arenosol éutrico (id del perfil: SBN15 y SBN16), ligeramente salino, con pH de neutro a moderadamente ácido y muy bajo contenido de OM a medio.

Gran paisaje: Llanura costera salina con lagunas costeras. Este ecosistema presenta intrusión directa del agua de mar por medio del movimiento de las mareas; por un lado, a través de bocas y canales de marea, también interviene

mouths and channels; as well, seasonality of rainfalls provoked a mixture and increase in inundation zones that introduced salinity in these, which were generally the lowest parts of the land. Three geomorphological landscapes were identified.

C- Ordinary tidal inundation plain with coastal estuary and lakes. In this landscape, the saline intrusion occurred toward the continent through tidal mouths and channels or estuaries. Daily tidal inundation reached a part of the alluvial plain and littoral ridges of lower altitude, in some sectors, made lakes with this regime of daily inundations and development of mangrove vegetation. In this landscape, Solonchaks Subaquatic, Sodic, Fluvic, Arenic, Humic were identified (profiles SBN11 and SBN20).

D- Extraordinary tidal inundation plain. Corresponded to a portion of the plain with inundation of high tides during the period from April to June, coinciding with the period of higher heat and evaporation. In this landscape, salts come to the surface and were shown as whitish spots on the surface of the soil. Solonchaks Thidalic, Fluvic, Chromic and Arenic profiles were identified (profile SBN03).

E- Seasonal tidal inundation plain. Once the rain season in the region established, from June to October, precipitation and river runoffs contributed to tides, by inundating a wider sector of the plain with brackish water. In this landscape, two Reference Soil Groups were identified: Arenosols Sodic (SBN04) and Fluvisols Subaquatic, Sodic, Arenic (profiles SBN12 and SBN17).

Great landscape: Delta plain of Santiago river. Plain integrated by alluvium of Santiago river which originates in Ocotlán in Chapala lake, as well as by small streams which drained directly to the sea (El Palillo and El Solito). It has to be pointed out that Santiago river currently presents a side network of protection for avenues in the lower part of the basin and a system of great dams in waterfall in the higher part (El Aguamilpa, El Cajón, La Yesca and Santa Rosa), that restrain the major part of the sediments. Four geomorphological landscapes were identified in this region.

F- Low plain with fluvial-marine influence. It made a large extension of flatland with sectors where the saline wedge of marshland or saline phreatic water influenced

la estacionalidad del temporal de lluvias, provocando una mezcla e incremento de zonas de inundación que introducen la salinidad en estas, que son por lo general las partes más bajas del territorio. Se identificaron tres paisajes geomorfoedafológicos.

C- Llanura de inundación mareal ordinaria con esteros y lagunas costeras. En este paisaje ocurre la intrusión salina hacia el continente a través de bocas y canales de marea o esteros. La inundación mareal diaria alcanza una parte de la llanura aluvial y los cordones litorales de menor altitud, en algunos sectores forma lagunas con este régimen de inundación diario y desarrollo de vegetación de manglar. En este paisaje se identificó un Solonchak subacuático, sódico, flúvico, arénico, húmico (perfiles SBN11 y SBN20).

D- Llanura de inundación mareal extraordinaria. Corresponde a una porción de la llanura con inundación de mareas altas durante el periodo de abril a junio, que coincide con la época de mayor calor y evaporación. En este paisaje las sales afloran y se muestran como manchas blanquecinas sobre la superficie del suelo. Se identificó un Solonchak tidálico, flúvico, crómico, arénico (perfiles SBN03).

E- Llanura de inundación mareal y estacional. Una vez establecido el temporal de lluvias en la región, de junio a octubre, la precipitación y los escurrimientos de los ríos contribuyen con las mareas inundando un sector más amplio de la llanura con agua salobre. En este paisaje se identificaron dos grupos referenciales de suelos, un Arenosol sódico (SBN04) y un Fluvisol subacuático, sódico, éutrico (perfiles SBN12 y SBN17).

Gran paisaje: Llanura deltaica del río Santiago. Llanura integrada por aluviones del río Santiago que tiene su origen en Ocotlán en el lago de Chapala, asimismo por pequeños arroyos que drenan directo al mar (El Palillo y Vena el Solito). Señalar que actualmente el río Santiago presenta una red de bordos de protección de avenidas en la parte baja de la cuenca y, un sistema de grandes presas en cascada en la parte de alta (El Aguamilpa, Cajón, La Yesca y Santa Rosa), que retienen gran parte de los sedimentos. En esta región se identificaron cuatro paisajes geomorfológicos.

F- Llanura baja con influencia fluvio marina. Forma una gran extensión de tierra plana con sectores donde tiene influencia la cuña salina de las marismas o por agua freática

landscape. In this geoform, there were Fluvisols with salinity and without salinity and Cambisols. Four Fluvisols were identified, two of them Sodic, Cromic, Ocric (profiles SBN22 and SBN23), moderately saline to saline, and no saline in the others two. The pH was mainly moderately alkaline and OM content was medium in the higher part and low in the lower part of the profiles. Cambisols Eutric, Cromic and Arenic (profile SBN02) were registered in turn with a moderately acid pH, without presence of salts and low OM content.

G- Medium alluvial plain of overflow. These were plains of inundation in possibly covered by riverbeds; diverse Reference Soil Groups were found, such as Fluvisols, Cambisols and Phaeozems. Fluvisols Endoskeletal, Eutric, Arenic were neutral, without salts and medium OM content, presented small rock fragments in their inside (profile SBN08), Fluvisols Sodic, Ochric (profile SBN01) without salts with a pH from neutral to moderately alkaline and low OM content. A Cambisols Eutric was registered as well with characteristics without salts and a moderately acid pH (profile 21641) and a Phaeozems Luvisc Siltic in zones which still conserved natural vegetation of tropical forest.

H- High alluvial plain. They constituted the most ancient and the highest part of the sediments deposited in Santiago river Delta, with more time for clayish mineral formation. In this landscape, a Luvisols Háplíc, Siltic (profile SBN27) soil was classified, without salts, moderately acid and medium OM content.

