

An aerial, isometric view of a city grid. The streets are light gray, and the buildings are represented by small, light gray rectangles. Green spaces, including parks and tree-lined streets, are interspersed throughout the grid. The trees are depicted in various shades of green and brown, and small black dots represent people walking on the streets. The overall scene is a detailed urban landscape.

*Transformaciones
territoriales en México y
Polonia: Vulnerabilidad,
resiliencia y ordenación
territorial*

Marcela Virginia Santana Juárez
Rosa María Sánchez Nájera
Francisco Zepeda Mondragón
Juan Roberto Calderón Maya y
Giovanna Santana Castañeda
(Coordinadores)

*Transformaciones territoriales en México
y Polonia: Vulnerabilidad, resiliencia y
ordenación territorial*

MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ
ROSA MARÍA SÁNCHEZ NÁJERA
FRANCISCO ZEPEDA MONDRAGÓN
JUAN ROBERTO CALDERÓN MAYA
GIOVANNA SANTANA CASTAÑEDA
Coordinadores

Toluca, México, 2019

"Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenación Territorial"

Esta obra fue dictaminada por pares académicos ciegos, de acuerdo con las normas editoriales de la Facultad de Geografía, UAEM

Primera edición, octubre de 2019

Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, resiliencia y ordenación territorial

Marcela Virginia Santana Juárez | Rosa María Sánchez Nájera | Francisco Zepeda Mondragón | Juan Roberto Calderón Maya | Giovanna Santana Castañeda (coordinadores)

Universidad Autónoma del Estado de México
Av. Instituto Literario 100 Ote.
Toluca, Estado de México
C.P. 50000
Tel: (52) 722 277 3835 y 36
<http://www.uaemex.mx>



Esta obra está sujeta a una licencia *Creative Commons* Reconocimiento 4.0 Internacional. Puede ser utilizada con fines educativos, informativos o culturales siempre que se cite la fuente. Disponible para su descarga en acceso abierto en: <http://ri.uaemex.mx>

ISBN: 978-607-633-098-2

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

“Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenación Territorial”

La vulnerabilidad educativa, un aspecto de la marginación social en México, 2010, una visión geográfica y económica.....	339
Agustín Olmos Cruz	339
Elsa Mireya Rosales Estrada	339
Carlos Reyes Torres	339
Resiliencia y ciudades costeras en el Caribe Mexicano	367
David Velázquez Torres	367
Rosalía Chávez Alvarado.....	367
José Manuel Camacho Sanabria ²	367
Resiliencia y sustentabilidad: parámetros para determinar los posibles cambios de uso de suelo	397
María Xóchitl Mejía Mata ¹	397
Luis Miguel Espinosa Rodríguez ²	397
Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo ³	397
Asentamientos humanos irregulares en zonas de riesgo: el caso de Tenango del Valle, Estado de México, México	415
Pedro Leobardo Jiménez Sánchez.....	415
Paola Itzel Gómez González	415
Juan Roberto Calderón Maya	415
Instituciones educativas, empresas y gobierno en la atención a la vulnerabilidad metropolitana: El caso de la protección contra inundaciones en la ZMCM	435
Francisco Platas López.....	435
Fernando Carreto Bernal.....	435
Alfredo Ramírez Carbajal.....	435
Planteamiento Metodológico para el Estudio de la Inserción laboral de los Egresados del Plan Flexible de la Licenciatura en Geografía de la UAEM.....	458
Carlos Reyes Torres*	458
Bonifacio D. Pérez Alcántara	458
Agustín Olmos Cruz	458
Distribución espacial de la Diabetes Mellitus y su relación con la población ocupada por sector de actividad económica, en el Estado de México, 2010	482
Brenda Yazmin Reza Curiel *	482
Marcela Virginia Santana Juárez *	482
Giovanna Santana Castañeda *	482
Leonardo Alfonso Ramos Corona *	482
Vulnerabilidad del Agua en el Valle de Toluca. Riesgos Ecológicos	508
Eduardo Campos Medina ¹	508

María Xóchitl Mejía Mata¹

Luis Miguel Espinosa Rodríguez²

Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo³

Resumen

El objetivo principal de este estudio es determinar los parámetros de resiliencia y sustentabilidad para cambios de uso del suelo, en las unidades morfo edáficas del volcán San Antonio localizado al oeste del Estado de México. En la actualidad los suelos a nivel mundial, son parte fundamental en el estudio de diversos investigadores, ya que este recurso paso de ser renovable a no renovable, a causa de la degradación y desertificación de los mismos, lo que ha generado preocupación ya que los recursos naturales que dependen de él han disminuido de forma considerable, lo que ha puesto en riesgo la seguridad alimentaria y ha dado lugar al cambio de uso de suelo.

