

NIVEL DE FERTILIDAD EN SUELOS AGRICOLAS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JOLOAPAN, SIERRA NORORIENTAL DE PUEBLA, MEXICO

ESTEBAN JOAQUIN MEDINA¹,
FABIAN ENRIQUEZ GARCIA¹,
PABLO ZALDIVAR MARTINEZ¹,
VIANEY SOTO REYES²

Joaquinm71@yahoo.com.

1.- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-
Escuela de Ingeniería Agrohídrica.

2.- Estudiante BUAP-IAH

INTRODUCCIÓN

La fertilidad del suelo, es la capacidad de los suelos de proporcionar los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas en las cantidades apropiadas y en el momento preciso. Pocos suelos se ajustan a las especificaciones requeridas de manera perfecta y la mayoría requiere de suministros adicionales de nutrientes para satisfacer las necesidades de las plantas. Un suelo puede requerir no solo de los tres elementos principales, nitrógeno, fósforo y potasio, sino cualquiera o una combinación de los micronutrientes (hierro, manganeso, cobre, zinc, boro) y macronutrientes (calcio, magnesio, azufre) necesarios para garantizar el mejor nivel de nutrición del cultivo. Además el nitrógeno, fósforo, potasio y la roca madre (a partir de la cual se forma el suelo), regulan en gran medida los niveles de los demás elementos esenciales (FAO, 2001).

La fertilidad del suelo es una disciplina científica que integra los principios básicos de biología, química y física de suelos, para desarrollar las prácticas necesarias y manejar los nutrientes del suelo de una manera adecuada. Se ha enfocado sobre el manejo del status de nutrientes del suelo, para crear condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas. Suelos productivos, fértiles son componentes vitales de sociedades estables, para asegurar que las plantas puedan ser cultivadas (Flores, 2003).

El cambio de pH en el suelo generalmente repercute en la reducción de la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Particularmente la acidificación limita la absorción de los principales macronutrientes. Los suelos agrícolas tienden a acidificarse cuando no se manejan adecuadamente, principalmente cuando se aplican durante largos periodos fertilizantes de reacción ácida (Flores, 2003).

El grado de acidez del suelo afecta algunas propiedades y procesos del mismo; específicamente, la actividad de los microorganismos que son benéficos para la producción de los cultivos, pues prefieren condiciones cercanas a la neutralidad. En algunos casos, los suelos ácidos favorecen el desarrollo de ciertos patógenos de las plantas (FitzPatrick, 1996).

La acidez del suelo es el principal factor limitante para el desarrollo de los cultivos en amplias regiones de la tierra, y ello se debe, por un lado, a la escasa disponibilidad que los suelos

ácidos suelen presentar en bases y otros nutrimentos esenciales como el fósforo y el molibdeno, y por otro a la acción tóxica para los cultivos de ciertos iones presentes en este tipo de suelos, como el aluminio (Santano *et al.*, 2000).

En los sitios de estudio localizados en la microcuenca Bf, se practica una agricultura tradicional; entre los cultivos principales se encuentra el maíz (*Zea mays*), pasto forrajero (*Cynodon nlemfluensis*), acelga (*Beta vulgaris*), haba (*Vicia faba*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). Los agricultores de ésta región cuentan con pocos recursos tecnológicos y limitada productividad agrícola, además el uso de fertilizantes es escaso para la producción de sus cultivos. Esta situación es atribuible a la falta de información sobre la fertilidad de suelos y a las condiciones socioeconómicas prevalecientes. El objetivo principal de esta investigación fue establecer una comparación entre los suelos presentes en esta microcuenca, con la intención de generar información que permita un manejo más sustentable de los suelos así mismo el propósito fue obtener antecedentes básicos con respecto a las características físicas y químicas que presentan los suelos de esta región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio experimental

El sitio experimental se localiza en la microcuenca del río Joloapan, ubicado en la parte nororiental del estado de Puebla (Figura, 1), está comprendido entre los 20° 28' 48" y 19° 27' 36" latitud norte y 98° 14' 24" y 96° 57' 00" longitud oeste, tiene una extensión de 7950.05 km². Esta microcuenca tiene escurrimientos de quinientos a mil milímetros (INEGI, 2000).

