

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO-BIOLÓGICAS



DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y NITRÓGENO TOTAL
EN SUELOS DEL PARQUE EL CHAMIZAL EN CIUDAD JUÁREZ,
CHIHUAHUA

POR

KARINA ADILENE GUILLÉN GUTIÉRREZ

TESIS

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

CD. JUÁREZ, CHIH.

MAYO, 2024.

1. Antecedentes

1.1 Historia del Chamizal

De acuerdo con López (2023), El Chamizal fue creado como resultado de un acuerdo diplomático entre México y Estados Unidos, para resolver una disputa internacional. Para poder lograr el acuerdo, en 1848 se firmaron los tratados de Guadalupe-Hidalgo, en los cuales tanto México como Estados Unidos utilizaron al Río Bravo como barrera para establecer los límites del lado estadounidense y mexicano. No obstante, este tratado no duraría inclusive dos décadas, debido a la gran inundación de 1864, la cual provocó que Río Bravo cambiara su curso. Esto ocasionó que el río se moviera algunos metros hacia el sur, así es como se formaron los “hoyos de El Chamizal”.

En un inicio los terrenos que el día de hoy se conocen como El Chamizal eran de Pedro García. Mismo que reclamó su propiedad ante el gobierno de Estados Unidos para exigir la devolución de sus terrenos. Sin embargo, su petición no fue aceptada y los ciudadanos estadounidenses ocuparon sus terrenos.

Por consiguiente, después de tres décadas, en 1897 hubo una segunda inundación, por lo que una vez más México agravó su relación con Estados Unidos, ya que seguía pidiéndole que devolviera tanto los terrenos del Chamizal como la Isla de Córdova (López, 2023).

No fue hasta 1911 que el juez canadiense Eugene Lafleur dio su veredicto a favor de México, a pesar de ello Estados Unidos decidió no acatar la ley dado que esto afectaba directamente a sus ciudadanos que se encontraban establecidos en El Chamizal y, por otra parte, se alegaba que México había tenido dos presidentes durante este periodo. Finalmente, en 1963, cien años después de la disputa, el presidente de Estados Unidos y México, Kennedy y López Mateos, dialogaron sobre el tema y tras varias investigaciones se declaró que en definitiva México era el beneficiario de 177 hectáreas perdidas en algunas inundaciones del siglo XIX (Brooks, 2019).

El tratado de El Chamizal fue una de las mayores victorias para México debido a que por primera y única ocasión Estados Unidos devolvió las tierras a México (de

Hinojosa, 2021).

Posterior a la solución de la disputa de El Chamizal la estación de la patrulla fronteriza de los Estados Unidos se cedió a México, lo que provocaría que se convirtiera en lo que hoy se conoce como la Comisión Internacional de Límites y Agua (Álvarez, 2019).

El parque El Chamizal con anterioridad a cargo del gobierno federal y ahora por el municipal, constituye una superficie de 325 ha, 80 ha de las mismas son de vegetación (Reyes, 2023).

1.2 Clasificación del suelo

Por lo que se refiere al suelo, la NOM-021-RECNAT-2000 lo define como aquella colección de cuerpos naturales conformados por sólidos los cuales se encuentran constituidos por minerales y orgánicos, líquidos y gases, sobre cierta superficie de terrenos. El cual a su vez se encuentra expuesto por horizontes o capas, las cuales se encuentran diferenciadas mediante el material de origen por las pérdidas y transformaciones de energía y materia o por la capacidad de sostener las raíces de las plantas.

La clasificación del suelo tiene relevancia debido a que generalmente los suelos se encuentran constituidos por más de una clase textural. Las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción, por lo que las partículas del suelo se dividen según su tamaño:

- Gravas y piedras. Partículas minerales sólidas que van desde los 2 mm hasta los 7 cm. Cuando son muy abundantes pueden afectar las propiedades y manejo del suelo.
- Tierra fina. En este apartado se incluye a las partículas menores a 2 mm de diámetro. (Aquí se encuentra la arena, limo y arcilla) (López, 2005).

1.3 Importancia ecológica del suelo

El suelo contiene gran diversidad microbiana, existe un aproximado de 17 mil millones de organismos kg^{-1} todo esto sin incluir a plantas y animales que se encuentran relacionados de cierta manera con procesos del suelo, los cuales se clasifican en cuatro grupos primordialmente, estos pueden ser según el tamaño,

microflora, microfauna, mesofauna y por último en macrofauna (Hassan, 2020). Los suelos tienen una gran importancia ecológica, debido a que son un recurso finito que tiene la capacidad de mantener y mejorar la calidad de las aguas que lo atraviesan: al controlar el filtrado, los intercambios iónicos, el almacenamiento y un posible filtro ambiental. Además, puede atenuar contaminantes ambientales y patógenos y a regular el ciclo hidrológico. Al mismo tiempo, el suelo tiene la capacidad de regular el microclima, fijar gases de efecto invernadero y proporcionar información geológica y geomorfológica (Porta, 2019).

1.4 Características generales del suelo

Los suelos se pueden formar a costa de un material mineral, este puede ser roca o algún otro tipo de material inorgánico acumulado por distintos sucesos. El suelo es aquella capa fina de materia fértil que se encarga de recubrir la superficie de la Tierra. Por otra parte, el suelo también puede ser considerado como un sistema disperso, debido a que en él pueden diferenciarse 3 etapas:

- Fase sólida: aquí se encuentran los agregados minerales y orgánicos.
- Fase líquida: caracterizada por presentar el agua de la solución del suelo.
- Fase gaseosa: se encuentra la atmósfera del suelo contenida en el espacio poroso (López, 2005).

1.5 Propiedades químicas y físicas del suelo

Las propiedades del suelo no son únicamente el total de las propiedades generales de los componentes, sean físicos, químicos y biológicos, sino que deriva de aquellas propiedades singulares que han sido alteradas mutuamente en el suelo (Tate, 2020).

El suelo se caracteriza por ser un sistema complejo compuesto de materia viva, en descomposición y muerta, que interactúa con las propiedades físicas y químicas del suelo. Las propiedades físicas del suelo son: porosidad, permeabilidad, capacidad de retención de agua, textura, estructura, compactación y materia orgánica. Mientras que las principales propiedades químicas del suelo que afectan a los suelos son: pH del suelo, salinidad, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica y la relación C: N

(carbono a nitrógeno) (Dupont, 2017). El nitrógeno es el nutriente más requerido por las plantas, por lo que es posible encontrarlo en varias formas químicas en el suelo (Usharani, 2019).

Las propiedades físicas del suelo se encuentran influenciadas mediante la proporción y disposición de arena, limo y arcilla. Por lo que la textura del suelo se encuentra relacionada con el tamaño y las partículas que lo componen. Por el contrario, la estructura del suelo da gracias a la forma en que las partículas mencionadas con anterioridad se agrupan conformando agregados (Graham, 2016).

Porosidad: la porosidad se caracteriza por ser una de las propiedades físicas fundamentales en la evaluación de la permeabilidad. La predicción de esta en suelos arcillosos permite la resolución de problemas ambientales. Se puede definir a la porosidad como aquella característica que controla el movimiento de los fluidos en el interior de los espacios porosos (Uyanik, 2019).