Para llevar a cabo la conexión entre la sustentabilidad, resiliencia y uso de suelo, fue necesario realizar trabajo en campo, a través de la selección de unidades morfoedáficas para lo cual se utilizó el método de análisis multivariado; la identificación de suelos se llevó a cabo en base a la clasificación mundial de suelos FAO; en el análisis fisicoquímico se aplicó el método analítico, el cual permite la toma de muestras de suelo al azar en zonas de estudio

El estudio encuentra sustento teórico en la sustentabilidad (Ramírez *et al.*, 2004; Calvente; 2007; Gutiérrez (2015)) y la resiliencia (Chamocho, 2005; Romanyà, 2007; Bellwood *et al.*, 2004). Con base en los análisis de fertilidad llevados a cabo, fue posible determinar que las unidades morfoedáficas, muestran limitantes en cuanto a la presencia de materia orgánica, exponen niveles que van de bajo a muy bajo (ver cuadro 3) así también se identificaron suelos con textura de migajón arenoso, migajón arcilloso y con pH moderadamente ácido.

Palabras clave: cambio de uso de suelo, resiliencia, sustentabilidad

**RESILIENCE AND SUSTAINABILITY: PARAMETERS TO DETERMINE
POSSIBLE CHANGES IN SOIL USE**

Summary

The main objective of this study is to determine the parameters of resilience and sustainability for changes in land use in the morphic units of the San Antonio volcano located west of the State of Mexico. Nowadays, soils worldwide are a fundamental part in the study of several researchers, since this resource went from being renewable to non-renewable, due to the degradation and desertification of them, which has generated concern since Natural resources that depend on it have declined considerably, which has put food security at risk and has led to the change in land use.

To carry out the connection between sustainability, resilience and land use, it was necessary to carry out field work, through the selection of morpho-pathological units for which the multivariate analysis method was used; the identification of soils was carried out based on the global classification of FAO soils; In the physicochemical analysis, the analytical method was applied, which allows the random sampling of soil in study areas.

The study finds theoretical sustenance in sustainability (Ramírez et al., 2004, Calvente, 2007) and resilience (Chamocho, 2005, Romanyà, 2007, Bellwood et al., 2004). Based on the fertility analyzes carried out, it was possible to determine that the morpho-medical units show limitations in terms of the presence of organic matter, exposing levels ranging from low to very low (see Table 3). Soils with texture of sandy loam, clay loam and pH moderately acidic.

Key words: change in land use, resilience, sustainability

¹ Doctorado en Ciencias Ambientales. Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México. E- mail:xochitl_geographic@hotmail.com

² Profesor investigador. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. E- mail: geo_luismiguel@hotmail.com

³ Profesor investigador. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: jggc1321@yahoo.com.mx

Introducción

En la actualidad, se busca a través de diversos medios generar sustentabilidad ambiental en distintas áreas, lo anterior a consecuencia de la degradación ambiental que se ha ido generando en base a la marcada huella ecológica, que muestra un abuso considerable en la sobreexplotación de los recursos naturales. El recurso suelo, es uno de los componentes principales de la dinámica de la corteza terrestre, ya que es el principal contenedor de la riqueza natural que existe aún en varias zonas del planeta.

El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus necesidades (Informe Brundtland 1983). A lo anterior, se ancla la idea, en relación a que una zona determinada, puede ser sustentable en el sentido de saber de forma casi concreta, cual es la resiliencia que impera en ella, ante esta concepción en la zona de estudio, se llevó a cabo un análisis de fertilidad, del cual se obtuvieron resultados preliminares, a través de los cuales se determinó la resiliencia de quince zonas de muestreo.

Lo anterior permitió establecer las áreas, con posibilidades de recuperación y a las que se les pudiera dar otro uso, en este sentido es cuando se pudiera hablar de un cambio de uso de suelo, que pudiera solventar las necesidades de los pobladores, sin alterar de forma considerable el paisaje, en este punto fue necesario el apoyo de la morfoedafogénesis, para precisar de forma concreta, la dinámica inicial de los suelos de acuerdo a las geoformas observadas.

Antecedentes

El desarrollo sustentable y sostenible, en la actualidad se ha manejado como sinónimos, a pesar de que el concepto no es preciso en totalidad. Hacia 1983 el concepto de desarrollo sustentable, fue establecido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) misma que fundo la Comisión Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, presidida por Gro Harlem Brundtland, quien fuera primer ministro

de Noruega. El equipo de trabajo, también denominado Comisión Brundtland, efectuó estudios, disertaciones, análisis, debates y consultas públicas, por todo el mundo, durante tres años aproximadamente, finalizando en abril de 1987, con la publicación y divulgación del informe llamado *Nuestro Futuro Común* mejor conocido como *El Informe Brundtland* (Ramírez *et al.*, 2004)

En 1992 se celebra en Río de Janeiro el Earth Summit donde se consolida la acción de las Naciones Unidas en relación con los conceptos relacionados con el medioambiente y el desarrollo sustentable. De dicha conferencia se acuerdan 27 principios relacionados con la Sustentabilidad que se materializan en un programa mundial conocido como Agenda 21 (Calvente 2007)

Diversos son los autores e investigadores, que han abordado el concepto de la sustentabilidad como es el caso de Ramírez *et al.* (2004) quien expone que la intención básica del desarrollo sustentable es crear un proceso que permita el desarrollo social, pero de una manera en la que, para las generaciones venideras, deben seguir permaneciendo los recursos naturales y los ecosistemas que garanticen un bienestar y una calidad de vida adecuados.