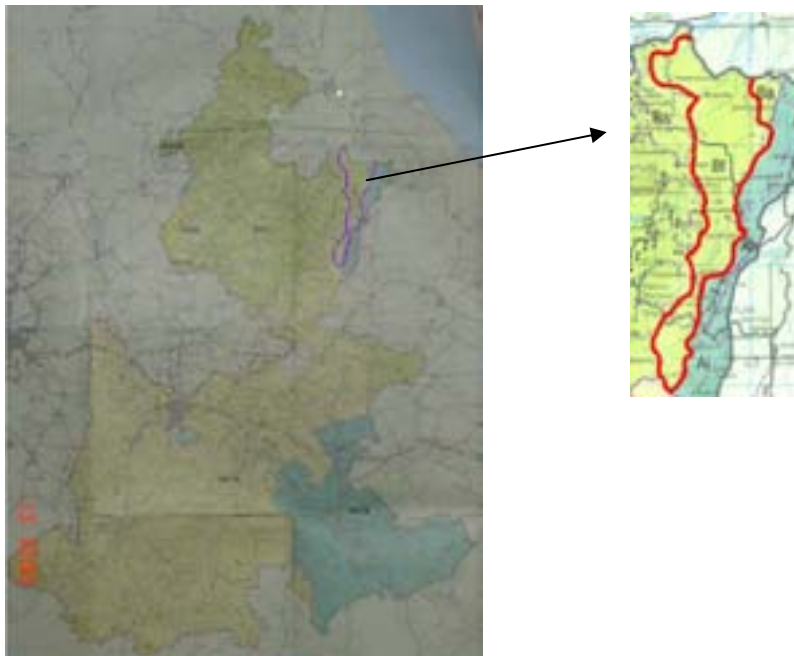


Figura 1. Localización del sitio experimental ubicado en la microcuenca del río Joloapan.

Cuenca (27B) Río Tecolutla

Abarca la mayor parte de la sierra norte de Puebla; se extiende desde el límite sur de la región hidrológica, hasta la altura de las localidades de Zihuateutla, Xicotepec de Juárez y Huauchinango y ocupa una superficie en el estado de 17.46%, aproximadamente. Las corrientes derivadas de esta zona confluyen para formar el caudaloso río Tecolutla en el estado de Veracruz. Estas corrientes y sus áreas de captación pluvial, constituyen las subcuencas: A, Río Tecolutla, B, Río Necaxa; C, Río Laxaxalpan; D, Río Tecuantepec; E, Río Apulco y F, Río Joloapan (INEGI, 2000 j).

El rango de escurrimientos es variable, aunque en general se estima de 10 a 20% dadas las fuertes pendientes que predominan en la zona, aún cuando exista una cubierta de vegetación espesa. En las zonas deforestadas, que desafortunadamente van en aumento, dicho rango llega a ser de más de 30%. Esta situación provoca efectos negativos inmediatos, como son: la erosión del suelo, un más rápido ensolvamiento de los bordos y presas, así como el recrudecimiento de los efectos de las inundaciones durante los intensos periodos de lluvias, especialmente los relacionados con la presencia de huracanes (INEGI, 2000 j).

Esta zona alberga un buen número de embalses de importancia dentro del estado, dada la presencia de abundantes corrientes permanentes. Entre los de mayor capacidad, figuran los siguientes: Los Reyes (Omiltepec), La Laguna (Tejocotal), Necaxa, Nexapa, Tenango y la Soledad; todas ellas con una capacidad de almacenamiento superior a los 15 Mm³. El uso al que se destinan estos embalses es la generación de energía eléctrica (INEGI, 2000 j).

