



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO “EL HOMBRE Y SU AMBIENTE”  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA  
LICENCIATURA PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Título del proyecto al que se colaboró:

**“RESPUESTA DE LAS INTERACCIONES ENTRE CONTAMINANTES, NUTRIENTES Y  
MICROORGANISMOS AL TRATAMIENTO DEL AGUA EN LOS SUELOS DEL VALLE DEL  
MEZQUITAL Y SU EFECTO EN LA DISPERSIÓN DE MULTIDROGORESISTENCIAS”**

QUE PRESENTA

**Sandra Leslie Molina Carrillo**

Matricula

2192033991

ASESOR INTERNO

Dr. Gilberto Vela Correa

No. Económico: 27970

Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica, Departamento “El Hombre y su Ambiente”, UAM X

ASESORA EXTERNA

Dra. Lucy Natividad Mora Palomino

No. Económico: 832306

Laboratorio de Edafología Experimental, Instituto de Geología, UNAM

México, CDMX

Junio, 2024

---

---

## RESUMEN

El uso de aguas residuales está ligada al crecimiento poblacional, escasez de agua y desarrollo de actividades económicas, representan un recurso valioso para los agricultores debido al reciclaje de nutrientes beneficiosos como nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K) que promueven el crecimiento de las plantas. El uso del agua residual en la agricultura constituye una valiosa fuente de agua como de nutrientes y su uso contribuye a la seguridad alimentaria y a mejorar los medios de subsistencia. Así mismo, existen riesgos para la salud humana y ambiental por la llegada de compuestos químicos (metales pesados) y biológicos (patógenos) que están en el agua, es por lo que ha sido necesario pensar en el tratamiento del agua como una forma de disminuir riesgos como lo son: la salinización de los suelos, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, fijación y migración de contaminantes en suelos y plantas.

El agua de las urbes es sometida a un tratamiento en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) por medio de procesos mecánicos, biológicos y químicos de purificación del agua, dentro de este proceso se obtienen lodos residuales; estos lodos son agregados constituidos por microorganismos, materia orgánica, macro y micronutrientes, metales pesados, contaminantes orgánicos y patógenos, dependiendo del origen del agua residual pueden ser reservorios de diferentes contaminantes. Debido a la concentración de compuestos diferentes en los lodos, es fundamental conocer las interacciones entre los suelos y los lodos y comprender la dinámica del contenido de los lodos residuales para el mejoramiento de suelos ya sea de uso agrícola, forestal o para la rehabilitación de áreas degradadas. Es por esto que el principal objetivo dentro del servicio social realizado por actividades relacionadas con la licenciatura fue; apoyar en el desarrollo analítico y experimental para entender las interacciones entre los suelos y el lodo residual, por medio de la caracterización de sus propiedades en el laboratorio utilizando metodologías estandarizadas.

**Palabras clave: aguas residuales, plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), lodos residuales, agricultura, salud ambiental.**

## ÍNDICE

	pág.
<b>1. Introducción</b> .....	4
<b>2. Lugar en donde se realizó el servicio social</b> .....	5
<b>3. Marco Institucional</b> .....	5
3.1 Misión y Visión .....	5
<b>4. Objetivo de las actividades</b> .....	6
4.1 Objetivo general .....	6
4.2 Objetivos particulares .....	6
<b>5. Descripción específica de las actividades desarrolladas</b> .....	6
5.1 Revisión de bibliografía .....	7
5.2 Preparación de muestras .....	7
5.3 Análisis de suelos .....	8
5.3.1 Análisis de Cationes Intercambiables (CI) .....	8
5.3.2 Extracción de Al, Fe y Si con Ditionito de sodio .....	9
5.3.3 Análisis de Nitrato (NO <sub>3</sub> ) .....	9
5.3.4 Análisis de Carbono orgánico (C org) .....	9
5.3.5 Análisis de Carbono y nitrógeno total (C y N total) .....	10
5.3.6 Análisis de pH y Conductividad eléctrica (CE) .....	10
5.3.7 Análisis de Carbonatos (CO <sub>3</sub> ) y Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> ) en agua .....	10
5.4 Establecimiento de experimentos .....	10
5.5 Monitoreo de experimentos .....	11
5.6 Captura de datos .....	12
<b>6. Descripción del vínculo de las actividades con los objetivos de formación del plan de estudio</b> .....	12
<b>7. Referencias</b> .....	13
<b>8. Anexos</b> .....	14
8.1 Anexo 1 .....	14
8.2 Anexo 2 .....	32
8.3 Anexo 3 .....	32
8.4 Anexo 4 .....	32
<b>9. Firmas de asesores interno y externo</b> .....	34

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico, la urbanización y el desarrollo de actividades económicas son las principales responsables del aumento de volúmenes de aguas residuales, la composición de estas suele ser variada ya que presentan materia orgánica, organismos patógenos, minerales, nutrientes, contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos, aceites y grasas debido a que las descargas son provenientes de usos domésticos, industriales, municipales, de servicios agrícolas, inclusive la mezcla de ellas (Ángeles Hernández et al, 2018).

Asimismo, a causa de la creciente demanda de alimento y la escasez de agua de primer uso, es inevitable el reúso de aguas residuales para actividades agrícolas, industriales y recreativas, por lo que el agua residual se ha convertido en un recurso valioso desde el punto de vista económico (por la recuperación de costos que implica su tratamiento y los nutrientes que contribuyen a aumentar el rendimiento de los cultivos) y ambiental (aumento de la humedad del suelo y actividad microbiana) [Guadarrama-Brito y Galván Fernández A, 2015 y Ángeles Hernández et al, 2018].

El reúso de aguas residuales en la agricultura debe ir acompañado de prácticas muy específicas de manejo del suelo, del cultivo y del fruto, aproximadamente el 80% de las aguas residuales son utilizadas sin un tratamiento de purificación previo, representando un problema sanitario, contribuyendo a la presencia de microorganismos y contaminantes, provocando salinización en suelos, problemas de erosión, deforestación e inundaciones (Ángeles Hernández et al, 2018 y Mendoza-Retana S, et al, 2021).

Es por lo que el agua residual de las urbes son sometidas a procesos mecánicos, biológicos y químicos de purificación en plantas de tratamiento de aguas residuales "PTAR"; como producto de este tratamiento se obtienen lodos residuales que contienen componentes útiles como materia orgánica, macro y micronutrientes, pero también componentes problemáticos como; metales pesados, contaminantes orgánicos y patógenos. Tanto el agua residual como los lodos residuales deben ser sometidos a diferentes pruebas que determinen la calidad que cada uno presenta, esta se define con límites físicos, químicos y biológicos, como lo son el pH, oxígeno disuelto (OD), turbidez, número de organismos coliformes, materiales tóxicos, metales pesados y nutrientes (Rivas Lucero B, et al, 2003; Amador- Díaz A, et al, 2015 y Campos Medina E, et al, 2009)

Comúnmente los lodos residuales son descargados en drenajes o desechados en presas o terrenos y en menor cantidad son dispuestos en lagunas y rellenos sanitarios, desperdiciando las propiedades beneficiosas de los lodos que pudiesen ser aprovechadas en la agricultura y mejora de suelos gracias a los nutrientes y la materia orgánica que contienen (Amador- Díaz A, et al, 2015). La aplicación de los lodos residuales comúnmente es para los suelos ya que ofrece la posibilidad de reciclar la materia orgánica y nutrientes, evitando impactos ambientales y económicos, además la incorporación de lodos residuales al suelo puede contribuir al secuestro de Carbono y a reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Medina-Herrera, M, et al, 2020).

