



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC**

**LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE DOS SUELOS CULTIVADO CON  
AGUACATE EN EL MUNICIPIO DE TEMASCALTEPEC**

**TESIS**

**QUE PRESENTAN  
JORGE ALMAZÁN AQUINO  
MARIANO MIGUEL BELTRÁN**

**COMO OPCIÓN DE EVALUACIÓN PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**M. EN C. SHEREZADA ESPARZA JIMENEZ  
DIRECTOR DE TESIS**

**DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ  
PH. D. BENITO ALBARRÁN PORTILLO  
ASESORES DE TESIS**

TEMASCALTEPEC DE GONZÁLEZ, MÉXICO; FEBRERO, 2024.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características fisicoquímicas de los suelos y como pueden influir en el comportamiento de sustancias como insecticidas o herbicidas, que son aplicados en el cultivo de aguacate. Las muestras se tomaron por el método de Zig zag, a través de las hileras de los árboles o calles. Se muestreó debajo de la copa de los árboles, haciendo como mínimo 2 hoyos por árbol, distribuidos de manera equidistante entre sí, a 2 metros de distancia respecto del tronco del árbol. Las muestras simples se tomaron de un peso aproximado de 1.5 Kg a una profundidad de 40 cm y las compuestas se conformaron a partir de 2 simples utilizando el método por cuarteo, quedando un peso final de 1.5 kg. Las muestras fueron transportadas en bolsas de plástico al Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Se tomaron submuestras para enfriar a 4° C y congelar para las mediciones en las que no tiene que secar el suelo (humedad y concentración de plaguicidas) y para secar a temperatura ambiente y bajo sombra, para el resto de los parámetros. Las muestras secas se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro (malla 10) de acero inoxidable. Las determinaciones analíticas para caracterizar el suelo que se considerarán en este estudio son: color, análisis textural, densidad aparente, área superficial, tamaño de poro, pH, conductividad eléctrica, contenido de humedad, Carbono orgánico, materia orgánica, relación C/N, Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal. Se realizó un análisis estadístico de comparación de medias con prueba de Tukey, donde se reportan diferencias estadísticas significativas para el suelo Luvisol y Cambisol, para las variables pH ( $P=0.0005$ ) (5.53 y 6.11), densidad aparente ( $P=0.00061$ ) ( $D_{ap}= 0.95$  y  $0.86$  ton/m<sup>3</sup>), carbono orgánico ( $P=0.0204$ ) (CO= 2.36 y 3.41), y materia orgánica ( $P=0.0204$ ) (MO= 4.06 y 5.89 %) para los suelos, respectivamente.

## SUMMARY

The objective of this work was to determine the physicochemical characteristics of the soils and how they can influence the behavior of substances such as insecticides or herbicides, which are applied to avocado crops. Samples were taken by the Zig Zag method, through the rows of trees or lanes. Samples were taken under the canopy of the trees, making at least 2 holes per tree, distributed equidistant from each other, at 2 meters from the tree trunk. The simple samples were taken with an approximate weight of 1.5 kg at a depth of 40 cm and the composite samples were made up from 2 simple samples using the quartering method, leaving a final weight of 1.5 kg. The samples were transported in plastic bags to the Soil Laboratory of the Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Subsamples were taken to cool to 4°C and freeze for the measurements where the soil does not have to be dried (moisture and pesticide concentration) and to dry at room temperature and under shade for the rest of the parameters. The dried samples were passed through a 2 mm diameter (10 mesh) stainless steel sieve. The analytical determinations to characterize the soil that will be considered in this study were: color, textural analysis, bulk density, surface area, pore size, pH, electrical conductivity, moisture content, organic carbon, organic matter, C/N ratio, total nitrogen, ammonia nitrogen. A statistical analysis of comparison of means with Tukey's test was carried out, where significant statistical differences were reported for the Luvisol and Cambisol soils, for the variables pH ( $P=0.0005$ ) (5.53 and 6.11), bulk density ( $P=0.00061$ ) ( $D_{ap}= 0.95$  and  $0.86 \text{ ton/m}^3$ ), organic carbon ( $P=0.0204$ ) ( $CO= 2.36$  and  $3.41$ ), and organic matter ( $P=0.0204$ ) ( $MO= 4.06$  and  $5.89 \%$ ) for the soils, respectively.

