

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



ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO Y FOSFORO DE  
LOS SUELOS EN EL PARQUE “EL CHAMIZAL”, CIUDAD JUÁREZ,  
CHIHUAHUA

POR

ADILENE VILLANUEVA SANDOVAL

INFORME DE RESULTADOS  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

CD. JUÁREZ, CHIH.

MAYO, 2024.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	5
1. Antecedentes .....	6
1.1. Suelos .....	6
1.1.1. Propiedades físicas .....	6
1.1.2. Propiedades químicas.....	9
1.1.3. Propiedades biológicas .....	10
1.2. Macronutrientes presentes en el suelo .....	10
1.2.1. Nitrógeno.....	11
1.2.2. Fosforo.....	12
1.2.3. Potasio .....	14
1.3. Necesidades nutrimentales para la planta .....	14
1.4. El parque El Chamizal.....	15
1.4.1. Estudios previos.....	16
1.5. Hipótesis .....	17
1.6. Objetivos .....	18
1.6.1. Objetivo general .....	18
1.6.2. Objetivos específicos .....	18
2. Materiales y método.....	19
2.1. Definición de área y preparación de muestra.....	19
2.2. Procedimiento para análisis de muestras.....	20
2.2.1. Fosforo Extractable: Metodo Olsen.....	20
2.2.2. Nitrógeno mineral (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> y NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	21
2.3. Analisis de datos .....	21

3. Resultados y discusión .....	23
3.1. Fosforo extraído: Método Olsen.....	23
3.1.1. Curva de calibración estándar.....	23
3.1.2. Curva de calibración P en muestras.....	24
3.2. Nitrógeno mineral extraido .....	26
LITERATURA CITADA .....	27

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I .....	23
Cuadro II.....	24
Cuadro III.....	26
Cuadro IV.....	27
Cuadro V.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	7
Figura 2.....	12
Figura 3.....	13
Figura 4.....	16
Figura 5 .....	19
Figura 6.....	24
Figura 7 .....	26

## INTRODUCCIÓN

“El Chamizal” es un territorio que se encuentra en la frontera de Cd. Juárez, Chihuahua y El Paso, Texas, cuenta con aproximadamente 333 ha, de las cuales 124 ha son de áreas verdes. Actualmente es denominado como parque urbano siendo utilizado por los usuarios como centro familiar, además es considerado el pulmón de la ciudad por la amplia extensión de áreas verdes que lo componen y, del mismo modo, a lo largo de los años ha tenido una gran importancia política y cultural para la comunidad fronteriza (Moreno Sánchez, 2019). Debido al uso inapropiado del parque, la contaminación, así como la deficiente distribución del agua y el carente mantenimiento de las áreas verdes, se ha visto un deterioro en la vegetación, provocando cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, especialmente en sus nutrientes (Sánchez Soledad, 2020). Nutrientes como el Nitrógeno (N) y el Fosforo (P) son de gran importancia para la vegetación, son llamados macronutrientes debido a que son necesarios en mayor proporción para el crecimiento y supervivencia de la vida vegetal (Ortiz, 2010). Si las concentraciones de N y P son menores a las requeridas por la vegetación, esta tendrá deficiencias en su crecimiento y funciones biológicas, por el ejemplo: el N forma parte de la producción de aminoácidos en la célula y es un componente básico del ADN, por otro lado, el P forma parte de la fosforilación, respiración y fotosíntesis, además de ayudar en la eficiencia de uso de agua. La deficiencia de estos nutrientes provoca el debilitamiento en la planta, haciéndola susceptible a enfermedades y plagas, así como afectar el desarrollo de las raíces y floración acortando su esperanza de vida (Brady & Weil, 2016). Debido a que no existen estudios previos de suelos del parque El Chamizal, es que se pretende analizar el contenido de macronutrientes (N y P) disponibles en distintas zonas en los suelos, ya que estos elementos son indicadores de la salud del suelo que realzan la importancia de realizar esta investigación por la información que pueda aportar para futuros proyectos de manejo del parque “El Chamizal”.

## **1. Antecedentes**

### **1.1. Suelos**

El suelo es un recurso natural sumamente importante para la supervivencia de los seres vivos, ya que forma parte de procesos biogeoquímicos. Se considera un recurso no renovable, ya que su recuperación es muy lenta. Según la Norma Oficial Mexicana 021 RECNAT (2000), el suelo es una colección de cuerpos minerales y orgánicos, así como líquidos y gases, está conformado por horizontes diferenciados del material de origen debido a los diferentes procesos por el que ha pasado. Está formado por la fragmentación de la roca madre, la cual puede tener orígenes distintos, y algunos factores biológicos como la acumulación de materia orgánica. Posee propiedades físicas, químicas y biológicas que ayudan a determinar su calidad y salud (Castro, 2022; Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2023a; Sánchez et al., 2012). Su calidad está ligada a la biodiversidad que hay dentro y fuera de este, mientras que su salud se determina por el estado de sus propiedades dinámicas (Bautista et al., 2004; Sánchez et al., 2012).

Para la formación del suelo se llevan a cabo distintas etapas, empezando con la transformación del material parental, también conocido como la roca madre. Esta suele ser alterada por distintos factores ambientales como lo es el clima, el relieve, los seres vivos y el tiempo. El clima proporciona humedad y temperatura al suelo, lo cual se relaciona directamente con la fragmentación de algunos tipos de sustratos. El relieve condiciona al desarrollo y algunos factores como el drenaje y procesos geomorfológicos. Los seres vivos son las principales fuentes de materia orgánica, también influyendo en el condicionamiento del suelo por sus procesos de aireación, mezcla y trituración de materia orgánica y mineral del suelo. El tiempo es otro factor importante que permite que todos los factores anteriores sean posibles, ya que algunos de ellos tienen procesos muy lentos (Jordán López, 2005; Pereira Morales et al., 2011).

