ISBN 970-27-1045-6

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL pH EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE ZAPOPAN JALISCO

Spatial Distribution of pH in Agricultural Soils of Zapopan, Jalisco

Daniel Ibarra Castillo[1], José Ariel Ruiz Corral[2], Diego R. González Eguiarte[3] José Germán Flores Garnica[2]

[1]Universidad de Guadalajara-CUCBA-Departamento de Ciencias Ambientales
Zapopan, Jalisco, México. dibarra@cucba.udg.mx
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
CIRPAC-Guadalajara, Jalisco, México
[3] Universidad de Guadalajara-CUCBA-Departamento de Desarrollo Rural Sustentable
Zapopan, Jalisco, México. Km 15.5 Carretera Guadalajara- Nogales. C.P. 45100

Introduccion

El pH es un parámetro que caracteriza la acidez y alcalinidad de un suelo, variable edáfica relacionada con la perturbación del equilibrio de los constituyentes en la solución del suelo, repercute en la productividad de los suelos, y representa una limitante edáfica regional para el desarrollo agrícola; ya que de acuerdo con Rodríguez y Rodríguez (2002), afecta el crecimiento de las plantas (Havlin *et al.,* 1999), característica química que tiene un significado importante en la presencia de nutrimentos disponibles para las plantas (Black, 1975, Fernández, 1991). La acidez es considerada como una condición de estrés, por la influencia que ejerce directa e indirectamente en el medio suelo–raíz. (Kennedy, 1992; Black, 1993; Edward, 1997). A pH´s muy ácidos, hay una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable (Edward, 2000).

Los suelos agrícolas del municipio de Zapopan son predominantemente Regosoles (UdeG, 2000), se caracterizan por una textura arenosa y bajo contenido de materia orgánica (FPJ, 2000), más del 80 % de la zona, son considerados suelos con desarrollo incipiente y una fertilidad de baja a moderada; con rocas predominantes ígneas extrusivas ácidas dándole origen a los suelos ácidos (LBLP, 1991), aunado a un manejo agrícola intensivo, genera serio problema de conservación del recurso suelo para la región, que ha motivado la ejecución de programas encaminados a sanear los suelos y mejorar su sostenibilidad. Para orientar debidamente programas de esta índole, se requiere de hacer un diagnóstico cuantitativo del problema. El objetivo del presente estudio fue determinar, la distribución espacial de la variable del pH, para disponer de información auxiliar en los programas de rehabilitación y manejo de los suelos, situación que repercute en la productividad de los suelos agrícolas del municipio de Zapopan, Jalisco. Se obtuvieron muestreos georreferenciados de suelo, para sus análisis en laboratorio y determinación del contenido del pH. Los resultados del análisis se capturaron en una hoja de cálculo electrónico (Microsoft Excel) para integrar una base de datos georreferenciados, a partir de la cual se experimento, probando dos métodos de interpolación espacial: Kriging Ordinario (KO) y Distancia Inversa Ponderada (DIP). Con base en el Cuadrado Medio del Error (CME) y la validación cruzada, se seleccionó el método KO para generar una imagen raster del

contenido de pH, a partir de la cual, mediante análisis espacial, se hicieron diferentes interpretaciones, sobre las condiciones del contenido de pH en estos suelos. Para ello, se utilizó el sistema de información geográfica (SIG), IDRISI32. Una vez que los resultados mostraron que la mejor técnica fue KO, se realizó el análisis espacial del contenido de pH, observándose en términos generales que de la totalidad de la superficie agrícola de Zapopan ilustra la problemática de la acidez del suelo, con valores que afectan la producción de los cultivos.