# CONTENIDO

RESUMEN .....	II
SUMMARY .....	III
CONTENIDO .....	IV
INDICE DE CUADROS .....	VI
INDICE DE FIGURAS .....	I
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. HIPÓTESIS .....	3
IV. JUSTIFICACIÓN .....	4
V. MATERIAL Y MÉTODO .....	5
5.1. LUGAR EXPERIMENTAL .....	5
5.2. MEDIO FÍSICO DEL MUNICIPIO .....	5
5.3. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO.....	5
5.4. ANÁLISIS FÍSICOS DEL SUELO.....	6
5.4.1. COLOR.....	6
5.4.2. DENSIDAD APARENTE .....	6
5.4.3. ANÁLISIS DE TEXTURA.....	6
5.4.4. SUPERFICIE Y TAMAÑO DE PORO .....	7
5.4.5. ANÁLISIS QUÍMICOS DEL SUELO .....	7
5.4.6. PH.....	7
5.4.7. CONDUCTIVIDAD.....	8
5.4.8. CARBONO Y NITRÓGENO TOTALES.....	8

5.4.9. CARBONO ORGÁNICO, MATERIA ORGÁNICA Y RELACIÓN C/N .....	8
5.4.10. NITRÓGENO TOTAL Y AMONICAL POR EL MÉTODO KJELDAHL .....	8
5.4.11. ELEMENTOS MINERALES.....	9
5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	9
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
6.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS .....	10
6.1.1. COLOR.....	10
6.1.2. DENSIDAD APARENTE .....	11
6.1.3. TEXTURA.....	11
6.1.4. PH.....	13
6.1.5. CARBONO ORGÁNICO, MATERIA ORGÁNICA Y RELACIÓN C/N .....	15
6.1.6. POTASIO.....	19
6.1.7. NITRÓGENO.....	19
6.1.8. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.....	22
<b>VII. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>24</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE DOS TIPOS DE SUELO CULTIVADOS CON AGUACATE EN EL MUNICIPIO DE TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO. ....	16
---	----

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DETERMINACIÓN DE COLOR POR MUNSELL, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	10
FIGURA 2. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA PH Y DENSIDAD APARENTE, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	11
FIGURA 3. DETERMINACIÓN DE TEXTURA, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	12
FIGURA 4. MUESTRAS PARA LECTURA, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	13
FIGURA 5. DETERMINACIÓN DE PH, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	14
FIGURA 6. PREPARACIÓN DE REACTIVOS, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	15
FIGURA 7. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA MATERIA ORGÁNICA, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	17
FIGURA 8. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	18
FIGURA 9. DETERMINACIÓN DE MINERALES, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ....	19
FIGURA 10. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA NITRÓGENO, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC.....	20
FIGURA 11. LECTURA EN FOTÓMETRO MULTIPARAMÉTRICO DE NITRATOS EN SUELO, LABORATORIO DE SUELOS DEL CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC. ..	21

## I. INTRODUCCIÓN

El aguacate es uno de los productos más exitosos de la exportación agroalimentaria internacional. México destaca como el principal proveedor de la fruta, con un aporte de aproximadamente el 46 % del valor de las exportaciones en el mundo. El estado de México, por su parte, contribuye en el segundo lugar como productor a nivel nacional, para ello, se hace necesario el uso de ingredientes activos (plaguicidas) para el control de enfermedades.

En el municipio de Temascaltepec se cuenta con productores que van desde 1 árbol hasta 85 has (CESAVEM, 2020), sin embargo, no existen cuantificaciones del número de plaguicidas usados ni su transporte o destino en el ambiente.

Las propiedades físicas y químicas del suelo dependen de diferentes características y su interacción con los organismos vivos, y esto tiene que ver con varios factores (cantidad y naturaleza de la materia orgánica, composición de la materia inorgánica, estructura y textura, humedad, pH, potencial redox, etc.) del sustrato, pudiendo sufrir modificaciones a largo del tiempo.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las características físicas y químicas presentes en la matriz del suelo usados en el cultivo de aguacate.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Caracterizar dos distintos tipos de suelo cultivados con aguacate (*Persea americana*) en el municipio de Temascaltepec.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Realizar el muestreo de suelos en nueve unidades de producción, catalogados con los tipos de suelo cambisol y luvisol.
2. Determinar las características físicas y químicas de los suelos muestreados, a través de métodos de análisis en laboratorio.

### III. HIPÓTESIS

El sistema de cultivo de aguacate (*Persea americana*) en el municipio de Temascaltepec, México, presenta variaciones de acuerdo con las características y tipo de suelo.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

El sistema de producción de aguacate en el estado de México ha sido poco estudiado, a pesar de su contribución en la producción a nivel nacional en los últimos años, ocupando los primeros lugares, sólo después de Michoacán y Jalisco (SIAP, 2020).

Por su parte, el municipio de Temascaltepec, estado de México, para el año 2022, mantuvo una producción de 14, 809.36 toneladas de aguacate (SIAP, 2023), ocupando también el tercer lugar a nivel estatal, cuya producción fue de 127, 732.16 toneladas.

De los ocho tipos que predominan en el municipio, los tipos de suelos seleccionados (cambisol y luvisol), cuentan con características óptimas para el desarrollo del cultivo de aguacate (FAO, 2020).

El conocer las características físicas y químicas de estos tipos de suelo, nos brindará herramientas de manejo adecuado de los programas de fertilización, riego y manejo cultural del suelo.

