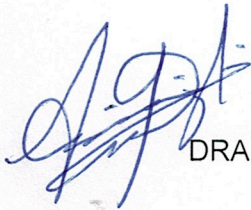


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

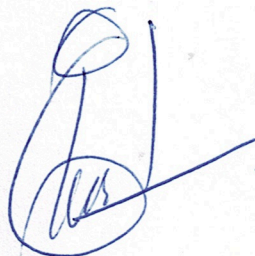
PRESTADOR DE SERVICIO SOCIAL: MORENO CLIMACO ABIGAIL
MATRICULA: 2153027039

Informe final por actividades relacionadas a la profesión

Carbono orgánico total de suelo como servicio ecosistémico en las áreas forestales y agrícolas de la Ciudad de México



DRA. ANGÉLICA JIMÉNEZ AGUILAR No. Económico 38202
Departamento El Hombre y su Ambiente



DR. GILBERTO VELA CORREA No. Económico 27970
Departamento El Hombre y su Ambiente

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO
FECHA DE INICIO: 8 DE AGOSTO 2022
FECHA DE TÉRMINO: 8 DE FEBRERO 2023

Contenido

INTRODUCCION.....	3
OBJETIVOS	5
METODOLOGIA.....	6
ACTIVIDADES REALIZADAS.....	10
METAS	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
CONCLUSIONES	18
BIBLIOGRAFÍA.....	19

INTRODUCCION

El carbono (C) es uno de los principales elementos que se encuentra en el planeta Tierra, se halla en la estructura molecular de las células de los seres vivos, en los océanos, en la atmósfera y en los suelos (Fdez, 2020). En los suelos se encuentra el carbono orgánico, el cual es obtenido de los residuos vegetales, animales y microorganismos, en forma natural el carbono orgánico del suelo (COS) resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de C en el suelo en forma de CO₂ a la atmósfera (Martinez et al., 2008). Este gas es considerado como el principal responsable del efecto invernadero, el cual puede reducirse mediante la reducción de emisiones antropogénicas o mejorando los sumideros de carbono de la biosfera (Vela et al., 2012).

El COS es el componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS) ya que es el indicador inicial de la calidad del suelo, donde ocurren procesos microbiológicos que aportan nutrientes, incrementa su estructura, infiltración y disponibilidad de agua para las plantas (Robert, 2002). En la MO se distingue una fracción labil como fuente energética y una fracción humica constituida por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas, las cuales representan el 50% de la MO, donde incluyen químicos insolubles en medio acuoso, además compuestos no húmicos, cadenas de hidrocarburos, ésteres, ácidos y estructuras polares asociados a los minerales del suelo.

La MO afecta al pH por los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno que se encuentra en los residuos orgánicos donde forman NH₄ que tiene un efecto inhibitorio de la nitrificación. La MO también tiene grupos carboxilos y fenólicos que se comportan como ácidos débiles y disminuyen el pH. En suelos cercanos a la neutralidad o tienen cantidades altas de carbonatos y bicarbonatos, el pH disminuye por aumento en la presión parcial de CO₂.

La CIC al ser una propiedad química estrechamente vinculada a la fertilidad depende de los coloides inorgánicos; los coloides inorgánicos no varían en el suelo, sin embargo los orgánicos son dependientes y tienen una CIC que supera 200 meq 100⁻¹g de suelo. La interacción común entre COS y cationes es mediante grupos carboxilos cargados negativamente y los cationes. Los suelos tienen una carga permanente y otra que cambia con el pH, por lo que la CIC total se mide a pH 8.2. La CIC permanente proviene de las fracciones de arcillas, mientras que la variable depende de las sustancias húmicas (Martinez et al., 2008).

Para poder ser medido el COS es necesario un monitoreo regular, rentable y que abarque una gran variedad de tipos de suelo, sin embargo, hasta la fecha aún no existe un método estandarizado para evaluar la dinámica del COS. Los métodos más próximos para su medición son: densidad aparente y materia orgánica (Robert, 2002).

Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de suelos. Por lo general, en los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación, ese equilibrio es afectado. Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono (Galicia et al., 2016). La reforestación, sobre todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, es una forma importante de secuestro de carbono (Hernandez et al., 2014). La CDMX proporciona uno de los

servicios ecosistémicos como suelo de conservación para almacenamiento de carbono, donde se producen 36.2 millones de toneladas de CO₂. Para llevarlo a cabo es necesario considerar el tipo de suelo, sus características, historial de manejo y los factores ambientales, este suelo de conservación se ve amenazado por el crecimiento de la ciudad ya que solo se ve como soporte para construcciones o infraestructura (Vela et al., 2012).

El desarrollo de la agricultura ha implicado una gran pérdida de materia orgánica del suelo, sin embargo, las principales formas de obtener un incremento de la materia orgánica en el suelo están asociadas a la agricultura de conservación que involucra la labranza mínima o cero y el uso de una cobertura vegetal continua y protectora formada por materiales vegetales vivos o muertos sobre la superficie del suelo (FAO, 2017).

OBJETIVOS

- Determinar la cantidad de carbono orgánico existente en suelo de conservación de la Ciudad de México.
- Determinar las propiedades fisiocquímicas de suelo de uso agrícola en la zona de conservación de la CdMx.

METODOLOGIA

A cinco muestras de suelo que fueron recolectadas a 0.10 m de profundidad en Tláhuac-Xico por integrantes del Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica de la UAM Xochimilco se les realizaron las siguientes determinaciones:

Color: consistió en colocar en una placa de porcelana una pequeña cantidad de suelo de las diferentes muestras, con ayuda del manual Munsell se determinó el color del suelo seco, después se le agregó un poco de agua destilada evitando brillo, si esto ocurría con un poco de papel absorbente se le retiraba el exceso.