I- Flooding riverbed terraces. These were terraces of fresh alluvium located close to the current flooding riverbed. Terraces were made by sediments when the flow of Santiago river were not regulated yet. Reference Soil Groups found in this landscape were Fluvisols Sodic, Siltic (profiles SBN24, 25 and 26), they were deep soil with frank texture, without salts, with sodium accumulation, pH oscillating in ranges between moderately acid to moderately alkaline as established by the Official Mexican Standard NOM-021, with medium OM accumulation in the higher part of the profile and low OM content in the rest of the horizons.

Soils of the geomorphological environment of Nayarit Neovolcanic Belts

This ecosystem of Nayarit volcanic belts makes part of the northwestern extreme of the Neovolcanic

salina. En esta geoforma hay Fluvisoles con salinidad y sin salinidad, y Cambisoles. Se identificaron cuatro Fluvisoles, dos de ellos Fluvisol sódico, crómico, ócrico (perfiles SBN22 y SBN23), con suelo moderadamente salino a salino, y no salino en los otros dos. El pH en su mayoría es moderadamente alcalino y el contenido de OM es medio en la parte superior y bajo en la inferior de los perfiles. A su vez se registró un Cambisol éutrico, crómico, arénico (perfil SBN02) con un pH moderadamente ácido, sin presencia de sales y bajo contenido de OM.

G- Llanura aluvial media de desborde. Son llanuras de inundación en forma eventual bañada por los cauces de los ríos; se encuentran diversos Grupos Referenciales de Suelo como son Fluvisoles y Cambisoles, un Fluvisol endoesquelético, éutrico, arénico, neutro, sin sales y contenido de materia orgánica media, es el único perfil que tiene presencia de piedras en su interior (perfil SBN08), le siguen los Fluvisoles sódicos representados por el perfil SBN01, los cuales se clasifica como Fluvisol sódico, ócrico, sin sales con un pH de neutro a moderadamente alcalino y bajo contenido de OM. Se registró también un Cambisol éutrico, crómico con características sin sales, pH moderadamente ácido (perfil 21641).

H- Llanura aluvial alta. Constituyen la parte más antigua y alta de los sedimentos depositados en el delta del río Santiago, con más tiempo para la formación de minerales arcillosos. En este paisaje se clasificó un suelo Luvisol háplico, siltico (perfil SBN27), sin sales, moderadamente ácido y contenido de OM medio.

I- Terrazas de lecho de río inundables. Son terrazas de aluviones frescos localizadas próximo al lecho del río de inundación actual. Las terrazas se formaron por sedimentos cuando el caudal del río Santiago aún no estaba regulado. En este paisaje se encuentran Grupos Referenciales de Suelos Fluvisoles sódicos (perfiles SBN24, 25 y 26), son suelos profundos de textura franca, sin sales, con acumulación de sodio, oscilan en los rangos de moderadamente ácido a moderadamente alcalino como lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-021, con acumulación de OM medio en la parte superior del perfil y contenido bajo en el resto de los horizontes.

Suelos del ambiente geomorfológico del Eje Neovolcánico Nayarita.

Este ecosistema de sierras volcánicas nayaritas forma parte del extremo noroccidental del Eje Neovolcánico

Axis of Mexico, in the municipality of San Blas, Nayarit, and presented a great landscape, mountains with steep hillsides.

Great landscape: Volcanic mountains with steep hillsides. It presented mountainous landscapes with soils derived from basaltic rocks, mostly black and reddish, composed by young soils in primary process of formation of very thin soils with scarce clay (sialitization process) even very developed soils in formation of clay (Acrisoles). Seven geomorphological landscapes were identified, in this group, clay formation in soils was higher than in the rest of the land, it presented high to very high OM contents, without salts and with acid pH due to the high alteration of parent rock and its low saturation of bases.

J- Structures with isolated elevations. In this landscape, Phaeozems Luvic (profile SBN30) was distributed, presenting soils with frank texture, without presence of salts, moderately acid, with higher clay content in horizon B relative to A; and with very high OM content, dark and well defined granular structure. The formation of this soil occurred under the influence of OM contribution in conditions of medium sub-deciduous forests, with Phaeozems Luvic soil unit, indicating a certain instability in soil formation and an horizon B Argic is starting to set up, corresponding to Luvic qualifier.

K- Conglomerate and lomerios surfaces. In this landscape, fragments of rocks of the conglomerates took part in soil formation and in addition, it is a type of relief with low stability in time to make evolved soils. Regosols, Cambisols and Phaeozems were identified. SBN09 profile was classified as Regosols Skeletic, Colluvic, Eutric, Arenic, very slightly saline, with moderately acid soils and with medium category in OM accumulation; SBN10 profile, as Phaeozems Luvic Chromic, without salts, neutral pH and with high OM content; finally 21663 profile as Cambisols Eutric.

L- Intra-mountainous valley in basic rocks landscape. It is a depression that made a plain inside a mountainous landscape, through the deposit of sediments aggregated by gravity. In this geoform, Cambisols Rhodic, Eutric, Clayic, Humic, Colluvic (profile SBN30) were identified, without salts, moderately acid, poor in saturation of bases and medium OM content. In this landscape, with presence of some intra-mountainous valleys, made

de México, en el municipio de San Blas Nayarit presenta un gran paisaje, la sierra de laderas escarpadas.

Gran paisaje: Sierra volcánica de laderas escarpadas. Presenta paisajes montañosos con suelos derivados de roca basáltica, en su mayoría de color negro y rojizo, compuestos por suelos jóvenes en proceso primario de formación de suelos muy delgados y con escasa arcilla (proceso sialitización) hasta suelos muy desarrollados en formación de arcilla (Acrisoles). Se identificaron siete paisajes geomorfológicos, en este grupo la formación de arcilla en los suelos es mayor que en el resto del territorio, presentan contenidos de OM altos a muy altos, sin sales y de pH ácido debido a la fuerte alteración de la roca madre y su baja saturación de bases.