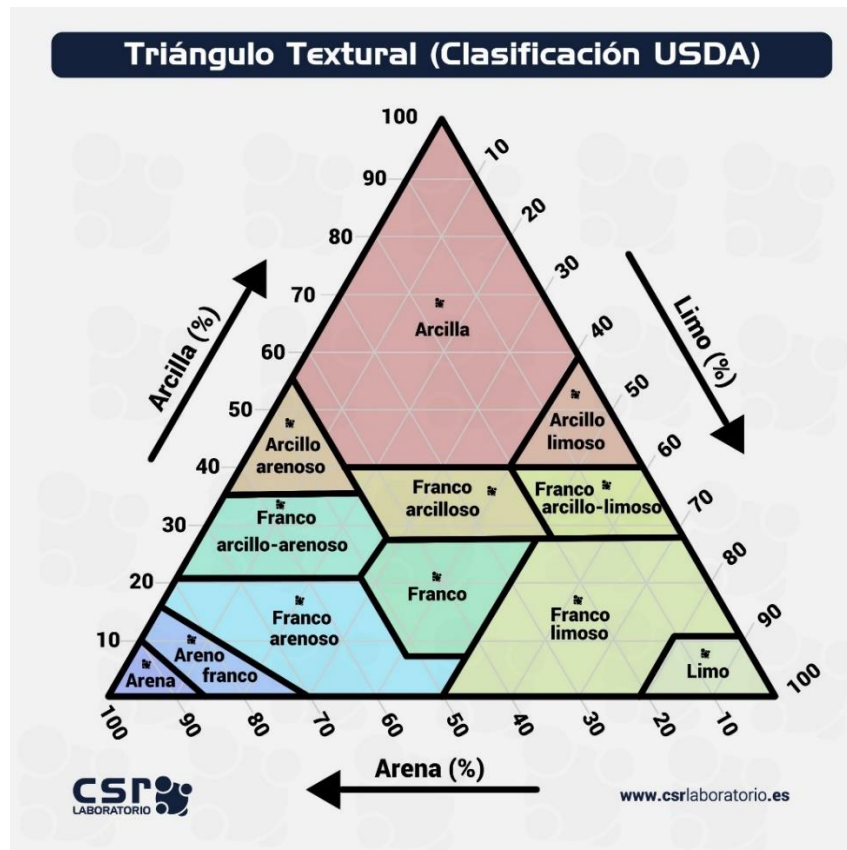
### **1.1.1 Propiedades físicas**

Las propiedades físicas de los suelos están determinadas por diferentes factores bióticos y abióticos, tales como la flora, la fauna, las rocas, el agua, el clima, entre otros. Estos confieren al suelo propiedades como la porosidad y textura, que están estrechamente relacionadas con la aireación del suelo, la capacidad de drenaje, rigidez, entre otras condiciones físicas del suelo (Pereira Morales et al., 2011; Rucks et al., 2004).

Algunas de las principales propiedades físicas del suelo son:

Textura: Refiere a la proporción de elementos inorgánicos según el tamaño de las partículas, como los son arena, limo y arcilla. Estos elementos pueden estar en distintas cantidades según áreas determinadas, determinando el tipo o clase textural de suelo (Rucks et al., 2004; FAO, 2023). Según Rucks y colaboradores (2004), para determinar la clase textural de un suelo pueden utilizarse varios métodos, uno de los más conocidos es el Triángulo Textural **Figura 1**.





**Figura 1.** Triángulo Textural con el que se determina la clase textural según la proporción de arena, limo y arcilla de un suelo estudiado Fuente: CSR Laboratorio, S.F.

Porosidad: Refiere a los espacios que no están siendo ocupados por sólidos en el suelo, formados por la agregación del suelo, considerando textura y tamaño de las partículas que lo forman (FAO, 2023). Gracias a la porosidad es posible una circulación del agua en forma vertical y lateralmente, así como del aire, nutrientes y gases (Sánchez et al., 2012). La porosidad está estrechamente relacionada con la estructura del suelo, ya que este último determina la cantidad y tamaño de los poros (Martínez et al., 2008; Rucks et al., 2004).

Estructura: Refiere al arreglo o agregación de las partículas de arena, limo, arcilla y otras unidades estructurales considerando forma, grado y tamaño de agregados. La estructura, al igual que la porosidad, está directamente

relacionado con la retención del agua, contenido de aire y nutrientes (FAO, 2023; Martínez et al., 2008; Rucks et al., 2004).

Profundidad: Se clasifican en muy someros, con una profundidad menor a 20 cm, someros de entre 20 a 50 cm, moderadamente profundos de entre 50 y 90, y profundos, mayores a 90 cm. es un factor determinante del desarrollo y productividad de los cultivos, se expresa por el espesor desde el suelo hasta el lecho de roca u otro estrato determinado, y puede llegar a afectar e el desarrollo de las plantas, así como el volumen de agua disponible para estas (Pereira Morales et al., 2011).

Drenaje: el drenaje o drenaje interno, se refiere a los mecanismos de evacuación naturales que tiene el suelo para drenar el exceso de agua en su interior. Hay drenajes superficiales y profundos, así como condiciones de drenaje del suelo con las que se clasifican en los tipos: Libre, en el cual no hay acumulación de agua en los primeros 80 cm, a excepción de los primeros 4 días después de lluvias fuertes. Moderado, cuyo encharcamiento está por encima de los 60 cm, pero durante un periodo inferior a un mes. Pobre, cuyo encharcamiento es prolongado incluso si se trata de épocas secas, y muy pobre, en el que el encharcamiento es casi continuo (Pereira Morales et al., 2011).