El desarrollo sustentable no deja de ser desarrollo, pero con un adjetivo que lo califica: sustentabilidad; es decir, debe tener una serie de atributos y características que le permitan su capacidad de permanecer y reproducirse a niveles cada vez más amplios y requiere de una política donde toda actividad productiva se ocupe de satisfacer las necesidades de la población actual, y se preocupe por atender las necesidades de las generaciones futuras, en función de los recursos disponibles, lo que implica orden y límites que deben establecerse a la organización social actual. En cambio Madrigal (1995) sustenta dos objetivos, el de mejorar la calidad de vida de todos los habitantes y el segundo objetivo que consiste en no comprometer el futuro de las futuras generaciones, mientras que Rafael Negrete (Tibán 2000) corrobora al mencionar que entre los dos términos: sostenido y sostenible, existe una diferencia.

Calvente (2007) menciona que un proceso es sostenible cuando ha desarrollado la capacidad para producir indefinidamente a un ritmo en el cual no agota los recursos que utiliza y que necesita para funcionar y no produce más contaminantes de los que puede absorber su entorno. A lo anterior se puede

inferir, que una zona, lugar o unidad de estudio, puede lograr la sustentabilidad en base a la resiliencia presente, por consiguiente se entiende que la resiliencia de los ecosistemas es la capacidad de recuperarse de un disturbio o de resistir presiones en curso.

Gutiérrez (2015) menciona que el fin último y primordial de la sustentabilidad consiste en encontrar formas en que la especie humana pueda vivir en este planeta indefinidamente, sin comprometer su futuro; dada la capacidad de nuestra especie de modificar conscientemente algunos elementos de la interacción con el ambiente. Es sobre estas decisiones de manejo y sus consecuencias que se puede fundamentar el balance sociedad-naturaleza.

La resiliencia se ha estudiado tanto en el aspecto social, económico y en la actualidad en el contexto ambiental, con el objetivo de determinar la capacidad de los ecosistemas a recuperarse, para que estos puedan seguir proporcionando recursos y alimento a la población mundial.

Chamochumbi (2005) menciona que hay factores determinantes que pueden afectar la resiliencia de un ecosistema, entre los principales cita los siguientes: 1-La biología y ecología inherente de sus especies componentes o hábitats; 2-La condición de estos componentes individuales; 3-La naturaleza, severidad y duración de los impactos; 4-El grado en que impactos potenciales han sido reducidos o eliminados

En el caso de Romanyà (2007) menciona que el análisis de la agricultura orgánica o ecológica, puede medir la disponibilidad de materia orgánica y la resiliencia del suelo y menciona que es posible hacer usos de la variabilidad espacial, transformación arcsin√x, test de rango múltiple de Tukey, apto para casos de tamaños distintos de muestras y test de comparación de medias t-Student para determinar si las diferencias eran significativamente distintas de cero. Por su parte Hernández (2009) menciona que la resiliencia de los ecosistemas, es la clave del desarrollo sostenible, sin embargo implicaciones en el cambio climático ha generado que diversos ecosistemas se encuentren colapsando debido al impacto del cambio climático sobre su resiliencia, a consecuencia del umbral de resistencia que ha sido sobrepasado y la reversibilidad del efecto ahora está en duda.

Bellwood *et al.*, (2004) sugiere que un posible bioindicador que podría permitir la identificación, el monitoreo ambiental y el desarrollo de estrategias de manejo y conservación es la resiliencia, que se refiere a la habilidad y capacidad que tienen los ecosistemas de absorber, amortiguar y resistir los cambios abióticos y bióticos que ocurren después de las perturbaciones de origen natural o antropogénico, en base a esto Hernández (2010) señala que un atributo importante de los ecosistemas es la presencia de la resiliencia como amortiguador de perturbaciones naturales pero sobre todo como factor de regeneración de diversidad biológica, así de esta manera, el concepto de resiliencia aplicado a la teoría de conservación biológica implica grandes ventajas en términos de funcionar como posible indicador del estado en que se encuentran los ecosistemas y su posible aplicación para conservar áreas sensibles a perturbaciones considerando la presencia de especies en peligro de extinción, endémicas y en general la riqueza de las mismas.