J- Estructuras con elevaciones aisladas. En este paisaje se distribuyen los Feozem lúvico, franco (perfil SBN30), suelos sin presencia de sales, moderadamente ácidos, con mayor contenido en arcilla en el horizonte B con relación al A; y con muy alto contenido de OM, de color oscuro y estructura granular bien definida. La formación de este suelo ocurre bajo la influencia del aporte de OM en las condiciones de selva media subcaducifolia, con la unidad de suelo Feozem lúvico, que indica que hay cierta estabilidad en la formación del suelo y ya comienza a formarse un horizonte B árgico, lo que corresponde con el calificativo lúvico.

K- Superficie de conglomerados y lomeríos. En este paisaje en la formación del suelo intervienen los fragmentos de roca de los conglomerados y además es un tipo de relieve de poca estabilidad en el tiempo para formar suelos evolucionados. Se identificaron Regosoles, Cambisoles y Feozems. El perfil SBN09 se clasificó como Regosol esquelético, colúvico, éutrico, arénico, muy ligeramente salino, con suelos moderadamente ácidos y con categoría media en acumulación de materia orgánica; el perfil SBN10, como Feozem síltico, arénico, sin sales, de pH neutro y con alto contenido de materia orgánica, por último, el perfil 21663 como un Cambisol éutrico.

L- Valle intramontano en paisaje de rocas básicas. Es una depresión que forma una llanura dentro de un paisaje montañoso, a través del depósito de sedimentos agregados por gravedad. En esta geoforma se clasificó un Cambisol ródico, éutrico, arcilloso, húmico, colúvico (perfil SBN30) que representa la mayor porción de la cobertura edáfica, sin sales, moderadamente ácido, pobre en saturación de bases y contenido medio en OM. En este paisaje, con presencia de algunos valles intramontanos formados

of basic rocks, a certain stability in soil formation is expected. Therefore Cambisols Rhodic were present, which are soils that in some classifications were named as fersialitic, since there is accumulation of free iron by a more advanced weathering, leading to the formation of a red to brown-reddish horizon B (Hernández *et al.*, 2015). As these are low reliefs, there are transport materials in the profile (colluvios) and OM was accumulated in pasture conditions.

M- Low mountains of basic rocks. It was constituted by mounds with smooth slope of volcanic origin. Main RSG is Luvisols Chromic, which is found in small hills (mounds), above all in the higher and more stable part of the relief. It is representative of this geoform because in current climatic conditions, the weathering leads to the formation of a profile type ABC, but with clay leachates (Argic horizon), brown-reddish for the quantity of free iron released from its formation on rocks with basic composition. Three soil profiles were reported: SBN32 profile as Luvisols Haplic, Arenic; Aticama1 profile (Luvisols Rhodic) and Aticama2 profile (Luvisols Chromic, Siltic), classified as Luvisols, presented a frank texture, without salts, with moderately acid pH and high to medium OM content in the first horizons. Moreover, Las Palmas profile was classified as Luvisols Chromic, soils with a texture a little more clayish were found, without presence of salts, moderately acid and with very high to medium OM content. As well, other soils were found at minor scale as Cambisols, Phaeozems and Leptosols. For instance, SBN18 profile was classified as Cambisols Fluvic, Distric, Arenic, without presence of salts, moderately acid, poor in sum of changeable bases and medium OM content.

N- Basalt lava flows of different height. These are lava flows of dark igneous volcanic rocks, rich in iron and magnesium. In this landscape, soils of Acrisols, Phaeozems, Luvisols, Regosols and Cambisols types were found. However, in this landscape, the main produced soils were Luvisols Chromic. Jalcocotán profile was classified as Luvisols Chromic, frank clayish, humic without salts, with moderately acid pH and a high OM accumulation; these soils were deep with a high number of horizons. Another profile described in Jolotemba was classified as Luvisols Gleyic, Chromic, Clayic, Humic, Colluvic, without presence of salts, with a dark color and high OM accumulation. As well, the profile of INEGI 21671 was analyzed, classified as Luvisols Chromic,

de rocas básicas, es de esperar cierta estabilidad en la formación del suelo, por lo que se presentan Cambisoles ródicos, que son suelos que en algunas clasificaciones se ponen como Fersialíticos, ya que hay acumulación de hierro libre por un intemperismo más avanzado que conlleva a la formación de un horizonte B rojo a pardo rojizo (Hernández *et al.*, 2015). Como son relieves bajos muchas veces hay materiales de transporte en el perfil (coluvios) y en condiciones de pastizales se acumula la materia orgánica.

M- Lomeríos de rocas básicas. Está constituido por montículos con suave pendiente de origen volcánico. El RSG principal es el Luvisol crómico, el cual se encuentra en pequeñas lomas (montículos), sobre todo en la parte alta y estable del relieve. Es representativo de esta geoforma porque en las condiciones climáticas actuales, el intemperismo conlleva a la formación de un perfil de tipo ABC, pero con lixiviado de arcilla (horizonte árgico), de color pardo rojizo por la cantidad de hierro libre que se libera a partir de su formación sobre las rocas de composición básica. Se reportan tres perfiles de suelos Luvisoles crómicos. El perfil SBN32 como Luvisol háplico, arénico, El perfil Aticama1 (Luvisol ródico, franco) y el perfil Aticama2 (Luvisol crómico, franco) clasificados como Luvisoles, son de textura franca, sin sales, con pH moderadamente ácido y contenido de alto a medio de materia orgánica en los primeros horizontes. Además, el perfil Las Palmas se clasificó como Luvisol crómico, franco, aquí se encontraron suelos de textura un poco más arcillosa, sin presencia de sales, moderadamente ácidos y de muy alto a medio contenido de materia orgánica. Asimismo, se encontraron otros suelos en menor escala como Cambisoles, Feozems y Leptosoles. Por ejemplo, el perfil SBN18 se clasificó como Cambisol lúvico, dístrico, arénico, sin presencia de sales, moderadamente ácido, pobre en suma de bases cambiables y contenido medio en materia orgánica.