### **1.1.2 Propiedades químicas**

Las propiedades químicas se componen principalmente por la materia orgánica y arcillas presentes, ya que tienen la capacidad de reaccionar con el suelo e intercambiar moléculas (Jordán López, 2005; Pereira Morales et al., 2011).

Algunas de sus principales propiedades químicas son:

pH: Es una propiedad que mide el nivel de alcalinidad o acidez que presenta una solución acuosa, va de un rango del 1 al 14, siendo 1 un nivel alto de acidez y el 14 un nivel alto de alcalinidad, en el nivel 7 se dice que hay neutralidad. El pH en el suelo tiene importancia para indicar la disponibilidad de nutrientes para plantas y otros organismos. El suelo cuenta con un rango de pH entre 4.0 a 8.0, pero

existen múltiples factores que pueden alterarlo (Jordán López, 2005; Osorio, 2012), entre ellos el carbono orgánico del suelo (Martínez et al., 2008).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): Es un indicador de la capacidad amortiguadora de los suelos basándose en la saturación del suelo con un catión índice. Existen diversos métodos para estimar la CIC, como el de la tiourea de plata, que estima la variación de CIC debido a la adsorción de este compuesto en las arcillas de los suelos (Pérez et al., 2017). Idealmente, el método que se utilice debe ser capaz de medir la capacidad de los suelos para adsorber cationes de una solución acuosa con el mismo pH, fuerza iónica, constante dieléctrica y composición ya que el CIC varía con estos parámetros (Henríquez et al, 2005).

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica está relacionada con la concentración de sales que hay en el medio y puede ser influida por la temperatura (Jordán López, 2005). El suelo tiene sales disueltas que son consumidas por los organismos presentes, estas sales presentan cargas positivas y negativas por lo que retiene moléculas de agua, es por ello por lo que, si existe una alta concentración de sales, puede afectar a la actividad microbiana del suelo, así como al crecimiento de las plantas (Cremona & Enríquez, 2020).

### **1.1.3 Propiedades biológicas**

En el suelo existen diversos organismos que cumplen con una función formadora de suelo, así como parte importante en el reciclaje de nutrientes. Estos organismos son principalmente bacterias, plantas, hongos y algunos animales, todos ellos formando un ciclo biológico equilibrado (López, 2005; Montagnini & Jordán, 2002), ya que estos intervienen en la degradación de materia orgánica y la mineralización de N y F (Socarrás, 2013). Se considera que la calidad del suelo puede medirse por su abundancia y diversidad biológica (Ortiz, 2010, Pereira Morales et al., 2011), ya que existe mesofauna edáfica que funcionan como bioindicadores a cambios ambientales (Socarrás, 2013).

Es importante tener en cuenta que los distintos usos de suelo pueden afectar directamente a la abundancia, riqueza y diversidad de los organismos, así mismo afectar su calidad y fertilidad. Por ejemplo, el uso de agroquímicos puede beneficiar o perjudicar a algún tipo de organismo presente en el suelo, provocando que no esté presente en un área determinada y no cumpla su función en el sustrato, cambiando sus propiedades físicas y químicas (Murillo Cuevas et al., 2019).

## **1.2 Macronutrientes presentes en el suelo**

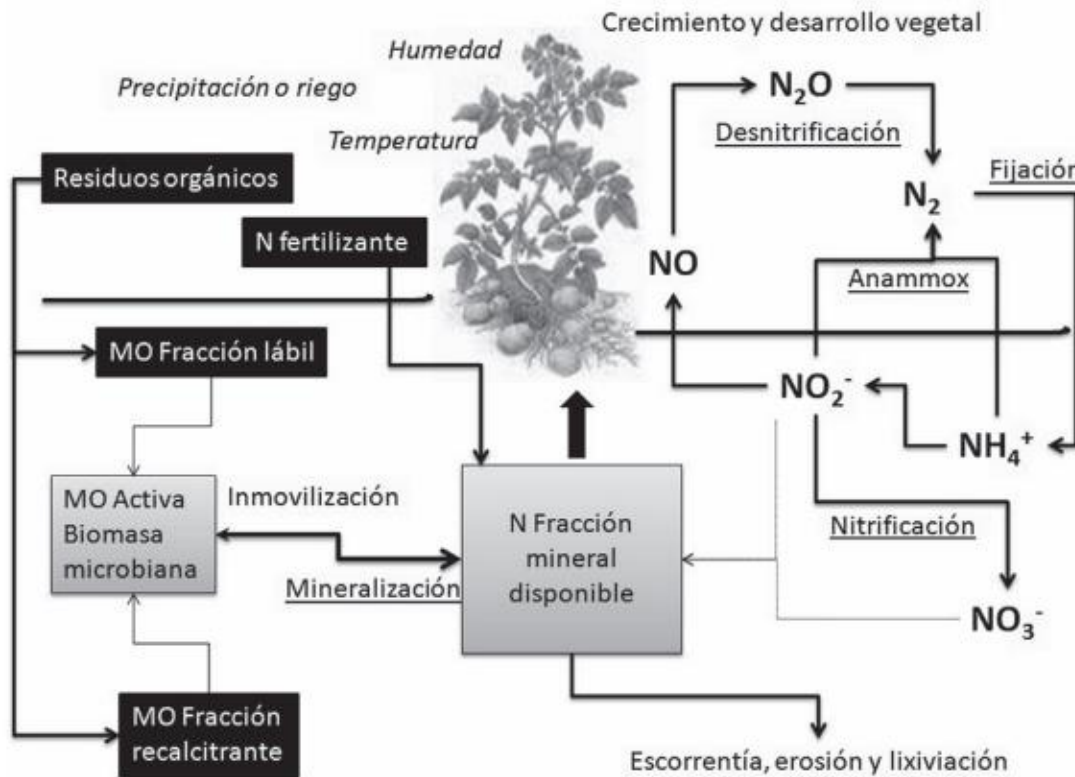
En el suelo existen muchos nutrientes que son utilizados por las plantas y otros organismos que ahí residen, al mismo tiempo son de vital importancia para su estabilidad y fertilidad. Los nutrientes como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), son de los más importantes, puesto que son utilizados por las plantas en mayor medida, por eso son llamados macronutrientes (Bautista et al., 2004; FAO, s.f). Su uso eficiente determina la eficiencia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Entre las principales fuentes de nutrientes se pueden encontrar el uso de fertilizantes, residuos de corral, deposición atmosférica y mineralización (Stewart, 2007).