El presente trabajo pretende exponer los resultados obtenidos durante la estancia en el Laboratorio de Edafología Experimental (LEX) perteneciente al Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM; relacionado con la interacción de los tratamientos y contaminantes en lodos y suelos del Valle del Mezquital.

## **2. LUGAR EN DONDE SE REALIZO EL SERVICIO SOCIAL**

Instituto de Geología, Laboratorio de Edafología Experimental (LEX), Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM

## **3. MARCO INSTITUCIONAL**

### **3.1 MISIÓN Y VISIÓN**

#### Misión

Generar conocimiento sobre la Tierra, sus procesos y recursos, para el beneficio de la humanidad y el cuidado del medio ambiente. Realizar investigación científica de frontera en los distintos campos de las Ciencias Geológicas que contribuya a la solución de problemas nacionales.

Formar posgraduados de alta calidad, con capacidades para desarrollarse en la investigación, en la docencia, y en los sectores público y privado. Participar con facultades y escuelas en la formación de profesionistas a nivel licenciatura, y promover en la sociedad una cultura básica en Ciencias de la Tierra.

## Visión

Consolidar la posición de liderazgo en investigación y formación de recursos humanos en Ciencias de la Tierra. Generar proyectos de gran envergadura que posicionen a nuestros académicos, laboratorios y capacidades de servicio como un referente dentro del marco competitivo nacional e internacional, en beneficio del desarrollo científico y tecnológico del país.

### **4. OBJETIVO DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

#### 4.1 Objetivo general

Apoyar en el desarrollo analítico y experimental para entender las interacciones entre los suelos y el lodo residual, por medio de la caracterización de sus propiedades en el laboratorio utilizando metodologías estandarizadas.

#### 4.1.2 Objetivos particulares

- Investigar los antecedentes y las características biológicas del suelo de la zona de estudio
- Conocer nuevas técnicas de caracterizaciones en lodos
- Compartir los conocimientos adquiridos en laboratorios de edafología de la UAM
- Ampliar los conocimientos que se adquirieron durante la licenciatura en el área de la edafología

### **5. DESCRIPCIÓN ESPECIFICA DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

Las actividades realizadas en el servicio social se desarrollaron en dos aspectos: apoyo en el laboratorio de análisis de suelos y apoyo en el desarrollo de dos experimentos para conocer las interacciones entre contaminantes de lodos residuales y suelos, para ello se realizaron actividades en tiempos que consistieron en la revisión de bibliografía, preparación de muestras, análisis de suelos, establecimiento de experimentos, monitoreo de experimentos y captura de datos, integrando y aplicando los conocimientos adquiridos durante la licenciatura de biología en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

## 5.1 Revisión de bibliografía

Previo a mi participación en el experimento titulado "Respuesta de las interacciones entre contaminantes, nutrientes y microorganismos al tratamiento del agua en los suelos del valle del mezquital y su efecto en la dispersión de multidrogoresistencias" se realizó un análisis bibliométrico en el primer mes de Servicio Social en distintas plataformas digitales como; Scielo, Redalyc y BidiUAM, además de literatura física de la biblioteca "Dr. Ramón Villarreal Pérez" de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Se consultaron alrededor de 14 diferentes artículos realizando fichas de control bibliográfico (Anexo 1). Asimismo, durante la estancia en el instituto de geología tanto asesor interno como externo aportaron información con el fin de extender mis conocimientos sobre el recurso suelo, lodos residuales, agua residual y técnicas para análisis fisicoquímicos de suelos, con base al contenido obtenido de la revisión bibliográfica se describieron diferentes apartados del protocolo e informe final.

## 5.2 Preparación de muestras

Para este paso la intervención se desarrolló a lo largo del segundo mes de Servicio Social las actividades que se desarrollaron para los experimentos incluyeron la manipulación de muestras de suelos de tres tipos (vertisoles, leptosoles y feozems) previamente obtenidas por académicos del Laboratorio de Edafología Experimental (LEX) y el Instituto de Geología, a las cuales se les tamizado, se pesaron muestras para diferentes análisis, se rotularon las muestras y se apoyó en el lavado de material ocupado para dichas actividades.

En un inicio las muestras ya secadas de suelos pasaron por un tamizado en el cuarto de molienda, el principal propósito fue conocer el tamaño de las partículas de los suelos; para esto se colocaron las muestras de suelo en un tamiz de 20mm agitando por unos minutos hasta que todo el suelo pasara por este procedimiento, las muestras ya tamizadas fueron etiquetadas y llevadas al LEX para comenzar con los pesados de muestras para siguientes análisis, tamizándose un total de 53 muestras tamizadas en un periodo de dos días de manera individual.

El siguiente paso para la preparación de muestras fue el pesado de suelo para análisis físico-químicos, mismos que fueron depositados en tubos de 50ml, rotulados con una muestra original y una muestra prima, las muestras pesadas fueron para los análisis de Cationes Intercambiables (4g), Extracción de Al, Fe y Si con Ditionito de Sodio (4g), pH y Conductividad Eléctrica (10g), además de la molienda de muestras de suelos en el mortero de Ágata para los análisis de Carbono Orgánico (9 a 10 mg) y Carbono y Nitrógeno total (13 a 15 mg).

Todas las muestras fueron rotuladas de acuerdo con la fecha de pesado, usuario que realizó el procedimiento, leyenda con la que se identificó la muestra y análisis que se debía elaborar, además se realizó el lavado de material utilizado.

Por último, se colaboró en la preparación de muestras de rábano, amaranto y tomate para un usuario externo a los experimentos que se colaboró del laboratorio de edafología experimental, en este caso se molieron 45 muestras en un aproximado de dos días en el cuarto de molienda del Instituto de Geología, dichas muestras fueron entregadas debidamente molidas, empaquetadas y rotuladas al usuario para fines personales y de acuerdo con los objetivos del experimento.

### 5.3 Análisis de suelos

Los análisis de suelos son una herramienta fundamental para poder determinar las características físicas, químicas y biológicas que posean los suelos de acuerdo con la región o localidad de estudio; para el experimento "Respuesta de las interacciones entre contaminantes, nutrientes y microorganismos al tratamiento del agua en los suelos del Valle del Mezquital y su efecto en la dispersión de multidrogoresistencias" se realizaron análisis físicos y químicos entre los meses segundo, tercero y cuarto de actividades en el Servicio Social, mismos que se describen a continuación:

#### 5.3.1 Análisis de Cationes Intercambiables (CI)

Los Cationes Intercambiables "CI" son conformados por elementos como el Ca, Mg, Na y K, los cuales tienen importancia para las plantas al ser esenciales para su desarrollo, crecimiento y subsistencia. Para este análisis únicamente se apoyó pesando 4g de una muestra original y una

prima previamente tamizadas, además de rotular dichas muestras en tubos de 50 ml para su previo análisis.

### 5.3.2 Extracción de Al, Fe y Si con Ditionito de sodio

El desarrollo de este procedimiento se llevó a cabo en el Laboratorio de Edafología Ambiental (LEA) se prepararon con "solución A" (20ml) los tubos falcón con las muestras de suelo con una respectiva replica, tomando además una muestra blanco y un patrón (B, B' y Patrón, Patrón), mismas que se metieron a baño maría durante 15 minutos. El siguiente paso fue depositar 4.0g de Ditionito de Sodio a las muestras que estuvieron en calentamiento agitándolas sin tirar. Los tubos fueron colocados en camisas para llevar a la centrifuga a 2500 revoluciones por minuto, durante cinco minutos.