Permeabilidad: también llamada conductividad hidráulica, se ve perjudicado por diversos factores como lo son: la distribución de poros intergranulares y la proporción de vacíos (Elhakim, 2016). Suárez en 1979 plantea, que la permeabilidad es la capacidad del suelo para transmitir agua y aire. Refiriéndose específicamente al drenaje interno del suelo (Suárez, 1979).

En cuanto a las propiedades químicas del suelo, el pH ideal para el suelo es de 7, sin embargo, este puede variar entre 5,0 y 7,5. Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) ayuda a conocer la cantidad de sales que hay en una solución de suelo, mientras mayor cantidad de sales incluya el suelo, se representara la conductividad eléctrica de manera prominente. En particular, los índices mayores a 1 d/s representan cultivos vulnerables. Con respecto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) representa la cantidad de cationes que son posibles de intercambiar. Este último se encuentra determinada por diversos factores como lo son la materia orgánica, textura del suelo, el pH, entre otros (Graham, 2016).

1.6 Materia orgánica en el suelo

La materia orgánica se encuentra correlacionada con diversos procesos que se efectúan en el suelo, asimismo esta propiedad física del suelo es un indicador de la salud del suelo. La materia orgánica del suelo representa la porción más limitada del mismo, no obstante, es la más significativa, ya que proporciona al suelo las características deseadas para su producción (Graham, 2016). La materia orgánica expone una fracción de suelo de entre 1 y un 6 % del horizonte A. Esta se caracteriza por tener una composición de materia vegetal y sustancias orgánicas provenientes de restos de animales, plantas, así como bacterias y hongos (Ghisolfi, 2011).

Belenok (2023) realizó una investigación sobre la aplicación de métodos de teledetección para la estimación estadística de materia orgánica en suelos. En ella se especifica que la materia orgánica del suelo es imprescindible para la generación de estrategias que están designadas a la mitigación del cambio climático, así como para la investigación acerca de la mejora de secuestros de carbono.

Ramya (2020) menciona que la materia orgánica no solo cumple la función de fuente de alimento para los microorganismos, de la misma manera provee de energía a aquellos procesos del metabolismo particulares en los seres vivos. Por otra parte, se especifica que la proporción de materia orgánica en el suelo varía entre 3 y el 6 % de volumen total del suelo.

Margenot (2019), realizó una investigación sobre la mejora de la caracterización por espectroscopia infrarroja de la materia orgánica del suelo con sustracciones espectrales. En dicha investigación se indica que el caracterizar la composición de la materia orgánica presente en el suelo es uno de tantos planteamientos que se asocian con la formación y el recambio de la materia orgánica con los roles del suelo.

Se ha descrito que la MO es un gran indicador de la calidad del suelo, así como que es el principal encargado de afectar la estabilidad de los agregados, la capacidad de intercambio catiónico, el almacenamiento de agua útil y sobre todo la disponibilidad de nitrógeno (Ghisolfi, 2011). La materia orgánica del suelo es

un indicador crucial en la fertilidad del suelo, la determinación de las funciones del suelo, además de influir en las propiedades de reflectancia del suelo (Zhao, 2023).

Se ha descrito que tanto la precipitación como la deposición de nitrógeno en el suelo inciden fijamente en la respiración del suelo, principalmente en las comunidades de pastizales, por lo que se indica que al instante que la lluvia estimula la respiración del suelo el nitrógeno se encarga de la desintegración de residuos (Wang, 2019).

Chenu (2015) afirma que la materia orgánica tiene una estimación cualitativa, ya que es esta la encargada de contribuir con la fertilidad del suelo, así como fuente de carbono para los microorganismos que habitan en el suelo. En cuanto a la cuantificación de materia orgánica en el suelo, esta debe realizarse cuando el suelo ya se encuentra previamente tamizado para de esa manera haber excluido tanto raíces como restos de hojarasca (Chenu, 2015).

En aquellos suelos en donde la humedad va en aumento, la disposición de nutrientes también incrementa. No obstante, los suelos que presentan compactación tienen una accesibilidad y absorción limitada de nutrientes (Wolf & Snyder, 2003; Bautista, J., 2021).



Figura 1. Materia orgánica del suelo de la República Mexicana. Fuente: Etchevers y Gallardo, 2022.

1.6.1 Funciones de la materia orgánica

De acuerdo con Ortiz (1984), la materia orgánica del suelo presenta diversas funciones, entre las que se encuentran el favorecimiento de la infiltración lenta de las gotas de lluvia, la estabilización de la estructura óptima del suelo, difusión de los gases del suelo gracias a los conductos que dejan las raíces de las plantas al deteriorarse, la materia orgánica también tiene la capacidad de proveer de alimento a los organismos del suelo además de que su descomposición favorece a la producción de nutrientes para las plantas (Ortiz, 1984).

La materia orgánica del suelo provee de cuantiosos beneficios ecológicos, entre los cuales destacan: la estructura del suelo, la porosidad, aportar la coloración oscura del suelo, energía para los microbios, hábitat para la biología del suelo, así como nutrientes (Lal, 2021).

Según Andriulo (2017) aunque se efectúe un incremento en el contenido total de materia orgánica en el suelo, este podría no tener el rendimiento previsto, por lo que es indispensable considerar la naturaleza del suelo, el volumen, el tipo de material orgánico añadido, así como su ubicación (Andriulo, 2017).

Para Reyes (2023) el contenido de materia orgánica, además de afectar directamente a los cultivos, de igual modo se encuentra relacionado con la nutrición de las plantas y este a su vez puede variar según las condiciones del clima.

1.7 Niveles oportunos de materia orgánica en el suelo

Albert (2019) plantea que los niveles más convenientes de materia orgánica en el suelo corresponden al 2 y el 4% en condiciones climáticas medias.

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

Figura 2. Valores de referencia para clasificar la concentración de materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos. Fuente: NOM-021-RECNAT-2000.

1.8 Proceso de descomposición de materia orgánica en el suelo y el proceso de mineralización del nitrógeno

La materia orgánica se ve transformada y degradada gracias a la mesofauna y los microorganismos presentes en el suelo, este proceso se da por la oxidación enzimática que repone los compuestos minerales que fueron alterados durante el proceso de la fotosíntesis. Es por ello por lo que la materia orgánica es la principal fuente de nutrientes tanto de plantas como de microorganismos (Microorganismos del suelo, 2020).

La mineralización de nitrógeno es el proceso en el cual el nitrógeno orgánico que se encuentra presente en el suelo es convertido por los organismos microscópicos del suelo a formas inorgánicas (amonio y nitrato) (Binkley, 1989; Celaya, 2011). En cuanto al primer producto resultado de la mineralización se obtiene el amoniaco (NH_3) este tiene la capacidad de adquirir un hidrógeno para posteriormente formar amonio (NH_4^+). Este último logra ser fijado por arcillas del suelo de igual modo por la materia orgánica por lo que de esta manera se logra que las plantas y microorganismos puedan aprovechar el nitrógeno a través del

proceso de nitrificación que consiste en que se pierden dos átomos de hidrógeno conformando así el nitrito inorgánico, mismas que son aprovechadas a la biomasa de los organismos microscópicos (Philippot, 2005; Celaya, 2011).