### **1.2.1 Nitrógeno**

El N es un elemento que existe en mayor proporción en la atmósfera y no es aprovechable por todos los organismos, salvo algunos más especializados que son capaces de reducirlo y fijarlo para volverlo aprovechable (Abbate & Andrade, 2015; Cerón & Aristizábal, 2012; Mayz-Figueroa, 2004). En el suelo, el N se encuentra en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

El ciclo del N trata de una entrada y salida de este elemento a lo largo del tiempo a través de distintas reacciones bioquímicas. El N suele ser incorporado al suelo por restos de cultivos, estiércoles, fertilizantes, entre otros, y su salida se ve afectada por remoción de cultivo, drenaje, erosión y pérdida en condición gaseosa. Durante el ciclo, el N pasa por diferentes procesos de transformación

como la aminización, amonificación y nitrificación (Buckman & Brady, 1977). Según Cerón & Aristizábal (2012), el ciclo del nitrógeno incluye un proceso de desnitrificación, nitrificación, mineralización y fijación que se relacionan directamente con los componentes orgánicos y minerales, **Figura 2**.



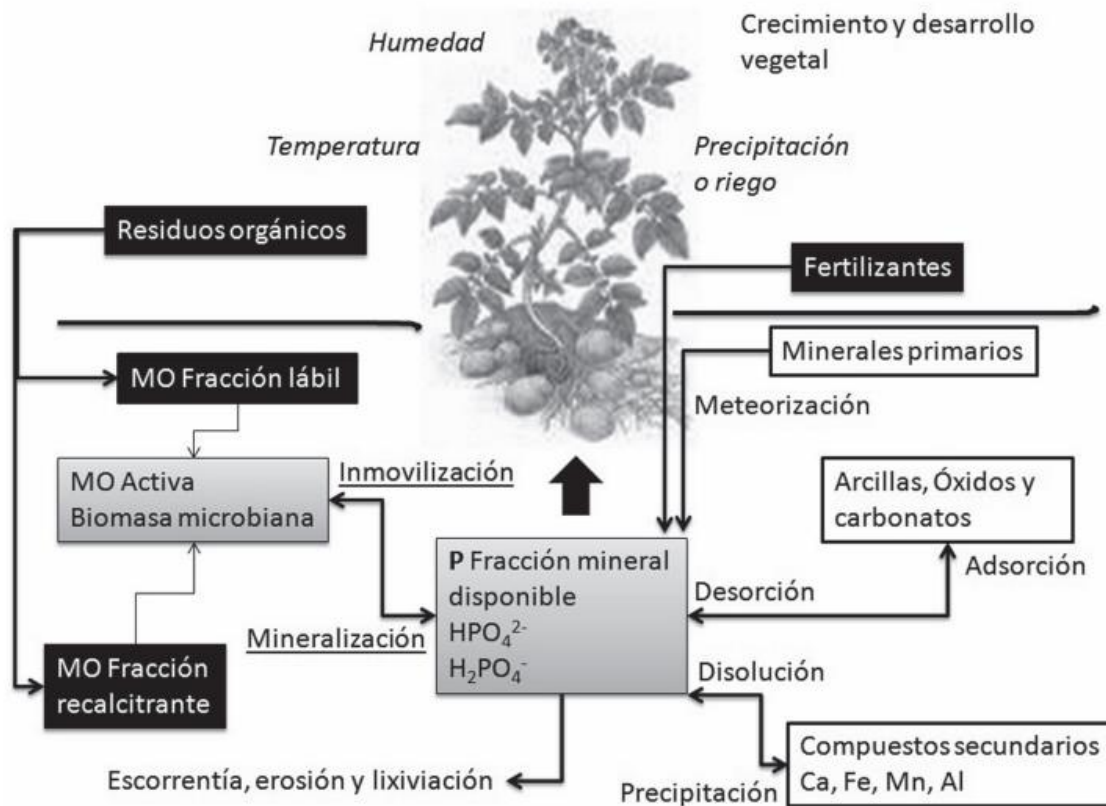
**Figura 2.** Interacciones entre los procesos de transformación de N y los compartimientos orgánicos y minerales. Los cuadros oscuros indican la entrada al sistema y los grises las fracciones disponibles Fuente: Cerón & Aristizábal, 2012.

El N es considerando el elemento esencial más importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas, pues se encuentra en mayor proporción con respecto a su materia seca y además tiene funciones estructurales y osmóticas. Entre las principales funciones estructurales que tiene, incluye la síntesis de ácidos nucleicos, proteínas, clorofilas, etc. (Mengel et al, 2001; Cardenas-Navarro et al, 2004). Por otra parte, su función osmótica está ligada a la integración del

crecimiento y actividad metabólica, pues permite retener el agua en las vacuolas (Cárdenas-Navarro et al, 2004).