A través del análisis de diversos estudios relacionados con la resiliencia en los ecosistemas, cada investigador enfoca el análisis por lo general en la misma vertiente, que es la conservación de los recursos naturales y la capacidad de recuperación de los mismos. Aunado a lo anterior Altieri *et al.*,(2013) refiere que diversas investigaciones plantean que el conocimiento tradicional y las prácticas indígenas de manejo de recursos son la base de la resiliencia de los agroecosistemas campesinos, en tanto estrategias como mantener diversidad genética, usar policultivos y agroforestería, cosechar agua, conservar suelos, mismas que son estrategias campesinas de minimización de riesgo frente a climas inciertos. El uso diversificado del paisaje y el acceso a recursos múltiples incrementa la capacidad de los campesinos de responder a la variabilidad y cambio ambiental. Estas estrategias están ligadas a sistemas tradicionales de gobernanza y redes sociales que contribuyen a la habilidad colectiva para responder a la variabilidad climática incrementando así la resiliencia socio-ecológica de las comunidades.

La relación que se entrelaza entre la sustentabilidad y la resiliencia, determina que para que un área natural o ecosistema, sea sustentable, es determinante que este tenga la capacidad de recuperarse ante cualquier situación de desequilibrio, sin embargo el contexto expuesto da a pesar, que hacer en caso

contrario, quiere decir, que si el ecosistema o área natural no tiene la capacidad de recobrar la naturalidad que esta tenía, entonces no se tendría la oportunidad de seguir contando con dicha área, para solventar las necesidades que la población demandase, entonces como controversia se aplica un cambio de uso de suelo, el cual podría beneficiar o alterar aún más las condiciones presentes.

Desde el punto de vista geográfico, los tipos de usos de suelo y su grado de explotación influyen en las variedades del paisaje y al modificarse ocasionan cambios en los usos del suelo; estos cambios se encuentran en el centro de la investigación ambiental actual, debido a las implicaciones que conllevan en relación con la pérdida de hábitat, biodiversidad, bienes y servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas (Fernández *et al.*, 2010 en López *et al.*, 2014).

Por lo general el cambio de uso de suelo, se genera a partir de un interés económico y posterior por la degradación de los suelos, esto quiere decir que si los suelos, son fértiles pero la zona es propicia para la generación de construcciones industriales o habitacionales, estos suelos pueden ser cambiados de régimen anteponiéndose los interés particulares, aunque esto no esté permitido dentro de un reglamento de uso de suelo. El cambio de uso de suelo forestal se entiende como la remoción total o parcial de la vegetación de los terrenos forestales para destinarlos a diversas actividades no forestales. Por ejemplo fraccionamientos, áreas agrícolas o pecuarias, y parques industriales entre otros (SEMARNAT, 2010 en Orozco *et al.*, 2012).

Los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.* 2001). Diversos factores son responsables del cambio de uso del suelo en la territorio (Pineda *et al.* 2009), uno de los principales factores del cambio en el uso de suelo es el crecimiento demográfico, que contribuye al aumento de la superficie cultivada o destinada al ganado (Orozco *et al.*, 2012).

Las dinámicas sociales locales y políticas agrarias y agrícolas llevan al interés cada vez mayor por el cultivo de especies rentables, bajo invernadero o a cielo

abierto; ambos sistemas requieren el uso intensivo de agua y del suelo, lo cual requerirá de un uso y manejo sustentable para evitar su contaminación (López *et al.*, 2014).

Consideraciones Teóricas

En la presente investigación, se aborda para su estudio la geografía del paisaje y la morfoedafogénesis. La geografía del paisaje, se puede considerar como una ciencia ambiental, que ofrece una contribución esencial al conocimiento de la base natural del medio ambiente, entendido este como el medio global. En tanto la noción de Paisaje natural es el concepto básico de la Geografía de los Paisajes. El paisaje natural, se concibe como una realidad cuyos elementos están dispuestos de manera tal que subsisten desde el todo y el todo, subsiste desde los elementos, no como objetos caóticamente mezclados, sino como conexiones armónicas de estructura y función. El paisaje, es así, un espacio físico y un sistema de recursos naturales en los cuales se integran las sociedades en un binomio inseparable entre la Sociedad y la Naturaleza (Mateo 2000). Finalmente la relación suelo y geomorfología, sustenta el uso de la morfoedafogénesis, que enfatiza que la morfoedafogénesis se encuentra basada en una relación sistémica entre la geomorfología y geografía del suelo, que muestra los diferentes tipos de relación, orden y jerarquía (Espinosa s/f). Este último autor expone una matriz de relación entre la geomorfología y la geografía del suelo (ver tabla 1).