1.9 Parques y jardines en El Chamizal

De acuerdo con Gómez (2023), en enero del presente año se implementaron cuadrillas con la finalidad de que estos trabajadores trituraran restos de ramas para convertirlas en materia orgánica que funcionara como fertilizante en suelos donde se forestaría.

Con base a la forestación y el suelo de El Chamizal, la coordinadora de la Oficina de Proyectos Especiales del Gobierno Municipal, Adriana Téllez, mencionó que gracias a investigaciones realizadas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) se pudo estar al tanto de que ha habido pérdidas de manera forestal en El Chamizal, así como que gracias a las inspecciones de la Semarnat, se han identificado superficies compactas, duras y contaminadas en el suelo del parque (Luján, 2023).

1.10 Incendio en El Chamizal

Villalpando (2023), menciona que el incendio del 8 de julio del 2023 fue intencional y lamentablemente el fuego consumió las ramas secas y composta que se disponían para la composta de los árboles. Provocando que fuera casi una hectárea de basura acumulada.

1.11 Generalidades del nitrógeno

Preethi (2019) manifiesta que el nitrógeno es presuntamente el nutriente más significativo que demandan las plantas. No obstante, la accesibilidad al nitrógeno se encuentra acotado en numerosos suelos.

Liu (2024), realizó una investigación sobre el impacto de diferentes cultivos anteriores en la estructura del nitrógeno del suelo y el ciclo del nitrógeno en suelos de plantación de tabaco en el condado de Weishan. En dicha indagación se menciona que el contenido de nitrógeno en el suelo desempeña una tarea fundamental en cuanto a influenciar en el crecimiento y rendimiento de las plantas. De igual manera, un abastecimiento apropiado de nitrógeno ayuda a la

proliferación de hojas, raíces, de igual modo este puede ayudar en la productividad y calidad de las hojas de tabaco.

1.11.1 Nitrógeno total

Como señala Hossen (2021), el nitrógeno total es un macronutriente que inmediatamente afecta la salud de los cultivos. Por su parte, Li (2022), menciona que el nitrógeno total es el principal indicativo de la calidad y fertilidad del suelo. Agregando a lo anterior, Ortega (2023) destaca que el nitrógeno total se puede encontrar de dos maneras, ya sea orgánica o inorgánica, asimismo manifiesta que el nitrógeno es un nutriente muy activo en el suelo y es posible determinarlo por el método Kjeldahl.

La determinación del nitrógeno total se emplea para conocer la estimación disponible de nitrógeno procedente de la disgregación natural de materia orgánica. Este tipo de estudios ayuda a la toma de decisiones acerca de la fertilización con nitrógeno (FAO, 2021).

Uno de los métodos más utilizados para la determinación de nitrógeno total en el suelo es el método Kjeldahl, el cual permite determinar con exactitud el nitrógeno disponible tanto en la planta como en el suelo (Bremmer, 1960).

Clase	Nitrógeno total %
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 - 0.25
Muy alto	> 0.25

Figura 3. Interpretación de resultados de nitrógeno total (NOM-021-RECNAT-2000).

1.12 Ciclo del nitrógeno y su importancia

El ciclo del nitrógeno del suelo es un elemento sustancial que interviene con el ciclo de sustancias microbianas del suelo, así como también en la alteración de energía, la cual abarca una gran diversidad de microorganismos de peculiares tamaños y características (Liu, 2024).

El ciclo del nitrógeno se ve seriamente afectado por las actividades

antropogénicas, derivando en algunas implicaciones naturales. En primer lugar, el ciclo del nitrógeno es esencial a nivel mundial debido a que después de pasar por procesos bioquímicos como el de fijación biológica del nitrógeno, convierte el nitrógeno molecular no reactivo en compuestos de amonio reactivos. Posterior a la fijación, el nitrógeno se transforma en compuestos oxidados y aminoácidos, todo esto por microorganismos, por lo que al cabo de este proceso el nitrógeno molecular regresa a la atmosfera (Datta, 2019).

Tate (2020) menciona que el ciclo del nitrógeno reside en una serie de procesos de oxidación y reducción del nitrógeno, por lo que los procesos que efectúan se pueden describir de la siguiente manera:

El nitrógeno atmosférico (dinitrógeno N_2) cambia a una forma biológicamente disponible, por lo que el nitrógeno que se encuentra fijado en la biomasa del microbio es el encargado de catalizar el proceso. Cuando ocurre la reducción de dinitrógeno a nitrógeno orgánico se le conoce como la fijación del nitrógeno. Este último implica la mineralización de nitrógeno por medio de poblaciones descomponedoras. Al mismo tiempo, la nitrificación suministra energía a los nitrificadores y crea el nitrógeno fijo que es aprovechado por la biomasa microbiana. Mientras que el nitrato adherido en el suelo es regresado a la atmosfera a manera de dinitrógeno y óxido nitroso con la ayuda de organismos que disponen de él.

El ciclo del nitrógeno en el suelo únicamente lleva a cabo una fracción del ciclo total en la naturaleza, debido a que surgen diversos cambios precisando que el contenido y formas del nitrógeno son una condición dinámica. Uno de los factores que ayudan a que la materia vegetal se degrade y aumente el porcentaje de materia orgánica es el tipo de arenas (Garita- Cotto, 2022).

1.13 Fijación del nitrógeno

La fijación del nitrógeno se da principalmente por procesos biológicos. Este tipo de fijación se lleva a cabo por microorganismos denominados diazótrofos, los cuales son los encargados de suministrar cerca del 60% del insumo total anual. Los diazótrofos pueden realizar la fijación del nitrógeno a su favor utilizando a la

enzima nitrogenasa (Biología del ciclo del nitrógeno, 2007).

El proceso de alteración del nitrógeno engloba tres pasos esenciales: la degradación de aquella materia orgánica que contenga un alto peso molecular, la mineralización y finalmente la nitrificación. Se debe tener en cuenta que cada uno de los pasos mencionados con anterioridad están estimulados primordialmente por distintos microbios (Tatsumi, 2020).

La fijación de nitrógeno atmosférico es fundamental dado que la fijación biológica del mismo contribuye con el 60% del nitrógeno fijado en la tierra. Por otro lado, se señala que los fertilizantes nitrogenados solo proporcionan el 25% de las necesidades mundiales totales (Ramya, 2020).

1.14 Planteamiento del problema

El parque El Chamizal es de gran importancia tanto histórica como ecológica para México. De acuerdo con la Iniciativa de Ley para la Restauración y Conservación de las Tierras, 2003. En México los suelos se encuentran deteriorados en un 64%, específicamente por la erosión hídrica y eólica, sin embargo, al mismo tiempo sufren pérdida de nutrientes, materia orgánica y microorganismos.

La Universidad Autónoma de Chapingo (2016), menciona que la parte norte del país presenta los porcentajes más bajos de materia orgánica en los suelos agrícolas.

Es por ello que el presente estudio está enfocado a determinar el porcentaje de materia orgánica y nitrógeno total presente en el parque El Chamizal, ya que no existe ningún tipo de estudio al respecto de estas dos variables.

1.15 Justificación

Según González (2020), la materia orgánica es el componente primordial que determina la calidad y productividad del suelo. Entre los que destaca la fertilidad, la disponibilidad de agua, la predisposición a la erosión, la compactación, así como las enfermedades de las plantas.