### 1.2.2 Fosforo

El P es un elemento que proviene de depósitos de fosfato natural, es liberado a partir de meteorización, lixiviación, erosión y extracción del suelo **Figura 3** (Cerón & Aristizábal, 2012). En el suelo puede estar presente de forma orgánica e inorgánica, una pequeña parte es soluble y disponible para los organismos presentes, mientras que la mayor parte está en formas insolubles o fijadas (en forma de minerales primarios fosfatados, humus, fosfatos fijados por los óxidos y minerales silicatados). El P orgánico en el suelo depende del tipo y composición de este, así como la naturaleza del material parental, grado de precipitación, pérdidas, entre otras (Cerón & Aristizábal, 2012; Picone & Zamuner, 2002).



**Figura 3.** Interacciones entre los procesos de transformación de Fósforo (P) y los compartimientos orgánicos y minerales. Los cuadros oscuros indican la entrada al sistema y los grises las fracciones disponibles Fuente: Cerón & Aristizábal, 2012.

El P es un nutriente esencial el cual no se puede obtener de forma directa de la naturaleza, en su lugar, su forma iónica es asimilada en los organismos que consumen su forma sedimentaria y la regresan a los suelos o se disuelve en los cuerpos de agua que lo llevaran hacia los océanos, donde se depositara en forma de sedimentos cuya movilización puede tomar entre 20,000 y 100,000 años (Fowler et al, 2013).

El P demuestra ser también un macronutriente esencial que, pese a ser requerido en menor medida en comparación al N, lleva a cabo funciones imprescindibles, como la intervención en diversas reacciones de almacenamiento y liberación de energía, además de enriquecer el sedimento para la planta y ayudando en la absorción de otros nutrientes, como el N (Morón, 1992) incidiendo directamente en el rendimiento de los cultivos al contribuir a los requerimientos de estos (Tapia-Torres & García-Oliva, 2013).

### **1.2.3 Potasio**

El K tiene una importancia esencial debido a las altas cantidades que las plantas requieren (estando casi a la par de los requerimientos de N) , obteniendo cationes de K mediante interceptación, flujo de masas y difusión, permitiendo que las plantas absorban este elemento y lleve a cabo funciones vitales como la contribución al potencial osmótico y la osmosis, regula la apertura de estomas, crea resistencia a plagas y enfermedades al movilizar el K hacia diversas estructuras celulares, y también ayuda en la asimilación de azúcares simples a complejos; son de vital importancia para la aceleración de procesos enzimáticos, así como ser clave en procesos como la glicolisis, fosforilación oxidativa, entre otras (Larriva, 2003).

### **1.3 Necesidades nutrimentales para las plantas**

El crecimiento de las plantas depende de una combinación favorable de factores como la luz, soporte mecánico, temperatura, aire, agua y nutrientes, que en su

desequilibrio puede reducir o incluso impedir su crecimiento pudiendo presentarse en distintas etapas fenológicas (Abatte & Andrade, 2015). Así mismo, el factor menos favorable determinará el nivel de producción de cosechas, estableciendo que el nivel de producción agrícola no puede ser mayor que el determinado por el más limitante de los factores esenciales del crecimiento vegetal, siendo este el principio de factores limitantes (Buckman & Brady, 1977).

Según Buckman & Brady (1977), se ha demostrado que hay dieciséis elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, de estos, seis son considerados macronutrientes por su cantidad de uso relativamente grande, como lo son el N, P, K, Ca, Mg y S. Entre los constituyentes críticos se encuentra que el N, el P y la materia orgánica merecen atención particular por sus pequeñas cantidades presentes, baja asimilación o fácil pérdida. Siendo la principal fuente de N y S la materia orgánica del suelo.

Además de los ya mencionados macronutrientes esenciales, los diez restantes son considerados micronutrientes, que pese a tener un menor peso dentro de la planta, estas forman parte de roles fundamentales para el correcto funcionamiento de las distintas estructuras y procesos, como la fotosíntesis, transporte de nutrientes y agua, entre otras (Sánchez et al., 2012).

#### **1.4 El parque El Chamizal**

El Chamizal, es un territorio de aproximadamente 333 ha (124 ha de áreas verdes), que se encuentra en la frontera de Ciudad Juárez, Chihuahua y El Paso, Texas, siendo delimitado por el Río Bravo como límite fronterizo, **Figura 4**. Anteriormente había sido parte de una disputa entre México y Estados Unidos, ya que el río cambió sus causes después de una inundación, dejando este territorio en el lado de Estados Unidos. Esta disputa duró más de 100 años, intentando llegar a un acuerdo para la devolución del territorio a México. Finalmente, en 1963 se solucionó de manera pacífica el reconocimiento del territorio, también, se acordó un tratado en el que se estipula que El Chamizal sería utilizado como parque público en ambos lados de la frontera. Actualmente



El Chamizal es considerado como el principal pulmón de la ciudad, en él se encuentran monumentos históricos, museos, jardines y áreas verdes, y suele ser un lugar para la convivencia familiar (Brooks, 2019; Martínez, 2022; Moreno, 2019; Sánchez, 2020).



**Figura 4.** Mapa del parque El Chamizal Fuente: Google LLC, 2005.

#### **1.4.1 Estudios previos**

En el año 2017 el Instituto Municipal de investigación y Planeación (IMIP) propuso un Plan maestro para el parque “El Chamizal”, en donde se pretendía mejorar las condiciones e imagen del parque (IMIP, 2017), sin embargo, no se toman en cuenta las áreas verdes o condiciones ambientales.