Al terminar la centrifuga el sobrante se vació en matraces Erlenmeyer de 50 ml con la ayuda de papel filtro y un embudo para cada matraz. Estas muestras fueron leídas y diluidas en concentraciones de 1:100, 1:50 y 1:10 además de una muestra patrón y un blanco, para posteriormente ser leídas en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica, el cuál funciona por medio de gases de los elementos que serán leídos.

### 5.3.3 Análisis de Nitrato ( $\text{NO}_3$ )

Para este análisis se apoyó en la preparación de soluciones estándar a 1000 ppm de  $\text{NO}_3$ , se aforo la solución a 50ml con KCl en tubos falcón. A partir de esta solución se realizó una curva de calibración con 8 puntos de diferentes concentraciones que fueron aforadas a 25mL con agua Milli-Q. También se preparó una solución de Salicilato con 0.125 de dicho compuesto, y se apoyó en la lectura de dichas muestras en el espectrofotómetro.

### 5.3.4 Análisis de Carbono orgánico ( $\text{C}_{\text{org}}$ )

La determinación del carbono orgánico es importante debido a que gracias a este análisis es posible obtener un índice importante de la calidad del suelo, mismo que se calcula como la materia orgánica que el suelo mantiene. Para este análisis se apoyó con la preparación de las muestras pesando de 9 a 10 mg de suelo previamente tamizado y molido en el mortero de Ágata, se depositó en capsulas de plata, y se agregaron dos gotas de HCl al 5%, posteriormente se colocaron las

muestras con HCl a la parrilla por dos horas a 80°C, pasado el tiempo las cápsulas de suelo fueron debidamente cerradas y conservadas para la lectura de su contenido de materia orgánica.

#### 5.3.5 Análisis de Carbono y nitrógeno total (C y N total)

Para la preparación de muestras en estos análisis se pesaron en una micro balanza y depositaron en capsulas de estaño entre 13 a 15 mg de suelo previamente tamizados y molidos en un mortero de Ágata, para ser cerradas debidamente y conservadas para su posterior análisis.

#### 5.3.6 Análisis de pH y Conductividad eléctrica (CE)

La determinación de pH en las muestras de suelo se realiza para conocer la acidez y la basicidad que contienen los suelos, además de la disponibilidad de nutrientes esenciales y la toxicidad de otros elementos, por otro lado, la CE determina la concentración de sales. Para estos análisis se apoyó pesando 10g de muestra de suelos tamizado y fue depositado en tubos de 50ml a los que se le adicionaron 25 ml de agua Milli-Q, se llevaron al agitador y posterior a este paso con un potenciómetro que es calibrado previamente colocando las muestras con un electrodo en la solución, hasta que se obtenga el valor del pH y CE. Los valores de este análisis pueden ser consultados en el enlace descrito en el apartado de anexos (anexo 2).

#### 5.3.7 Análisis de Carbonatos ( $\text{CO}_3$ ) y Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) en agua

Para este análisis se apoyó con las determinaciones de  $\text{CO}_3$  y  $\text{HCO}_3$  en muestras de agua de un usuario externo del Instituto de Geología y del Laboratorio de Edafología Experimental, se realizaron titulaciones en las muestras de agua, mismos resultados pueden ser consultados en el apartado de anexos (anexo 2) a través de un enlace para una carpeta drive.

### **5.4 Establecimiento de experimentos**

Como se mencionó anteriormente durante el Servicio Social en el tercer y cuarto mes se apoyó en dos experimentos del laboratorio de edafología experimental; para el experimento denominado "Respuesta de las interacciones entre contaminantes, nutrientes y microorganismos al tratamiento del agua en los suelos del Valle del Mezquital y su efecto en la dispersión de multidrogoresistencias" se apoyó en la siembra de semillas de cilantro en cajas Petri para después

trasplantar las plántulas a columnas de suelos traídas de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Valle del Mezquital, se tuvieron un total de 48 columnas y se rotularon de acuerdo al tipo de suelo y al tratamiento de agua con el que se regaron las columnas. Los tratamientos del experimento se dividieron en:

- Agua tratada con antibióticos
- Agua tratada sin antibióticos
- Agua cruda con antibióticos
- Agua cruda sin antibióticos

Por otro lado, en el experimento denominado "Uso de un biosólido, urea y agua tratada como fuentes de fertilización al suelo para la producción de rábano (*Rhapanus sativos L.*) en invernadero" mi participación consto en la siembra de rábano con lodos residuales, en la etapa de riego con agua tratada y agua cruda y por último se apoyó en la cosecha de la planta y la rotulación del rábano.

### **5.5 Monitoreo de experimentos**

Para este punto dentro de ambos experimentos en el cuarto y quinto mes se apoyó regando las plantas de rábano y de cilantro; para el experimento "Uso de un biosólido, urea y agua tratada como fuentes de fertilización al suelo para la producción de rábano (*Rhapanus sativos L.*) en invernadero", después de la etapa de riego y la cosecha como último punto dentro de mi participación en este experimento se separaron las partes del rábano (fruto, raíz y tallo) y se rotularon de acuerdo a la maceta y tratamiento de agua con el que se trabajó, para poner a secar las muestras obtenidas.

En el experimento "Respuesta de las interacciones entre contaminantes, nutrientes y microorganismos al tratamiento del agua en los suelos del Valle del Mezquital y su efecto en la dispersión de multidrogoresistencias" se apoyó manteniendo las columnas en buen estado y previniendo que el agua de riego se estancara, asimismo durante cada riego se recolectaba el agua que pasaba y se filtraba por la columna de suelo, este contenido se depositaba en botellas Nalgueen

para que posteriormente las muestras fueran congeladas con Nitrógeno líquido con el propósito de conservar los microorganismos que se filtraron por las columnas de suelo, para poder ser analizadas.

### **5.6 Captura de datos**

La captura de datos se desarrolló durante toda la estancia dentro del servicio social en bitácoras de laboratorio pertenecientes al Laboratorio de Edafología Experimental y en una bitácora personal que sirvió para la elaboración de dos bitácoras trimestrales, mismas que se entregaron a los asesores interno y externo a cargo, dichas bitácoras de actividades se pueden consultar en el enlace del Anexo 3. Asimismo los datos recabados permitieron una correcta elaboración del presente informe final.

## **6. DESCRIPCIÓN DEL VÍNCULO DE LAS ACTIVIDADES CON LOS OBJETIVOS DE FORMACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIO**

Durante la participación en el proyecto para cumplir con el Servicio Social se relacionaron conocimientos teóricos y prácticos, además de alcanzar vínculos relevantes con los objetivos que el Plan de Estudios de la Licenciatura en Biología solicita para la formación de los estudiantes de UAM Xochimilco. Uno de los principales componentes intrínsecos del desarrollo personal como apoyo en los experimentos del Instituto de Geología fue la adaptación a perspectivas multidisciplinarias que permitió obtener una visión integral, crítica y creativa como se menciona en el objetivo general y en el objetivo 1 del primer y segundo nivel del plan de estudios de la licenciatura (Anexo 4). Asimismo, el previo análisis bibliométrico me permitió abarcar más que aspectos biológicos, sino también contextos sociales, económicos y de salud ambiental y humana, cumpliendo no solo con los objetivos del plan de estudios, sino también con los objetivos propuestos para el desarrollo del Servicio Social.