Textura: para este análisis se requirió pesar 60 g de la muestra en un vaso de precipitado, se le agregó agua destilada hasta formar una pasta donde se le adicionó 50 ml de peróxido y con un agitador de vidrio se le removió hasta que no ya no hubo reacción, posteriormente el suelo se colocó en una estufa para secarlo. Terminado el secado se pesaron 50 g y se depositaron en un vaso de batidora agregándole también 5 ml de oxalato de sodio y 5 ml de metasilicato de sodio, esta mezcla se dejó en la batidora durante 10 min. para después pasarlo a una probeta de 1000 ml aforándolo con agua de la llave, con un agitador de latón se agitó el suelo durante 1 min para después con un hidrómetro hacer la primera lectura al igual que con un termómetro, una vez terminada la primera lectura se dejó reposar el suelo durante 2 hrs, al finalizar el tiempo se realizó una segunda lectura con el hidrómetro y el termómetro, anotando adecuadamente las dos lecturas.

$$\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas} = \frac{\text{primera lectura (100)}}{\text{g de suelo}}$$

$$\% \text{ de arena} = 100 - (\% \text{ de limos} + \% \text{ de arcillas})$$

$$\% \text{ de arcillas} = \frac{\text{segunda lectura (100)}}{\text{g de suelo}}$$

$$\% \text{ de limo} = \text{se resta al } (\% \text{ de limos} + \text{arcillas}) \text{ el } \% \text{ de arcilla}$$

Densidad aparente: para poder determinar la densidad aparente el primer paso fue pesar una probeta de 10 ml, en la cual se agregó el suelo hasta la marca para después darle 10 golpes sobre una franela con la intención de hacer bajar el suelo, una vez que el suelo ya bajo se le agregó más suelo hasta llegar a la marca de los 10 ml y se volvió a pesar la probeta con el suelo. La siguiente fórmula se utilizó para determinar la Da

$$Da = \text{Peso del suelo (g)} / \text{volumen (ml)}$$

Donde:

Da = Densidad aparente (g cm⁻³)

P = Peso del suelo (g)

V = volumen (ml) (cm³)

Densidad real: consistió en pesar un picnómetro vacío para después agregarle 5 g de suelo, el siguiente paso fue agregar agua destilada hasta llenar 3/4 del picnómetro para agitarlo y que salga el aire, se dejó reposar durante un día con la intención de que saliera todo el aire, transcurrido el día, el picnómetro se llenó con agua destilada y se pesó, una vez teniendo este dato se deshecho el suelo y se lavó muy bien el picnómetro, ya limpio se le agregó solo agua destilada y se volvió a pesar. Todos los pesos se fueron anotando. Con la siguiente ecuación se calculó la Dr.

$$Dr = \frac{S}{(S+A) - (s+a)} \text{ (g/ml)}$$

Donde:

S = Peso del suelo (g)

A = Peso del agua (g)

s+a = Peso del suelo y el agua mezclados (g)

Alofanos: en una placa de porcelana se colocó un poco de suelo al cual se le agregaron 5 gotas de fluoruro de sodio y con una varilla de vidrio se agitó y se dejó reposar durante 5 min y después se le agregaron dos gotas de fenolftaleína para que virara a un color rosa, con ayuda de la tabla de color se determinó a qué tono de rosa viró, se anotó el resultado.

pH y conductividad eléctrica: En un frasco de vidrio se pesaron 10 g de suelo y se le añadieron 20 ml de agua destilada y en un oscilador se dejó agitando durante 30 min, transcurrido ese tiempo se dejó reposar durante 15 min, para después medir el pH en un potenciómetro calibrándolo con buffer 4, 7 y 10, en la solución obtenida se introdujo el electrodo y se midió el pH, para la conductividad la solución de cada muestra se agregó en una probeta de 50 ml y se introdujo el conductímetro, todas las lecturas fueron adecuadamente anotadas.

Capacidad de intercambio catiónico: en un tubo para centrífuga se pesó 1 g de suelo, después se le agregó 5 ml de cloruro de calcio y con varillas de vidrio se agitó durante 3 min, las varillas se enjuagaron con otros 5 ml del mismo reactivo y después se colocaron en la centrifuga durante 5 min a 3000 rpm, este procedimiento se realizó 5 veces primero con cloruro de calcio y otras 5 repeticiones con alcohol, de estas 10 repeticiones se decantó el líquido, las últimas 5 repeticiones se realizaron con cloruro de sodio y el líquido se guardó en frascos de vidrio, para titular se tomaron 5 ml de la solución y se colocó en otro frasco al cual también se le añadió 5 ml de buffer pH 10, 5 gotas de clorhidrato de hidroxilamina, 5 gotas de cianuro de potasio y 5 gotas de negro de eriocromo, para que virara de rosa a azul se utilizó EDTA, el gasto de EDTA de cada muestra se anotó. Para valorar la normalidad del EDTA se realizó un blanco con los mismos reactivos, con la única diferencia que la alícuota de la solución se cambió por cloruro de calcio.

$$CIC = \frac{5ml \text{ alicuota (ml de EDTA gastados)}N * 100}{g \text{ de la muestra}}$$