Por lo anterior, en el presente estudio se pretende determinar los índices de materia orgánica y nitrógeno total en el suelo de El Chamizal, ya que dichas cifras ayudarían a determinar la cantidad necesaria de fertilizante en el suelo para el

oportuno crecimiento de la vegetación, así como la cantidad necesaria para riego.

1.16 Hipótesis

Como resultado de la variabilidad de los suelos en el Chamizal, el contenido de materia orgánica y nitrógeno total varían significativamente entre áreas y profundidades del suelo.

1.17 Objetivos

1.17.1 Objetivo general

Determinar el contenido de materia orgánica y nitrógeno total presentes en el suelo del parque El Chamizal.

1.17.2 Objetivos específicos

1. Determinar el nitrógeno total del suelo por el método Kjeldahl a dos profundidades.
2. Determinar el contenido de materia orgánica en el suelo del parque El Chamizal en el perfil 0 a 30 cm.
3. Correlacionar la concentración de nitrógeno total con el contenido de materia orgánica para el perfil superficial 0 a 30 cm de los suelos.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

El material y equipo recomendado por la norma mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006 para el muestreo de suelo es: en primer lugar, herramienta fácil de limpiar, resistente al desgaste y que no pueda contaminar las muestras a obtener. Por otro lado, se indica que se deben utilizar envases con capacidad para contener al menos 500 g de muestra. Además, es necesario contar plumas (BIC), marcadores (Sharpie), etiquetas, cinta métrica, cámara fotográfica, libreta de campo, plano o fotografía aérea de la zona de muestreo, con la ubicación tentativa de los puntos de muestreo (Aguilar, 2006).

Schoeneberger (2000) menciona algunas de las herramientas utilizadas durante la excavación, descripción de suelos, descripción del sitio, referencias de campo y equipo de protección personal, de las cuales para el estudio se utilizará la barrena, pala ancha. En segundo lugar, se utilizará una lupa (Noguez), cinta métrica (Truper FH-8M), marcadores permanentes, equipo para pH, termómetro para suelos, cámara fotográfica (YISENCE) y bolsas de plástico (Ziploc). En cuanto a la descripción del sitio, se utilizará un cuaderno de notas (Scribe), GPS (Garmin eTrex) y brújula. Con respecto a las referencias de campo, estas serán tomadas mediante la aplicación Google Earth. Por último, como equipo de protección personal se hará uso de guantes de plástico (Ambiderm), sombrero, bloqueador solar y un botiquín de primeros auxilios.

2.2 Métodos

2.2.1 Muestreo y obtención de la muestra y/o descripción del área de estudio

2.2.1.1 Ubicación de áreas a muestrear

La definición de áreas de muestreo fue con base en planos del parque "El Chamizal" proporcionado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (2022), y por personal del Instituto de Ciencias y Tecnología de la UACJ y el programa Google earth® (Figura 5).

Parque "El Chamizal: áreas de muestreo de suelo



Figura 4. Áreas de muestreo de suelo en el parque "El Chamizal".

2.2.2.2 Selección de los sitios de muestreo

Las cuatro áreas seleccionadas fueron determinadas con base en tener mayor vegetación por lotes del parque, tomando en cuenta que presenten pocas construcciones y sean de interés para la Dirección General de Parques y Jardines. En cada área se tuvieron cinco sitios específicos para la colecta de muestras del suelo, las cuales fueron según el tamaño y homogeneidad del área, se colectaron tres sub-muestras por sitio en cuatro áreas del parque, ya que por razones de tiempo y reactivos químicos limitados no fue posible analizar todo el suelo del parque, de momento para este Proyecto (sin financiamiento) se tuvieron 38 muestras.

Lote A (sitios de muestreo de suelo)



Figura 5. Sitios específicos de muestreo de suelo en el área "A" del parque "El Chamizal".

Lote B (sitios de muestreo de suelo)

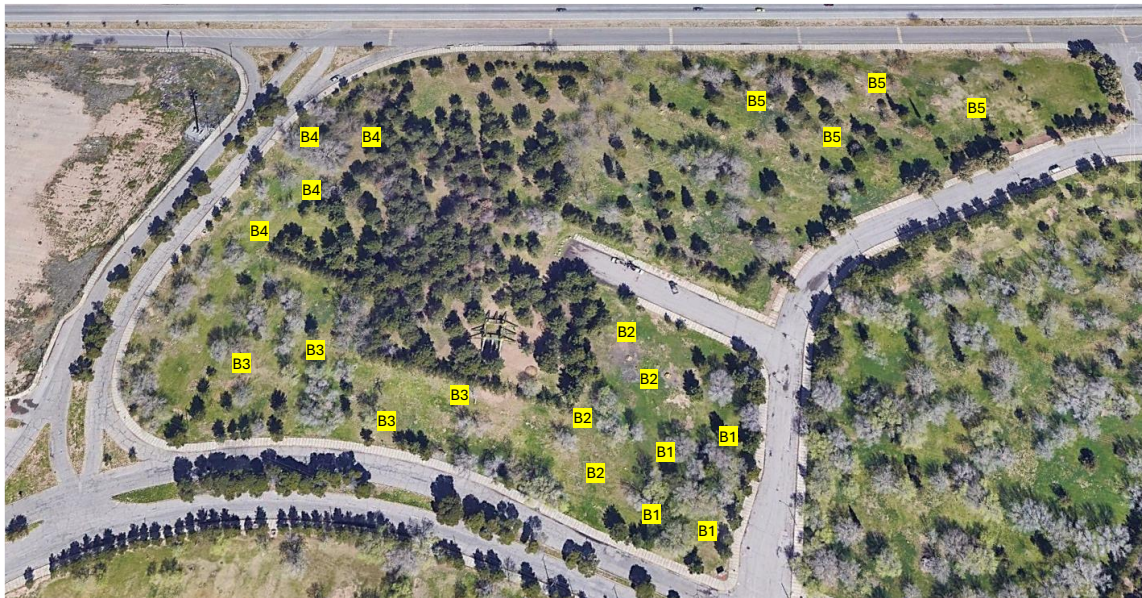


Figura 6. Sitios específicos de muestreo de suelo en el área "B" del parque "El Chamizal".

Lote C (sitios de muestreo de suelo)



Figura 7. Sitios específicos de muestreo de suelo en el área "C" del parque "El Chamizal".

Lote D (sitios de muestreo de suelo)



Figura 8. Sitios específicos de muestreo de suelo en el área “D” del parque “El Chamizal”.

2.2.3 Manejo y/o preparación de la muestra

2.2.3.1 Toma y procesamiento de muestras

El muestreo de suelo fue con el uso de una barrena o nucleador y con el método de zigzag, en cada punto seleccionado se tomó una muestra compuesta de suelo a dos profundidades: 0 a 30 y 30 a 60 cm. De estas muestras compuestas para cada profundidad se colectó un kilogramo de cada una, fueron puestas en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta. Una vez realizado el muestreo, se aseguró una buena preparación y etiquetado que contenía la información del sitio de muestreo, así como localización, número de muestra, fecha, hora, nombre del muestreador, entre otros (Corrales & Espinoza, 2017).



Figura 9. Muestreo de suelos en el parque El Chamizal. 2023.