N- Coladas de lava de basalto de diferente altitud. Son coladas de lava de rocas ígneas volcánicas de color oscuro ricas en hierro y magnesio. Dentro de este paisaje se encuentran suelos de tipo Acrisoles, Feozem, Luvisoles, Regosoles y Cambisoles. Sin embargo, en este paisaje los suelos principales que se forman son los Luvisoles crómicos, los perfiles estudiados se clasificaron de la forma siguiente: El perfil de Jalcocotán se clasificó como un Luvisol crómico, franco arcilloso, húmico sin sales, con pH moderadamente ácido y alta acumulación de materia orgánica; estos suelos son profundos con un gran número de horizontes. Otro perfil descrito en Jolotemba fue clasificado como Luvisol gléyico, crómico, arcilloso, húmico, colúvico sin presencia de sales, con un color oscuro y gran acumulación de materia orgánica. También se analizó el perfil

Clayic (that results of fersialtic composition according to Hernández *et al.* (2006, 2015) that were cultivated with mango plantation (*Mangifera indica*). In addition, in stable reliefs where soil had a higher evolution, Luvisols evolved to Acrisols, these occurred when soils have obligatory a horizon Bt (Argic) of alluvial clay accumulation, saturated in bases in Bt, with illite-type clay, smectite and vermiculite, but as time passed they get washed and became desaturated in bases in horizon Bt, turning into kaolinite-type clays. For example, there is SBN06 profile, classified as RSG Acrisol; Unit of Acrisols Chromic, Siltic, frank without presence of salts, highly acid; it is a soil poor in sum of bases and presenting medium OM content. As well, Phaeozems Luvic (profile 21668) were present, where natural vegetation was still maintained.

O- Basalt lava flow with cineritic cones. Flows normally occurred from openings located throughout fractures developed on the sides of cineritic cones, being the accumulation of pyroclasts (solid fragments) expelled from volcano conduit around the crater; predominant soils were Phaeozems and Cambisols, with fragments of volcanic rocks (skeletal). SBN19 and 78049 profiles were classified as Phaeozems Skeletic, Colluvic, both without presence of salts, with neutral pH, poor in bases and with high OM content. SBN21 profile was a Cambisols Skeletic, Eutric, Colluvic, and did not present salinity in all the profile, from neutral to moderately acid, rich in bases in the first horizons and poor in Deep, with low to medium OM content.

P- Volcanic structure of basic rocks. These are structures of volcanic origin, made by basalt rocks, in this landscape, Phaeozems Skeletic were identified represented by SBN07 profile, they did not present salts in their profile, neutral pH, poor in changeable bases, with medium OM accumulation. SBN34 and SBN35 profiles registered in stable forms of the relief were classified as Acrisols Rhodic, Humic, and SBNIB01 profile was Acrisols Abruptic, Chromic, Humic, Clayic; these are highly acid soils with less than 50 % of saturation of bases, horizon B Argic and less than 16 Cmol per 100 g in clay, and with a high OM content in conditions of stable vegetation without cultivation. It has to be pointed out that in this landscape, stable conditions of relief were created, very acid Acrisols soils, with horizon B Argic and degree of saturation by bases less than 50 %. Similarly to other parts of mountainous regions with warm climate, these

de INEGI 21671, clasificado como Luvisol crómico, arcilloso. Hay una franja muy extendida, con exposición oeste, de suelos Luvisol crómico (que resulta de composición fersialítica de acuerdo a Hernández *et al.* 2006 y 2015 que se encuentran casi todas sembradas de mango (*Mangifera indica*). Además, en relieves estables donde el suelo ha tenido una mayor evolución, el suelo Luvisol evoluciona a Acrisol, esto sucede cuando los suelos obligatoriamente tienen un horizonte Bt (árgico) de acumulación de arcilla aluvial, saturados en bases en el Bt con arcillas de tipo illita, esmectita y vermiculita, pero al paso del tiempo se lavan y se vuelven desaturados en bases en el horizonte Bt convirtiéndose en arcillas tipo caolinita. Por ejemplo, tenemos el perfil SBN06 clasificado como RSG Acrisol; Unidad de Suelos Acrisol crómico, franco sin presencia de sales, fuertemente ácido; es un suelo pobre en suma de bases y medio en contenido de materia orgánica. Pueden estar presentes también Feozems como el perfil 21668 (Feozem lúvico, franco).

O- Colada de lava de basalto con conos cineríticos. Las coladas surgen normalmente de aberturas situadas a lo largo de fracturas que se desarrollan en los lados de conos cineríticos, estos son la acumulación de piroclastos (fragmentos sólidos) expulsados del conducto del volcán alrededor del cráter; los suelos predominantes son Cambisoles y Feozems con fragmentos de rocas volcánicas (esqueléticos). El perfil SBN19 se clasificó como Feozem esquelético, franco, colúvico y el perfil 78049 como Feozem esquelético colúvico ambos sin presencia de sales, de pH neutro, pobres en bases y de alto contenido de OM. El perfil SBN21 es un Cambisol esquelético, éutrico, franco, colúvico, no presenta salinidad en todo el perfil, de neutro a moderadamente ácido, rico en bases en los primeros horizontes y pobre en profundidad, con % de OM de baja a media.

P- Estructura volcánica de rocas básicas. Son montículos de origen volcánico formados por roca de origen basáltico, en este paisaje se encuentran Feozems esqueléticos representados por el perfil SBN07, no presentan sales en el perfil, de pH neutro, pobre en bases cambiables, con media acumulación de materia orgánica. Los perfiles SBN34, SBN35, estudiados en formas estables del relieve se clasifican como Acrisol ródico, húmico, y el perfil SBNIB01 es Acrisol abruptico, crómico, húmico y arcilloso; son suelos fuertemente ácidos con menos de 50 % de saturación por bases, horizonte B árgico y menos de 16 Cmol por 100 g en arcilla, y con un buen contenido en materia orgánica en condiciones de vegetación estable sin cultivarse. Debe señalarse que en este paisaje se forman, en condiciones estables del relieve, suelos Acrisoles

soils were created in stable parts of the relief, above all on basic and intermediary rocks (mainly basalt). In these conditions, soil formation is automorphic, generally in washing conditions, therefore no salts were present in none of the created soils.