Dónde: N: normalidad real del EDTA

Ca²⁺ y Mg²⁺ INTERCAMBIABLES: en este proceso primero se pesó 1 g de suelo y se agregó en un tubo para centrifuga para después agregarle 5 ml de acetato de amonio y durante 3 min fue agitado con varillas de vidrio, para enjuagar las varillas se necesitó 5 ml más de acetato de amonio, después se llevó a la centrifuga durante 5 min a 3000 rpm. Se hicieron 4 repeticiones más de este paso y toda la solución que resultó se guardó en frascos de vidrio; el líquido recolectado se tituló con EDTA, primero para calcular Ca²⁺ y Mg²⁺, se tomaron 10 ml de la solución resultante ya filtrada, posteriormente se agregaron 5 ml de buffer 10 pH, 5 gotas de clorhidrato de hidroxilamina, 5 gotas de cianuro de potasio y 5 gotas de negro de eriocromo, se esperó a que virara del rosa al azul. Para determinar Ca²⁺ se tomó una alícuota de 10 ml de la solución y se agregaron 5 ml de Hidróxido de Sodio, una "pizca" (0.1g) de murexida y se tituló con EDTA hasta que virara de rosa a violeta. Para valorar la normalidad del EDTA se realizó un blanco con los mismos reactivos, solo se cambió la alícuota de la solución por cloruro de calcio. Los datos obtenidos se anotaron para después realizar los cálculos.

$$Ca + Mg = \frac{ml \text{ de EDTA}(5)(N_{real})X100}{\text{peso de la muestra}}$$

$$Ca = \frac{ml \text{ de EDTA}(5)(N_{real})X 100}{\text{peso de la muestra}}$$

$N_{real} = (10 \text{ ml de cloruro de calcio/Gasto de EDTA del blanco}) N_t$

Donde $N_t =$ Cuando el EDTA se prepara con 1.8613 g = 0.01

Cuando el EDTA se prepara con 4g = 0.02

$$Mg^{2+} = (Ca + Mg) - Ca^{2+}$$

Materia orgánica: en un matraz Erlenmeyer se pesó 0.5 g de suelo y si la muestra estaba muy oscura se pesó 0.2 g, se le agregaron 5 ml de dicromato de potasio, 10 ml de ácido sulfúrico, el cual se agregó lentamente resbalando por las paredes del matraz, se agitó el matraz para incorporar el suelo con los reactivos y se dejó reposar durante 30 min sobre una superficie de madera, transcurrido el tiempo se le agregaron 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico y 5 gotas de indicador de difenilamina. Se tituló con sulfato ferroso esperando a que virara del color naranja que tomo con los reactivos a un verde esmeralda. Para calcular la normalidad real del sulfato ferroso se preparó un blanco con los mismos reactivos solo no se le agregó el suelo. Los resultados obtenidos se anotaron para realizar los cálculos adecuados.

$$MO(\%) = \left(5 - \frac{ml \text{ de } FeSO_4 (N_{real})}{\text{peso de la muestra (g)}}\right) (0.69)$$

5 = Cantidad de dicromato de potasio agregado (K₂Cr₂O₄).

N = Normalidad real del FeSO₄

0.69 = Constante

N real = 10 (0.5)

ml de FeSO₄ (gastados en el blanco)

Donde:

10 = Volumen teórico del FeSO₄, utilizado en el blanco.

0.5 = Normalidad teórica del FeSO₄

Carbono orgánico

Para obtener el porcentaje de carbono orgánico se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ C Orgánico} = \left(\frac{B - T}{g} \right) (N)(0.39)$$

Dónde: B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el blanco de reactivos (ml)

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra o problema (ml)

N = Normalidad real del sulfato ferroso

g = Peso de la muestra de suelo

N = 10 (0.5)

ml de FeSO₄ (gastados en el blanco)

Dónde: 10 = Volumen teórico del FeSO₄, utilizado en el blanco.

0.5 = Normalidad teórica del FeSO₄

Para la determinación de carbono orgánico total del suelo (CO) se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{CO} = \% \text{MO} / 1.724 \text{ o } \% \text{CO} = \% \text{MO} (0.58)$$

Dónde %MO es el porcentaje de materia orgánica y 1.724 y/o 0.58 es el factor de Van Benmelen, es decir, la suposición de que la MO contiene 58% de carbono orgánico.

Considerando el porcentaje de carbono orgánico a partir de la materia orgánica, se calculó el carbono orgánico total del suelo.

COS= CO(Da) Ps

COS es carbono orgánico total del suelo, CO es carbono total de la materia orgánica (%), mientras que Da es densidad aparente y Ps profundidad del suelo.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Aunque solo se presentan resultados de cinco muestras analizadas, las actividades realizadas durante el período de Servicio Social fueron: la determinación de las propiedades fisicoquímicas de diferentes muestras de suelo correspondientes a distintos proyectos de investigación:

- Impacto de los microplásticos en las propiedades del suelo del Bosque de Chapultepec.
- Procesamiento de muestras de Yucatán para el Instituto de Geología de la UNAM.
- Fortalecimiento organizativo y cooperativismo para acceder a un mercado justo para los productores de sal artesanal en los municipios de Xicotlán y Chila de la sal, en la región de la mixteca, Puebla.
- Carbono orgánico en suelos sometidos a diferentes condiciones de manejo y adaptación al cambio climático.
- Carbono orgánico total del suelo como servicio ecosistémico en áreas agrícolas y forestales de la Ciudad de México

El análisis de los datos obtenidos en las determinaciones y la estructuración del informe final del servicio social, todo lo anterior se realizó en el laboratorio de edafología y absorción atómica de la UAM Xochimilco. Cabe mencionar que los resultados presentados forman parte del reporte para productores de varias zonas de la CDMX, relacionado al estado que presentan sus suelos agrícolas.