En este contexto la práctica de las diferentes metodologías empleadas en los Laboratorios de Edafología Experimental y Laboratorio de Edafología Ambiental del Instituto de Geología de la UNAM, en conjunto con los conocimientos adquiridos previamente en el Laboratorio de Edafología de la UAM-Xochimilco enriquecen la capacidad de realizar estrategias de manejo de los recursos naturales por medio de actividades científicas, y de formación técnico profesional en

el campo de las Ciencias Biológicas, cumpliendo así con los objetivos que el Plan de Estudios para la Licenciatura se proponen en el desarrollo profesional de los y las estudiantes.

## 7. REFERENCIAS

**Amador-Díaz A.**, Veliz-Lorenzo E y Bataller-Venta M (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Química. 46, 1-10.

**Ángeles Hernández J.**, Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

**Campos Medina E.**, García Rojas N., Velásquez Rodríguez A y García Fabila M (2009). Análisis básico del reúso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del parque nacional de nevado de Toluca. Quivera. 11 (2), 35-51.

**Guadarrama-Brito M.**, y Galván Fernández A (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. CIBA. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4(7). Recuperado de: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>

**Medina-Herrera M.**, Negrete-Rodríguez M., Gámez-Vázquez F., Álvarez-Bernal D y Conde-Barajas E (2020). La aplicación de lodos residuales afecta a corto plazo la biomasa microbiana y su actividad en suelos sódicos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 36 (3), 576-591, doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.53425>.

**Mendoza-Retana S.**, Cervantes-Vázquez M., Valenzuela-García a., Guzmán-Silos T., Orona-Castillo I y Cervantes-Vázquez T (2021). Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 12(1). Recuperado de: [\\*2007-0934-remexca-12-01-115.pdf \(scielo.org.mx\)](#)

**Rivas Lucero B.**, Nevárez Moorillón G., Bautista-Margulis R., Pérez-Hernández A y Saucedo-Terán R (2003). Tratamiento de aguas residuales de uso agrícola en un biorreactor de lecho fijo. Agrociencia. 37(2) pp157-166. Recuperado de: [\\*30237206.pdf \(redalyc.org\)](#)

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Fichas bibliográficas realizadas para el registro de datos bibliométricos realizados durante el primer punto y objetivo a desarrollar dentro del servicio social (revisión de bibliografía).

Tema: Lodos residuales
Texto Los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son el producto de la concentración de los sólidos contenidos en el efluente, o de la formación de nuevos sólidos suspendidos resultantes de los sólidos disueltos. Estos lodos o biosólidos son subproductos líquidos, sólidos o semisólidos generados durante los procesos mecánicos, biológicos y químicos de purificación de las aguas servidas en las PTAR. Contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos, macro y micronutrientes, metales pesados y agua. Están formados principalmente por agentes contaminantes, debido a la acumulación de materias en suspensión y compuestos orgánicos en las condiciones de tratamiento (Amador- Díaz A, et al, 2015).
Referencia: <b>Amador-Díaz A.,</b> Veliz-Lorenzo E y Bataller-Venta M (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Química. 46, 1-10.

Tema: Lodos residuales
Texto Las características del lodo obtenido están condicionadas por el origen de las aguas residuales, el proceso de tratamiento de las PTAR y de la época del año. Se están desperdiciando las propiedades beneficiosas de los lodos que pudieran ser aprovechadas en la agricultura o en el mejoramiento de los suelos, ya que contienen componentes valiosos, como materia orgánica y nutrientes (Amador- Díaz A, et al, 2015).
Referencia: <b>Amador-Díaz A.,</b> Veliz-Lorenzo E y Bataller-Venta M (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Química. 46, 1-10.

Tema: Caracterización de lodos
Texto La caracterización de los lodos es la clave para cuantificar las concentraciones de nutrientes para su aplicación en los suelos y de los compuestos dañinos que deben ser eliminados. Para el adecuado manejo

de lodos se debe evaluar la composición química (incluyendo la concentración de metales pesados), así como el contenido de patógenos y parásitos que posean (Amador- Díaz A, et al, 2015).

Referencia:

**Amador-Díaz A.**, Veliz-Lorenzo E y Bataller-Venta M (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Química. 46, 1-10.

Tema: Normas para la gestión de lodos

Texto

Los lodos generados son descargados al drenaje o son desechados sin ningún tipo de tratamiento previo en presas, o terrenos y en menor medida son dispuestos en lagunas y rellenos sanitarios. Aparentemente, la causa de esta situación es la falta de recursos para llevar a cabo el tratamiento de los lodos, aunque adicionalmente no existen suficientes normativas que controlen su reutilización de forma favorable. La norma oficial mexicana, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en lodos para su aprovechamiento y disposición. En ella los biosólidos se clasifican en: excelentes y buenos en función de su contenido de metales pesados y en clases A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos (Amador- Díaz A, et al, 2015).

Referencia:

**Amador-Díaz A.**, Veliz-Lorenzo E y Bataller-Venta M (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. Revista CENIC. Ciencias Química. 46, 1-10.

Tema: Agua residual

Texto

El crecimiento demográfico y la urbanización han generado un volumen mayor de aguas residuales, que se podrían considerar como una nueva fuente de agua.

Se utilizaba sobre todo para incrementar la fertilidad de la tierra; hoy en día, la principal motivación es la escasez de agua.

La generación de aguas residuales es un proceso ligado al crecimiento poblacional y al desarrollo de las actividades económicas. De manera general se puede decir que las aguas residuales contienen materia orgánica, organismos patógenos, grasas y aceites, nutrientes, contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos y minerales disueltos. El uso de las aguas residuales en la agricultura constituye una valiosa fuente tanto de agua como de nutrientes y su uso contribuye a la seguridad alimentaria y a mejorar los medios de subsistencia (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Agricultura y aguas residuales

Texto

La agricultura se puede beneficiar de la reutilización del agua de varias maneras: las aguas residuales (tratadas o no) suponen una fuente de agua muy estable todo el año y es una de las opciones que tienen los agricultores para mejorar su seguridad del agua en el largo plazo y minimizar la exposición a riesgos hídricos estacionales.

Así mismo su alto contenido en nutrientes esenciales y la disponibilidad de micronutrientes; contribuye a aumentar el rendimiento de los cultivos. El agua residual no nada más adiciona nutrientes a los suelos, sino que también enriquece el contenido húmico mediante la adición de materia orgánica la cual permite un aumento de la humedad del suelo, retiene los metales y aumenta la actividad microbiana (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Calidad del agua para riego

Texto

Las aguas residuales son aguas de composición variada, debido a que las descargas son provenientes de usos domésticos, municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuario y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. El elemento clave en el manejo del agua será determinar su calidad considerando su origen, y luego verificar mediante muestreos si cumple los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que marca la normatividad vigente en México (NOM-001-SEMARNAT-1996), o los límites de contaminantes que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el reúso (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Parámetros de aguas residuales

Texto

Los parámetros agronómicos más importantes a considerar en la determinación de la calidad del agua residual para riego son conductividad eléctrica; cationes: sodio, calcio, magnesio y potasio; aniones: carbonato, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitrato. Con estos parámetros se debe tener presente que una mala calidad del agua de riego puede afectar las características físicas de los suelos y los puede degradar por la acumulación de sales. La presencia de metales pesados y cianuros puede producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna.