Soil distribution patterns

Eight Reference Soil Groups were identified, which were clustered into three soil distribution patterns for their type and origin of relief and for their qualifiers. The first one was constituted by soils affected in their formation by seawater intrusion into the continent (geomorphological landscapes A, B, C, D and E); the second one by soils derived from fluvial affluence of Río Grande de Santiago (F, G, H and I) and; the third one by soils formed in mountainous reliefs with automorphic formation from basaltic rock (J, M, N, O, Q and P) (Figure 2 and Table 3).

RSG of the first cluster were Arenosols, Solonchaks and Fluvisols with high contents of sand, sodium and subaquatic. They were related to sea transgressive phase on the alluvial plain of Santiago river during Holocene; as well, to the coastal regressive step with formation of littoral ridges and lagoon-estuary system (Curry *et al.*, 1969). Arenosols and Solonchaks soils in the study area coincided with those reported by Bautista *et al.* (2015) and Zavala *et al.* (2016) in littoral and marsh geomorphological environments, excepted Histosols (Zavala *et al.*, 2016), Regosols and Leptosols (Bautista *et al.*, 2015). In this region, the principal determinants that defined these landscapes were texture, salinity, inundation, slope, relief and groundwater tables, coinciding with Zavala *et al.* (2016) where fluvial inactivity and Surface water mantle were annexed.

The second pattern of distribution was constituted by Fluvisols, Cambisols, Luvisols and Phaeozems with qualifiers Siltic, Sodic and Ochric. They corresponded to the different levels of the alluvial plain of Santiago river formed during the late Pleistocene; Luvisols were developed in the highest and most ancient part of the plain, Cambisols in the medium part of the plain and Fluvisols in the lowest part of the plain and on the river edges. The formation of Phaeozems was maintained in the sectors where natural vegetation of tropical sub-deciduous forest was conserved. In this region, there were no coincidences with those reported in the homologous environment Pseudopalustre of Bautista

muy ácidos, con horizonte B árgico y grado de saturación por bases menor de 50 %. Estos, al igual que en otras partes de las regiones montañosas con clima cálido, se forman en partes estables del relieve, sobre todo sobre rocas básicas e intermedias (basalto principalmente). En estas condiciones la formación del suelo es automórfica, generalmente en condiciones de lavado, por lo que no hay sales en ninguno de los suelos que se forman.

Regularidades de distribución de suelos

Se identificaron ocho Grupos Referenciales de Suelos, que por el tipo y origen del relieve y los calificativos se agruparon en tres regularidades de distribución de suelos. La primera, se integra por suelos afectados en su formación por la intrusión de agua de mar al continente (paisajes geomorfológicos A, B, C, D y E); la segunda, por suelos derivados de la afluencia fluvial del Río Grande de Santiago (F, G, H e I) y; la tercera, los suelos formados en relieves montañosos con formación automórfica a partir de roca de origen basálticas (J, M, N, O, Q, P) (Figura 2 y Tabla 3).

Los RSG del primer agrupamiento son Arenosoles, Solonchaks y Fluvisoles con altos contenidos de arena, sódicos, subacuáticos. Están relacionados con la fase transgresiva del mar sobre la llanura aluvial del río Santiago durante el Holoceno; asimismo, con la etapa regresiva de la costa con formación de cordones litorales y el sistema lagunar estuarino (Curry *et al.*, 1969). Los suelos Arenosoles y Solonchak en el área de estudio concuerdan con los reportados por Bautista *et al.* (2015) y Zavala *et al.* (2016) en los ambientes geomorfológicos de litorales y Palustre, a excepción de los Histosoles, (Zavala *et al.*, 2016), Regosoles y Leptosoles (Bautista *et al.*, 2015). En esta regularidad las principales condicionantes que definen a estos paisajes son la textura, salinidad, inundación, pendiente, relieve y manto freático, lo que concuerda con Zavala *et al.* (2016) donde anexa la inactividad fluvial y el manto freático superficial.

La segunda regularidad se integra por Fluvisoles, Cambisoles, Luvisoles y Feozems con calificativos siltico, sódico y ócrico. Corresponden a los diferentes niveles de la llanura aluvial del río Santiago formada en el Pleistoceno tardío; en la parte alta y más antigua de la llanura se desarrollan los Luvisoles, en la llanura media los Cambisoles y en la parte baja y a orillas del río, los Fluvisoles. En los sectores donde aún conservan vegetación natural de bosque tropical subcaducifolio se mantiene la formación de Feozems. En esta regularidad

Table 3.
Relation of soil geomorphological landscapes and soil qualifiers,
according to the World Reference Base for Soil Resources (2015).

Tabla 3.
Relación de los paisajes geomorfológicos y calificativos de los suelos,
según la Base de Referencia Mundial del Recurso (2015).

Landscape geomorphologi cal	Primary qualifier (X)											
	Abruptic (ap)	Chromic (cr)	Endoskeletal (skn)	Skeletal (sk)	Eutric (eu)	Fluvic (fv)	Gleyic (gl)	Haplic (ha)	Luvic (lv)	Rhodi c (ro)	Siltic (sl)	Sodic (so)
A					X							X
B												
C	O					X		O				X
D	O	X				X						
E	O								O			X
F	O	X			X	O	X	O				X
G	O		X		X	X		O			X	X
H								X			X	
I					O						X	X
J									X			
K	O	X		X	X				X		X	
L		O			X			O		X		
M	O	X		O		X		X		X		
N		X					X	O				
O				X	X				X			
P	X	X	O	X			O			X		
Supplementary qualifier (O)	Arenic (ar)	Arcillic (ce)	Colluvic (co)	District (di)	Franc	Histic (hi)	Humic (hu)	Ochric (oc)	Subaquati c (sq)			

et al. (2015) in the state of Yucatán, since RSG they established were Vertisols, Leptosols and Stagnosols; while the Karstic environment coincided in the presence of soils of type Cambisols and Luvisols; in fluvial plains with Zavala *et al.* (2016) where Fluvisols and Cambisols were described.