Tabla 1. Matriz de relación entre geomorfología y geografía del suelo

Variables	Matriz de relación entre geomorfología y geografía del suelo										
	Elementos de geografía del suelo										
	Dc	Tl	Pc	Tla	Is	Cl	Procesos		Ee	Fet	Ca
							G	D			
Dt	10	7	9	6	13	7	3	2	8	5	8
Mt	4	3	3	3	4	2	4	3	3	5	5
V	4	3	4	1	3	3	2	3	3	3	3
Gr	11	5	7	0	8	9	6	8	6	6	4
A	10	6	9	0	10	9	8	7	6	5	4

Elementos de Geomorfología	Pd	9	5	16	0	11	6	10	10	10	8	8
	Em	17	12	6	0	9	6	7	8	12	13	10
	Ri	18	7	7	0	9	6	4	6	8	4	6
	Ra	10	5	9	0	6	7	13	12	13	13	9
	Pa	17	9	19	2	11	9	10	9	9	23	19

Variables de geografía de suelo		Variables de geomorfología	
Dc= descripción de campo	G= procesos de génesis	Dt= delineado tectónico	Pd= pie de monte
Tl= trazado de límites	D= procesos de desarrollo	Mt= movimientos tectónicos	Em= elementos de morfometría
Pc= procesos de campo	Ee= estado de equilibrio	V= vulcanismo	Ri= roca y estado de intemperismo
Tla= trabajo de laboratorio	Fet= formulación de escenarios tendenciales	Gr= geometría del relieve	Ra= relación con procesos atmosféricos
Is= identificación de suelo	Ca= cartografía	A= altimetría	Pa= paisaje
Cl= clasificación			

Fuente: Espinosa (s/f)

Metodología

A través de un estudio de caso, se llevó a cabo la conexión entre la sustentabilidad, resiliencia y uso de suelo, se realizó trabajo de campo, a través de la selección de unidades morfoedáficas del volcán San Antonio localizado en el paralelo 19° 14'18" de Latitud Norte y 99°53'05" de Longitud Oeste en el Estado de México, a través de la identificación de suelos que se llevó a cabo en base a la clasificación mundial de suelos FAO, auxiliado de las cartas E14A37 perteneciente al Municipio de San Miguel Zinacantepec y E14A47 al Volcán Nevado de Toluca en Esc.1:50,000. La toma de muestras se llevó a cabo a través del uso del manual para la descripción de perfiles de suelos en el campo (Cuanalo 1990), el mismo permite definir de forma clara y simplificada las características edáficas de cada lugar a ser estudiado.

En el análisis fisicoquímico se aplicó el método analítico, el cual permite la toma de muestras de suelo al azar en zonas de estudio con una profundidad de 35 cm. En laboratorio se trabajaron las muestras obtenidas del horizonte A de las

geformas seleccionadas: ladera superior, ladera baja y pie de monte, las mismas fueron secadas a temperatura ambiente, para pasar al tamizado y así conseguir la homogenización del suelo y dar inicio al análisis químico a través de los siguientes métodos: Porcentaje de materia orgánica por el método de Walkley y Black (1947); pH en agua y en cloruro de potasio (KCl) mediante los métodos AS-02, siguiendo la NOM-21-RECNAT 2000; Capacidad de Intercambio Catiónico CIC, por el método AS-12 con acetato de amonio; Textura por el método de Bouyoucos (1963)

1. Identificación de suelos con base en la clasificación mundial de suelos FAO.

La identificación de suelos se realizó de acuerdo a la clasificación mundial de suelos de la FAO (1976). Los símbolos de las unidades cartográficas indican la unidad de suelo, la clase textural y la clase de inclinación. Las clases texturales gruesa, media y fina están representadas por los números 1, 2 y 3, respectivamente. Clases de inclinación de llana a suavemente ondulada, de fuertemente ondulada a colinosa y de fuertemente socavada a montañosa se indican con las letras a, b y e, respectivamente. La zona de estudio presenta la siguiente clasificación de suelos (Ver tabla 2)

Tabla 2 - Unidades de Suelos en el Volcán San Antonio

Unidades de Suelos	
HhVp-2	Phaeozems háplicos y vertisoles pélicos, de textura media
HhI-2	Phaeozems háplicos y litosoles de textura media
Hh-2	Phaeozems háplicos de textura media
HIHh-2	Phaeozems lúvicos y phaeozems háplicos de textura media
IHh-2	Litosoles y phaeozems háplicos de textura media
ToBc-2	Andosoles ócricos y cambisoles crómicos de textura media
ToHh-2	Andosoles ócricos y phaeozems háplicos de textura media
ThTo-2	Andosoles húmicos y andosoles ócricos de textura media
ThTo-2	Andosoles húmicos y andosoles ócricos de textura media