El parámetro bacteriológico más importante para considerar en la calidad del agua residual con fines de reúso en riego de cultivos agrícolas es la presencia de patógenos como coliformes fecales y huevos de helmintos. La presencia de parásitos o patógenos en el agua de riego afecta la calidad sanitaria de los cultivos irrigados e incrementarán el riesgo de contraer enfermedades en los consumidores de estos productos o entre los trabajadores agrícolas (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Riesgos del uso de agua residual

Texto

Ante la creciente demanda de alimentos y la cada vez mayor escasez del agua de primer uso, resulta inevitable el incremento del uso de las aguas residuales para la producción agrícola. Debido a la posible contaminación microbiana y química, la utilización de aguas residuales representa un riesgo para la salud de los agricultores, las personas que trabajan en toda la cadena alimentaria y los consumidores, también representa un riesgo su utilización por la contaminación (salinización) y deterioro (posible pérdida de permeabilidad) del suelo (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Beneficios del uso de agua residual

Texto

La reutilización del agua para riego agrícola se torna viable y atractiva desde el punto de vista económico cuando permite la recuperación de los costos que implica su tratamiento, esto se logra al tratar las aguas residuales hasta un nivel de calidad aceptable. La reutilización del agua facilita la implantación de sistemas productivos periurbanos, más cerca de los núcleos de consumo, con lo que los costos de transporte de alimentos también disminuyen. Todo esto se puede traducir en mayores rendimientos, más cultivos por año y en definitiva, mayores ingresos para los agricultores. El uso de aguas residuales en la agricultura puede liberar el agua dulce para usos medioambientales y de turismo (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Agricultura con aguas residuales en México

Texto

El crecimiento demográfico y la urbanización han generado un volumen mayor de aguas residuales. Esta fuente de agua siempre ha sido importante para la producción agrícola, en la antigüedad, se utilizaba sobre todo para incrementar la fertilidad de la tierra; hoy en día, la principal motivación de la reutilización de las aguas residuales es la escasez de agua. El reuso de aguas residuales en la agricultura, deberá ir acompañado de prácticas muy específicas de manejo del suelo, del cultivo entre el agua con el trabajador y del agua con el fruto o producto de la cosecha (Ángeles Hernández et al, 2018).

Referencia:

**Ángeles Hernández J.,** Ojeda Bustamante W y Cisneros Estrada O (2018). Métodos de riego y prácticas de manejo de cultivo para el uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura en México. Colegio

Nacional de Ingenieros en Irrigación A. C. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Recuperado de: [\\*OT\\_269.pdf \(imta.mx\)](#)

Tema: Importancia del suelo

Texto

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fosforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta.

Lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial. El suelo influye considerablemente sobre el medio en el que se ubica y repercute en las actividades sociales y económicas de los grupos humanos (Burbano H, 2016).

Referencia:

**Burbano, H.** (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias agrícolas. 33 (2): 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

Tema: Funciones o servicios ecosistémicos del suelo

Texto

Los suelos, como parte de los ecosistemas y de los agroecosistemas, prestan importantes funciones o servicios que mantienen a estos y que apoyan las actividades sociales y económicas de las personas, las siguientes son las tareas que cumple el suelo en este contexto (Burbano H, 2016):

- Producción de alimentos y biomasa (del suelo depende en forma directa o indirecta el 95% de la producción mundial de alimentos; la degradación del suelo es un problema mayor que amenaza la producción de alimentos en el planeta)
- Escenario indispensable para los ciclos biogeoquímicos (los ciclos biogeoquímicos que ocurren en la naturaleza son mecanismos indispensables para que haya condiciones estables en la Tierra y el suelo tiene una posición central e insustituible en los mismos)
- Almacenamiento o fijación de carbono (el suelo es el mayor sumidero de carbono en la naturaleza. La fijación del carbono por el suelo mal llamada "secuestro de carbono" o "captura de carbono" impide que el CO<sub>2</sub> vaya a la atmósfera, el carbono se transforma en materia orgánica que se acumula en el suelo por amplios periodos de tiempo)

- Almacenamiento y filtración de agua (el suelo capta, infiltra y almacena el agua en el ámbito del ciclo hidrológico y permite así la recarga de los acuíferos, el suelo influye en la calidad del agua, ya que amortigua y atrapa ciertos contaminantes e impide que lleguen a las reservas de agua, en estas circunstancias tiende a modular indirectamente la temperatura y la humedad, y por ello puede incidir en la mejora del aire)
- Soporte de las actividades humanas y fuente de materias primas (sobre el suelo se realizan actividades industriales, se habilitan zonas residenciales y de infraestructura turística, se construyen carreteras y otras obras civiles. También el suelo suministra materias primas como turba, grava, arena, arcilla o rocas, utilizadas en varios procesos productivos)
- Reserva de la biodiversidad (el suelo es una de las reservas más importantes de biodiversidad, por el enorme número de organismos que viven en su superficie y al interior de este; la abundancia es tal, que se cree, supera la establecida por encima de este cuerpo natural; así mismo, los servicios ecosistémicos que presta el suelo dependen de las complejas comunidades de organismos presentes en este medio)
- Depósito del patrimonio geológico y arqueológico (la preservación del patrimonio geológico y arqueológico va a depender de los procesos de formación y degradación del suelo y va a estar muy relacionada, por ejemplo, con los efectos de la actividad biológica y la circulación del agua que ocurren en él, además de las acciones humanas de intervención en el suelo)
- Entorno físico y cultural para la humanidad (El suelo sirve de base a las actividades humanas y es, asimismo, un elemento del paisaje y del patrimonio cultural)

Referencia:

**Burbano, H.** (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias agrícolas. 33 (2): 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

Tema: El suelo como entorno físico y cultural para la humanidad

Texto

La enumeración y descripción de las funciones que cumple pone de presente que el suelo no solo permite que las personas dispongan de alimento, sino que por el espectro de servicios ambientales que presta y promueve para beneficio de las personas, este recurso adquiere la categoría de "bien social" que por lo mismo amerita su conocimiento para que lo valore, lo proteja y lo conserve, como una obligación que resulta ser en los actuales momentos un imperativo ético. Entonces, se debe conocer y respetar el suelo para hacer el mejor uso posible de este recurso, sin olvidar que existe una relación inexorable entre el

sistema natural -donde esta el suelo- y el sistema sociocultural -donde están las personas- (Burbano H, 2016).

Referencia:

**Burbano, H.** (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias agrícolas. 33 (2): 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

Tema: Suelos dominantes

Texto

El suelo es un recurso natural que brinda numerosos servicios ambientales; destacan la provisión de numerosos bienes hasta la captura de carbono, el reciclaje de la materia orgánica y la filtración del agua, entre los más importantes. Se le considera como un recurso no renovable debido a que su formación tarda cientos de años. Los suelos están sujetos a fuertes presiones por las actividades humanas, entre ellas las agropecuarias y forestales inadecuadas que provocan la pérdida de su productividad.

En México existen 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial del Recurso suelo (WRB). Dominan los Leptosoles (28.3%), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto ocupan 81.7% de la superficie natural (SEMARNAT, 2024).

Referencia:

**Burbano, H.** (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias agrícolas. 33 (2): 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

Tema: Lodos residuales

Texto

Los lodos pueden contener componentes útiles para otros procesos, por ejemplo, materia orgánica y fitonutrientes (macro y micro), pero también componentes problemáticos como: metales pesados, contaminantes orgánicos y patógenos. Además, los lodos de las PTAR dependiendo de su origen, pueden ser reservorios de diferentes contaminantes, incluyendo contaminantes emergentes como bacterias que tienen ciertos genes que codifican proteínas implicadas en la resistencia a los antibióticos. En México, los lodos generados en el tratamiento de las aguas residuales se consideran peligrosos, de conformidad con la Norma Oficial Mexicana: NOM-004-SEMARNAT-2002 (Campos Medina E, et al, 2009).