The third distribution pattern of RSG was Regosols, Cambisols, Luvisols, Acrisols and Phaeozems with Chromic, Skeletic, Eutric, Luvic and Rhodic, Clayic, Colluvic and Humic qualifiers. Similarly to RSG presented by Zavala *et al.* (2016) where Alisols, Acrisols and Luvisols prevailed; on the other hand, it coincided with Bautista *et al.* (2015) in the description of these geoforms (Tecto-Karstic) of lomerios with different height, slope and volcanic origin, soils described by these authors were Leptosols, Vertisols, Luvisols and Cambisols; it was in agreement with the fact that they were the most ancient soils with the highest clay accumulation, humidified and with volcanic origin. Topography of Plio-Quaternary (Demant *et al.*, 1976) and Eocene (Bautista *et al.*, 2015) volcanic buildings defined soils distribution from minor to major development of

no se encontraron coincidencias con las reportadas en el ambiente homólogo Pseudopalustre de Bautista *et al.* (2015) en el estado de Yucatán, ya que los RSG que establecen son Vertisoles, Leptosoles y Stagnosoles, en el ambiente Kárstico coincide en la presencia de suelos de tipo Cambisol y Luvisol; en las planicies fluviales con Zavala *et al.* (2016) donde se describen los Fluvisoles y Cambisoles.

El tercer agrupamiento de RSG son Regosoles, Cambisoles, Luvisoles, Acrisoles y Feozems con calificativos crómico, esquelético, éutrico, lúvico y ródico, arcilloso, colúvico, franco y húmico. Semejante a los RSG que presenta Zavala *et al.* (2016) donde prevalecen los Alisoles, Acrisoles y Luvisoles; por otra parte, coincide con Bautista *et al.* (2015) en la descripción de estas geoformas (Tecto-Kárstico) de lomeríos de diferente altitud, pendiente y de origen volcánico, los suelos que ellos describen son Leptosoles, Vertisoles, Luvisoles y Cambisoles; se concuerda en que son suelos de mayor antigüedad y mayor acumulación de arcilla, humificados y de origen volcánico. La topografía de los edificios volcánicos del Plio-Cuaternario (Demant *et al.*, 1976) y el Eoceno (Bautista *et al.*, 2015), definen la distribución de los suelos de menor a mayor desarrollo del horizonte árgico, Zavala *et al.* (2016) agrega calificativos

Argic horizon, Zavala *et al.* (2016) added Cutanic and Clayic qualifiers. In other cases, the permanence of natural vegetation conserved in the soil a highly humidified horizon with presence of Phaeozems. In the municipality of San Blas, dominant soils in the mountainous region were Luvisols and Cambisols, similarly to those described in Tabasco (Zavala *et al.*, 2016).

The obtained results set the basis for demonstrating that soil formation in a determined region was due to the interaction of factors that take part in its formation, showing different forms in its distribution, which is the principal essence of Soil Geography, according to Dobrovolsky (2006). According to Puchulu & Fernández (2014), soils presented a high spatial variability as a consequence of the interaction of factors that conditioned the place and it was reflected in its development and composition; which in turn is expressed as a distribution pattern. Jáuregui *et al.* (2018) agreed with these criteria as well, who mentioned that the soil is a natural entity presenting a structure and characteristics continuously varying in space and time, giving a high diversity of soils as a result.

In addition, it has to be considered that several authors demonstrated the importance of soil analysis by means of geomorphological landscapes in the agricultural use, which were translated to soil limiting factors (Sánchez *et al.*, 2013, Solís *et al.*, 2014; Zavala *et al.*, 2016). These analyses showed the potential for different uses, such as agroforestry, aquaculture, conservation and urbanistic; which in turn contribute to the expression of factors restricting the capacity of general use of landscapes (Zavala *et al.*, 2016).

Geomorphological landscapes described in this study for the municipality of San Blas were similar to the landscapes reported by Bojórquez & López (1997) in the municipality of Tuxpan, Nayarit; and to landscapes established by Zavala *et al.* (2016), excepted karstic terraces in the state of Tabasco; to the landscapes established in the northern plain of the state of Nayarit by Bojórquez *et al.* (2006) and González *et al.* (2009); to the physiographic provinces in the study performed by Puchulu & Fernández (2014), inside of the province of Tucumán, Argentina, however, in this last study, soils were developed in unlike conditions, making soil classification completely different and presenting no coincidence among them. Murray *et al.* (2012), in

cutánico y arcílico. En otros casos, la permanencia de la vegetación natural conserva en el suelo un horizonte altamente humificado con presencia de los Feozems. En el municipio de San Blas los suelos dominantes en la región montañosa son los Luvisoles y Cambisoles al igual que los descritos en Tabasco (Zavala *et al.*, 2016).

Los resultados obtenidos sientan las bases para demostrar que la formación de los suelos en una región determinada se debe a la interacción de los factores que intervienen en su formación, mostrando diferentes formas de distribución de los suelos, lo cual de acuerdo a Dobrovolsky (2006) es la esencia principal de la Geografía de los Suelos. De acuerdo con Puchulu & Fernández (2014), los suelos presentan una gran variabilidad espacial como consecuencia de la interacción de los factores que condicionan el lugar y se refleja en el desarrollo y composición de los suelos; que a su vez se manifiesta como una regularidad en su distribución. También con estos criterios coinciden Jáuregui *et al.* (2018), quienes mencionan que el suelo es un ente natural que presenta una estructura y características que varían de modo continuo en el espacio y tiempo, dando como resultado una gran diversidad de suelos.

Hay que tener en cuenta, además, que varios autores demuestran la importancia que tiene el análisis de suelo por paisaje geomorfológico en el uso agrícola, mismos que se traducen a limitantes del suelo (Sánchez *et al.*, 2013, Solís *et al.*, 2014; Zavala *et al.*, 2016). Estos análisis también muestran el potencial para diferentes usos como los agroforestales, acuícolas, de conservación y urbanos; a su vez contribuyen a la expresión de factores que restringen la capacidad de uso general de los paisajes (Zavala *et al.*, 2016).

