

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL SUELO EN EL SECTOR DE LA PTAR SALITRE, BARRIO SANTA CECILIA-SUBA.

Trabajo de grado realizado por:

Angie Ceneidy Alvarez
Deisy Estefania Ortiz

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Facultad de Ciencias de la Salud
Bacteriología y laboratorio clínico



01

Introducción



- La contaminación en el suelo ocasionada por el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), **es una problemática que ha aumentado**
- Las PTAR producen lodos y residuos, que a pesar de aportar nutrientes y otros usos prácticos, pueden sobrecargar el suelo y los cuerpos de agua

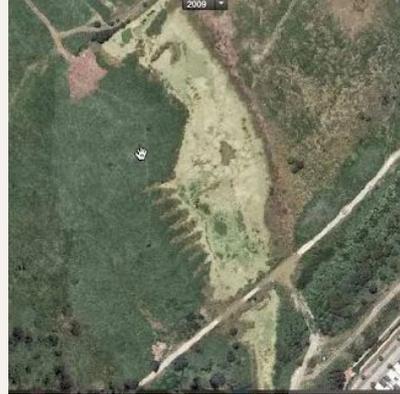




➤ Se desconoce el efecto real de estas prácticas sobre las **propiedades del suelo** y **las comunidades microbianas** en la **zona donde están ubicadas**



Humedal El Cortijo



Ubicación PTAR Salitre



Tomado de: Humedales Bogotá, 2015. Disponible en: <https://humedalesbogota.com/2015/02/26/vida-muerte-y-renacer-del-humedal-cortijo/>

<https://humedalesbogota.com/2015/02/17/acuerdo-entre-comunidad-y-entidades-respecto-al-humedal-el-cortijo-y-la-ptar-salitre/#:~:text=El%20humedal%20El%20Cortijo%2C%20tambi%C3%A9n,metros%20v%20unos%2090%20metros%2%80%A>

Pregunta problema

¿Cómo incide el funcionamiento de la PTAR Salitre en la calidad microbiológica del suelo en el barrio Santa Cecilia-Suba?

02

Antecedentes

Doran, 2002. Los microorganismos juegan un papel importante como bioindicadores del suelo al estar en contacto muy cercano y continuo, tolerando la mayoría de los cambios

Shukurov, et al. 2009. Estudio químico y microbiológico del suelo afectado por concentraciones de MP.

Álvarez, et al. 2016. Alteraciones que puede ocasionar la eutrofización en los ecosistemas, afectando las condiciones y alterando sus características propias

Fabiani, et al. 2009. Caracterización química de varios tipos de suelos contaminados diferentes sustancias industriales, así como, actividad de la microflora, utilización del carbono y densidad bacteriana

Delgadillo, 2015. Poblaciones microbianas actúan en la asimilación, transformación y reciclaje de compuestos orgánicos

Estrada et al, 2022. Grupos de microorganismos indicadores de contaminación del medio se encuentran los coliformes fecales y la bacteria *E. coli*

03

Marco conceptual

➤ **Bioindicador del suelo**



Los microorganismos son los mejores indicadores biológicos del suelo, ya que se presenta características específicas basadas en la presencia, cantidad y diversidad de las comunidades

➤ **Calidad del suelo**



Capacidad del suelo para realizar sus funciones vitales, sostener seres vivos, mantener la calidad ambiental y la salud de los hombres dentro de un ecosistema natural o antrópico

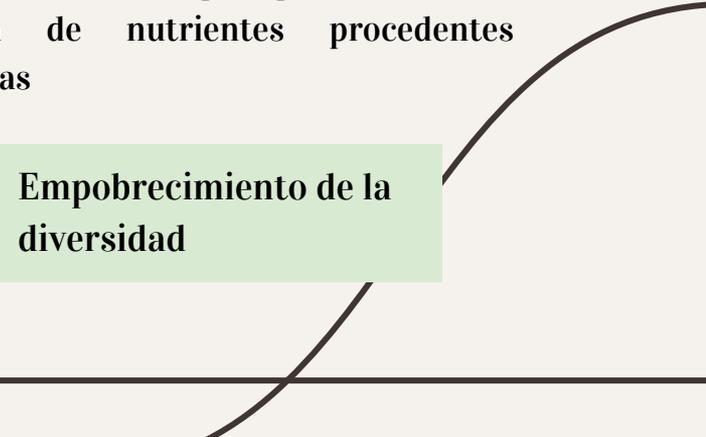
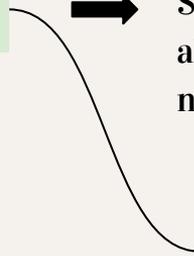
➤ **Eutrofización**