ThI-2	Andosoles húmicos y litosoles de textura media
Th-2	Andosoles húmicos de textura media
ThBc-2	Andosoles húmicos y cambisoles crómicos de textura media
ToHI-2	Andosoles ócricos y phaeozems lúvicos de textura media
Vph-3	Vertisoles pélicos y phaeozems de textura fina
Vpl3	Vertisoles pélicos y litosoles de textura fina
BcTh-2	Cambisoles crómicos y andosoles húmicos de textura media

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Características de cada tipo de suelo de acuerdo a la FAO (1976)

Phaeozems háplicos y Phaeozems lúvicos - Del griego phaeo: pardo; y del ruso zemljá: tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos

Vertisoles pélicos - La arcilla predominante en estos suelos es la montmorillonita, que se hincha señaladamente en la estación lluviosa, los suelos aparecen compactos y adherentes, pero se contrae endureciéndose y agrietándose en temporada seca. Para la labranza es esencial efectuar algunas labores durante el período relativamente breve en que el suelo no se halla ni muy húmedo ni muy seco. Las grietas que se abren en estos suelos durante la estación seca pueden ser perjudiciales para las raíces de los árboles; la baja porosidad del subsuelo durante la estación húmeda dificulta aún más el desarrollo de las raíces de los árboles.

Litosoles - Con los sistemas tradicionales de labranza, estos suelos dan cosechas moderadas de maíz y frijoles

Andosoles ócricos – El aprovechamiento y aptitud para la agricultura se sitúan aproximadamente entre los andosoles húmicos y los mólicos

Cambisoles crómicos - Con los sistemas tradicionales de labranza, estos suelos dan cosechas moderadas de maíz y frijoles

Andosoles húmicos - La fracción arcillosa de estos suelos presenta una elevada proporción de material coloidal amorfo que reduce señaladamente la disponibilidad de fosfatos en el suelo. Los agricultores tradicionales rara vez consiguen rendimientos razonables de maíz en estos suelos debido a la grave carencia de fosfatos.

2. Características físico-químicas de los suelos de las unidades morfoedáficas con base en el método analítico

En base a los análisis de fertilidad llevados a cabo, fue posible determinar que las unidades morfoedáficas, muestran limitantes en cuanto a la presencia de materia orgánica, exponen niveles que van de bajo a muy bajo así también se identificaron suelos con textura de migajón arenoso, migajón arcilloso y con pH moderadamente ácido

Resultados

Los resultados obtenidos del análisis físico-químico muestran que en gran parte de la zona de estudio el pH se encuentra moderadamente ácido, lo cual indica que contiene una deficiencia media de bases y empieza a afectar el rendimiento de la productividad. Cabe destacar que en la ladera superior solo uno de los perfiles presento un pH con niveles de 4.7 que se ubica en fuertemente ácido, lo que indica una deficiencia de bases considerable y una posible toxicidad de aluminio, esto en base al manual de interpretación de análisis de suelos (Castellanos *et al.*, 2000). Con respecto a la materia orgánica del suelo que constituye la fracción orgánica e incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo (Huerta 2010), la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, aborda cinco niveles en porcentaje de materia orgánica en suelos volcánicos, siendo estos los siguientes: muy bajo < 4.0, bajo 4.1 – 6.0, medio 6.1 – 10.9, alto 11.0 – 16.0 y muy alto >16.1 (Ver tabla 3,4,5)

Atendiendo a lo anterior, se sugiere que el nivel aceptable de materia orgánica en suelos sería del 6.1 – 10.9%, sin embargo en el Volcán San Antonio, se registran niveles por debajo de 4.0%, lo cual determina una deficiencia importante de materia orgánica y como consecuencia la disminución de fertilidad en los suelos, que se ve reflejado en la baja producción agrícola. En relación a la capacidad de intercambio catiónico expresa el número de moles de iones de carga positivos adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación de masa-solución dada (Huerta 2010), la CIC es una medida de la potencialidad del suelo para almacenar nutrientes y las variables que la controlan son el tipo y la cantidad de arcillas y el contenido de materia orgánica humificada del suelo (Castellanos *et al.*, 2000). La Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 considera que la reserva nutricional es abundante cuando la CIC es mayor a 25 Cmol (+) kg⁻¹, sin embargo la zona de estudio presenta reserva nutricional por debajo de lo sugerido, los niveles van de bajo a medio.