Los grandes paisajes geomorfológicos descritos en este trabajo para el municipio de San Blas, son similares a los paisajes reportados por Bojórquez & López (1997) en el municipio de Tuxpan; a los paisajes establecidos por Zavala *et al.* (2016), excepto las Terrazas kársticas en el estado de Tabasco; a los paisajes establecidos en la llanura norte del estado de Nayarit por Bojórquez *et al.* (2006) y González *et al.* (2009); a las provincias fisiográficas en el estudio realizado por Puchulu & Fernández (2014), dentro de la provincia de Tucumán, Argentina, sin embargo, en este último estudio los suelos se desarrollan en condiciones disímiles, esto hace que la clasificación de suelos sea completamente diferente y no presentan ninguna coincidencia entre ellos. Murray *et al.* (2012), en su área de análisis presentan una división general de los

their area of analysis, presented a general division of landscapes, but the same decision criteria were taken as in the present study for geomorphological environments, 1- Saline coastal plain with coastal lakes and 2- Delta coastal plain. Many of the present results confirmed and reinforced what was reported by Bojórquez *et al.* (2006, 2007 and 2008), since it represents the base for delimiting landscapes which were integrated in the great landscapes previously mentioned.

Conclusion

In the municipality of San Blas, there is a marked differentiation of Reference Soil Groups, due to the differences in geomorphological landscapes, climates, vegetation and time factor. Three groups of geomorphological landscapes can be established, the first one with formation of soils affected by seawater intrusion, the second one by the influence of river sediments in three levels of plains and the third one in mountainous regions related to different geoforms. Its heterogeneity shows eight Reference Soil Groups, from Solonchaks (soils relatively recent from Holocene) to very acid and evolved soils as Acrisols are; though an extension of Luvisols Chromic was found in the western hillside, most of the time with plantations of diverse species of fruit trees.

paisajes, pero se toman los mismos criterios de división que en el presente estudio para los grandes paisajes, 1- Llanura costera salina con lagunas costeras y 2- Llanura costera deltaica. Muchos de los resultados confirman y refuerzan lo reportado por Bojórquez *et al.* (2006, 2007 y 2008), ya que son la base para delimitar los paisajes que se encuentran integrados dentro de los grandes paisajes antes mencionados.

Conclusiones

En el municipio San Blas hay una diferenciación marcada de los Grupos Referenciales de Suelos, debido a las diferencias de los paisajes geomorfológicos, clima, vegetación y factor tiempo. Se pueden establecer tres grupos de paisajes geomorfológicos, el primero con formación de suelos afectados por la intrusión del agua de mar, el segundo por la influencia de sedimentos fluviales en tres niveles de llanuras y el tercero por en regiones ya montañosas en relación con las diferentes geoformas. Su heterogeneidad muestra ocho Grupos Referenciales de Suelos, desde Solonchak (suelos relativamente nuevos del Holoceno) hasta suelos muy ácidos y evolucionados sobre rocas ácidas, como son los Acrisoles; aunque en la zona de ladera con exposición oeste hay una extensión considerada de Luvisoles crómicos, la mayoría de las veces con plantaciones de mango.

References

- Bautista, F., Frausto, O., Ihl, T. and Aguilar, Y. (2015). Actualización del mapa de suelos del Estado de Yucatán México: Enfoque geomorfopedológico y WRB. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2(6): 303–315. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282015000300006&script=sci_arttext&tlng=pt
- Bautista, F., Palma, D. and Huchin, W. (2005). Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán. En: Bautista F, Palacio G (eds.) *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales*. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 105-122 pp. https://www.researchgate.net/profile/David_Palma3/publication/313757781_Actualizacion_de_la_clasificacion_de_los_suelos_del_estado_de_Yucatan/links/599b2edca6fdcc500349b9d9/Actualizacion-de-la-clasificacion-de-los-suelos-del-estado-de-Yucatan.pdf
- Bojórquez, I., García, D., Nájera, O., Flores, F., Madueño, A., Bugarín, R. and Hernández, A. (2008). Características de los suelos de las barras paralelas, playas y dunas de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 29(1): 37–42. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362008000100006&script=sci_arttext&tlng=pt
- Bojórquez, I., Hernández, A., García, D., Nájera, O., Flores, F., Madueño, A. and Bugarín, R. (2007). Características de suelos Cambisoles y Fluvisoles de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 28(1): 19-24. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215858003.pdf>
- Bojórquez, I. & López, J. (1997). Levantamiento de suelos del municipio de Tuxpan, Nayarit, México. *Investigaciones*