En el año 2018 se presentó un proyecto llamado “Plan Maestro Mega Parque el Chamizal”, realizado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Juárez, donde se proponen las investigaciones, diagnósticos, metas, objetivos, estrategias, esquemas y demás para lograr recuperar el parque (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 2018).

## **1.5. Hipótesis**

La concentración de los macronutrientes (Nitrógeno y fosforo) están en cantidades menores a los requerimientos de la vegetación (pastos, arbustos y arboles) en la mayoría de los suelos del parque El Chamizal.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Analizar el contenido de macronutrientes (N y P) disponibles en distintas zonas en los suelos del parque “El Chamizal”.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

Determinar la concentración de N y P en las distintas zonas del parque.

Comparar las concentraciones de N y P en las distintas zonas del parque.

Establecer los niveles de suficiencia o deficiencia nutrimental de acuerdo con la vegetación y conforme a la legislación en materia de suelos.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Definición de área y preparación de muestra

Se empleó un plano del parque proporcionado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (2022), y por el personal del Instituto de Ciencias y Tecnología de la UACJ y el programa Google earth, **Figura 5**, el cual permitió seleccionar las zonas de estudio para llevar a cabo los muestreos.



**Figura 5.** Plano del parque “El Chamizal”. Fuente: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, 2022.

Las áreas fueron determinadas por lotes del parque, tomando en cuenta que presentaran vegetación y fueran de interés para la Dirección General de Parques y Jardines, Figura 6..

Parque "El Chamizal: áreas de muestreo de suelo



**Figura 6.** Áreas de muestreo de suelo en el parque El Chamizal.

En cada área se generaron distintos puntos para la colecta de muestras del suelo, las cuales estuvieron determinadas de acuerdo con el tamaño y homogeneidad del área, se consiguió tener un mínimo muestral  $n=3$  para cada zona, Figura 7.

### Lote A (sitios de muestreo de suelo)



### Lote B (sitios de muestreo de suelo)



## Lote C (sitios de muestreo de suelo)



## Lote D (sitios de muestreo de suelo)



**Figura 7.** Sitios específicos de muestreo de suelo en cada lote del parque El Chamizal.

Para llevar a cabo la recolección del suelo en las zonas de estudio se empleó el método de zigzag. Para cada punto seleccionado se tomó una muestra compuesta de suelo a dos profundidades: 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm, con ayuda de una barrena.

De estas muestras compuestas se tomó un kilogramo de cada una por método de cuarteo y fueron puestas en bolsas de plástico con su respectiva etiqueta.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Ciencias Ambientales ubicada en el Instituto de Ciencias Biomédicas, para ser secadas a temperatura ambiente sin presencia de sol.

Tras el secado se procedió con la molienda de las muestras utilizando un mazo metálico y fueron tamizadas en una criba de 2 mm de diámetro de poro para almacenarlas y analizarlas.

## **2.2. Procedimiento para análisis de muestras**

### **2.2.1. Nitrógeno mineral ( $\text{NH}_4^+$ y $\text{NO}_3^-$ )**

Para la extracción por destilación se pesó 10 gramos de suelo en un matraz Erlenmeyer y se agregó 50 ml de cloruro de potasio 1N. Se tapó y pasó a agitación durante una hora.

Se filtraron a través de papel filtro colocado en un embudo y se recolectó en un vaso de precipitado.

Para la determinación se tomaron 20 ml del filtrado con una probeta y se vaciaron en un tubo de destilación. Se agregó una medida de MgO.

En un vaso de precipitado de 100 ml se colocó 10 ml de ácido bórico y se destiló hasta 40 ml. Se tituló con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.005 N, hasta el vire de verde a rosa pálido en un analizador de flujo continuo SEAL ANALYTICAL.

En el mismo tubo se hizo la destilación para nitratos, agregando una medida de aleación de Devarda, se hizo lo más rápido posible para evitar que se volatilice.



### **2.2.2. Fosforo Extractable: Método Olsen**

Se pesaron 2.5 gramos de suelo con ayuda de una balanza analítica (ACCULAB) y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se le añadieron 50 ml de solución extractora (bicarbonato de sodio 0.5 M: Pesando 42 g de  $\text{NaHCO}_3$  y disolviendo en aproximadamente 900mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 8.5 con NaOH ION y se aforó a 1L. Se debe controlar el pH de la solución antes de utilizarla. El contacto de esta solución con el aire tiende a cambiar el pH, por lo que se debe controlar antes de utilizarse y realizar el ajuste si es preciso.). Se agitaron durante 30 minutos a 180 oscilaciones por minuto (OPM) en un agitador mecánico (EBERBACH) colocando los matraces en posición vertical y se filtraron inmediatamente a través de papel filtro Whatman 5,42 colocado en un embudo.

Simultáneamente se corrieron blancos de reactivos preparados con alícuotas de solución extractora. Para la determinación de P, se tomó una alícuota de 10 ml del filtrado y se colocó en un matraz aforado de 50 ml al que se le adicionó agua.

Se añadió 5 ml de solución reductora (Acido Ascórbico: Se disolvieron 0.50g de  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  con solución de molibdato de amonio y se aforó la misma solución a 100mL. Esta solución se prepara minutos antes y cada vez que se vaya a realizar la colorimetría.) y se aforó. Se agitó después de la adición de cada reactivo.

Se leyó absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 20 después de 30 min con una longitud de onda de 882 nm y, con los resultados, se preparó una curva de calibración de P.

### **2.3. 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 N y P presentes en el Parque "El Chamizal". También se utilizaron los cuadros de clasificación para la cantidad de nitrógeno y fosforo reportados en la NOM-021-RECNAT-2000.

Los análisis se llevaron a cabo utilizando los programas de Microsoft Excel ver. 16.0 e IBM SPSS ver. 25.