Delimitación del lugar de estudio

Para la delimitación del sitio de estudio, se apoyó en la revisión de cartas topográficas con escala 1:50,000, las cuales fueron: F14D85 de Cuetzalan (Puebla), F14D86 de Martínez de la Torre (Veracruz), E14B15 de Teziutlán (Puebla), E14B16 de Altotonga (Veracruz), E14B25 de Xonacatlán (Veracruz) y E14B26 de Perote (Veracruz); cartas edafológicas escala 1:250,000 cuyas claves son: F14-12 de Poza Rica (Veracruz) y E14-3 de Veracruz. Con dichas cartas se delimito la microcuenca del río Joloapan (Figura 2 y 3).



Figura 2. Sitio experimental ubicado en la microcuenca del río Joloapan y delimitado en cartas topográficas. INEGI 2000



Figura 3. Microcuenca del río Joloapan delimitada en cartas edafológicas. INEGI, 2000

Posteriormente se identificaron los tipos de suelos presentes en la microcuenca del río Joloapan (Figura 4), consecutivamente se determinó el número de muestras y el lugar en donde se obtuvieron, se dio mayor énfasis en los suelos andosoles

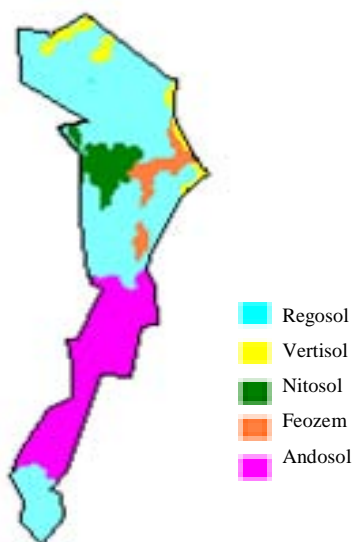


Figura 4. Tipos de suelo encontrados en la microcuenca del río Joloapan.

Una vez determinados los tipos de suelos existentes en la zona de estudio, se determinaron los lugares de muestreo, el cual consistió en 12 localidades que presentaron 5 tipos de suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Doce sitios de muestreo localizados en la microcuenca del río Joloapan

Tipo de suelo	Sitio de muestreo
Vertisol	Santa Lucía
Nitosol	El Mirador
Regosol	El Carmen, Vista Hermosa, Tilca
Feozem	Vega Chica, Las Margaritas
Andosol	La Garita, Conta, San Juan Acateno, San Juan Tezongo, Chignautla.

INEGI, 2000

Muestreo de suelo

Para el muestreo de suelo, se visitaron los lugares previamente determinados (Cuadro 1), donde se tomaron muestras de 50 kilogramos por sitio, tomando en consideración la topografía y uso del suelo. Las muestras se realizaron a una profundidad de 15 centímetros con ayuda de una pala recta, costal y lazo. Adicionalmente se registraron la altura sobre el

nivel del mar, coordenadas topográficas con la ayuda de un GPS (Garmin's GPS V Personal Navigator). Los lugares muestreados se presentan en la Figura 5.



Figura 5. Sitios de estudio localizados en la microcuenca del río Joloapan

Los lugares de muestreo se realizaron de tal manera que abarcara toda la microcuenca y fuera representativo, es así que se muestrearon en sitios desde los 86 a los 2745 metros sobre el nivel del mar (Cuadro 2).