Referencia:

**Campos Medina E.,** García Rojas N., Velásquez Rodríguez A y García Fabila M (2009). Análisis básico del reúso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del parque nacional de nevado de Toluca. Quivera. 11 (2), 35-51.

Tema: Suelos

Subtema: Funciones del suelo

Texto

El suelo juega un papel fundamental en todos los procesos ecosistémicos, debido a las funciones que realiza y servicios que proporciona, y aunque constantemente está en formación, su proceso es sumamente lento, por lo cual se considera que es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana, aunado a lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido deteriorado física o químicamente.

Al formar parte de los ecosistemas, el suelo contribuye de manera sustancial a la provisión de servicios ambientales de soporte, regulación y provisión, indispensables para el sustento de la humanidad, razón por la cual surge la importancia del cuidado de este recurso y la necesidad de su conservación (CONAFOR, 2007).

Referencia:

**Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).** (2007). Protección, restauración y conservación de los suelos forestales, Manual de obras de prácticas. Recuperado de:  
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>

Tema: Suelos

Subtema: Formación del suelo

Texto

México es uno de los países más diversos ya que cuenta con 25 de los 28 grupos de suelos reconocidos por el Sistema Internacional Base referencial Mundial del Recurso Suelo.

El suelo se define como un cuerpo formado por sólidos (material mineral y material orgánico), líquidos y gases que hay sobre la superficie de la Tierra, que ocupan un lugar en el espacio (CONAFOR, 2007).

Referencia:

**Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).** (2007). Protección, restauración y conservación de los suelos forestales, Manual de obras de prácticas. Recuperado de:  
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>

Tema: Suelos	Subtema: Importancia del suelo
<p>Texto</p> <p>Los suelos contienen más carbono que el que se encuentra contenido en la vegetación y dos veces más que el que hay en la atmósfera. Este secuestro o captura de carbono en el suelo reduce su liberación a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases de efecto invernadero. El carbono que almacena el suelo es completamente estable, perder un mínimo porcentaje de carbono del suelo conlleva muchos años, cosa que no sucede con la vegetación.</p> <p>Del suelo se desprende el ciclo hidrológico, ya que es responsable de la recarga de acuíferos y la regulación de la humedad desde las partes altas a las bajas (de las áreas forestales a las áreas agrícolas o a los centros de población). Esta regulación es función de la "salud" del suelo, porque suelos muy deteriorados o degradados no permiten la infiltración; por el contrario, fomentan el escurrimiento (CONAFOR, 2007).</p>	
<p>Referencia:</p> <p><b>Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).</b> (2007). Protección, restauración y conservación de los suelos forestales, Manual de obras de prácticas. Recuperado de:  <a href="http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf">http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf</a></p>	

Tema: Suelos	Subtema: Factores de formación del suelo
<p>Texto</p> <p>La formación del suelo es una acción influenciada por factores como el material parental, el clima - humedad y temperatura-, macro y microorganismos y topografía en un periodo de tiempo. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años (CONAFOR, 2007).</p>	
<p>Referencia:</p> <p><b>Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).</b> (2007). Protección, restauración y conservación de los suelos forestales, Manual de obras de prácticas. Recuperado de:  <a href="http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf">http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf</a></p>	

Tema: Suelos	Subtema: Definición
<p>Texto</p>	

El suelo es un cuerpo natural, distribuido como un continuo en el paisaje con variaciones determinadas por las condiciones lito-climáticas del suelo, el drenaje, la historia geomorfológica y el uso de la tierra; por ende, los suelos no son uniformes, sino más bien presentan una gran variación en el paisaje.

El suelo constituye un sistema abierto, con entradas de tipo atmosféricas y salidas que pueden ser superficiales, en formación de escurrimiento y erosión. Por otro lado, en el cuerpo mismo del suelo se producen una serie de transformaciones que involucran la presencia de microorganismos, agua, raíces, intercambio de gases, descomposición y neoformaciones entre muchos otros procesos.

La evolución del suelo es constante condiciones propias, pero con lapsos que fluctúan de cientos a miles de años requeridos para la formación de algunos centímetros. Este largo periodo hace que se considere al suelo como un recurso natural no renovable (Cotier H, et al, 200)

Referencia:

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Suelos

Subtema: Importancia ambiental

Texto

Como sociedad cada vez más urbanas, sin contacto con la naturaleza, perdemos de vista la importancia de los suelos para nuestra supervivencia y prosperidad. Sin embargo, en todos los ecosistemas, los suelos cumplen con importes funciones de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana

Referencia:

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Suelos

Subtema: Funciones del suelo

Texto

Los suelos cumplen con funciones vitales para el mantenimiento de los ecosistemas y el sostén de la vida humana. Desde el soporte y sustento de cultivos y vegetación natural, al filtrado y retención de agua, la captura de carbono, que de otro modo aumentaría los gases con efecto invernadero y el sostén de grandes números de microorganismos; estas funciones sin poco reconocidas por la sociedad, lo que ha derivado en su descuido, abandono y por ende, deterioro

Referencia

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Suelos                      Subtema: Funciones del suelo

Texto

La función más conocida es la de soporte y suministro de nutrientes a las plantas. El suelo cumple con otras funciones igualmente trascendentes, como la de constituir un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos, incluyendo también en la calidad del agua. Asimismo, constituyendo el medio donde se realizan ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos.

El suelo funciona también como hábitat para una miríada de organismos, desde células microscópicas a pequeños mamíferos y reptiles, manteniendo una amplia biodiversidad.

Finalmente, en los ecosistemas urbanos, el suelo juega un papel fundamental como material de construcción y como cimiento para la infraestructura urbana. En estos ecosistemas, se reconoce cada vez más la importancia del suelo antrópico en las zonas urbanas como soporte para sus áreas verdes y para la recarga de acuíferos

Referencias:

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Suelos                      Subtema: Importancia de los suelos

Texto

La importancia de los suelos para el sostén de la vida humana ha sido reconocida durante el último medio siglo con la aparición de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de decenas de otras instituciones internacionales y nacionales, que año tras año alertan sobre la degradación y sus repercusiones en el mantenimiento de la biodiversidad, la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria.

Estas características y funciones de los suelos determinan que la conservación de este recurso de su calidad, entendida como la capacidad para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana.