Figura 10. Muestreo de suelos en el parque El Chamizal. 2023.



Figura 11. Muestreo de suelos en el parque El Chamizal. 2023.



Figura 12. Muestreo de suelos en el parque El Chamizal. 2023.

2.2.4 Transporte de muestras

Durante el traslado de las muestras fue necesario evitar el efecto de los factores externos que pudieran cambiar la naturaleza de estas (Aguilar, 2006). Asimismo, las características del recipiente debieron ser compatibles con el material del suelo, también tuvo que ser resistente a ruptura y se evitaron reacciones químicas con la muestra y pérdidas por evaporación (Ambiente, 2014). Para ello, se dejaron las muestras previamente etiquetadas en dos cubetas de plástico resistente de 19 litros y se trasladaron al laboratorio de Ciencias Ambientales para su posterior secado y tamizado.

2.2.5 Muestras en el laboratorio

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Ciencias Ambientales ubicada en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ, para ser secadas a temperatura ambiente, después se procedió a molienda y tamizado de las muestras con un molino marca Humboldt® tamizadas en criba de 2 mm, finalmente almacenadas para el análisis físico y químico.

Se evitó en todo momento la contaminación de las muestras, así como el uso de material metálico en mal estado, dado que podría ser fuente de contaminación. Para este apartado, se debieron registrar las muestras con clave de identificación de campo, indicada en la etiqueta. En ese momento fue conveniente retirar la fracción gruesa como piedras, hierbas secas, basura, en caso de que no se haya realizado ese paso en campo (Esteban, 2016). Para el secado, las muestras fueron secadas a temperatura ambiente en papel Kraft café. En cuanto al cribado (o tamizado), una vez secadas las muestras, se realizó una molienda de con ayuda de un molino marca Humboldt®. La porción fina que pasó por el tamiz se colectó en bolsas de plástico transparente. El resto de material se desechó, ya que no se consideró como suelo.



Figura 13. Secado de las muestras de suelo a temperatura ambiente.

2.3 Técnicas y/o procedimientos de experimentación

Las metodologías de los análisis de suelo fueron conforme a lo indicado por la Norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que incluye la preparación de reactivos y el uso de materiales. También se utilizaron los métodos recomendados por el manual de procedimientos de análisis de suelos y plantas del Colegio de Postgraduados (2008), así como Aguilar et al. (1988).

2.3.1 Materia orgánica

Se pesaron 0.5 g de suelo y se colocaron en () 500 ml, se añadieron 10 ml de dicromato de potasio y se mezcló durante 1 minuto. Posteriormente, se añadieron 20 ml de ácido sulfúrico H_2SO_4 concentrado, se agitó durante 1 minuto y se dejó reposar durante 30 minutos. En segundo lugar, se añadieron 200 ml de agua destilada, se adicionaron 10 ml de ácido fosfórico concentrado, se agregó 1 ml de indicador difenilamina y por último se tituló con sulfato ferroso 0.5 N.

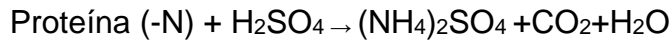
2.3.2 Nitrógeno total por el método Kjeldahl

Se agregaron 6 ml de H_2SO_4 concentrado a cada tubo, se mezcló ligeramente la solución, se agregó una pastilla ST- Auto Kjeldahl Digestión, se agregaron 2 perlas de vidrio a cada tubo y se colocaron en el block de digestión. Se encendió el cambio de temperatura y se colocó a una temperatura de $165^{\circ}C$ durante 1

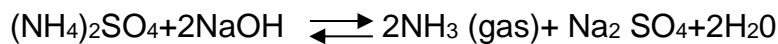
hora, después se elevó la temperatura a 375° C durante dos horas hasta que la solución tomo un color verde claro, cristalino o amarillento.

Una vez listo el digestado se apagó el block de digestión y se dejaron enfriar los tubos en la campana de extracción sin quitar las tapas de humos de vapores de H₂SO₄.

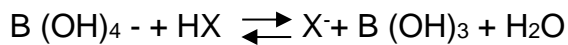
1. Digestión



2. Destilación



3. Valoración



HX= ácido fuerte (X= Cl⁻, etc.)

2.3.2.1 Preparación para destilación

- Se añadieron 20 ml de agua desionizada a cada muestra, se agitaron en el vórtex y se dejaron enfriar.
- Se tomó uno de los tubos, se le agregaron 40 ml de hidróxido de sodio y posteriormente se colocó el tubo en el destilador y se inició la destilación, este paso se repitió para cada una de las muestras.
- El destilado se colectó en un vaso de precipitado de 100 ml conteniendo 10 ml de ácido bórico preparado.
- El destilado se tituló con ácido sulfúrico 0.005 N.

2.3.2.2 Preparación de ácido sulfúrico 0.005 N.

Apartir del H₂SO₄ 0.1 N. Preparado el 14 de noviembre de 2023. Se tomaron 50 mililitros y se aforo a 1 litro.

$$C_1V_1 = C_2V_2 = (0.1 \text{ N})(\bar{x}) = (0.005) (1000)$$

$$\bar{x} = (0.05 \text{ N}) (1000 \text{ ml}) / 0.1 \text{ N} = 50 \text{ ml}$$

Estandarización de H₂SO₄ en Trizma 99.9% C₄H₁₁NO₃

Pesar 0.012 gramos de Trizma.

Muestra	Peso Trizma (g)	H ₂ SO ₄ gastado
1	0.0129	24.3
2	0.0122	22.1
3	0.0124	23.1
\bar{X}	0.0125	23.166
Blanco		0.3

$$\text{Normalidad H}_2\text{SO}_4 = \frac{0.0125}{(23.16 - 0.3) \frac{(121.14)}{2.7692}} = \frac{0.0125}{1000} = 0.0045139390 \text{ N.}$$

2.4 Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron a través de estadística descriptiva, principalmente con la media aritmética, desviación estándar, rangos, valores mínimos y máximos, con respecto a la cantidad de parámetros y niveles presentes en el Parque “El Chamizal”. También se utilizaron los cuadros de clasificación para pH, salinidad, nitrógeno, fósforo y materia orgánica por la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando los programas de Microsoft Excel, SPSS ver. 25. Se realizaron también análisis de varianza y correlación de Pearson para determinar la relación entre los parámetros analizados de suelo en cada sector y área del parque.

Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)

El contenido de NTK en los suelos varió de 377 a 1760 mg/kg (Cuadro I) para el perfil 0 a 30 cm de suelo. En la Figura 20 se observa la variabilidad de NTK en cada área de muestreo, las áreas A y B fueron las más variables, quizás debido al manejo y efecto de los visitantes durante eventos de recreación en este parque.

Cuadro I. Contenido de NTK en los suelos del parque El Chamizal para el perfil 0 a 30 cm.

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
NTK (mg/kg)	19	377.92	1760.49	1080.0756	368.10144
Valid N (listwise)	19				

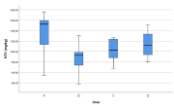


Figura 14. Contenido de NTK en los suelos para las cuatro áreas de muestreo en el parque El Chamizal.