## V. MATERIAL Y MÉTODO

### 5.1. Lugar experimental

El presente trabajo se realizó en el municipio de Temascaltepec, el cual se localiza geográficamente entre los paralelos  $18^{\circ} 59'$  y  $19^{\circ} 14'$  de latitud norte; los meridianos  $99^{\circ} 49'$  y  $100^{\circ} 14'$  de longitud oeste; con una altitud de entre 1,100 y 3,800 metros sobre el nivel del mar.

### 5.2. Medio físico del municipio

Las colindancias del Municipio son: al norte con los Municipios de Valle de Bravo, Amanalco y Zinacantepec; al este con los Municipios de Zinacantepec y Coatepec Harinas; al sur con los Municipios de Coatepec Harinas, Texcaltitlán, San Simón de Guerrero y Tejupilco; al oeste con el Municipio de Zacazonapan.

### 5.3. Obtención de las muestras de suelo

Las muestras se obtuvieron por el método de zigzag sistemático, a través de las hileras de los árboles o calles. Se muestreó debajo de la copa de los árboles, haciendo como mínimo 2 hoyos por árbol, distribuidos de manera equidistante a 2 metros respecto del tronco del árbol. Las muestras simples se tomaron de un peso aproximado de 1.5 kg a una profundidad de 40 cm. Las muestras compuestas se conformaron a partir de 2 muestras simples, utilizando el método por cuarteo (SEMARNAT, 2002), quedando un peso final de 1.5 kg. Se utilizó el método de cuarteo para la separación de submuestras para análisis a) sometida a enfriamiento a  $4^{\circ} \text{C}$ , b) sometida a congelación a  $-10^{\circ} \text{C}$ , c) y d) secado para las determinaciones como humedad y concentración de plaguicidas) secado a temperatura ambiente y bajo sombra, para el resto de los parámetros. Las

muestras secas se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro (malla 10) de acero inoxidable. Las determinaciones analíticas para caracterizar el suelo que se consideraron en este estudio son: color, análisis textural, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, contenido de humedad, Carbono orgánico, materia orgánica, relación C/N, Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal y cuantificación de abamectina.

#### 5.4. Análisis físicos del suelo

Las muestras de suelo fueron deshidratadas a temperatura ambiente y tamizadas por la malla de un 1 mm. Los análisis de color, densidad aparente y textura se realizarán de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

##### 5.4.1. Color

El color del suelo se determinó por la técnica de Munsell (Munsell, 1990) y la densidad aparente por el método de probeta.

##### 5.4.2. Densidad aparente

La densidad aparente se determinó por el método del tubo de ensayo. Se pesarán cien gramos de tierra y se colocaron poco a poco en un tubo de ensayo de 100 ml, con pequeños golpes para llenar los espacios. Se medirá el volumen ocupado por el suelo y se calculará la densidad aparente con el valor de la masa.

##### 5.4.3. Análisis de textura

El análisis de la textura se realizó por el método de Bouyoucos. Se pesaron 50 gramos de muestra, a los que se añadieron 100 ml de agua y 100 ml de solución

de dispersión (50 g de hexametáfosfato de sodio ( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub> en 1 l de agua desionizada). Se transfirieron a un tubo de ensayo de 1 l y se ajustó con agua desionizada. Se tomaron lecturas con el hidrómetro de Bouyoucos para calcular el porcentaje de limo, arcilla y arena.

#### 5.4.4. Superficie y tamaño de poro

La muestra se desgasificó a 150 °C durante 3 h, se pesaron 0.5 g de suelo y se analizaron a 77 K con nitrógeno para obtener la isoterma de adsorción. El área de la superficie se determinó mediante la ecuación BET (Brunauer, Emmett y Teller), y el área de los poros, el volumen de los poros y el radio promedio de los poros mediante el modelo BJH (Barrett, Joyner y Halenda).

#### 5.4.5. Análisis químicos del suelo

Para las determinaciones se siguieron los procedimientos de la NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis (DOF, 2002).

#### 5.4.6. pH

La medición del pH se llevó a cabo en una relación suelo/agua de 1:2, para lo cual se pesaron 10 g de suelo y se añadieron 20 ml de agua desionizada. La muestra fue agitada cada 5 minutos durante media hora, y se dejó en reposo durante 15 minutos. Se agitó de nuevo, y se determinaron los valores de pH.

#### 5.4.7. Conductividad

Se midió la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso de saturación, que se prepara a partir de una pasta saturada de tierra con agua desionizada, se midió con un conductímetro de bolsillo marca Hanna®.

#### 5.4.8. Carbono y nitrógeno totales

La concentración de nitrógeno y carbono total se determinó mediante microanálisis, utilizando un analizador elemental. Se utilizó la metionina como estándar para la curva de calibración. Se pesaron de 2 a 3 mg de las muestras de suelo, y los resultados fueron referidos en porcentaje.