Materiales y métodos

El área de estudio fue la zona agrícola del municipio de Zapopan, la cual se ubica predominantemente en el Valle de Zapopan, entre las coordenadas 20ϒ50´54.4" y 20ϒ41´24.03" de latitud norte y 103ϒ24´19.83" y 103ϒ33´23.17" de longitud oeste. Presenta una altitud promedio de 1600 msnm (INEGI, 2001). La precipitación pluvial anual media es 979 mm, distribuidos entre los meses de mayo a octubre; siendo julio el mes más lluvioso con 251 mm; la temperatura media es de 19.7ºC, y son mayo, junio y julio el trimestre más cálido (Ruiz *et al*., 2003a). Predominan los suelos del tipo regosol, ya que cubren más del 90% de la superficie agrícola (UdeG, 2000). Geológicamente, cuenta con rocas predominantes ígneas extrusivas ácidas: riolita porfírica, toba liparítica, pómez y obsidiana asociadas con algunos afloramientos de basalto, dando origen a los suelos ácidos, (LBLP, 1991). Son suelos que presentan una alta proporción de arenas pomáceas aportadas por La Primavera dando origen a los suelo ácidos (SGJ, 1988), formados a partir de materiales no consolidados, con capa de material suelto que cubre la roca, de textura arenosa; se pueden encontrar en muy distintos climas y con diversos tipos de vegetación. En general son claros y se parecen bastante a la roca que le dio origen, cuando no son profundos, con bajo contenido de materia orgánica; son muy susceptibles a la erosión por la baja capacidad que tiene estos materiales para formar agregados (SGJ, 1988; Curiel, 1989). Se caracterizan por no presentar capas distintas. Muchas veces acompañados de afloramiento de rocas o tepetate, (FAO, 1985).

Inicialmente, el área agrícola del municipio de Zapopan se delimitó tomando como fuente las imágenes vectoriales de uso del suelo correspondientes al Proyecto de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco (UdeG, 2000). Con esta fuente, y mediante el uso del SIG IDRISI32 (Eastman, 1999), se estimó una superficie agrícola de 21,037.71 ha (de 1980 a 1990). Sin embargo, durante el trabajo de muestreo en campo, se observó que una proporción de esta superficie ya no es de uso agrícola, por lo que se procedió a realizar un levantamiento de la superficie agrícola real mediante geoposicionamiento, utilizando un Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS Garmin XL-12). Como producto del trabajo de geoposicionamiento del área, se determinó que la superficie agrícola del municipio de Zapopan asciende en la actualidad a 11,871.41 ha; la diferencia entre las dos superficies obedece al desarrollo urbano en las últimas dos décadas.

Trabajo de campo y laboratorio

Para el muestreo se partió del mapa del área agrícola del municipio de Zapopan y por medio del SIG Arc View SIG 3.2, se estableció un diseño sistemático en base a una plataforma de proyección de cuadrícula UTM (Universal Transverso de Mercator), con distancia cada 900 metros entre sitios de muestreos georreferenciados, registrando 242 sitios a muestrear, tomando igual número de sitios, y de éstas, se analizaron en el laboratorio únicamente 105, debido a que al revisar información cartográfica actualizada, se observó que el área representada por las muestras restantes ya estaba invadida por la mancha urbana. El distanciamiento entre muestras se estableció de acuerdo con los siguientes criterios: a) el antecedente de que los suelos regionales son representativos del problema de acidez, como lo señala INEGI, (2001) basado en muestreo de campo y análisis de laboratorio; b) más del 90 % del área de estudio presentan suelos regosoles, y con material madre que le dio origen a los suelos ácidos, y tiene una dinámica encaminada hacia el deterioro de los suelos por la aplicación de los insumos agrícolas y su manejo inadecuado (Curiel, 1989; Ruiz *et al*., 2003b); c) Un muestreo previo del pH (en 25 ha) a intervalos de 50, 100, 250 y 500 m, realizado en el año 2002, dentro del marco de este mismo trabajo, y el cual reportó poca variabilidad en el contenido de pH, a un a 500 m como distancia de muestreo; d) Recursos económicos limitados para el muestreo y análisis de laboratorio. El muestreo se realizó en una sola toma, a una profundidad de 0 a 60 cm y localizando los sitios de muestreo con el GPS ya descrito. Las muestras colectadas se turnaron al Laboratorio de Física y Química de Suelos de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), para la determinación del contenido del pH, que se hizo con el método potenciométrico - Norma Oficial Mexicana 021, (NOM021, 2000). Los resultados del análisis de laboratorio se capturaron en hoja de cálculo electrónico (Microsoft Excel), para integrar una base de datos de los valores de pH georreferenciada.