Referencia

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Suelos	Subtema: Actividades humanas
<p>Texto</p> <p>Tanto la conservación como el deterioro del suelo dependen, en gran medida, de las condiciones en las que se desarrollan las actividades humanas, el deterioro del suelo afecta de distinta manera a la población rural y a la urbana por ser diferentes maneras de relacionarse con los recursos naturales, siendo mayor para la población que habita en las zonas rurales y que basa la mayor parte de sus ingresos en las actividades agropecuarias.</p> <p>Si bien el suelo es el sustento de las actividades productivas primarias, como lo son la agricultura, la ganadería y las actividades forestales.</p>	
<p>Referencia:</p> <p><b>Cotier H</b>, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71</p>	

Tema: Suelos	Subtema: Marco Jurídico aplicable a los suelos
<p>Texto</p> <p>En nuestra legislación el suelo se ha visto tradicionalmente desde su dimensión territorial y productiva, porque en él tienen lugar los asentamientos humanos y las actividades productivas, y es la base sobre la que se encuentran los elementos naturales susceptibles de apropiación.</p> <p>El tratamiento jurídico del suelo desde diversas perspectivas y según se considere como sustrato, recurso o componente del ecosistema, da lugar a que diversas administraciones tengan competencia para regular e intervenir</p>	
<p>Referencia:</p> <p><b>Cotier H</b>, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71</p>	

Tema: Suelo	Subtema: Marco jurídico, el suelo como Recurso Natural
<p>Texto</p> <p>Una utilización del concepto suelo es aquella que lo considere como un recurso natural también derivada del artículo 27 constitucional, disposición desarrollada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) para sentar las bases para "el aprovechamiento sustentable, la preservación, y en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales". Esta ley representa un avance en el camino hacia la utilización del suelo como recurso natural y soporte, ya no sólo de actividades productivas sino de otros recursos naturales como los bosques.</p>	

Su función utilitaria como bien susceptible de aprovechamiento en beneficio del hombre. La LEGEEPA intenta que este uso sea compatible con la integridad de carga del ecosistema y por lo que establece ciertos criterios ecológicos para que ese aprovechamiento sea sustentable

Referencia

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Suelos

Subtema: marco jurídico suelos

Texto

Otra ley que recoge el criterio del suelo como recurso natural es la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable que tiene como uno de sus objetivos recuperar y desarrollar los bosques para que cumplan con la función de conservar suelos y aguas, evitando que el cambio de uso del suelo con fines agropecuarios o de otra índole afecte su permanencia y potencialidad.

Esta ley, entre sus medidas de conservación forestal, establece como excepción el cambio de uso de suelo bajo determinadas circunstancias y demostrando que no se provocará la erosión de suelos

Referencia

**Cotier H**, Sotelo E, Domínguez J, Zorrilla M, Cortina S y Quiñones L (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica. 83, pp 5-71

Tema: Impacto del uso de agua residual en la agricultura

Texto

Existen riesgos para la salud debido a la presencia de microorganismos y contaminantes como los metales pesados y mutagénicos; los primeros impactan a corto plazo, debido a la contaminación de alimentos que pueden provocar, y los segundos impactan a largo plazo, contribuyendo a la salinización de suelos. El reúso del agua residual en la agricultura se ha convertido en una necesidad, la cual debe ser considerada como una alternativa. Algunos de los metales pesados pueden formar parte natural del suelo en cantidades que no resultan tóxicas para los seres vivos; sin embargo, la industrialización ha provocado un aumento de la presencia de estos en las aguas residuales que se utilizan para riego, con el consecuente riesgo para la salud humana y ambiental. El proceso de migración y fijación de contaminantes dentro de un sistema cerrado dependerá de la capacidad de absorción por parte de los subsistemas agua-suelo-planta, aplicación de tasas de riego y de la persistencia y toxicidad de los contaminantes (Guadarrama-Brito y Galván Fernández A, 2015).

Referencia:

**Guadarrama-Brito M**, y Galván Fernández A (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. CIBA. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4(7). Recuperado de: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>

Tema: Aguas residuales

Texto

Los cambios en el uso del suelo, la presión urbana sobre terrenos agrícolas y la ausencia de un adecuado manejo de las cuencas, generaron en las últimas décadas un agravamiento de los problemas de erosión, deforestación e inundaciones. El desarrollo económico que ha presentado el país ha desarrollado fuertes presiones sobre los recursos naturales renovables, habiéndose diagnosticado diferentes problemas tales como la sobreexplotación; situación que origina graves conflictos para los diferentes tipos de usuarios al interior de las cuencas (Guadarrama-Brito y Galván Fernández A, 2015).

Referencia:

**Guadarrama-Brito M**, y Galván Fernández A (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. CIBA. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4(7). Recuperado de: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>

Tema: Aguas residuales

Texto

La disponibilidad efectiva del agua se ha reducido por los desequilibrios que ocasiona el crecimiento de la demanda, uso ineficiente y el aumento de los niveles de contaminación. El desequilibrio entre la demanda de agua y su disponibilidad depende de tres aspectos: el primero es la disponibilidad natural, que es la cantidad de agua susceptible de aprovechar y que depende del clima y de la geografía; en segundo término está el crecimiento poblacional, el cual no solo involucra el incremento de la población sino también el incremento en la demanda de satisfactores para esa población, por lo que se requiere de más alimentos, insumos de uso directo e indirecto, así como servicios. En la tercera parte ha aumentado significativamente el volumen de aguas residuales que son vertidas sin tratamiento sobre las corrientes naturales y suelos agrícolas, y que son producto de las descargas residuales (Guadarrama-Brito y Galván Fernández A, 2015).

Referencia:

**Guadarrama-Brito M**, y Galván Fernández A (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. CIBA. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4(7). Recuperado de: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>

Tema: Aguas residuales
<p>Texto</p> <p>El tratamiento y el reúso del agua juegan un papel fundamental en la administración y manejo de este recurso en todos los países. Los tipos de reúso más comunes son el aprovechamiento del agua tratada en actividades agrícolas, industriales, recreativas y recarga de acuíferos. En México, es escasa la investigación sobre el aprovechamiento de los nutrimentos, la evaluación de la calidad sanitaria en ciertos cultivos, y las propiedades físicas y químicas de suelo debido al riego con aguas residuales. Las descargas de aguas residuales pueden llegar hasta el ser humano por riego agrícola, consumo directo del ganado o consumos del ser humano, pero los impactos estarán determinados por la capacidad de absorción de cada elemento en la cadena de transmisión (Guadarrama-Brito y Galván Fernández A, 2015).</p>
<p>Referencia:</p> <p><b>Guadarrama-Brito M</b>, y Galván Fernández A (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura. CIBA. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4(7). Recuperado de: <a href="https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29">https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29</a></p>

Tema: Recursos naturales
<p>Texto</p> <p>Los recursos naturales y humanos con que cuenta un país son factores fundamentales para su desarrollo económico y social; de ahí que su estudio y evaluación adquieren singular importancia. Los recursos naturales de la Tierra son los medios de subsistencia de la humanidad y, como tales, la base sobre la cual cada país puede en gran medida sustentar su desarrollo económico, social y cultural (INEGI, 2004).</p>
<p>Referencia:</p> <p><b>INEGI</b> (2004). Guía para la interpretación de cartografía. Recuperado de 702825231736_1.pdf (inegi.org.mx).</p>

Tema: Lodos residuales
<p>Texto</p> <p>Los lodos residuales son agregados constituidos por microorganismos, nutrientes y sustancias poliméricas extracelulares producto del tratamiento de las aguas residuales. La aplicación de los lodos residuales al suelo es la práctica preferida para el manejo de estos residuos a nivel internacional, ya que ofrece la posibilidad de reciclar la materia orgánica y nutrientes, evitando impactos ambientales y económicos asociados con otras opciones de eliminación como vertederos o incineración. Además, la</p>

incorporación de lodos residuales puede contribuir al secuestro de C en el suelo y reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Medina-Herrera, M, et al, 2020).

Referencia:

**Medina-Herrera M.**, Negrete-Rodríguez M., Gámez-Vázquez F., Álvarez-Bernal D y Conde-Barajas E (2020). La aplicación de lodos residuales afecta a corto plazo la biomasa microbiana y su actividad en suelos sódicos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 36 (3), 576-591, doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.53425>.