#### 5.4.9. Carbono orgánico, materia orgánica y relación C/N

La determinación de la materia orgánica se llevó a cabo por el método de Walley y Black. Se pesaron 0.05 – 0.1 g de la muestra de suelo, y se adicionaron 5 ml de 1 N  $K_2Cr_2O_7$  y 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado; la mezcla se dejó reposar durante 30 min. Se adicionaron 70 mililitros de agua destilada y 3 ml de  $H_3PO_4$  concentrado. Después se añadieron 0.5 ml de indicador de difenilamina y se titularon con 0.5 N  $FeSO_4$  hasta que se puso en verde claro. El porcentaje de carbono orgánico obtenido por esta metodología se multiplicó por el factor Van Benmelen (1.724) para calcular el porcentaje de materia orgánica. La relación C/N se determinó con los valores de carbono orgánico y nitrógeno total.

#### 5.4.10. Nitrógeno total y amoniacal por el método Kjeldahl

Para la cuantificación de nitrógeno total, 0.3 g de muestra de suelo se pesó y se puso a en digestión con 100 ml del reactivo de digestión (134 g de  $K_2SO_4$ , 7.3 g de  $CuSO_4$  anhidro y 134 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, en 1 l) hasta que el volumen

se redujo hasta 30 ml aproximadamente. Se añadieron 300 mililitros de agua y 50 ml de solución de hidróxido de sodio tiosulfato (500 g de NaOH y 25 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 1 l). Posteriormente, fueron destiladas, recogiendo en 50 ml de solución indicadora, preparada con 20 g de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  y 10 ml de mezcla indicadora (200 mg de rojo de metilo en 100 ml de  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  y 100 mg de azul de metileno en 50 ml de  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ). El destilado se tituló con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N. Para el análisis del nitrógeno amoniacal, se aplicó la parte de la destilación del método. Los resultados de ambos análisis se reportan en mg/kg.

#### 5.4.11. Elementos minerales

La determinación de elementos mayores: P, K, se realizaron mediante acetato de amonio y su lectura en un fotómetro multiparámetro HI83225 (UValle-Bueno 1993).

#### 5.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico de comparación de medias con prueba de Tukey.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Características fisicoquímicas y clasificación de los suelos

#### 6.1.1. Color

El color de las muestras de suelo se dividió principalmente en cuatro tipos: brown, dark brown, dark yellowish brown, según las tablas de Munsell (1990) (Figura 1).



Figura 1. Determinación de color por Munsell, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

### 6.1.2. Densidad aparente

El suelo de la zona se clasificó por su valor de densidad aparente en promedio de  $0.89 \text{ g cm}^3$  como de tipo orgánico y volcánico (Figura 2).



**Figura 2.** Preparación de muestras para pH y densidad aparente, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

### 6.1.3. Textura

El análisis de la textura del suelo mostró 75 % de arena (partículas  $>0,05$  y  $<2$  mm), un 5 % de limo (partículas  $>0,002$  y  $<0,05$  mm) y un 20 % de arcilla (partículas  $<0,002$  mm). Utilizando el triángulo de texturas del USDA, se determinó que la clasificación textural del suelo era del tipo migajón arcilloso limoso (USDA, 2017) (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Determinación de textura, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