Métodos de interpolación espacial

Se utilizó la base de datos de pH georreferenciada, para desarrollar un proceso de interpolación espacial considerando dos métodos: KO y DIP. Estos dos métodos de interpolación se ejecutaron mediante el sistema geoestadístico GS+ ver. 5.1 (Gamma, 2001). La interpolación con el método KO permite convertir los datos de la variable de estudio (en este caso pH) en superficies continuas (Burrough y McDonnell, 1998); se puede calcular mediante la ecuación siguiente (Hunner, 2000):

$$\tilde{Z}_{KO}(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i . Z(x_i) \qquad (1)$$

Donde $\tilde{Z}_{KO}(x_0) =$ valor estimado de KO en el sitio no muestreado x_0; λ_i = ponderación para el punto de muestreo i en el sitio x_i; Z (x_i) = valor de la variable Z (en este caso de pH), para un punto de muestreo i, en el sitio x_i; n = numero de puntos de muestreo. La varianza de KO se calcula con la expresión:

$$\sigma^2_{KO}(x_0) = C(x_0, x_0) - \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot C(x_i, x_0) + \mu \qquad (2)$$

Donde $\sigma^2_{KO}(x_0)$ = Varianza de KO en el sitio no muestreado x_0; C(x_0, x_0) = covarianza del punto a estimar en el sitio x_0; consigo mismo; C(x_i, x_0) = covarianza del punto de muestro en el sitio x_i y el punto a estimar en el sitio x_0. Los valores de pH se interpolaron con base en KO, con la finalidad de obtener superficies continuas de valores. Para esto se obtuvo el variograma de los datos. El variograma es la herramienta básica del método Kriging, y se utiliza para modelar la correlación espacial entre observaciones (Czaplewski *et al.,* 1994). La variación espacial definida por el variograma, se modeló con el objetivo de utilizar los modelos generados, para estimar los valores de contenido de pH en los sitios que no se muestrearon.

El método DIP se basa en el cálculo de un valor para sitios no muestreados, para lo cual utiliza un promedio ponderado de valores de sitios cercanos que sí se muestrearon. La ponderación es producto de una función inversamente proporcional a la distancia entre el punto a estimar y el punto muestreado, como se expresa en la siguiente función lineal (de acuerdo como se describe en de la De la Mora *et al*., 2004):

$$\beta^*(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^p} \beta(x_i)}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^p}} \qquad (3)$$

Donde $\hat{\beta}^*(x_0)$ = valor estimado en el sitio no muestreado x_0; $\beta(x_i)$ = valor observado en el sitio x_i; d_i^p = distancias desde cada sitio muestreado hacia el sitio no muestreado a estimar; p = exponente de distancia (el cual es definido iterativamente hasta lograr el mínimo error medio); n = número de sitios muestreados. En este estudio se probaron tres niveles de ponderación de DIP: a) DIP simple (exponente de distancia igual a 1); DIP cuadrático (exponente de distancia igual a 2) DIP cúbico (exponente de distancia igual a 3).