Se realizó también un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación entre el N y P.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Nitrógeno inorgánico en el suelo

#### 3.2. Fosforo inorgánico del suelo

El fosforo es otro de los macronutrientes esenciales para las plantas, necesario para su crecimiento. En los suelos del parque El Chamizal, en el **Cuadro I**, se muestran los resultados de fosforo inorgánico (en mg/kg) obtenidos en cada sector y considerando su profundidad.

**Cuadro I.** Fosforo inorgánico presente en el parque en diferentes sectores y profundidades.

Sector	Sitio	Muestra #Bolsa	Muestra prof. Suelo	Fosforo mg/kg
A	A1	1	0-30	27,68
A	A1	2	30-60	76,58
A	A2	3	0-30	24,34
A	A2	4	30-60	15,34
A	A3	5	0-30	9,4
A	A3	6	30-60	31,74
A	A4	7	0-30	7,8
A	A4	8	30-60	4,75
A	A5	9	0-30	56,41
A	A5	10	30-60	13,6
B	B1	11	0-30	20,57
B	B1	12	30-60	6,49
B	B2	13	0-30	40,01
B	B2	14	30-60	9,25
B	B3	15	0-30	11,72
B	B3	16	30-60	7,65
B	B4	17	0-30	389,99
B	B4	18	30-60	471,25
B	B5	19	0-30	34,64
B	B5	20	30-60	221,82
C	C1	21	0-30	314,25
C	C1	22	30-60	6,93
C	C2	23	0-30	222,69
C	C2	24	30-60	250,12

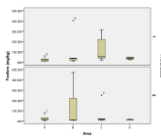
C	C3	25	0-30	22,31
C	C3	26	30-60	20,28
C	C4	27	0-30	41,03
C	C4	28	30-60	9,25
C	C5	29	0-30	52,93
C	C5	30	30-60	18,39
D	D1	31	0-30	24,2
D	D1	32	30-60	10,85
D	D2	33	0-30	48,43
D	D2	34	30-60	11,86
D	D3	35	0-30	49,3
D	D3	36	30-60	13,17
D	D4	37	0-30	33,48
D	D4	38	30-60	17,23

Dentro de los resultados obtenidos podemos encontrar un rango que va de 4.7 a 471.2 mg/kg, que equivale a 20.9 y 2187 kg/ha. En el **Cuadro II** se muestran los valores descriptivos para la concentración de fósforo.

**Cuadro II.** Valores descriptivos para la concentración de fósforo de los suelos en el parque el Chamizal.

Estadísticos descriptivos				
	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Peso de suelo (t/ha)	3.074.085	4.672.610	390.770.816	452.046.305
Fósforo (mg/kg)	4.752	471.249	7.004.734	114.819.489
Fósforo (kg P / ha)	20.964	2.187.475	28.562.071	503.003.937

En la **Figura 8** muestra los valores de fósforo en un diagrama de caja, en él se puede observar que en la profundidad 1 (0-30 cm), el área C tuvo mayor variación de fósforo en el suelo, mientras que para la profundidad 2 (30-60 cm), el área con mayor variación fue la B.



**Figura 8.** Diagrama de caja para los valores de fósforo inorgánico del suelo.

En el **Cuadro III**, se presenta el análisis de varianza para el contenido de fosforo, donde se muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre áreas y sitios específicos dentro de área de muestreo para las concentraciones de fosforo, pero no se detecto efecto significativo entre profundidades de suelo.

**Cuadro III.** Análisis de varianza para el contenido de fosforo inorgánico en los suelos.

Variable dependiente: Fosforo (mg/kg)

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Area	Hipótesis	70.334.369	3	23.444.790	5.442	.011
	Error	60.308.667	14	4307.762 <sup>b</sup>		
Prof	Hipótesis	873.753	1	873.753	.310	.606
	Error	11.630.437	4.130	2815.890 <sup>c</sup>		
Sitio(Area)	Hipótesis	300.852.428	11	27.350.221	6.349	.001

	Error	60.308.667	14	4307.762 <sup>b</sup>		
Prof(Sitio)	Hipótesis	11.200.745	4	2.800.186	.650	.636
	Error	60.308.667	14	4307.762 <sup>b</sup>		

Las áreas C y B tuvieron los valores más altos de fosforo, como se muestra en el **Cuadro IV**.

**Cuadro IV.** Promedios de la concentración de fosforo entre áreas de suelo.

**Fosforo (mg/kg)**

HSD Tukey<sup>a,b,c</sup>

Area	N	Subconjunto	
		1	2
D	8	26.06388	
A	10	26.76400	
C	10	95.81710	95.81710
B	10		122.74770
Sig.		.144	.810

Para interpretar los resultados mostrados en el **cuadro I**, se considera la información otorgada por la NOM-021-RECNAT-2000 en el **Cuadro V**.

**Cuadro V.** Interpretación de resultados Fosforo Olsen. Fuente: Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2002.