La densidad aparente, es la medida en peso del suelo por unidad de volumen (g/cc), se analiza con suelos secados al aire o secados en la estufa a 110°C. La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos (Huerta 2010), esta variable es fuertemente afectada por la textura del suelo, la textura gruesa presenta mayor densidad aparente, sin embargo se hay mayor contenido de materia orgánica, presenta menor densidad aparente, y por ende, mayor porosidad, que favorece el ambiente para el desarrollo de la raíz (Castellanos *et al.*, 2000). La densidad aparente medida para la actual investigación, muestra suelos arenosos y arcillosos, lo que permite una mayor densidad y como consecuencia dificulta el desarrollo de la raíz (Ver tabla 3, 4,5)

Finalmente la textura indica la proporción de partículas fundamentales del suelo: arcilla, limo y arena, que se puede agrupar en fina, media y gruesa. Su fraccionamiento sigue una escala logarítmica con límites entre 0.002 y 2.0 mm, con un valor intermedio de 0.05 mm. La arcilla es menor que 0.002 mm, el limo entre 0.002 y 0.05 mm y la arena entre 0.05 y 2.0 mm, clasificación utilizada por la FAO y el USDA (Landon 1986; Gee y Bauder 1986 en Castellanos *et al.*, 2000).

En el Volcán San Antonio, la textura presente es migajón arcilloso limoso, son suelos pegajosos y plásticos, cuando están mojados, suelen ser compactos y dificultan su manejo (Ver tabla 3, 4,5)

Tabla 3. Características físico-químicas en el Pie de monte del Volcán San Antonio

Perfil	pH	%m.o	CIC	Densidad aparente	Textura
1	5.6 Moderadamente ácido	0.87 Muy bajo	12.73 Baja	1.34 Arenosos	Migajón arcilloso limoso
2	6.2 Moderadamente ácido	0.40 Muy bajo	24.88 Media	1.13 Arenosos	Migajón arcilloso limoso
3	6.2 Moderadamente ácido	0.27 Muy bajo	18.86 Media	1.08 Arcillosos	Migajón arcilloso
4	6.1 Moderadamente ácido	0.57 Muy bajo	16.88 Media	1.19 Arcillosos	Migajón arcilloso
5	5.9 Moderadamente ácido	4.56 Bajo	20.94 Media	1.16 Arcillosos	Migajón arcilloso

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 4. Características físico-químicas en la Ladera inferior del Volcán San Antonio

Perfil	pH	%m.o	CIC	Densidad aparente	Textura
--------	----	------	-----	-------------------	---------

1	5.8 Moderadamente ácido	1.44 Muy bajo	11.66 Baja	1.17 Arcillosos	Migajón arcilloso limoso
2	5.9 Moderadamente ácido	4.55 Bajo	21.10 Media	0.89 Arenosos	Migajón arenoso
3	6.3 Moderadamente ácido	0.41 Muy bajo	16.73 Baja	1.15 Arcillosos	Migajón arenoso
4	5.3 Moderadamente ácido	3.22 Muy bajo	13.63 Baja	1.18 Arcillosos	Migajón arcilloso limoso
5	5.2 Moderadamente ácido	0.19 Muy bajo	18.90 Media	1.23 Francosos	Arcilla

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 5. Características físico-químicas en la Ladera superior del Volcán San Antonio

Perfil	pH	%m.o	CIC (grado de intemperismo)	Densidad aparente	Textura
1	5.4 Moderadamente ácido	2.21 Muy bajo	11.67 Baja	1.06 Arcillosos	Arena migajosa
2	5.5 Moderadamente ácido	2.20 Muy bajo	27.77 Alta	0.79 Volcánicos	Migajón arenoso
3	5.8 Moderadamente ácido	7.43 Medio	32.40 Alta	0.77 Volcánicos	Arena migajosa

4	5.5 Moderadamente ácido	0.67 Muy bajo	25.61 Alta	0.90 Volcánicos	Migajón arenoso
5	4.7 Fuertemente ácido	-0.02 Muy bajo	26.59 Alta	1.05 Arcillosos	Arcilla

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Conclusiones

Medir la resiliencia pretende mostrar la sustentabilidad que pudiera ofrecer cada zona de estudio, a pesar de que este vocablo empieza con una perspectiva relativamente de moda, cobra importancia a raíz de la creación de la Agenda 21 en 1992 en Rio de Janeiro (Calvente 2007), sin embargo al paso de los años son pocas las naciones, instituciones y estudiosos del tema que se enfocan de forma precisa en tal termino, para generar alternativas de solución a través de diversidad de estudios ambientales, agroecológicos, morfoedáficos, entre otros. En base a lo anterior, se muestra que en la presente investigación, los resultados preliminares de fertilidad permiten definir las zonas resilientes que dan lugar a definir la sustentabilidad de la zona de forma inicial.

La resiliencia está determinada por la capacidad interna de cada lugar y ambiente natural, para poder recuperarse, sin embargo los ambientes muestran deficiencias que pueden dar paso a ser utilizados bajo otro enfoque para darles un uso distinto, como es el caso del cambio de uso de suelo, cuando estos dejan de ser productivos, para seguir generando condiciones favorables. Por consiguiente la información recabada, permitió definir las condiciones que pueden determinar la sustentabilidad en el área de estudio, las cuales hasta el momento pueden ser óptimas pero a corto plazo, en base a la degradación que existe en la zona.