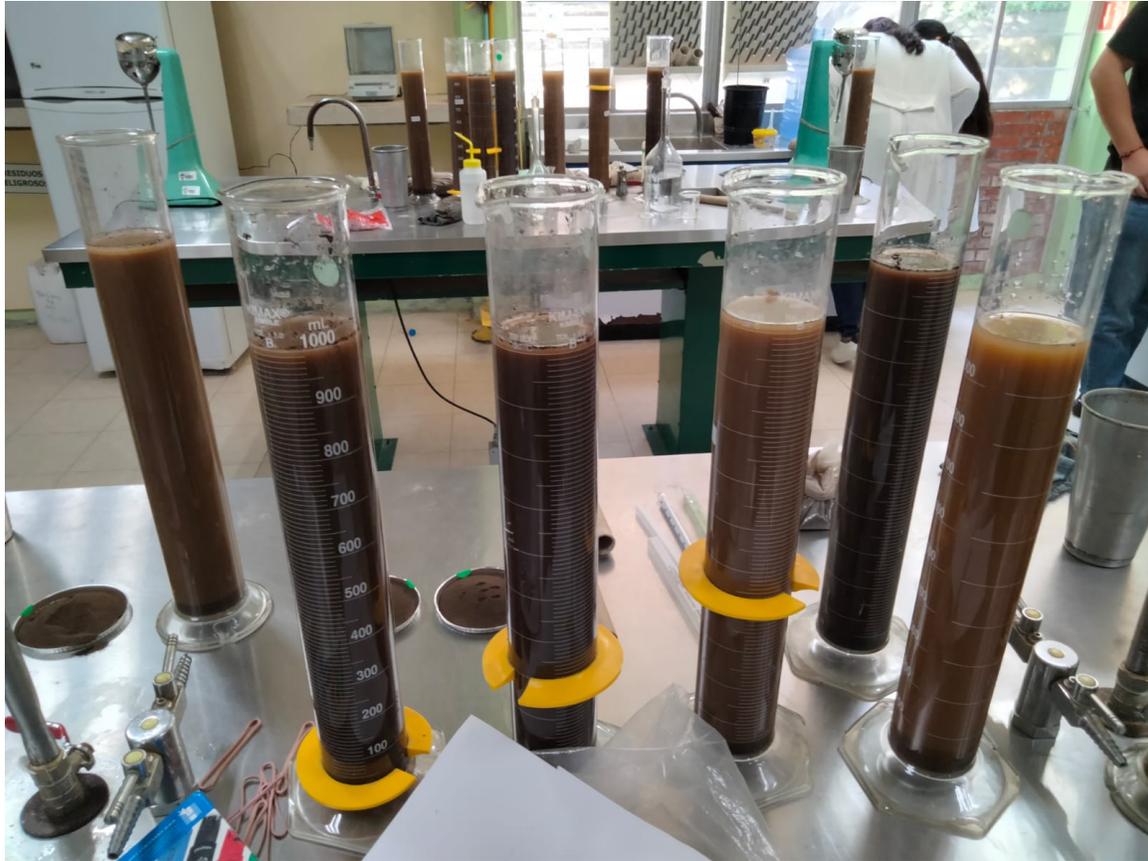


Figura 4. Muestras para lectura, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

#### 6.1.4. pH

Los suelos presentaron valor de pH neutro o ligeramente ácido (5.5 a 7.0) (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Determinación de pH, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.



Figura 6. Preparación de reactivos, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

#### 6.1.5. Carbono orgánico, materia orgánica y relación C/N

El punto 7 registró bajos niveles de carbono orgánico (0.88 %) y de Materia Orgánica (1.51 %) (Cuadro 1), lo que representó los valores más bajo ente todos los sitios de estudio. En contraste, en el caso del punto 5, fue donde se presentaron los valores más altos de CO y MO (5.67 % y 9.77 %, respectivamente) (Figuras 7 y 8).

**Cuadro 1.** Características fisicoquímicas de dos tipos de suelo cultivados con aguacate en el municipio de Temascaltepec, estado de México.

Ítem	Luvisol	Cambisol	Total	EEM	Valor de P
N	18	36	54		
pH	5.53	6.11	5.92	0.08	0.0005
CE (mS/m)	5640.19	4879.90	5133.33	458.69	0.4398
Dap (ton/m <sup>3</sup> )	0.95	0.86	0.89	0.01	0.0006
CO (%)	2.36	3.41	3.06	0.22	0.0204
MO (%)	4.06	5.89	5.28	0.37	0.0204
Potasio (mg/l)	1.87	2.67	2.40	0.31	0.2269
K <sub>2</sub> O (mg/l)	2.24	3.21	2.89	0.37	0.2195
NH <sub>3</sub> (mg/l)	0.58	0.54	0.55	0.04	0.6822
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.60	0.57	0.58	0.05	0.8100
NH <sub>3</sub> -N (mg/l)	0.34	0.44	0.41	0.03	0.1759



Figura 7. Preparación de muestras para materia orgánica, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.



Figura 8. Determinación de materia orgánica, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

#### 6.1.6. Potasio

En el caso de los suelos muestreados cuya textura en los análisis reveló contenidos de hasta 75 % de arena, se observan niveles de potasio por debajo de 3 mg/l, excepto el punto 3, que registra los valores más altos tanto de potasio (6.83 mg/l) como de óxido de potasio ( $K_2O$ ) (8.20 mg/l) (Figura 9).



**Figura 9.** Determinación de minerales, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

#### 6.1.7. Nitrógeno

Los resultados de nitrógeno presentados indican una concentración más alta de nitrógeno en los puntos 3 y 9 (Figuras 10 y 11). El nitrógeno orgánico tiende a acumularse en suelos ácidos, en comparación con aquellos que tienen un pH más

elevado. Esta tendencia se hace evidente al comparar los dos tipos de suelo (luvisol y cambisol) muestreados en este trabajo. En el luvisol, con un pH menor (5.53), la cantidad de  $\text{NH}_3$  es de 0.58 mg/l, mientras que, en el cambisol, con un pH más alto (6.11), es decir, con menor acidez, la concentración de  $\text{NH}_3$  es de 0.54 mg/l.