Así mismo se participó en proyectos como:

METAS

- Cumplir con el servicio social que es parte de la formación del ingeniero agrónomo de la UAM-X.
- Adquirir experiencia en los análisis fisicoquímicos de suelo en laboratorio.
- Ampliar el conocimiento sobre el almacenamiento de carbono orgánico en suelos agrícolas de la Ciudad de México.
- Tener un amplio conocimiento del medio físico productivo para poder desarrollar y aplicar metodologías para hacer un uso adecuado del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELO

COLOR

El color puede indicar la oxidación o reducción química del suelo, así al tener un color oscuro puede representar un alto contenido de materia orgánica, o si presenta colores como amarillo, café o rojo puede ser debido a la presencia de óxidos ferricos. En la tabla 1 se puede observar que la mayoría de las muestras presentan un color pardo oscuro, esto quiere decir que contienen un porcentaje alto de materia orgánica.

Tabla 1: Interpretación de color con la Carta de Munsell

	<i>SECO</i>	<i>HUMEDO</i>
<i>P1</i>	10YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro
<i>P2</i>	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 2/2 Pardo muy oscuro
<i>P3</i>	10RY 4/4 Pardo amarillento oscuro	10YR 3/3 Pardo oscuro
<i>P4</i>	10YR 5/3 Pardo	10YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro
<i>P5</i>	10Yr 3/3 Pardo oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro

Al observar que las muestras son de color oscuro, se puede decir que tienen una tendencia a acumular una cantidad significativa de carbono orgánico, y por lo tanto una tendencia a tener un porcentaje elevado de materia orgánica.

DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente (DA) es el espacio copado por los sólidos y los espacios de los poros conjuntamente. En la gráfica 1 se puede notar que las muestras tienen una DA similar, es decir son representativas de la heterogeneidad del sitio de muestreo.

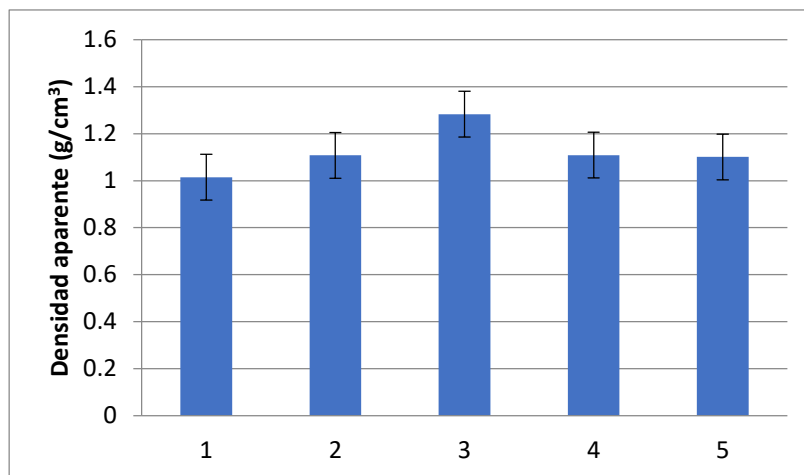


Figura 1. Valores de densidad aparente de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

Al observar las barras de error en la figura 1, se puede decir que existe una homogeneidad en la densidad aparente de las muestras de suelo analizadas. Con un valor promedio de

1.12 g/cm³, resultado que se encuentra en el mismo orden de magnitud que la DA óptima (1-1.2 g/cm³) para suelos de textura fina, textura que presentaron cuatro de las muestras analizadas (Fig. 4, 5 y 6). Cabe mencionar que la densidad aparente (1.3 g/cm³) de la muestra 3 está dentro del rango de DA para suelos arenosos de (1.2-1.6 g/cm³), lo cual coincide con la textura observada para esta muestra (Figura 3, 4 y 5).

DENSIDAD REAL

Se refiere al peso del material sólido que compone al suelo, como: cuarzo, feldspatos, micas y minerales arcillosos. En la figura 2, de acuerdo a las barras de error se observa que la muestra 1 tiende a tener una mayor densidad real con relación a la muestra 2, sin embargo, en general hay homogeneidad entre las muestras.

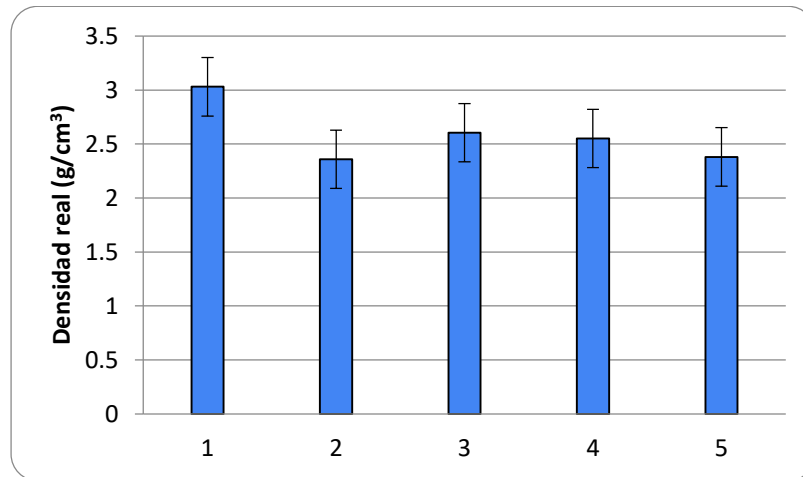


Figura 2: Densidad real obtenida en muestras de suelo de Tláhuac_Xico, CdMx.