Cuadro II. Análisis de varianza para el contenido de NTK en los suelos.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente:					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	531871.577 ^a	3	177290.526	1.394	0.283
Intersección	22074718.549	1	22074718.549	173.625	0.000
area	531871.577	3	177290.526	1.394	0.283
Error	1907104.503	15	127140.300		
Total	24603677.349	19			
Total corregido	2438976.080	18			

Aunque el ANOVA no detectó efecto significativo entre las áreas para el contenido de NTK (Cuadro II), al omitir dos datos que salieron fuera de rango, la prueba de promedios Tukey genera los siguientes grupos. Las áreas A, C y D tienen los valores de NTK mayores significativamente ($p < 0.05$), en tanto el área B la menor cantidad de NTK.

Cuadro III. Promedios del contenido de NTK en los suelos en las cuatro áreas de muestreo.

NTK				
area		N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey ^{a,b,c}	B	5	865.5532	
	C	5	1017.1151	1017.1151
	D	3	1250.0696	1250.0696
	A	4		1503.5188
	Sig.		0.253	0.111

Cuadro IV. Valores del contenido de NTK en los suelos en las cuatro áreas de muestreo, ordenados de menor a mayor por sitio específico de muestreo para la profundidad 0 a 30 cm de suelo.

NTK suelo	
mg/kg	Sitio
377.92	B3
546.03	A4
678.70	C1
737.39	B5
797.78	D1
880.67	C2
927.20	B4
984.75	B1
1027.81	C5
1081.86	D4
1134.44	A3
1155.04	D3
1236.27	C4
1262.13	C3
1300.51	B2
1513.30	D2
1525.11	A1
1594.04	A2
1760.49	A5

NOM-021-RECNAT-2000:

Interpretación de resultados de nitrógeno total

Los resultados de los análisis de nitrógeno total pueden interpretarse con el siguiente cuadro:

Clase	Nitrógeno total %
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 - 0.10
Medio	0.10 - 0.15
Alto	0.15 - 0.25
Muy alto	> 0.25

Materia Orgánica del suelo

El contenido de carbono y materia orgánica en los suelos es de importancia, ya que se asocia con la liberación de N y P, entre otros nutrientes como Fe, Mn, Cu y Zn por la acción quelatante, también es fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que participan en la fisicoquímica del suelo y la fisiología de las plantas. El rango de C orgánico y materia orgánica observado en estos suelos fue de 0.03 a 2.02% y de 0.05 a 3.5%, respectivamente (Cuadro V). De acuerdo con las Figuras 16 y 17 el área A presentó los valores mayores de materia orgánica en los suelos, que corresponden a una clasificación media (Cuadro VI). Se encontró una correlación significativa ($r^2 = 0.7624$) entre los contenidos de NTK y de materia orgánica de los suelos para el perfil 0 a 30 cm (Figura 18). Se observa que el contenido de NTK aumenta en 462 mg/kg por unidad (%) de aumento en la concentración de materia orgánica. Al correlacionar el NTK obtenido en el perfil 0 a 30 cm con el contenido de materia orgánica de 30 a 60 cm de suelo (Figura 19), se observó que no existe asociación significativa, pero la tendencia es en aumento de ambos parámetros como en la Figura 18.

Cuadro V. Contenido de carbono y materia orgánica en los suelos del parque El Chamizal.

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Carbono Orgánico (%)	33	.030	2.019	.88367	.549071
Materia Orgánica (%)	33	.052	3.504	1.52567	.949210
Valid N (listwise)	33				

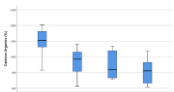


Figura 15. Diagrama de cajas para los valores de carbono orgánico en los suelos del parque El Chamizal.

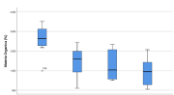


Figura 16. Diagrama de cajas para los valores de materia orgánica en los suelos del parque El Chamizal.

Cuadro VI. Valores de referencia para clasificar el contenido de materia orgánica de los suelos según la Norma NOM-021-RECNAT-2000.

Interpretación de Resultados de Materia Orgánica

Los valores de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica en los suelos minerales y volcánicos se presenta en el cuadro siguiente:

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

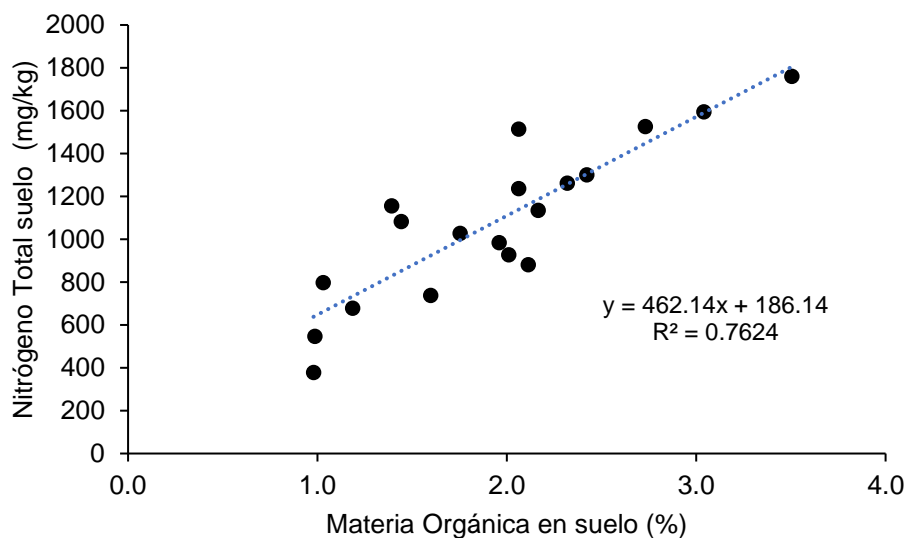


Figura 17. Correlación entre los contenidos de NTK y materia orgánica en los suelos del parque El Chamizal para el perfil 0 a 30 cm de suelo.

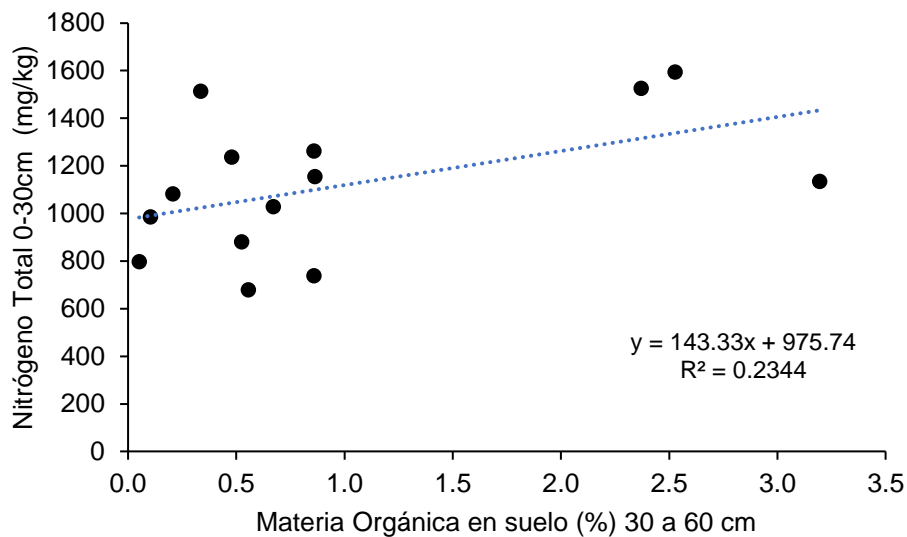


Figura 18. Correlación entre los contenidos de NTK (0 a 30 cm) y materia orgánica (30 a 60 cm) en los suelos del parque El Chamizal.