**Figura 10.** Preparación de muestras para nitrógeno, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.



Figura 11. Lectura en fotómetro multiparamétrico de nitratos en suelo, Laboratorio de Suelos del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

#### 6.1.8. Propiedades fisicoquímicas

El Cuadro 1 muestra que no existe diferencia estadística significativa para la variable de conductividad eléctrica en los dos tipos de suelo. Según los resultados, el suelo Luvisol presenta un pH ligeramente más bajo en promedio (5.53) en comparación con el suelo Cambisol (6.11), siendo pH ácidos. En cuanto a la conductividad eléctrica el suelo Luvisol muestra un promedio de 5640.19 mS/m el cual es mayor, en contraste con el suelo Cambisol que tienen un promedio de 4879.90 mS/m. La densidad aparente es similar en ambos tipos de suelo, con valores de 0.95 ton/m<sup>3</sup> para el suelo Luvisol y 0.86 ton/m<sup>3</sup> para el suelo Cambisol. Los valores de Carbono Orgánico y el contenido de materia orgánica (MO) entre los dos tipos de suelo, reflejan una diferencia significativa que influye en gran medida en las relaciones que puedan existir entre adsorción y contenido en arcilla.

## VII. CONCLUSIÓN

Las características físicas y químicas del suelo influyen en el comportamiento del cultivo de aguacate.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, F.E., (2001). Trends Anal. Chem., 20, 649.
- Albiter López, M. V., Ramírez García, J. J., Balderas Hernández, P., & Pavón Romero, S. H. (2020). Characterisation of floriculture soil contaminated by the frequent use of organophosphorus pesticides and quantification of pesticide methamidophos. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 1-20. <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1711889>.
- Alexander, M. 2000. Aging, bioavailability, and overestimation of risk from environmental pollutants. Environ. Sci. Technol. 34:4259-4265.
- Amaya Chávez, A., Miranda Rivera, M. G., Departamento de Farmacia, Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, México, & García Fabila, M. M. (2018). Métodos cromatográficos para la determinación de endosulfán en alimentos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 34(esp01), 81-94. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.06>
- Anastassiades, M., Lehotay, S., Stajnbaher, D. y Schenck, F. 2003. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and dispersive solid-phase extraction for the determination of pesticide residues in produce. Journal of AOAC International 86(2): 412-431.
- Andreu, V., Picó, Y., (2004). Trends Anal. Chem., 23, 772.
- AOAC 2007. AOAC Official Method 2007.01. Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate. [http://www.weber.hu/PDFs/QuEChERS/AOAC\\_2007\\_01.pdf](http://www.weber.hu/PDFs/QuEChERS/AOAC_2007_01.pdf) [5 Mayo 2015].

- Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J.-C., & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(4), 247-260. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.011>
- Asociación de Productores y Empacadores Exportadores de Aguacate de México (APEAM, A.C.) Av. Tlaxcala 1675, Los Ángeles, C.P. 60160 Uruapan, Michoacán, México.
- Ayuntamiento de Temascaltepec. (1998). Bando municipal. <https://estadodemexico.com.mx/temascaltepec/>.
- Badii, M. y Landeros, G. 2007. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. UANL. Monterrey N.L. 15 p.
- Campos, R., E. (2004). Estrategias del mejoramiento genético del aguacate (*Persea americana* Mill).
- Capri, E., Camisa, M. G., Flores-Céspedes, F., Glass, C. R., Gonzalez-Pradas, E., & Trevisan, M. (2001). Imidacloprid and pyrimethanil soil sorption. *Agronomie*, 21(1), 57-64. <https://doi.org/10.1051/agro:2001104>
- Carrasco, J. L. y M. A. Hernán, Estadística Multivariante en las Ciencias de la Vida. Fundamentos, Métodos y Aplicación. Editorial Ciencia 3, S. L., Madrid (1993).
- CICOPLAFEST (2004) Catálogo de plaguicidas. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. México. <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx> . Fecha de consulta 25 de mayo de 2014.

Codex Alimentarius: [http://www.codex\\_alimentarius.net](http://www.codex_alimentarius.net) (accessed June 10, 2018).

Comité Estatal de Sanidad Vegetal, 2020. Disponible en: [cesavem.mx](http://cesavem.mx)

Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). (2009).

DOF, Diario Oficial de la Federación. 2002. NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Segunda sección Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Pp 1-73.

EPA (2020). United States Environmental Protection Agency. Disponible en: <https://www.epa.gov/laws-regulations>.

Ettiene, G., García, P., Bauza, R., Medina, D., & Sandoval, L. (2010). Validación de un método para la determinación de insecticidas organofosforados en hojas y tallos de guayabo (*Psidium guajava* L.), usando extracción ultrasónica y limpieza en fase sólida. 27, 88-111.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2008). Pesticide residues in food. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues Rome, Italy, 9–18 September 2008. ISSN 0259-2517

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2016). FAOSTAT [en línea]. <http://www.fao.org/faostat/en/#home> 03/02/1

FAO. (1994). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convencion-marco-naciones-unidas-cambio-climatico>.