Cuadro 2. Localización de los doce sitios donde se muestreo suelo

Lugar	Elevación (m)
Santa Lucía	86
El Carmen	282
El Mirador	380
Vega Chica	299
Vista Hermosa	454
Las Margaritas	594
La Garita	616
Conta	1028
San Juan Acateno	1604
San Juan Tezongo	1757
Chignautla	1949
Tilca	2745

Las determinaciones tanto físicas como químicas del suelo que se determinaron para determinar su fertilidad son; Nitrógeno (método Kjeldhal), Fósforo (método de Olsen), Potasio (Emisión de llama - Flamometría), Materia orgánica (metodología de Walkley y Black), Densidad aparente (matraz volumétrico), Color (Carta de colores Munsell, Textura (método del hidrómetro de Bouyoucos), Conductividad eléctrica (extracto de saturación), Capacidad de intercambio catiónico (método de acetato de amonio 1 N), pH (determinación con agua), Calcio (absorción atómica), Magnesio (absorción atómica), Hierro (absorción atómica)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas en los suelos de estudio

Las clases texturales encontradas en los sitios de estudio fueron franco arenoso, franco arcillo arenoso, arena franca y arcillo arenoso (Cuadro 3). Según Graetz (2005), los suelos arenosos, retienen poca humedad y tienden a secarse, tienen poca habilidad para retener los nutrientes, poseen por naturaleza baja fertilidad, es necesario aplicar frecuentemente materiales orgánicos y nutrimentos inorgánicos; los suelos francos poseen buena penetración y retienen bien el agua y los nutrimentos su fertilidad natural va de media a alta; suelos franco-arcillosos y arcillosos tienen poca penetración de agua, retienen grandes cantidades de humedad, parte de la cual no está disponible para la planta, contiene poco aire, sus principales problemas son apelmazamiento, formación de costras y el drenaje.

Cuadro 3. Análisis de propiedades físicas en el suelo

Sitio	Color		Da g/cm ³	Textura			Clase textural
	Seco	Húmedo		arena %	Arcilla %	Limo %	
Sta. Lucía	10YR 4/2	10YR 2/2	1.161	62	24	14	franco arcillo arenoso
Sn. J. Tezongo	2.5Y 5/4	7.5YR 2.5/2	0.775	74	10	16	franco arenoso
Chignautla	2.5YR 5/4	7.5YR 3/3	0.916	62	16	22	franco arenoso
Tilca	10YR 5/4	10YR 3/3	0.830	54	32	14	franco arcillo arenoso
Conta	2.5YR 4/4	10YR 3/3	0.864	77	10	13	franco arenoso
La Garita	10YR 5/3	10YR 3/3	0.964	76	12	12	franco arenoso
Vista Hermosa	10YR 4/3	10YR 2/2	0.977	72	12	16	franco arenoso
El Mirador	10YR 4/1	10YR 2/2	0.913	86	4	10	arena franca
Sn. J. Acateno	2.5YR 5/3	10YR 3/2	0.829	66	14	20	franco arenoso
El Carmen	2.5YR 5/2	2.5YR 3/1	1.201	46	40	14	arcillo arenoso
Vega Chica	2.5YR 5/2	2.5YR 3/2	1.231	46	40	14	arcillo arenoso
Las Margaritas	2.5YR 4/3	10YR 2/2	0.915	78	8	14	arena franca

Para los suelos andosoles, es comúnmente señalada la característica de presentar una textura media, entre franca y franca limosa, sin embargo esta característica resulta muchas veces engañosa pues normalmente la textura reconocida en el campo no corresponde a la obtenida en el laboratorio mediante el método convencional de Bouyoucos (Valera, 1993).

Para determinar el color de cada suelo, se empleo la carta de colores Munsell. El color se define como el resultado de las cantidades de materia orgánica y de algunos minerales específicos, el color no siempre es un indicador de la fertilidad, pero existe una relación entre el color del subsuelo y el drenaje, si el color del subsuelo es rojo tiene excelente drenaje, si es rojo café o café tiene buen drenaje, si es amarillo brillante tiene medio drenaje, si es amarillo pálido tiene moderado drenaje y si es gris tiene mal drenaje (Graetz, 2005).