Tema: Agua residual

Texto

El tratamiento y uso de aguas residuales constituye un reto, porque con frecuencia esa es la única opción con la que cuentan los agricultores. Así, estas aguas representan un recurso valioso, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Cerca de 80% de las aguas residuales son dispuestas sin tratamiento, son usadas para riego agrícola, representando un problema sanitario significativo (por la presencia de elementos patógenos y tóxicos). Las aguas residuales pueden ser una fuente de materias primas como nutrientes o ciertos metales, además, contribuyen a reducir la energía necesaria en la extracción de estas materias primas para su uso como fertilizantes (Mendoza-Retana S, et al, 2021).

Referencia:

**Mendoza-Retana S.**, Cervantes-Vázquez M., Valenzuela-García a., Guzmán-Silos T., Orona-Castillo I y Cervantes-Vázquez T (2021). Uso potencial de las aguas residuales en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12(1). Recuperado de: [\\*2007-0934-remexca-12-01-115.pdf \(scielo.org.mx\)](https://doi.org/10.29354/remexca-12-01-115)

Tema: Aguas residuales

Texto

En México sólo un bajo porcentaje de aguas residuales e industriales son tratadas adecuadamente. La mayor parte de las aguas residuales son utilizadas para riego agrícola sin un tratamiento previo, lo que representa un serio peligro para la salud humana y de los animales debido al contenido de materia orgánica e inorgánica contaminante. En cuanto a la calidad de las aguas residuales con fines de riego en suelos agrícolas, existen límites máximos permisibles normativos referidos como estándares de calidad de agua (NOM-001-ECOL-1996). Las variables de la calidad del agua que definen los límites físicos, químicos y biológicos incluyen sólidos flotantes y sedimentables, turbidez, color, temperatura, pH, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), número de organismos coliformes, materiales tóxicos, metales pesados, y nutrientes (Rivas Lucero B, et al, 2003).

Referencia:

**Rivas Lucero B.**, Nevárez Moorillón G., Bautista-Margulis R., Pérez-Hernández A y Saucedo-Terán R (2003). Tratamiento de aguas residuales de uso agrícola en un biorreactor de lecho fijo. Agrocienca. 37(2) pp157-166. Recuperado de: [\\*30237206.pdf \(redalyc.org\)](#)

Tema: Impacto por aguas residuales

Texto

El impacto de las aguas residuales en el ambiente puede variar ampliamente. Las aguas residuales pueden contener elementos tóxicos que incluyen metales pesados, cuya concentración varía considerablemente; muchas aguas residuales contienen altos niveles de metales tóxicos. Otro aspecto acerca del uso de aguas residuales en la agricultura es los microorganismos patógenos, particularmente por las enfermedades que transmiten al hombre y animales por el consumo de productos agrícolas contaminados. El agua se usa para irrigar cultivos y, como resultado, se ha detectado trazas de metales, microorganismos patógenos y algunos compuestos orgánicos tóxicos en las legumbres y otros cultivos (Rivas Lucero B, et al, 2003).

Referencia:

**Rivas Lucero B.**, Nevárez Moorillón G., Bautista-Margulis R., Pérez-Hernández A y Saucedo-Terán R (2003). Tratamiento de aguas residuales de uso agrícola en un biorreactor de lecho fijo. Agrocienca. 37(2) pp157-166. Recuperado de: [\\*30237206.pdf \(redalyc.org\)](#)

Tema: Uso de suelo

Texto

Los cambios en el uso de suelo y la cubierta vegetal, derivados de la expansión y extensión de actividades antrópicas, generan impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, y contribuyen significativamente en los procesos de cambio climático a nivel regional (Sahagún-Sánchez y Reyes-Hernández, 2018)

Referencia:

**Sahagún-Sánchez** y Reyes-Hernández (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra madre Oriental, México. CienciasUAT. 12(2). Recuperado de: [Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México \(scielo.org.mx\)](#)

Tema: Suelos

Subtema: Definición de suelos

Texto

El suelo es uno de los recursos naturales más significativos en la vida del hombre por su relación directa con el desarrollo de los bosques, la producción de alimentos y fibras. Existen diferentes definiciones de los suelos en función del enfoque, basadas en propiedades físicas, químicas de nutrición, microbiológicas, de fertilidad, de génesis y de clasificación

Referencia

**Sotelo Ruíz E**, González Hernández A, Cruz Bello G, Moreno Sánchez F y Cruz Cárdenas G (2011). Los suelos del Estado de México y su actualización a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2006. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 2 (8), pp 71-84

Tema: Deterioro de suelo

Texto

Las actividades humanas y la demanda por bienes y servicios han generado presión sobre los recursos naturales con grandes impactos, la mayoría de ellos negativos, los cuales son difíciles de revertir; México es un país con alta diversidad biológica y cultural, con altas tasas de deforestación y explotación de los recursos naturales (Zamora Elizalde, et al, 2020).

Referencia:

**Zamora Elizalde M.**, Buendía Espinoza J., Martínez Hernández P y García Núñez R (2020). Diagnóstico del suelo y vegetación en la microcuenca Tula, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11(1). Recuperado de: [2007-0934-remexca-11-01-57.pdf \(scielo.org.mx\)](https://doi.org/10.29062/remexca.v11i01.57)

## 8.2 Anexo 2. Enlace a carpeta de drive

[Servicio Social, Anexos - Google Drive](#)

## 8.3 Anexo 3. Enlace a carpeta de drive (bitácoras de avance)

[Bitácoras Servicio Social - Google Drive](#)

## 8.4 Anexo 4. Objetivos de formación del Plan de estudios de la Licenciatura en Biología

Objetivo general del plan de estudios de la licenciatura en biología

*“Formar profesionales, creativos y críticos capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar, con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos con base en metodologías propias de las Ciencias Biológicas”*

Primer nivel: tronco general

Objetivo 1

*“Que el alumno desarrolle las características individuales necesarias para obtener una actitud crítica y una concepción creativa y de interdisciplinaria de los fenómenos a través del manejo del método científico, que sirva como fundamento para su práctica profesional”*

Objetivo 2

*“Que el alumno consolide las características individuales necesarias para obtener una actitud crítica y una concepción científica creativa y de interdisciplinaria, mediante la identificación y estudio de problemas relacionados con los procesos biológicos fundamentales que rigen las interrelaciones de los seres vivos y su medio ambiente, enfatizando el proceso salud-enfermedad enmarcado dentro del contexto social vigente”*

Segundo nivel: tronco básico profesional

Objetivo 1

*“Formar profesionales capaces de desarrollar y evaluar estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos a partir de actividades científicas y de formación técnica-profesional desde el campo de la biología y la ecología tomando en cuenta condiciones socioeconómicas y culturales determinadas”*

Objetivo 2

*“Que el alumno obtenga conocimientos fundamentales para caracterizar y diagnosticar los patrones biológicos y ecológicos de los recursos naturales bióticos”*

Objetivo 3

*“Que el alumno comprenda los procesos ecológicos y desarrolle las estrategias metodológicas fundamentales para el análisis de sistemas ecológicos”*

Objetivo 4

*"Que el alumno analice y evalúe las entidades ecológicas complejas y formule propuestas de manejo articuladas con las condiciones socioeconómicas y culturales que las influyen"*

**1. FIRMAS DE ASESORES INTERNO Y EXTERNO**

ASESOR INTERNO



---

Dr. Gilberto Vela Correa

Laboratorio de Edafología y Absorción  
Atómica, Departamento "El Hombre y su  
Ambiente", UAM X  
No. económico 27970

ASESORA EXTERNA



---

Dra. Lucy Natividad Mora Palomino  
Laboratorio de Edafología Experimental,  
Instituto de Geología, UNAM  
No. económico 832306