Cuadro VII. Contenido de carbono en los suelos del parque El Chamizal. Valores ordenados de menor a mayor.

Num. Lab	Area	Sitio	Prof.suelo(cm)	C org. (%)
32	D	D1	30-60	0.030
12	B	B1	30-60	0.060
38	D	D4	30-60	0.119
34	D	D2	30-60	0.195
28	C	C4	30-60	0.279
24	C	C2	30-60	0.305
22	C	C1	30-60	0.323
30	C	C5	30-60	0.390
26	C	C3	30-60	0.499
20	B	B5	30-60	0.499
36	D	D3	30-60	0.501
15	B	B3	0-30	0.569
7	A	A4	0-30	0.572
31	D	D1	0-30	0.594
21	C	C1	0-30	0.687
35	D	D3	0-30	0.804
37	D	D4	0-30	0.836
19	B	B5	0-30	0.920
29	C	C5	0-30	1.018
11	B	B1	0-30	1.135
17	B	B4	0-30	1.165
27	C	C4	0-30	1.191
33	D	D2	0-30	1.193
23	C	C2	0-30	1.229
5	A	A3	0-30	1.245
25	C	C3	0-30	1.336
2	A	A1	30-60	1.380
13	B	B2	0-30	1.408
4	A	A2	30-60	1.469
1	A	A1	0-30	1.569
3	A	A2	0-30	1.765
6	A	A3	30-60	1.857
9	A	A5	0-30	2.019
8	A	A4	30-60	.
16	B	B3	30-60	.
14	B	B2	30-60	.
10	A	A5	30-60	.
18	B	B4	30-60	.

Cuadro VIII. Contenido de materia orgánica en los suelos del parque El Chamizal. Valores

ordenados de menor a mayor.

Num. Lab				Mat. Organica
Muestra	Area	Sitio	Prof.suelo(cm)	(%)
32	D	D1	30-60	0.052
12	B	B1	30-60	0.103
38	D	D4	30-60	0.206
34	D	D2	30-60	0.335
28	C	C4	30-60	0.479
24	C	C2	30-60	0.524
22	C	C1	30-60	0.556
30	C	C5	30-60	0.671
26	C	C3	30-60	0.858
20	B	B5	30-60	0.858
36	D	D3	30-60	0.863
15	B	B3	0-30	0.979
7	A	A4	0-30	0.986
31	D	D1	0-30	1.031
21	C	C1	0-30	1.185
35	D	D3	0-30	1.391
37	D	D4	0-30	1.443
19	B	B5	0-30	1.598
29	C	C5	0-30	1.752
11	B	B1	0-30	1.958
17	B	B4	0-30	2.010
27	C	C4	0-30	2.061
33	D	D2	0-30	2.061
23	C	C2	0-30	2.113
5	A	A3	0-30	2.165
25	C	C3	0-30	2.319
2	A	A1	30-60	2.371
13	B	B2	0-30	2.422
4	A	A2	30-60	2.527
1	A	A1	0-30	2.731
3	A	A2	0-30	3.041
6	A	A3	30-60	3.194
9	A	A5	0-30	3.504
8	A	A4	30-60	.
16	B	B3	30-60	.
14	B	B2	30-60	.
10	A	A5	30-60	.
18	B	B4	30-60	.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, M.A. (2006). Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. (NMX-AA-132-SCFI-2006).
- Alvarez, C. J. (2019). *Border land, border water: A history of construction on the US-Mexico divide*. University of Texas Press. Recuperado de: <https://web-p-ebscohost-com.ezproxy.uacj.mx/ehost/detail/detail?vid=2&sid=14d3ffee-5a2f-4dba-8e50-ba9360368700%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=144482609&db=asn>
- Ambiente, M.d. (2014). Guía para el Muestreo de los Suelos. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Andriulo, A. E., & Irizar, A. B. (2017). *La materia orgánica como indicador base de calidad del suelo*. EEA Paraná, INTA.
- Bautista, J. I., & Hernández, J. J. A. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20-28.
- Belenok, V., Hebryn-Baidy, L., Bielousova, N., Zavarika, H., Kryachok, S., Liashenko, D., & Malik, T. (2023). Application of remote sensing methods for statistical estimation of organic matter in soils. *Earth Sciences Research Journal*, 300. Recuperado de: <https://doiorg.ezproxy.uacj.mx/10.15446/esrj.v27n3.100324>
- Biology of the Nitrogen Cycle. (2007). Países Bajos: Elsevier.
- Bremner, J. M. (1960). Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55(1), 11-33.
- Brooks, D. (18 de febrero de 2019). El Chamizal: la fascinante historia del único territorio que Estados Unidos le devolvió a México tras más de un siglo de disputas. *bbc? News Mundo a El Paso*, 1-6.
- CÁMARA DE DIPUTADOS. LIX LEGISLATURA. Iniciativa de Ley para la Restauración y Conservación de las Tierras. Comisión de Desarrollo Rural, Comisión de

Agricultura y Ganadería, Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Palacio Legislativo, 23 de octubre. México.

Celaya-Michel, H., & Castellanos-Villegas, A. E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 346.

Corrales, R.B., & Espinoza, A. (agosto de 2017). Guía técnica para muestreo de suelos. Obtenido de Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

de Hinojosa, A. (2021). El Río Grande as Pedagogy: The Unruly, Unresolved Terrains of the Chamizal Land Dispute. *American Quarterly*, 712. Recuperado de: <https://doi-org.ezproxy.uacj.mx/10.1353/aq.2021.0052>

Dupont, T. (enero de 2017). Suelos Generales. Recuperado el 23 de marzo de 2023, de Universidad Estatal de Washington: <https://treefruit.wsu.edu/orchardmanagement/soils-nutrition/generalsoils101>.

Elhakim, A. F. (2016). Estimación de la permeabilidad del suelo. *Revista de Ingeniería de Alejandría*, 55(3), 2631-2638.

Esteban, M. A. (2016). Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. (NMX-AA-132- SCFI-2016).

FAO. 2021. Standard operating procedure for soil total nitrogen - Dumas dry combustion method. Rome.

Garita-Coto, R. Á. (2022). Banano: Investigación, cultivo y experiencias. Colombia: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Ghisolfi, E. (2011). Contenidos de materia orgánica: Relación con la fertilidad del suelo en siembra directa. Argentina: Eduvim.

Gómez, C. I. (2023). *Nueve cuadrillas de Parques y Jardines atienden áreas verdes en la ciudad*. Norte de Ciudad Juárez; Norte de Ciudad Juárez |Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://nortedigital.mx/nueve-cuadrillas-de-parques-y-jardines-atienden-areas-verdes-en-la-ciudad/>

González-Guillot, Y., & Alarcón-Méndez, C. O. (2020). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del suelo de un sistema de permacultura y una finca agroecológica en el municipio Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*, 1(3), 125-137.