Los datos obtenidos de color en los doce sitios de estudio de acuerdo a las cartas Munsell, fueron 10YR, 7.5YR, 2.5YR y 2.5Y (Cuadro 3 y Figura 6), lo cual concuerda con lo que menciona Valera (1993), quien reporto para los andosoles de la región de la sierra norte de Puebla, en México, que el color de suelo determinado en el laboratorio dio como resultado variaciones de tinte entre 10YR, 7.5YR, 5YR, 2.5YR, 5Y y 2.5Y, predominando los colores pardos (YR).



Figura 6. Suelos encontrados en los sitios de estudio con diferente coloración

Según Rodríguez y Rodríguez (2002), la densidad aparente es un factor de crecimiento edáfico indirecto, ya que afecta la aireación del suelo y por lo tanto el crecimiento radicular. La densidad aparente encontrada en los sitios de estudio, oscilo entre 0.829 a 1.231 g/cm³. Los datos obtenidos de densidad aparente, concuerdan con lo que menciona Aguilera (1989), quien reporta en el caso de andosoles en México valores de 0.86 y de 1.73 – 0.74 g/cm³; Álvarez (1982) reporta para andosoles valores de 0.68 y 0.90 g/cm³; Hidalgo (1998) encontró valores entre 0.72 y 1.22 g/cm³ y Saucedo (1989), para andosoles en el estado de Puebla encontró el valor medio de densidad aparente de 0.82 g/cm³. Los suelos andosoles, son en términos generales, suelos que tienen densidad aparente de la fracción menor de 2 milímetros de 0.85 g/cm³ o más bajo.

Propiedades químicas en los suelos de estudio

El pH encontrado en los sitios de estudio, oscilo de 4.234 – 6.345 (Cuadro 4), es decir, de extremadamente ácido a débil acidez, esto concuerda con lo que menciona Aguilera (1989), y de acuerdo a la escala de pH en los suelos, valores entre 3.5 y 10.5 se presentan en la mayoría de los suelos minerales, valores entre 5.0 y 7.0 se presentan en suelos minerales de regiones húmedas. La influencia del pH del suelo sobre la asimilación de los nutrimentos indican que para nitrógeno el valor de pH óptimo oscila de 6.0 – 7.5, para fósforo de 6.5 – 7.5 y de 8.7 – 10.0, para potasio valores de 6.0 – 10.0, para azufre de 6.0 – 10, en calcio de 7.0 – 8.0, para magnesio de 6.7 – 8.5, en fierro de 4.0 – 6.0, en manganeso de 5.0 – 6.5, para cobre y zinc de 5.0 – 7.0 (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

Cuadro 4. Propiedades químicas de los suelos de los doce sitios de estudio

Sitio	pH	C. E. μS	CIC cmol _c kg ⁻¹	N %	M. O. %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm
Sta. Lucía	5.216	252	18.248	0.168	7.504	0.015	5.9	27.4	16.0	0.4
Sn. J. Tezongo	5.326	105	4.396	0.382	5.628	0.013	6.0	6.6	12.8	0.2
Chignautla	6.226	329	17.716	0.273	7.236	0.012	9.4	26.6	16.6	0.1
Tilca	6.345	222	11.255	0.336	4.020	0.033	9.3	16.9	15.7	0.6
Conta	4.792	092	4.196	0.532	10.050	0.012	5.7	6.3	9.9	0.2
La Garita	4.324	090	3.929	0.196	7.504	0.013	5.7	5.9	11.6	0.2
Vista Hermosa	5.07	158	7.859	0.293	5.360	0.007	6.7	11.8	15.3	0.2
El Mirador	4.924	147	6.327	0.308	5.896	0.009	5.9	9.5	14.3	0.4
Sn. J. Acateno	5.026	096	2.997	0.192	6.968	0.005	5.7	4.5	10.2	0.4
El Carmen	6.32	291	22.311	0.451	8.844	0.002	5.0	33.5	15.1	0.0
Vega Chica	5.72	144	12.587	0.189	5.092	0.015	5.0	18.9	14.3	0.2
Las Margaritas	4.928	097	3.463	0.224	7.370	0.009	4.6	5.2	9.8	0.5