El ajuste de los métodos de interpolación se probó mediante un procedimiento de validación cruzada, el cual se ejecutó desde el sistema GS+ ver. 5.1, y consiste en la generación de residuales, que representan la diferencia entre valores observados y estimados. Estos últimos se generan removiendo el valor muestreado de un sitio en particular, después de lo cual su valor es estimado con base a los restantes sitios (Isaaks y Srivastava, 1989). Se calculó el cuadrado medio del error (CME) de los residuales para identificar cuál de los métodos de interpolación se ajustó mejor a los datos de pH. En este sentido se selecciona el que presenta un menor valor de CME (De la Mora *et al*., 2004). El cuadrado medio del error resume estadísticos que incorporan tanto el sesgo como la dispersión de la distribución del error (CME= varianza + sesgo^2), el cual se calcula de la forma siguiente (Isaaks y Srivastava, 1989):

$$CME = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} r^2 \qquad (4)$$

Donde CME = Cuadrado medio del error; n = número de sitios muestreados y r = residuales (diferencia entre los valores estimados y los valores observados).

Generación de una imagen raster de contenido de pH

El método de interpolación de mejor ajuste se utilizó para generar una imagen raster del contenido del pH en el módulo de análisis de superficie del SIG IDRISI32. A partir de esta imagen y utilizando este mismo SIG, se realizaron análisis de la variación espacial del pH en el área agrícola de Zapopan, para determinar el estado de las condiciones de los suelos del área de estudio, con la clasificación propuesta por Moreno-Dahme (1993) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación del pH del suelo por Moreno-Dahme, (1993).

Nivel	Porcentaje del pH	Condición de pH
1	< 4.20	Extremadamente ácido
2	4.20-5.59	Fuertemente ácido
3	5.60-6.59	Moderadamente ácido
4	6.60-7.39	Neutro
5	7.40-8.39	Moderadamente alcalino
6	> 8.39	Fuertemente alcalino

Resultados y discusión

Con respecto a los valores del pH del suelo, obtenidos en las determinaciones del laboratorio, de los muestreos de campo, se valoró que, en promedio, el contenido de pH en el área de estudio es de 5.49 UpH (Unidades de pH), pero presentan valores tan bajos como 4.11 y tan altos como 7.47. Estos resultados coinciden de manera muy aproximada con muestreos realizados por la Fundación Produce Jalisco en el año 2000 (FPJ, 2000), en los que, en promedio, se obtuvieron 25 muestreos dentro del área de estudio, con un promedio de 5.36 UpH, con un valor mínimo de 4.4 y un valor máximo de 6.9 UpH.

En el Cuadro 2, se aprecia que cerca de casi dos tercios de los muestreos correspondieron a una condición fuertemente ácido, con valores de pH de 4.20 a 5.59, mientras que prácticamente el otro tercio de los muestreos se clasificaron con un contenido de pH moderadamente ácido, esto es con intervalos entre 5.60 a 6.59 UpH. De las 105 muestras solamente 2 muestras reportaron una condición extremadamente ácida que va < de 4.20 UpH, 59 muestras de 4.20 a 5.59 Fuertemente ácida, 36 muestras moderadamente ácida, que va 5.60 a 6.59, 6 muestras, reportaron una condición neutra, con un contenido entre 6.60 a 7.39 UpH y otras 2 muestreos reportaron una condición moderadamente alcalino, condición que va de 7.40 a 8.39 UpH (Cuadro 2). Lo anterior, señala que actualmente, en términos generales, una condición predominantemente ácida en los suelos agrícolas de Zapopan, situación que concuerda con antecedentes reportes sobre la región (FPJ, 2000).

Cuadro 2. Resultados obtenidos de los valores del pH, en la determinación del laboratorio, en los suelos agrícolas del municipio de Zapopan, Jalisco.