- Graham Stirling, Helen Hayden, Tony Pattison, & Marcelle Stirling. (2016). *Soil Health, Soil Biology, Soilborne Diseases and Sustainable Agriculture: A Guide*. CSIRO PUBLISHING, 11-16.
- Hassan G. Dar. (2020). *Soil Microbiology and Biochemistry*. (p. 2). NIPA.
- Hossen, M. A., Diwakar, P. K., & Ragi, S. (2021). Total nitrogen estimation in agricultural soils via aerial multispectral imaging and LIBS. *Scientific Reports*, 11(1), 12693.
- Lal, R. (Ed.). (2021). *La materia orgánica del suelo y la alimentación del futuro: impactos ambientales y agronómicos*. Prensa CRC.
- Li, M., Han, X., & Li, L. J. (2022). Reservas totales de nitrógeno en el perfil del suelo afectadas por el uso de la tierra y el tipo de suelo en tres condados de molisoles. *Fronteras de las Ciencias Ambientales*, 10, 945305.
- Liu, M., Xue, R., Han, N., Yang, S., Wang, D., Hu, Y., Gu, K., & Su, J. (2024). The impact of different preceding crops on soil nitrogen structure and nitrogen cycling in tobacco-planting soil. *Scientific Reports*, 1-2. Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52285-z>
- López, A. J. (2005). Manual de edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- López, E. L. (2023). El impacto de El Chamizal en la sociedad juareense. *Ciencia Vital*, (1).
- Luján, F. (2023). Años de abandono dejan El Chamizal en ruinas, Norte de Ciudad Juárez. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://nortedigital.mx/anos-de-abandono-dejan-el-chamizal-en-ruinas/>
- Margenot, A. J., Parikh, S. J., & Calderón, F. J. (2019). Improving Infrared Spectroscopy Characterization of Soil Organic Matter with Spectral Subtractions. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 1. Recuperado de: <https://doi-org.ezproxy.uacj.mx/10.3791/57464>
- Microorganismos del suelo. (2020). Colombia: Editorial Universidad del Cauca.}
- NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México.
- Ortega Monsalve, M., Fernando Cerón-Muñoz, M., & Medina-Sierra, M. (2023).

Espectroscopía de infrarrojo cercano para la determinación de materia orgánica y nitrógeno total del suelo. *Ciencia En Desarrollo*, 112. <https://doi-org.ezproxy.uacj.mx/10.19053/01217488.v14.n1.2023.13942>

Ortiz, V. B. y Ortiz, S.C.A. 1984. Edafología, Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Porta Casanellas, J. López- Acevedo. Reguerin, M. & Poch Claret, R. M. (2019). Edafología: uso y protección de suelos. Ediciones Mundi- Prensa.

Preethi Kartan. (2019). *Advancement in Soil Microbiology*. Delve Publishing, 157. Recuperado de: <https://web-p-ebsohost-com.ezproxy.uacj.mx/ehost/detail/detail?vid=6&sid=14d3ffee-5a2f-4dba-8e50-ba9360368700%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=2324351&db=e000xww>

Ramya, V. P. (2020). *Soil and Applied Microbiology*. Astral International Pvt Ltd, 4 - 8. Recuperado de: <https://web-p-ebsohost-com.ezproxy.uacj.mx/ehost/detail/detail?vid=8&sid=14d3ffee-5a2f-4dba-8e50-ba9360368700%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=2631491&db=e000xww>

Reyes, R. A. G., & Ruíz-Pérez, M. E. (2023). Relationship of Organic Matter Content with Spectral Indices in Soil Dedicates to Rice Cultivation. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2. Recuperado de: <https://web-p-ebsohost-com.ezproxy.uacj.mx/ehost/detail/detail?vid=10&sid=14d3ffee-5a2f-4dba-8e50-ba9360368700%40redis&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=174024297&db=zbh>

Reyes, A. Y., Cervera Gómez, L. E., García-Dena, M., & Sandoval-Chávez, D. A. (2023). El efecto isla de enfriamiento del parque en condiciones áridas. Una perspectiva de sensibilidad remota. *Instituto de Ciencias Sociales y Administración*.

Schoeneberger, P. J., Wysocki, D.A., Benham, E. C., Broderson, W. D., & Salazar, J. C. L. P. (2000). Libro de campaña para descripción y muestreos de suelo (p.182). Centro Nacional de Relevamiento de Suelos, Servicio de Conservación de

Recursos Naturales, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Suárez, C. 1979. Conservación de suelos. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola. San José, Costa Rica.

Tate, R. L. I. (2020). *Soil microbiology*. John Wiley & Sons, Incorporated, 11 - 355. Recuperado de: [https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.uacj.mx/lib/uacj-ebooks/detail.action?docID=6370537&query=Tate,%20R.%20L.%20I.%20\(2020\).%20Soil%20microbiology.%20John%20Wiley%20%26amp;%20Sons,%20Incorporated](https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.uacj.mx/lib/uacj-ebooks/detail.action?docID=6370537&query=Tate,%20R.%20L.%20I.%20(2020).%20Soil%20microbiology.%20John%20Wiley%20%26amp;%20Sons,%20Incorporated).

Tatsumi, C., Taniguchi, T., Du, S., Yamanaka, N., & Tateno, R. (2020). El ciclo del nitrógeno del suelo está determinado por la competencia entre las micorrizas y los procariontes oxidantes de amoníaco. *Ecología*, 2. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/26914933>

Universidad Autónoma de Chapingo. (2016) Evaluación integrada de la sensibilidad al cambio climático sobre los suelos y el potencial productivo agrícola. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/199514/CGACC_2016_Insumos_para_el_ANVCC_Evaluacion_de_la_sensibilidad_al_cambio_climatico_sobre_los_suelo_y_el_potencial_agricola.pdf

Usharani, K. V., Roopashree, K. M., & Naik, D. (2019). Role of soil physical, chemical, and biological properties for soil health improvement and sustainable agriculture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8 (5), 1256-1267.

Uyanik, O. (2019). *Estimación de la porosidad de suelos arcillosos utilizando velocidades sísmicas de ondas P y S*. *Revista de Geofísica Aplicada*, 103832. doi: 10.1016/j.jappgeo.2019.103832

Villalpando, R. (2023). Fue incendio intencional en el parque El Chamizal de Ciudad Juárez. *La jornada*. Recuperado el 10 de noviembre de 2023, de <https://www.jornada.com.mx/notas/2023/07/09/estados/fue-intencional-incendio-en-parque-el-chamizal-de-ciudad-juarez/>

Wang, Z., Mckenna, T. P., Schellenberg, M. P., Tang, S., Zhang, Y., Ta, N., Na, R., & Wang, H. (2019). Soil respiration response to alterations in precipitation and

nitrogen addition in a desert steppe in northern China. *The Science of the Total Environment*, 232. <https://doi-org.ezproxy.uacj.mx/10.1016/j.scitotenv.2019.05.41>

Zhao, M.-S., Wang, T., Lu, Y., Wang, S., & Wu, Y. (2023). Improved multivariate modeling for soil organic matter content estimation using hyperspectral indexes and characteristic bands. *PLoS ONE*, 1. Recuperado de: <https://doi-org.ezproxy.uacj.mx/10.1371/journal.pone.0286825>