De acuerdo con lo que mencionó Rodríguez y Rodríguez (2002), los resultados obtenidos de pH en el suelo de Santa Lucía, San Juan Tezongo, Vista Hermosa, San Juan Acateno y Vega Chica, los nutrimentos presentes fueron fierro, manganeso, boro, cobre y zinc; en Conta, la Garita, El Mirador y Las Margaritas el nutrimento que tuvieron fue fierro; y para

Chignautla, Tilca y El Carmen los nutrimentos presentes son nitrógeno, potasio, azufre, manganeso, boro cobre y zinc.

El contenido de nitrógeno encontrado en el suelo vario de 0.168 – 0.532 % lo que concuerda con Black (1975), quien menciona que en la mayoría de los suelos cultivados, la capa arable contiene entre 0.02 – 0.4 % de su peso de nitrógeno; Meurisse (1985) reporta como contenidos característicos en nitrógeno total entre 0.01 – 0.5% para andosoles; Aguilera (1989) reporta valores entre 0.01 – 0.85 % para el mismo parámetro en andosoles de México.

Entre los elementos que con mayor frecuencia se encuentra en déficit en los suelos están: el nitrógeno, fósforo y potasio y con menor frecuencia el boro y magnesio, el calcio solo es deficiente en ambientes ácidos (Etchevers, 1999).

El contenido de materia orgánica del suelo, es un buen indicador para medir la fertilidad, principalmente de la capacidad de proporcionar nutrimentos como nitrógeno, fósforo, azufre, entre otros (Rodríguez y Rodríguez, 2002). Por otra parte Jenny (1930), indica que los contenidos de materia orgánica y nitrógeno de los suelos los determinan el clima y la vegetación, que a su vez los afectan otros factores locales como el relieve, el material parental, el tipo y la duración de la explotación de los suelos y algunas de sus características químicas, físicas y microbiológicas.

Los fosfatos son los cationes más importantes en los suelos andosoles, ya que se trata de un nutriente fundamental para los cultivos desde un punto de vista biológico. Por esta razón los fosfatos han sido los aniones que han recibido mayor atención en la bibliografía. Los Andosoles adsorben cantidades crecientes de iones fosfatos y presentan características fisicoquímicas originadas por la alta concentración de carga variable (dependiente del pH) que se encuentra en la superficie de sus componentes minerales y orgánicos coloidales, por lo que se dificulta considerablemente la medición de su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). El valor de la CIC depende mucho del método empleado en su determinación o más específicamente, del valor de pH de la solución empleada en la extracción de los iones (Valera *et al.*, 2002).

Los valores obtenidos de CIC oscilaron de 3.463 – 22.311 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ en suelos andosoles, lo cual concuerda con lo que obtuvo Wada (1985) cuyos valores fueron 6 – 57 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ de CIC, Camps *et al.* (1999), obtuvo valores de 3.1 – 18.4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ y Álvarez *et al.* (2000), tuvo valores de 2.3 – 15.6 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Para realizar una clasificación agronómica de acuerdo a la materia orgánica, se emplean valores. Si el contenido de materia orgánica va de 3.51 – 6.0% y de carbono orgánico de 2.3 - 3.5 se clasifica con alto contenido de materia orgánica; valores de materia orgánica > 6% y de carbono orgánico >3.5% se considera que tiene muy alto contenido de materia orgánica (Rodríguez y Rodríguez, 2002). Dado que los suelos de estudio oscilan entre éstas dos clasificaciones agronómicas, los suelos de San Juan Tezongo, Tilca, Vista Hermosa, El Mirador, Vega Chica se clasifican con alto contenido de materia orgánica y los lugares de

Santa Lucía, Chignautla, Conta, La Garita, San Juan Acateno, El Carmen y Las Margaritas tienen muy alto contenido de materia orgánica.