El valor promedio de la densidad real de las muestras fue de 2.58 g/cm y el valor de calidad óptimo es de 2.65 g/cm.

TEXTURA

Es la porción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños, que influyen como factor de fertilidad, de retención de agua, aireación y de contenido de MO. En las gráficas 3, 4 y 5 se muestran los porcentajes de arcillas, arenas y limos que caracterizan a cada muestra de suelo analizada. Al comparar las tres gráficas se puede notar que el 80% de las muestras tienen una textura arcillo-limosa, mientras que la muestra 3 tiene una textura arenosa, textura que está acorde a las densidades aparentes obtenidas (Fig. 1).

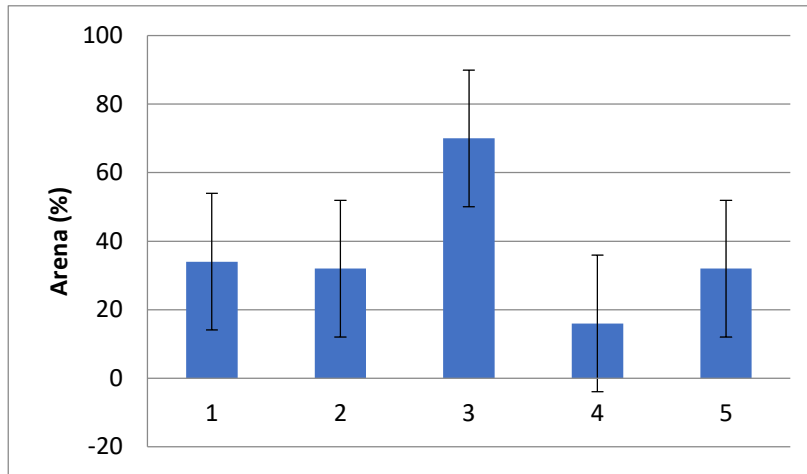


Figura 3. Porcentaje arena de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

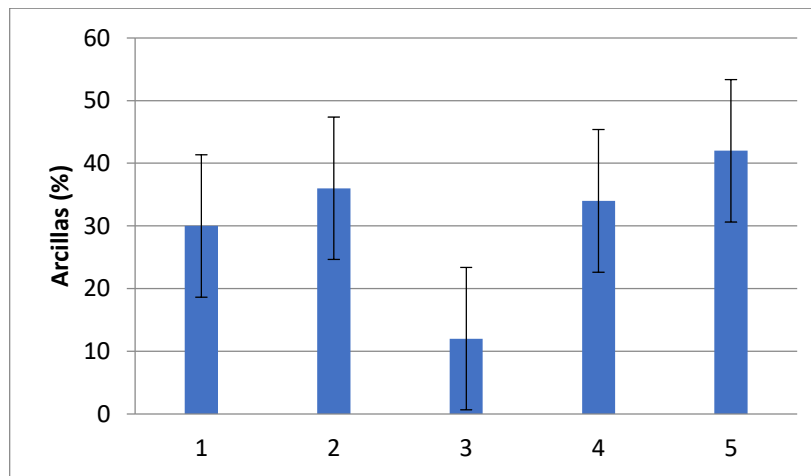


Figura 4. Porcentaje de arcillas en suelo de Tláhuac-Xico, CdMx..

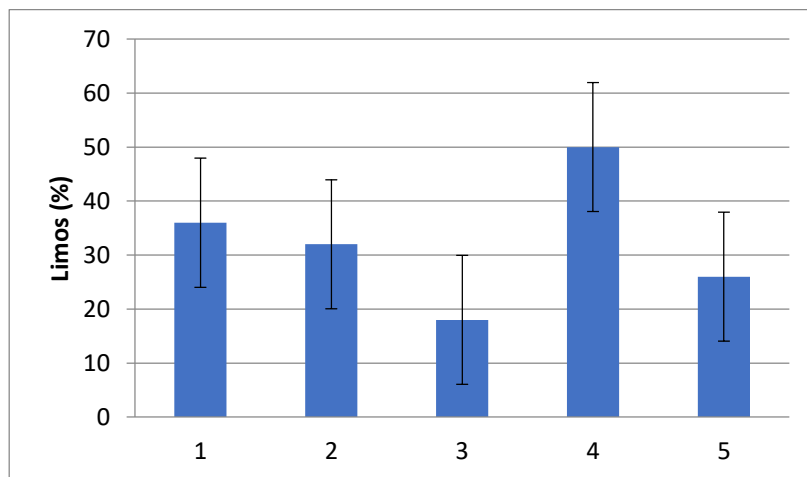


Figura 5. Porcentaje de limos en suelo.

La textura ideal es un suelo franco el cual contiene 40% de arena, 40% de arcillas y 20% de limos. El promedio de las muestras es de 36.8% de arena, 30.8% de arcilla y 32.4% de limos, con estos porcentajes se puede decir que el suelo analizado es franco arcilloso (fig. 3, 4 y 5).

ALOFANOS

Es un grupo de minerales no cristalinos, comúnmente presentes en suelos volcánicos. En la tabla 2 se observa que las muestras contienen en promedio una intensidad alta de alofanos. Esto quiere decir que tienen una buena retención de agua y una carga eléctrica alta subornidana con el pH.