Nivel	Porcentaje del pH	Condición de pH	Número de muestras
1	< 4.20	Extremadamente ácido	2
2	4.20-5.59	Fuertemente ácido	59
3	5.60-6.59	Moderadamente ácido	36
4	6.60-7.39	Neutro	6
5	7.40-8.39	Moderadamente alcalino	2
6	> 8.39	Fuertemente alcalino	0
	Total		105

Con respecto al análisis de la distribución espacial de los valores del pH, al interpolar los valores muestrales de pH con los métodos KO y DIP, y al validar las estimaciones de estos métodos mediante el procedimiento de validación cruzada y la comparación del valor del cuadrado medio del error (Cuadro 3), se establece que los métodos de interpolación espacial se comportaron de manera similar. Sin embargo, se aprecia, que el método KO fue ligeramente superior. En la Figura 1 se muestra el variograma isotrópico del contenido del pH, una clara y definida estructura espacial, con sus componentes, aporta una idea inicial de la variabilidad espacial de los datos (Sahin y Hassan, 1998). Se observa el modelaje de la variabilidad espacial del pH del suelo, que cumplen con el objetivo de determinar los parámetros del semivariograma, que posteriormente se utilizaron en la interpolación (Journel y Huijbregts, 1978). El semivariograma representa el modelo teórico que es herramienta básica de apoyo a la técnica de interpolación espacial Kriging. Es evidente que existe una tendencia a la variabilidad espacial según los resultados sobre el contenido de pH: Ao (rango) representa la distancia hasta donde existe correlación espacial para la variable en cuestión, se ubica el valor aproximadamente a los 31,100 metros, distancia máxima entre dos pares de sitios en la que existe correlación espacial entre los mismos (De la Mora *et al.,* 2004). sill (Co+C o meseta), es el parámetro que se ajusta a los puntos de mayor valor del semivariograma (Journel y Huijbregts, 1978) donde existe correlación espacial (De la Mora *et al.,* 2004), y estabilidad en su semivariograma, constituye una estructura espacial definida en relación a la variabilidad espacial de sus datos obtenidos para pH (Chica, 1987), presenta un valor de 0.87300 (Figura 1). El nugget (Co), define una discontinuidad a partir del origen de la gráfica (Samra *et al.,* 1989) presenta un valor de 0.43600, no manifiesta ausencia de estructura en el semivariograma (efecto nugget puro) (Journel y Huijbregts, 1978) y el modelo teórico de mejor ajuste para las variable de pH es el modelo exponencial, modelo que significa dependencia espacial (Chica, 1987). Optando por utilizar el método kriging con que se generó la imagen raster de contenido del pH, dado que presentó un menor valor de CME y es kriging considerado como el mejor estimador lineal insesgado (Olea, 1991). La Figura 2, muestra la imagen raster de contenido del pH**,** obtenida mediante la interpolación con KO. En ella se aprecia la distribución espacial de los valores del pH en la superficie agrícola de Zapopan, indica que los valores del contenido de pH varían con un rango que va de 4.58 a 6.28 UpH. Estos valores extremos difieren ligeramente de los valores originales de muestreo, debido principalmente a que ya son valores generados a partir de un modelo. Sin embargo, la información de esta imagen ratifica el diagnóstico preliminar del Cuadro 1, en el sentido de que en términos generales la condición del contenido de acidez en los suelos de Zapopan se ubica entre fuertemente

ácido y moderadamente ácido, lo que demuestra que la interpolación espacial con el método KO y los valores de campo representa el nivel de acidez obtenido.

Cuadro 3. Valores obtenidos del cuadrado medio del error (CME), para dos técnicas de interpolación, KO y Distancia Inversa Ponderada al estimar el contenido del pH del suelo.

Método	CME
Kriging Ordinario (KO)	0.48605
Distancia inversa ponderada, exponente 1 (DIP1)	0.48791