Bibliografía

- Altieri M. A, Nicholls C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California, Berkeley, 215 Mulford Hall- 3114, Berkeley, CA 94720-3114. Pp. 7-20
- Bellwood DR, Hughes TP, Folke C, Nyström M. 2004. Confronting the coral reef crisis. *Nature*, 429: 837-833.
- Cuanalo H. (1990). Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Centro de Edafología, Colegio de postgraduados. Chapingo, México.
- Castellanos. J.Z., Uvalle. B., J.X., Aguilar. Santelisis. A. (2000). Manual de interpretación de análisis y aguas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Chamochumbi, W. (2005). La resiliencia en el desarrollo sostenible: algunas consideraciones teóricas en el campo social y ambiental. Lima, Perú.
- Calvente A. M. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. Socioecología y desarrollo sustentable UAIS-SDS-100-002. Universidad abierta interamericana. Centro de altos estudios globales.
- Espinosa L., (2005). Morfoedafogénesis: un concepto renovado en el estudio del paisaje. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, Estado de México, Pp. 162 – 166
- FAO- Unesco Mapa mundial de suelos 1:5 000 000 Volumen III México y América Central. Unesco - París 1976
- Fernández N. M. y Prados V.M. J. (2010). Cambios en las coberturas y usos del suelo en la cuenca del río Guadalupe (1975-1999). *GeoFocus*. Disponible en www.geo-focus.org/articulo7_2010. Consultado el domingo 21 de agosto de 2011
- Gutiérrez C. J. G; González E.C. E.; Antonio N. X.; Juan P. J. I. (2015). Perspectivas epistemológicas en la evaluación de sustentabilidad: un análisis metodológico y prospectivo. *Ciencia Ergo Sum*, vol. 22, núm. 3, noviembre, 2015, pp. 253-261 Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México
- García O., J. A; Cedillo G, J. G; Juan P. J.I.; Balderas P.M. A. (2012). Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del río san José en el Estado de México. *Papeles de Geografía*, núm. 55-56, 2012, pp. 63-73 Universidad de Murcia. Murcia, España
- Hernández B. M; La resiliencia de los ecosistemas, clave del desarrollo sostenible. *Éxito Empresarial*, No. 99, 2009.

“Transformaciones territoriales en México y Polonia: Vulnerabilidad, Resiliencia y Ordenación Territorial”

- Huerta C. H. E. (2010). Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de san Joaquín, Gro., y su relación con el crecimiento bacteriano. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales Licenciatura En Biología
- Lambin, E. F., B. L. T.; Helmut J. G.; Samuel B. A.; Arild A.; John W. B.; Oliver T. C.; Rodolfo D.; Gunther F.; Carl F. P. S. G.; Katherine, H.; Jacques, I.; Rik, L.; Xiubin, L.; Emilio, F. M.; Michael, M. P. S. R.; John, F. R.; Helle, S.; Will, S.; Glenn, D. S.; Uno, S.; Tom A. V.; Coleen, V. Y Jianchu, X. (2001): The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths.
- López V Victor H, Balderas. P.M. Á., Chávez. M. M. C. Juan P., J.I. y Gutiérrez C. J.G. (2014), Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. CIENCIA ergo-sum, ISSN 1405-0269, V o I. 22-2, julio-octubre 2 0 15. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Pp. 136-144.
- Madrigal, P. 1995. La Legislación como un Instrumento para el Desarrollo Sostenible. En derechos humanos, Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente, IIDH-BID, 2da. Edición, San José de Costa Rica.
- Mateo, J. (2000). Geografía de los paisajes primera parte paisajes naturales Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.
- NOM-021-RECNAT-2000
- Pineda, J. N. B.; Sendra, B. J.; Gómez, D. M. Y Plata, R. W. (2009): Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía; "Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación"; Núm. 69; UNAM ISSN 0188-4611
- Ramírez T. A; Sánchez N. J.M; García C. A., (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. Revista Del Centro de Investigación. Universidad La Salle, vol. 6, núm. 21, julio-diciembre, 2004, pp.55-59
- J.A. Romanyá, P. Rovira, R. Vallejo (2007) Análisis del carbono en los suelos agrícolas de España. Aspectos relevantes en relación a la reconversión a la agricultura ecológica en el ámbito mediterráneo.
- Seed, H. B., Woodward, R. J., Jr. and Lundgren, R. (1962) Prediction of swelling potential for compacted clays: J. ASCE, Soil Mechanics and Foundation Division, Vol. 88, No. SM-3, Part I, pp. 53-87. Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- SEMARNAT (2010): Publicado en:
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/02_Vegetacion/2.1_Vegetacion/index.shtml. Consultado 22/06/2010
- Tibán G. L. 2000. Desarrollo Sustentable desde la Visión Indianista. ICCI, Quito