Tabla 2: Interpretación de Alofanos en el suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

	COLOR	REPRESENTACION	INTENSIDAD
p1	Rosa	XX	Medio
p2	Fucsia	XXX	Alto
p3	Rosa	XX	Medio
p4	Fucsia	XXX	Alto
p5	Morado	XXXX	Muy alto

pH y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

El pH mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas (Osorio, 2012). En la figura 6, se puede observar que el 40% de las muestras están ligeramente por arriba de un pH neutro, mientras que el 60% se ubican en un pH neutro.

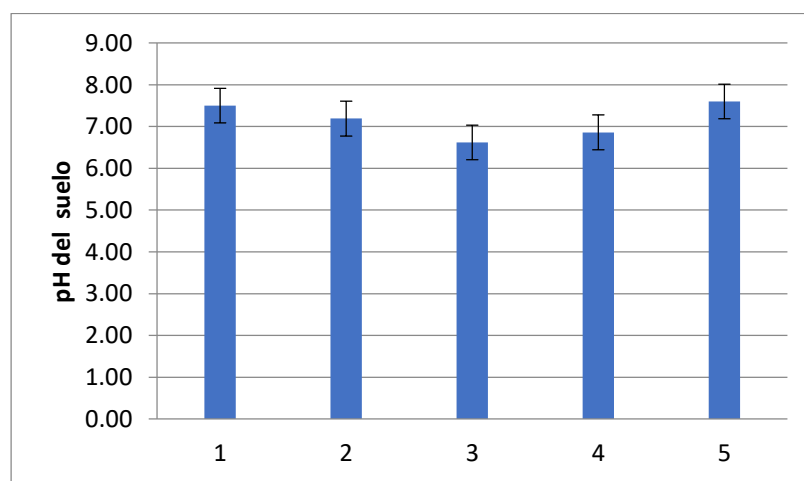


Figura 6. Valores de pH de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx

El pH óptimo para suelos agrícolas según la FAO es de 6 a 7.5, la media de las muestras analizadas fue de 7.15, que se encuentra dentro del rango antes mencionado.

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la concentración de sales, naturalmente el suelo tiene sales disueltas en concentraciones bajas (Cremona & Enriquez, 2020). En la figura 7 se puede notar que los valores son menores a 1mS/cm, es decir, que las muestras no son salinas.

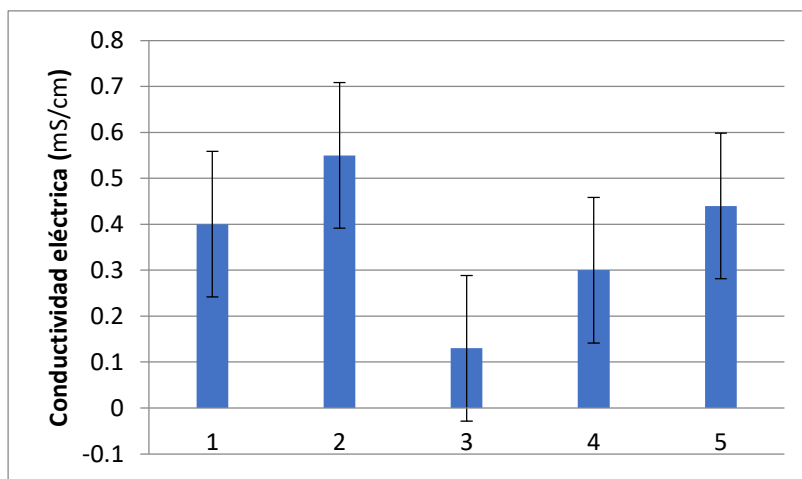


Figura 7. Valores de conductividad de eléctrica de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

Es la carga negativa de las arcillas y materia orgánica del suelo, dependiente del pH. Al analizar la CIC se puede conocer el porcentaje de saturación de bases, así como el número de sitios de intercambio de cationes que pueda tener (Cruz-Macías et al., 2020).

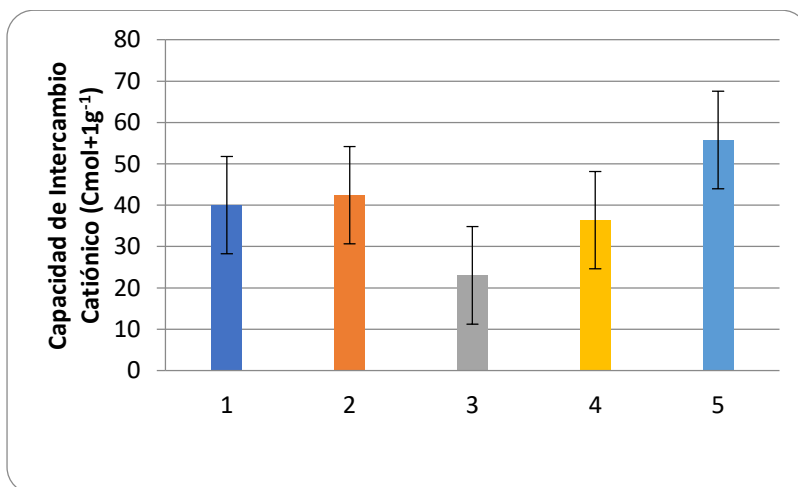


Figura 8. Valores de CIC de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx .

El valor adecuado para la capacidad de intercambio catiónico es de 35 a 45 $\text{Cmol}+1\text{g}^{-1}$, la media de las muestras es de $39.51 \text{ Cmol}+1\text{g}^{-1}$, esto quiere decir que el suelo tiene una buena retención de iones, lo cual está estrechamente relacionado con el valor de pH obtenido (Fig. 6).