La condición de fuertemente ácido en los suelos de la región se explica en función de varios factores, entre ellos la roca que lo subyace (LBLP, 1991; Aguirre, 2001), la práctica de una agricultura a base de cultivos muy esquilmantes (Ruiz *et al*., 1997) y la aplicación de insumos poco adecuado al suelo que provocan acidez (Aguirre, 2001; Edward, 2000). En particular, para el municipio de Zapopan, la rocas predominantes ácidas constituye una fuente de origen de los suelo, lo cual contribuye a su acidez en estos tipos de suelos (LBLP, 1991). Los valores del pH, reflejan una variación de este parámetro en el área de estudio, observando una diferenciación de esta variable en su distribución. (Figura 3). Al reclasificar los valores espaciales de pH se muestran en la Figura 2, se hizo la diferenciación de esta manera (Figura 3): la condición del pH "Fuertemente ácida" corresponde a 7,259.28 ha (61.1 %) y se concentra básicamente en la porción Noreste, parte del Centro, Suroeste y porciones de Noroeste y Sureste del área de estudio, mientras que la condición "moderadamente ácida" prevalece en 4,612.13 ha (38.9 %) y tiende a concentrarse en la zona Norte, Oeste, cruzando por el centro hacia el Sureste (Cuadro 4). Tanto el mapa de la Figura 2 como el de la Figura 3, representan una contribución al ordenamiento de diferentes programas (Anguiano *et al*., 2003) que se han estado instrumentando desde hace varios años para incrementar el contenido del pH**.**

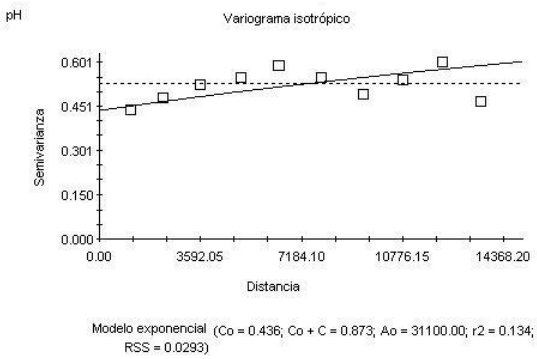

Figura 1. Variograma isotrópico del pH, del área agrícola del municipio de Zapopan, Jalisco.

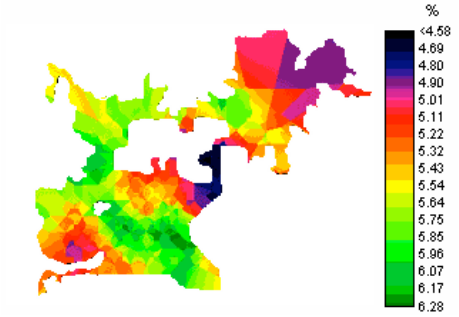

Figura 2. Imagen de interpolación, del porcentaje del pH en el área agrícola de Zapopan, Jalisco.

Cuadro 4. Resultados obtenidos de la distribución espacial del pH, en la zona agrícola del municipio de Zapopan, Jalisco.

Rango de Intervalos de pH	Condición de pH	Superficie (ha)	Porcentaje de la superficie agrícola (%)
< 4.20	Extremadamente ácido	-	-
4.20 – 5.59	Fuertemente ácido	7,259.28	61.10
5.60 – 6.59	Moderadamente ácido	4,612.13	38.90
6.60 – 7.39	Neutro	-	-
7.40 – 8.39	Moderadamente alcalino	-	-
> 8.39	Fuertemente alcalino	-	-
	Total	11,871.41	100.00