CONCLUSIONES

Los suelos de estudio pertenecientes a la microcuenca del río Joloapan, poseen un pH ácido, característico de los andosoles que va de extremadamente ácido a débil acidez, además el contenido de nitrógeno en el suelo varió de 0.168 – 0.532%, el contenido de materia orgánica en estos suelos varió de alto a muy alto, el color que se determinó en los suelos de estudio fueron 10YR, 7.5YR, 5YR, 2.5YR, 5Y y 2.5Y, la densidad aparente osciló entre 0.829 - 1.231 g/cm³.

Las características tanto físicas como químicas del suelo ayudan a determinar su nivel de fertilidad para así de esta manera estar en condiciones de dar un manejo a los cultivos y de esta manera conservar la calidad de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera N., 1989. Tratado de Edafología de México, Tomo I. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Álvarez R. E., Monterroso M. C. y Fernández M. M. L., 2000. Fraccionamiento de aluminio en suelos de Galicia bajo distintas especies forestales. Edafología. Vol. 7-3. p. 185-195.
- Álvarez V. H., 1982. Efecto de los factores calidad, intensidad y calidad amortiguadora de fosfato en la evaluación de fósforo disponible de suelos derivados de cenizas volcánicas de la Meseta Tarasca, Edo. de Michoacán. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Black C. A., 1975. Relaciones suelo-planta. Tomo II. Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
- Etchevers B. J. D., 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y estado nutrimental de los cultivos. Terra: 17 (3): 209-219.
- FAO, 2001. Directrices para ensayos y demostraciones de nutrición vegetal y manejo de suelos a nivel de finca. AGL, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. 76 p.
- Flores R. D., 2003, Fertilidad de suelos. XX Curso Diplomado Internacional de Edafología "Nicolás Aguilera". Memoria p. 231-243.
- Graetz H. A, 2005. Suelos y fertilización Área: Suelos y Agua 34. Manuales para Educación Agropecuaria. SEP. Editorial Trillas. Décima reimpresión. México. Octubre. 80 p.

- Hidalgo C. M. I., 1988. Caracterización y dispersión en suelos de ando. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Puebla.
- INEGI, 2000 a. Carta Estatal Hidrología Superficial Puebla. Síntesis Geográfica del Estado de Puebla. Anexo Cartográfico.
- INEGI, 2000 b Clave E14-3, Carta edafológica escala 1:250,000. Veracruz.
- INEGI, 2000 c. Clave E14B15, Carta topográfica escala 1:50,000. Teziutlán.
- INEGI, 2000 d. Clave E14B16, Carta topográfica escala 1:50,000. Altotonga.
- INEGI, 2000 e. Clave E14B25, Carta topográfica escala 1:50,000. Xonacatlán.
- INEGI, 2000 f. Clave E14B26, Carta topográfica escala 1:50,000. Perote.
- INEGI, 2000 g. Clave F14-12, Carta edafológica escala 1:250,000. Poza Rica.
- INEGI, 2000 h. Clave F14D85, Carta topográfica escala 1:50,000. Cuetzalan.
- INEGI, 2000 i. Clave F14D86, Carta topográfica escala 1:50,000. Martínez de la Torre.
- INEGI, 2000 j. Síntesis Geográfica del Estado de Puebla. Impreso en Aguascalientes, México. 124 p.
- Meurisse R. T., 1985. Properties of andisols important to forestry. p. 53-67.
- Rodríguez F. H. y Rodríguez A. J., 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas, criterios de interpretación. Editorial Trillas. Primera edición. México. 196 p.
- Saucedo S., 1989. Caracterización física de los suelos volcánicos de la región de Tlatlauquitepec, Sierra Norte del Estado de Puebla. Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Montecillos, México. 28 p.

Valera M. A. 1993. Físicoquímica y mineralogía de andosoles de la región de Teziutlán, Estado de Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.