Ca^{2+} Y Mg^{2+} INTERCAMBIABLES

El contenido de Mg proviene de la descomposición de los minerales, una fracción de este elemento es intercambiable al encontrarse fijada a la MO o minerales arcillosos, por la hidratación del ion de Mg, la fijación a las superficies de intercambio es poca y reversible, lo cual hace que el Mg sea lavado en especial en suelos de baja capacidad de fijación y con valores de pH bajos, lo cual hace que el valor ideal sea de 5 a 50 ppm y nuestras muestras tienen un promedio de 1.79 ppm esto puede ser influenciado por la lixiviación y la poca retención de cationes.

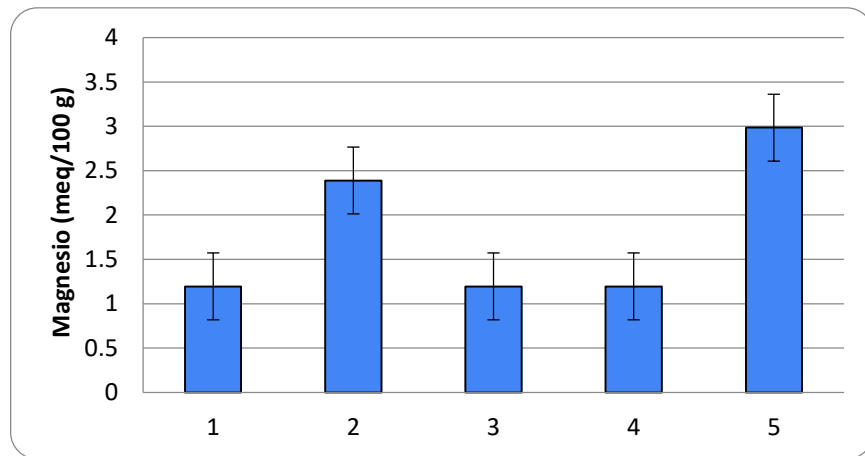


Figura 9: Valores de magnesio en las muestras de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

El calcio por tener una alta capacidad de combinación con todos los ácidos conocidos forma un vasto número de compuestos, por cuya razón no se encuentra en estado elemental. Asimismo, este elemento constituye un macronutriente esencial para las plantas y algunos microorganismos. En la figura 10 se observa una tendencia de menor cantidad de este catión en las muestras 1, 3 y 4 con relación a las muestras 2 y 5, es decir, que es probable que en las primeras muestras mencionadas el suelo no tiene un flujo de nutrientes favorable.

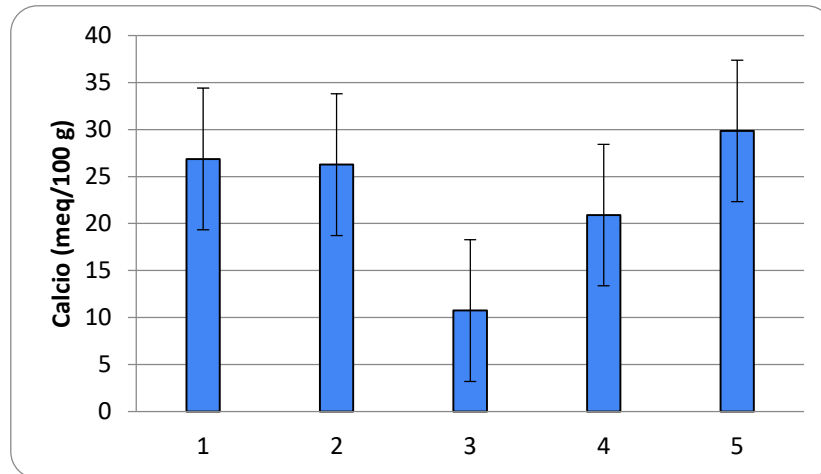


Figura 10: Valores de calcio en el suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

Sin embargo, el nivel adecuado de calcio en solución es de 20 a 1500 meq/100 g y el promedio de las muestras analizadas fue de 22.92 meq/100 g.

MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica es un fuerte indicador de fertilidad en el suelo, igualmente contiene un amplio rango de sustancias carbonatadas (Eyherabide et al., 2014). En la figura 11 se muestra el porcentaje de materia orgánica (MO) que contiene cada muestra de suelo, las muestras 3 y 4 tienden a presentar un nivel más bajo de MO con relación a la muestra 1.

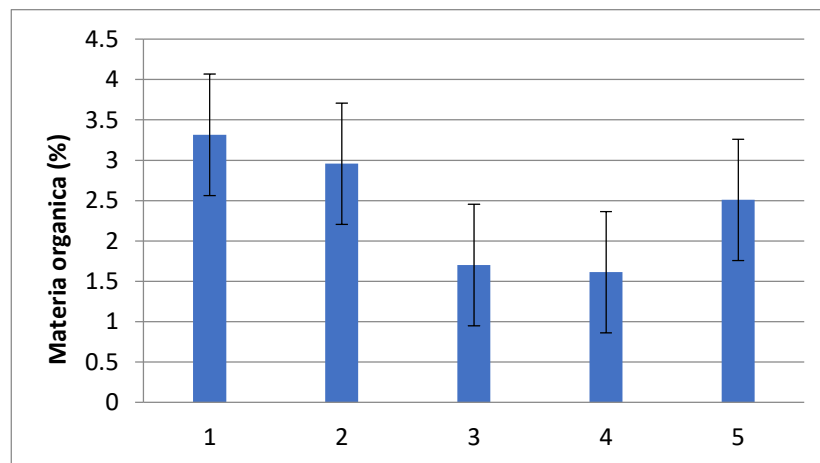


Figura 11. Porcentaje de materia orgánica en las muestras de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

Al obtener el promedio de las muestras que es de 2.41% y el valor óptimo para suelos agrícolas según Segura-Castruita. et al. (2005), es de 5% se puede decir que el suelo tiene un contenido bajo de materia orgánica.