- FAO. (2019). Código Internacional de Conducta para la gestión de Plaguicidas. Directrices sobre los Plaguicidas Altamente Peligrosos. <http://www.fao.org/3/i5566es/I5566ES.pdf>
- Flores, F.; E. González; M. Fernández; M. Pérez; M. Villafranca; M. Socías y M. Ureña. 2002. Effects of dissolved organic carbon sorption and mobility of imidacloprid in soil. *J. Environ. Qual.* 31, 880-888.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization (FAO/WHO), 2019. Codex Alimentarius. [En línea] Disponible en: [www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/members/en/](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/members/en/) [Accesado 14 de noviembre de 2020].
- García-Salazar, J. A., Borja-Bravo, M., & Rodríguez-Licea, G. (2018). Consumo de fertilizante en el sector agrícola de México: Un estudio sobre los factores que afectan la tasa de adopción. *Interciencia*, 43(7), 505-510.
- Gómez Gómez, A. A. (2013). Producción de aguacate Hass para exportación. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Guisande, G. C., Barreiro, F. A., Moneiro, E. I., Riveiro, A. I., Vergara, C. A. R. y Vaamonde, L. A. 2006. Tratamiento de datos. Díaz de Santos. España. 356 pp.
- Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. y Tatham, R. L. 2006. *Multivariate data analysis. International Edition.* 6Ed. Prentice Hall International. New Jersey. United States of America. 897 pp.
- Hernández-Borges, J., Cabrera Cabrera, J., Rodríguez-Delgado, M.A., Hernández-Suárez, E.M., Galán Saúco, V. Analysis of pesticide residues in bananas harvested in the Canary Islands (Spain). *Food Chemistry*, 113 (2009) 313-319.

- Hernández, et al., (2004). Metodología de la investigación. 3a ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 705 pp.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), L. G., Arroyo Martínez, A., Ruíz Suárez, L. G., Gavilán García, A., & Mendoza Cantú, A. (2020). Perspectivas de las Importaciones y Exportaciones de Plaguicidas en México. <https://www.gob.mx/inecc>.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), L. G., Arroyo Martínez, A., Ruíz Suárez, L. G., Gavilán García, A., & Mendoza Cantú, A. (2020). Perspectivas de las Importaciones y Exportaciones de Plaguicidas en México. <https://www.gob.mx/inecc>.
- Kennes. C. Lema. J. y Veiga. M. (1994). Biodegradación de Compuestos Orgánicos Tóxicos. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de Santiago de Compostela y Universidad de la Coruña.
- Koskinen, W.C. 2009. Characterization of Pesticide Availability/Bioavailability in Soils [abstract]. American Chemical Society. 77:118.
- Kumari, K., Singh, R. P., & Saxena, S. K. (1988). Movement of carbofuran (nematicide) in soil columns. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 16(1), 36-44. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(88\)90014-0](https://doi.org/10.1016/0147-6513(88)90014-0).
- L. G., Arroyo Martínez, A., Ruíz Suárez, L. G., Gavilán García, A., & Mendoza Cantú, A. Perspectivas de las Importaciones y Exportaciones de Plaguicidas en México. (2020). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), <https://www.gob.mx/inecc>.
- Leake, C.R. 1991. Lysimeter Studies. *Pestic. Sci.* 31: 363-373.
- Lehotay, S. J. (2011). QuEChERS Sample Preparation Approach for Mass Spectrometric Analysis of Pesticide Residues in Foods. En J. Zweigenbaum

- (Ed.), *Mass Spectrometry in Food Safety* (Vol. 747, pp. 65-91). Humana Press.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-61779-136-9\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-136-9_4).
- Lehotay, S. J. *Mass Spec. in Food Safety Methods in Mol. Biol.* 2011, 747, 65-91.
- Leistra, M. 1980. Transport in solution. En *"Interactions between Herbicides and the Soil"* (R.J. Rance, de), Academic Press, Rondón, pp. 59- 82.
- Leyva-Morales J.B., García de la Parra L.M., Bastidas- Bastidas P.J., Astorga-Rodríguez J.E., Bejarano-Rodríguez J., Cruz-Hernández A., Martínez-Rodríguez I.E. y Betancourt-Lozano M. (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 30 (3), 247-261.
- Ma. L. Y Selim, R.M. 1997. Physical nonequilibrium modeling approaches to solute transport in soils. *Adv. Agron.* 58: 95-150.
- Madrigal, A. 1978. Consideraciones generales sobre el uso de pesticidas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* (3) 27-43.
- Marek B and Kuchen A (1991) Organophosphates (Organic phosphoric acid esters) y Carbamates. *IDF Special Issue 9101*, 99-111.
- Martínez-Valenzuela, C., Félix-Gastelum, R., Mora-Romero, A. y Ortega-Martínez, L. D. (2015) "Biomonitoreo citogenético de jornaleros ocupacionalmente expuestos a mezclas complejas de plaguicidas" en *Ciencia desde el Occidente*. Año 2, núm. 2, marzo-septiembre 2015, pp. 8-17, Universidad de Occidente. En:  
<<http://udo.mx/portal/images/archivos/cienciadesdeeloccidente/2016/VOL2-2/VOL2%20No2%202015%20ART%C3%8DCULO%201.pdf>>  
[Accesado el día 10 de octubre de 2015].
- Mosquera, R. B., & Peñuela, G. A. (2009). Biodegradación del malatión utilizando microorganismos nativos de suelos agrícolas. 189-198.