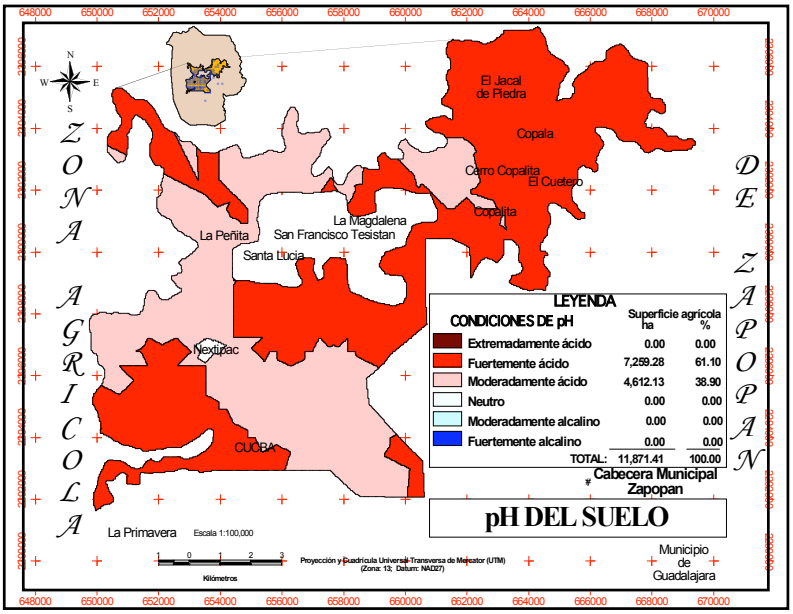

Figura 3. Mapa de distribución espacial del pH, en la zona agrícola del Municipio de Zapopan, Jalisco.

Conclusiones

Los métodos de interpolación espacial presentaron un ajuste similar en la variable edáfica estudiada (pH), aunque el método Kriging Ordinario mostró ligera superioridad sobe el método Distancia Inversa Ponderada.

El muestreo realizado permitió identificar y caracterizar la variabilidad de la distribución espacial del pH.

Los valores de pH de los suelos agrícolas de Zapopan corresponden a condiciones de acidez que puede ocasionar problemas en la producción de cultivos.

La generación del mapa de distribución espacial del pH constituye una herramienta que puede ser utilizada ahora y en el futuro para la toma de decisiones en relación con el diseño e instrumentación de programas para corregir la acidez del suelo.

El sistema de información sobre pH generado en este estudio, permitirá constituir una fuente de información que podrá ser actualizada periódicamente y posibilitará el diagnóstico de esta variable del suelo, para el uso de la agricultura en el municipio de Zapopan.

Bibliografia

Czaplewski, R.L.**,** Reich, R.M. y Bechtold, W.A. 1994. Spatial autocorrelation in growth of undisturbed natural pine stand across Georgia. Forest Science 40, 314-328 p.

Chica-Olmo, M. 1087. Análisis Geoestadístico en el Estudio de la Exploración de Recursos Minerales, Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España. 137 p.

Eastman, J.R. 1999. Idrisi32. Technical referente. Clark University-Graduate School of Geography. Worcester Mass., 01610. USA. 229 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1985. Mapa mundial de los suelos (1:5´000,000) FAO-UNESCO (Preparado por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Leyenda revisada. Roma. 140 p.

Gamma Desing Software (GDS). 2001. GS+ (Geostatistics for the Environmental Sciences) Version 5.1.1 (ver. 5.1) (Software Geostatistics for Windows) P.O. Box 201, Plainwell, Michigan 49080. USA. Michigan, USA.

Havlin l. John; Beaton D. James; Tisdale Samuel and L. y Nelson Werner L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers an Introduction to Nutrient Management. Sixth Edition. Ed.Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey. EEUU. 487 p.

Hunner G. 2000. Modeling forest stand structure using goestatistics, gographic information systems, and remote sensing. Tesis Doctoral. Departamento of Forest Sciences, Colorado State University.

Universidad de Guadalajara, H. Ayuntamiento de Zapopan. 145 p.

Moreno-Dahme., R. 1993. Criterios para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP. México, D.F. 25 p.

Norma Oficial Mexicana (NOM) 021 (PROY-NOM-021-RECNAT). 2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 90 p.

Ruiz C., J.A., I.J. González A., J. Anguiano C., I. Vizcaíno V., D. Ibarra C., J. Alcalá G., S. Espinoza V. y H.E. Flores L. 2003a. Estadísticas climatológicas básicas para el estado de Jalisco (Período 1961-2000). Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro de Jalisco. 1ª. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jalisco, México. 281 p.