Clase	mg Kg <sup>-1</sup> de P
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 – 11
Alto	> 11

## LITERATURA CITADA

- Abbate, P. E., & Andrade, F. H. (2015). *Los nutrientes del suelo y la determinación del rendimiento de los cultivos de granos*. HE Echeverría & FO García, 43-66. <https://bit.ly/44KHOA5>
- Bautista Cruz, A., Etchevers Barra, J., del Castillo, R.F. & Gutierrez, C. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores*. *Ecosistemas*, 13(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- Brooks, D. (2019). *El Chamizal: la fascinante historia del único territorio que Estados Unidos le devolvió a México tras más de un siglo de disputas*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-47274457>
- Buckman, H. O., & Brady, N. C. (1977). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Editorial LIMUSA S.A de C.V. (4ta ed.)
- Cárdenas-Navarro, R., Sánchez-Yáñez, J. M., Farías-Rodríguez, R., & Peña-Cabriales, J. J. (2004). *Los aportes de nitrógeno en la agricultura*. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 173-178. DOI: [10.5154/r.rchsh.2002.07.039](https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2002.07.039)
- Castro, M. (2022). *Suelo*. Liferder. <https://www.liferder.com/caracteristicas-del-suelo/#tipos-de-suelo>
- Cerón Rincón, L. E., Aristizábal Gutiérrez, F. A. (2012). *Dinámica del ciclo del nitrógeno y fosforo en suelos*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14. 285-295. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752012000100026&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752012000100026&lng=en&tlng=es).
- Cortez-D, D. L., Perez-B, J.H., & Camacho-Tamayo, J. H. (2013). *Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo*. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 401-

408. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262013000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000200014)
- CSR Laboratorio. (S.F.). *La textura en los suelos agrícolas*. <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/la-textura-en-los-suelos-agricolas/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2023a). *Propiedades físicas del suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. (2023b). *Propiedades biológicas del suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>
- FAO. (2023c). *Propiedades Químicas*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. (2015). *Estado mundial del recurso suelo*. <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>
- Fowler, S., Roush, R., Wise, J. (2013). *Biogeochemical cycles en Concepts of Biology*. OpenStax. <https://openstax.org/books/concepts-biology/pages/20-2-biogeochemical-cycles>.
- Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J. M., & Rodríguez, O. (2005). *Determinación de la capacidad de intercambio catiónica en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio*. *Bioagro vol.17* (1) Barquisimeto. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612005000100008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612005000100008)
- Instituto Municipal de Investigación y Planeación [IMIP]. (2017). *Plan maestro para el parque “El Chamizal”*. <https://www.imip.org.mx/imip/node/137>
- Larriva Coronel, N. (2003). *Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8645>
- López, A. J. (2005). *Manual de edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla. <https://www.udocz.com/apuntes/80240/manual-de-edafologia-antonio-jordan>



- Martínez H., E., Fuentes E., J. P. y Acevedo H., E. (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo*. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 8 (1) (68-96) <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Martínez, J. (2022). *Parque 'El Chamizal' en Ciudad Juárez, área histórica convertida en basurero*. Milenio. <https://www.milenio.com/estados/parque-chamizal-ciudad-juarez-area-convertida-basurero>
- Mayz-Figueroa, J. (2004). *Fijación biológica del nitrógeno*. *Revista UDO Agrícola*, 4(1). 1-20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2221548>
- Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H., Appel, T. (2001). Nitrogen. In: Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H., Appel, T. (eds) *Principles of Plant Nutrition*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2_7)
- Montagnini, F., Jordan, C. F., (2002). RECICLAJE DE NUTRIENTES.
- Moreno Sánchez, E. C. (2019). *Espacio público abierto transfronterizo. Análisis comparativo del área correspondiente al territorio del Parque el Chamizal en(tre) Ciudad Juárez, Chihuahua-El Paso, Texas*. Pacarina del Sur. <https://bit.ly/41q26vE>
- Moron, A. (1992). *Fosforo: disponibilidad y dinámica en el suelo. Manejo y fertilidad de suelos*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8454/1/111219240807135249-Moron-p.37-44.pdf>
- Ortiz Solorio, C. A. (2010). *Edafología* (8va ed.)
- Osorio, N. W., (2012). *pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional De Colombia-Sede Medellín. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Pérez Rosales, A., Galvis Spínola, A., Bugarín Montoya, R., Hernández Mendoza, T. M., Vázquez Peña, M. A. & Rodríguez González, A. (2017). *Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método en la tiourea de plata (AgTU + n)*. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* Vol.8 (1) Texcoco <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.80>

- Picone, L. I., Zamuner, E., (2002). *Fosforo orgánico y fertilidad fosfórica. INPOFOS Simposio de Fosforo: "Enfoque sistémico de la fertilización Fosfórica"*. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/E8E2F139150F1B6D8525799C0058C6C3/\\$FILE/nota3.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/E8E2F139150F1B6D8525799C0058C6C3/$FILE/nota3.pdf)
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay.* <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Sánchez De P, M., Prager M, M., Naranjo, R. E., & Sanclemente, O. E. (2012). *El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. Agroecología, 7(1), 19-34.* <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/170971>
- Sánchez Soledad, J. M. (2020). *El Chamizal, su historia y una oportunidad. La verdad.* <https://laverdadjuarez.com/2020/06/21/el-chamizal-su-historia-y-una-oportunidad/>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (2018). *Plan Maestro Mega Parque El Chamizal.*
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. (2022). *Análisis Costo-Beneficio Megaparque El Chamizal, Cd. Juárez Chihuahua.*
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2000). NOM-021-RECNAT-2000. Medio ambiente y recursos naturales. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos; estudios, muestreo y análisis. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/D02280.pdf>
- Socarrás, A. (2013). *Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y Forrajes, 36(1), 5-13.*

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942013000100001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001&lng=es&tlng=es).

Stewart, W. M. (2007). *Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. Informaciones Agronómicas*, 67(7). <https://bit.ly/3VO6KTg>

Tapia-Torres, Y., & García-Oliva, F. (2013). *La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas oligotróficos: una revisión crítica. Terra Latinoamericana*, 31(3), 231-242. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792013000400231&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792013000400231&lng=es&tlng=es).

Villalpando, R. (2022). *Gobierno de Ciudad Juárez presenta estudio sobre El Chamizal. La jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/09/04/estados/gobierno-de-ciudad-juarez-presenta-estudio-sobre-el-chamizal/>