CARBONO ORGÁNICO TOTAL DEL SUELO

Es la cantidad de carbono orgánico que almacena un suelo. El porcentaje promedio de carbono orgánico total del suelo en las muestras analizadas fue de 1.40%, lo que representa 155 t ha^{-1} de C en suelo. El estudio realizado por Segura-Castruita et al. (2005) reporta que los valores representativos de México son de 1.8% de CO. Para el caso particular de la zona Lacustre de Tláhuac, Vela et al. (2011) reportan contenidos altos de COS ($100\text{-}150 \text{ t ha}^{-1}$). Los resultados promedio de COS obtenidos en las muestras analizadas (155 t ha^{-1}), coinciden con los autores antes mencionados, los cuales describen que estos altos contenidos de COS son el resultado del transporte aluvial y gravitacional de materiales, de las zonas altas a las zonas más bajas de la cuenca de México, estas últimas destinadas principalmente a actividades agrícolas.

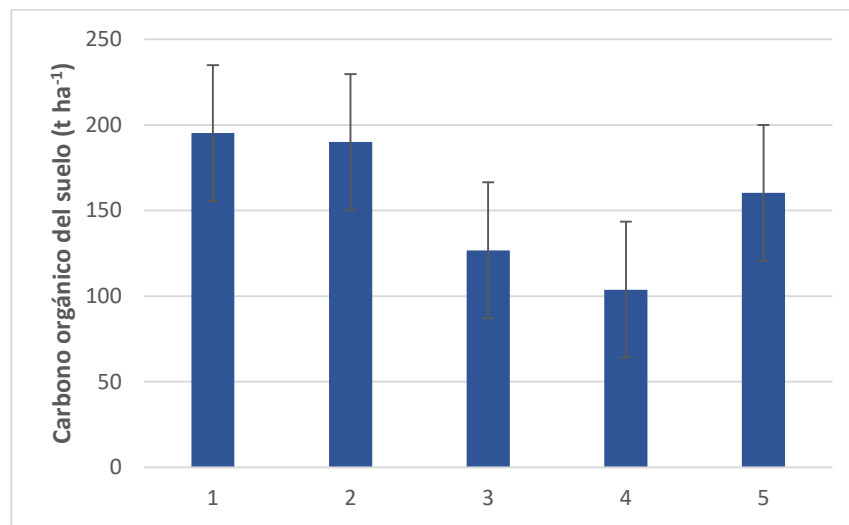


Figura 12. Valores de carbono orgánico de suelo de Tláhuac-Xico, CdMx.

CONCLUSIÓN

Tras el análisis realizado se concluye que las propiedades fisico-químicas se encuentran dentro de los valores que caracteriza al suelo de uso agrícola estudiado, dichas muestras contienen 155 t/ha . En el caso del porcentaje de COS se encuentra en el mismo orden de magnitud del valor promedio reportado para México.

BIBLIOGRAFÍA

- Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto De La Materia Orgánica Y La Capacidad De Intercambio Catiónico En La Acidez De Suelos Cultivados Con Maíz En Dos Regiones De Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475-480.
- Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). *Algunas Propiedades Del Suelo Que Conducen Su Comportamiento: El Ph Y La Conductividad Eléctrica*. Eea Bariloche.
- Eyherabide, M., Sainz Rosas, H., Barbieri, P., & Echeverría, H. E. (2014, Junio). *Ciencia Del Suelo*. From Comparacion De Metodos Para Determinar Carbono Organico En Suelo: [Http://Www.Scielo.Org.Ar/Scielo.Php?Pid=S1850-20672014000100002&Script=Sci_Arttext&Tlng=En](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672014000100002&script=sci_arttext&tlng=en)
- Fao. (2017). Carbono Organico Del Suelo, El Potencial Oculto.
- Fdez Roldan, L. (2020, Febrero 28). *Ecología Verde*. From Cual Es La Importancia Del Carbono En Los Seres Vivos: [Https://Www.Ecologiaverde.Com/Cual-Es-La-Importancia-Del-Carbono-En-Los-Seres-Vivos-2554.Html#Anchor_0](https://www.ecologiaverde.com/cual-es-la-importancia-del-carbono-en-los-seres-vivos-2554.html#Anchor_0)
- Galicia, L., Gamboa Caceres, A. M., Cram, S., Chavez Vergara, B., Peña Ramirez, V., Saynes, V., & Siebe, C. (2016, Marzo). *Terra Latinoamericana*. From Almacen Y Dinamica Del Carbono Organico Del Suelo En Bosques Templados De Mexico: [Https://Www.Scielo.Org.Mx/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0187-57792016000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100001)
- Hernandez, J., Tirado Torres, D., & Beltran Hernandez, R. (2014). Captura De Carbono En Los Suelos.
- Martinez, H., Fuentes, E., & Acevedo, H. E. (2008). *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutrición Vegetal*. From Carbono Organico Y Propiedades Del Suelo: [Https://Www.Scielo.Cl/Scielo.Php?Pid=S0718-27912008000100006&Script=Sci_Arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000100006&script=sci_arttext)
- Robert, M. (2002). Captura De Carbono En Los Suelos Para Un Mejor Manejo De La Tierra.