- Ndongo, B., D Leroux, G., & Fortin, J. (1999). Transport du linuron, de l'imidaclopride et du bromure au travers de colonnes de sol et de lysimètres drainants. 4 (1), 33-40.
- Noa PM (1998) Residuos Químicos en Leche: Importancia y problemática actual. UAM-X Ciudad de México, México. p. 55.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2018) Biological pesticides. Recuperado de <http://www.oecd.org/chemicalsafety/pesticides-biocides/biological-pesticides.htm>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018. Residuos de los plaguicidas en los alimentos. [En línea] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pesticide-residues-in-food> [Accesado 16 de octubre de 2020].
- Pérez, C. L. 2005. Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos. Prentice Hall. Madrid, España. 802 pp.
- Perfect, E., M. Sukop y G. Hasler. 2002. Prediction of dispersivity for undisturbed soil columns from water retention parameters. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 696-701.
- Pignatello, J.J. and B. Xing. 1996. Mechanisms of slow sorption of organic chemicals to natural particles. Environ. Sci. Technol. 30:1-11.
- Prado Rosales, R.C., Herrera, M.C., Luque García, J.L., Luque de Castro, M.D., (2004). J. Chromatogr. A, 953, 133.
- Roos, A., Tuinstra, L. 1991. Pesticides In: International Dairy federation Special Issue 9101. Monograph on Residues and Contaminants in Milk and Milk Products. International Dairy Federation. Brussels. Belgium. p 84-98.
- Sabik, H., Jeannot, R., Rondeau, B., (2000). J. Chromatogr. A, 885, 217.
- SADER. (2019). Reporte del mercado de aguacate (p. 17).

- SADER. (2019). Reporte del mercado de aguacate (p. 17). SAGARPA. (2020).
- Schafer, K., Kegley, E. (2002). Persistent toxic chemicals in the US food supply. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56 (11): 813-817. Recuperado de <http://jech.bmj.com/content/56/11/813.full>.
- Schmitt, R. y Nelson, M. (1982). Methodology for Estimating the Dietary Intake of Pesticide Residue. *Pesticide Residues and Exposure*. Plimmer, J.R (ed). American Chemical Society. Washington, D.C. U.S. 9-14.
- Semple, K.T., A.W.J. Morriss and G.I. Paton. 2003. Bioavailability of hydrophobic organic contaminants in soils: Fundamental concepts and techniques for analysis. *Eur. J. Soil Sci.* 54:809-818.
- Serrano D., M Blancas P. F, J., Guerrero, C. F. M., Lozano G. M. (2011). Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa* 11:41-70.
- SIAP (2018). Datos Abiertos, Estadística de Producción Agrícola, Sistema de Información Agroalimentaria. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php> Fecha de consulta 28 de diciembre de 2020.
- SIAP (2020). En <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SIAP. 2016. Sistema de Información Agropecuaria. , Estadísticas de cultivos agrícolas, Mayo 2016 ed. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Recursos Agropecuarios (SAGARPA).
- Singh, R. P., Kumari, K., & Singh, D. (1993). Influence of Different Factors on the Adsorption of Carbofuran (2,3- Dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl-N-methyl Carbamate) on Soils. 29, 70-79.
- Sun, L., Lee, H.K., (2003). *J. Chromatogr. A*, 1014, 165.

- Torres, D.; Capote, T. 2004. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas*, 13 (3): 2-6.
- Tuzimski, T. (2014), New Trends in Pesticide Residue Analysis in Various Sample Matrixes. *Journal of AOAC International*, 97(4): guest editor section.
- USEPA (2008). About pesticides. United States Environmental Protection Agency [en línea]. <http://www.epa.gov/pesticides/about/index.htm>. 25/03/09.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency (2016) ProUCL v5.0
- Vengoechea, A. (s. f.). Las Cumbres de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Friedrich Ebert Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09155.pdf>
- Villaruel-Rocha, J., Barrera, D., & Sapag, K. (2014). Introducing a self-consistent test and the corresponding modification in the Barrett, Joyner and Halenda method for pore-size determination. *Microporous and Mesoporous Materials*, 200, 68-78.
- Visauta Vinacua, B. y J.C. Martori Cañas, (2003) *Análisis estadístico con SPSS para Windows. Volumen II, Estadística multivariante*, Madrid, McGraw-Hill.
- Yen, J.-H., Hsiao, F.-L., & Wang, Y.-S. (1997). Assessment of the Insecticide Carbofuran's Potential to Contaminate Groundwater through Soils in the Subtropics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 38(3), 260-265. <https://doi.org/10.1006/eesa.1997.1587>