- Geográficas, Boletín, 35: 85–120. <https://doi.org/10.14350/rig.59055>
- Bojórquez, I. & López, J. (1995). Levantamiento de suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, México. *Investigaciones Geográficas*, 30: 9–35. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46111995000100001&script=sci_arttext
- Bojórquez, I., Nájera, O., Hernández, A., Flores, F., González, A., García, D. and Madueño, A., (2006). Particularidades de formación y principales suelos de llanura costera norte del estado de Nayarit, México. *Cultivos Tropicales*, 27(4): 19-27. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215912003.pdf>
- Colín, G., Fernández, D. S., Martínez, M. R., Ríos, J. D., Sánchez, P., Rubio, E. and Ibáñez, L. A. (2017). Clasificación digital de suelos a través de covariables ambientales de la cuenca del río Mixteco. *Terra Latinoamericana* 35(4): 281–291. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792017000400281&script=sci_arttext&tlng=pt
- Cossio, V. L. E., Salazar, G. S. and Medina, T. R. (2008). Desarrollo floral de los aguacates “choquette” y “booth-8” en clima cálido: Parte I. *Agricultura técnica en México*, 34(1): 43–49. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172008000100005&script=sci_arttext&tlng=pt
- Curry, J. R., & Moore, D. G. (1964). Holocene regressive littoral sand, Costa de Nayarit, Mexico. *Developments in sedimentology*, 1, 76–82.
- Curry, J., Emmel, F. and Crampton, P. (1969). Holocene history of strand plain, lagoonal coast, Nayarit. México. En: *Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras*, UNAM-UNESCO, México, D. F. 63-100 pp.
- Demant, A., Mauvois, R. and Silva, L. (1976). El eje Neovolcánico transmexicano. In III Congreso Latinoamericano 4: 1-30.
- Dobrovolsky, G. V. (2006): *Geografía de Suelos (en ruso)*. Manual Clásico de Estudios. Editorial Universidad Estatal de Moscú (3ra Edición). ISBN 5-21-05220-X, 458p.
- Elbersen, G.W., Benavides, S.T. and Botero, P.J. (1986). Metodología para levantamientos edafológicos; especificaciones y manual de procedimientos. CIAF. Bogotá, Colombia.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2009). Guía para la descripción de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma cuarta edición 111 pp.
- González, A., Bojórquez, I., Nájera, O., García, J. D., Madueño, A. and Flores, F. (2009). Regionalización ecológica de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Investigaciones geográficas*, 69: 21-32. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112009000200003&script=sci_arttext&tlng=en
- Hernández, A., Ascanio, M., Morales, M., Bojórquez, I., García, N and García, J. D. (2006): El Suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Editorial Universidad Autónoma de Nayarit, México, ISBN 968833072-8. 255p. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LdIARhjVZN4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=Hern%C3%A1ndez,+A.,+Ascanio,+M.,+Morales,+M.,+Boj%C3%B3rquez,+I.,+Garc%C3%ADa,+N+y+Garc%C3%ADa,+J.+D.,+\(2006\):+El+Suelo:+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n,+los+cambios+globales+y+su+manejo.+Editorial+Universidad+Aut%C3%B3noma+de+Nayarit,+M%C3%A9xico,+ISBN+968833072-8,+255p.,&ots=mUX_4nQRFA&sig=ZKWAYp4V38aJRnDOMD3ECIH7Q8E#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LdIARhjVZN4C&oi=fnd&pg=PA11&dq=Hern%C3%A1ndez,+A.,+Ascanio,+M.,+Morales,+M.,+Boj%C3%B3rquez,+I.,+Garc%C3%ADa,+N+y+Garc%C3%ADa,+J.+D.,+(2006):+El+Suelo:+Fundamentos+sobre+su+formaci%C3%B3n,+los+cambios+globales+y+su+manejo.+Editorial+Universidad+Aut%C3%B3noma+de+Nayarit,+M%C3%A9xico,+ISBN+968833072-8,+255p.,&ots=mUX_4nQRFA&sig=ZKWAYp4V38aJRnDOMD3ECIH7Q8E#v=onepage&q&f=false)
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. and Castro, N. (2015): Clasificación de los Suelos de Cuba 2015. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7023-77-7. Mayabeque, Cuba, 91p.
- INEGI. (2013). Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. From Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.beta.inegi.org.mx> (Last Checked: October 17th 2018).
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx> (Last Checked: October 17th 2018).
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <https://www.inegi.org.mx/temas/fisiografia/> (Last Checked: 2nd de octubre de 2018).
- IUSS Working Group WRB. (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, Italy 188p. <http://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>
- Jáuregui, M. de L. F., Menez, M. R. M., Solorio, C. A. O. and Reynoso, D. S. F. (2018). Influencia de los factores formadores en las propiedades de los suelos en la Mixteca, Oaxaca, México. *Rev. Terra Latinoamericana*, 36(3): 287-299.

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792018000300287&script=sci_arttext&tlng=pt
- Murray, R. M., Bojórquez, I., Hernández, A., García, J. D., Madueño, A., Bugarín, R. and Orozco, M. G. (2012). Pérdidas de carbono en suelos de la Llanura Costera de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*, 1(4): 38-46. <https://doi.org/10.15741/revbio.01.04.05>
- Palma, D.J., Jiménez, R., Zavala, J., Bautista, F., Gavi, F. and Palma, D. Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(12): 29-35. https://www.researchgate.net/profile/David_Palma3/publication/322835775_UPDATING_THE_CLASSIFICATION_OF_SOILS_IN_TABASCO_MEXICO/links/5a7227f3458515512075dfa5/UPDATING-THE-CLASSIFICATION-OF-SOILS-IN-TABASCO-MEXICO.pdf
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M. and Garrido, A. (2010). Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes: Fundamentos y métodos. INE, SEMARNAT, UNAM. México, D.F. 104 pp.
- Puchulu, M. E. & Fernández, D. S. (2014). Características y distribución espacial de los suelos de la Provincia de Tucumán. En Moyano, Puchulu Fernández Vides Nieva Aceñolaza Eds *Geología de Tucumán*. Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas Tucumán, 240–256 pp. https://www.researchgate.net/profile/Diego_Fernandez9/publication/270684499_Caracteristicas_y_Distribucion_Espacial_de_los_Suelos_de_la_Provincia_de_Tucuman/links/57338cb008ae9ace84073d40/Caracteristicas-y-Distribucion-Espacial-de-los-Suelos-de-la-Provincia-de-Tucuman.pdf
- Robertson, K. G., Jaramillo, O. and Castiblanco, M. A. (2013). Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1: 100.000. IDEAM, Bogotá. http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+%281%29.pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520
- Sánchez, R., Mendoza, J. D., De la Cruz R. J. C., Mendoza, M. J. E. and Ramos, R. (2013). Mapa de erosión potencial en la cuenca hidrológica Grijalva-Usumacinta México mediante el uso de SIG. *Universidad y Ciencia* 29: 153-161. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792013000200005&script=sci_arttext
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). NOM-021-RECNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002
- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual.
- Solís, B., Ortiz, M. A. and Solleiro, E. (2014). Unidades geomorfológico-ambientales de las tierras bajas mayas de Tabasco-Chiapas en el río Usumacinta: un registro de los procesos aluviales y pedológicos durante el Cuaternario. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66: 279-290. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-33222014000200006&script=sci_arttext&tlng=pt
- Zavala, J., Jiménez, R., Palma, D. J., Bautista, F. and Gavi, F. (2016). Paisajes geomorfológicos: base para el levantamiento de suelos en Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(8): 161–171. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000200161
- Zavala, J., Palma, D. J. and Morales, G. M. A. (2012). Clasificación de suelos de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco. En: Zavala CJ, García LE. (Eds) *Suelo y vegetación de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco*. Colegio de Posgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. México. 31-58 pp.
- Zinck, A. (2005). Suelos, información y sociedad. *Gaceta ecológica*, 76: 7-22. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907603.pdf>
- Zinck, A. (2012). Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC. http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2015-04-05_10-08-17118844.pdf