Se produce en ecosistemas o ambientes que presentan una abundancia anormalmente alta de nutrientes procedentes normalmente de actividades humanas

Aumento de la biomasa

Empobrecimiento de la diversidad



04

Marco referencia

**Protocolo de Recuperación y
Rehabilitación Ecológica de Humedales en
Centros Urbanos, Van der Hammen.**

- Reservas naturales son consideradas como ecosistemas de importancia para la conservación en el primer Plan de Ordenamiento.
- Estado de deterioro y eutrofización.
- Es indispensable implementar procesos que conduzcan al restablecimiento, ya sean de la estructura y/o función(es) de los mismos

**La contaminación del suelo:
una realidad oculta, FAO.**

- Se producen alteraciones en la microflora, disminuyendo su cantidad y actividad enzimática, la cual es esencial para favorecer y proteger la salud del suelo

05

Marco Legal

Decreto 2811 de 1974
Código Nacional de Recursos
Naturales Renovables y de
Protección al Medio Ambiente

Decreto 1287 DE 2014, establece
los criterios para el uso de los
biosólidos generados en plantas de
tratamiento de aguas residuales
municipales

**Resolución 0631 de 2015 del
MADS**, establece los parámetros y
valores límites máximos permisibles
en los vertimientos puntuales a
cuerpos de agua superficiales

01 — 02 — 03 — 04 — 05 — 06

Decreto 3100 de 200327,
sobre Planes de Saneamiento
y Manejo de Vertimientos

Decreto 1076 de 2015
representa el decreto único
reglamentario del sector
ambiente y desarrollo
sostenible

**Plan de manejo del
humedal Juan Amarillo
de 2010**

06

Objetivos

Objetivo general:

- Analizar la calidad Microbiológica del suelo en el barrio Santa Cecilia-Suba, sector de la PTAR Salitre.

Objetivos específicos:

- Describir los impactos ambientales en el suelo generados por el funcionamiento de la PTAR Salitre.
 - Determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el suelo del Barrio Santa Cecilia, sector de la PTAR Salitre.
 - Contrastar la presencia de los microorganismos aislados con la calidad microbiológica del suelo
-



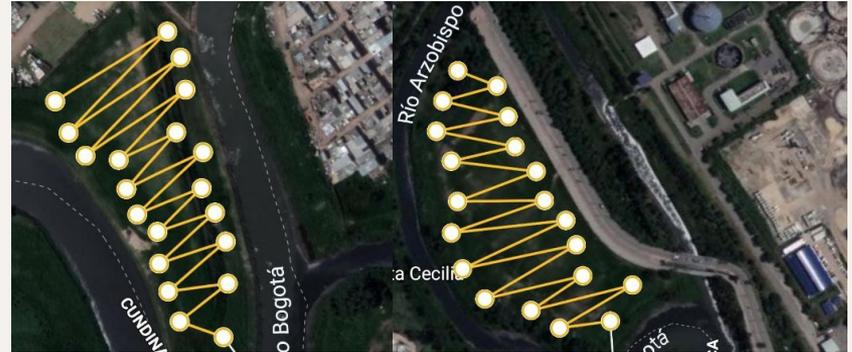
07

Metodologia

I. Identificación de la zona y obtención de la muestras



muestreo aleatorio simple en zig zag
(Fragmento 1 y 2)



Tomado de: Imagen satelital de la zona, Google Maps 2021, modificación propia

- Recolección de 20 muestras simples para cada fragmento de 50 gr de suelo a 5 cm de profundidad

**Aumento de actividad
microbiana**

- Luego, se mezclaron las muestras en un recipiente para obtener 1 kg de muestra compuesta de suelo

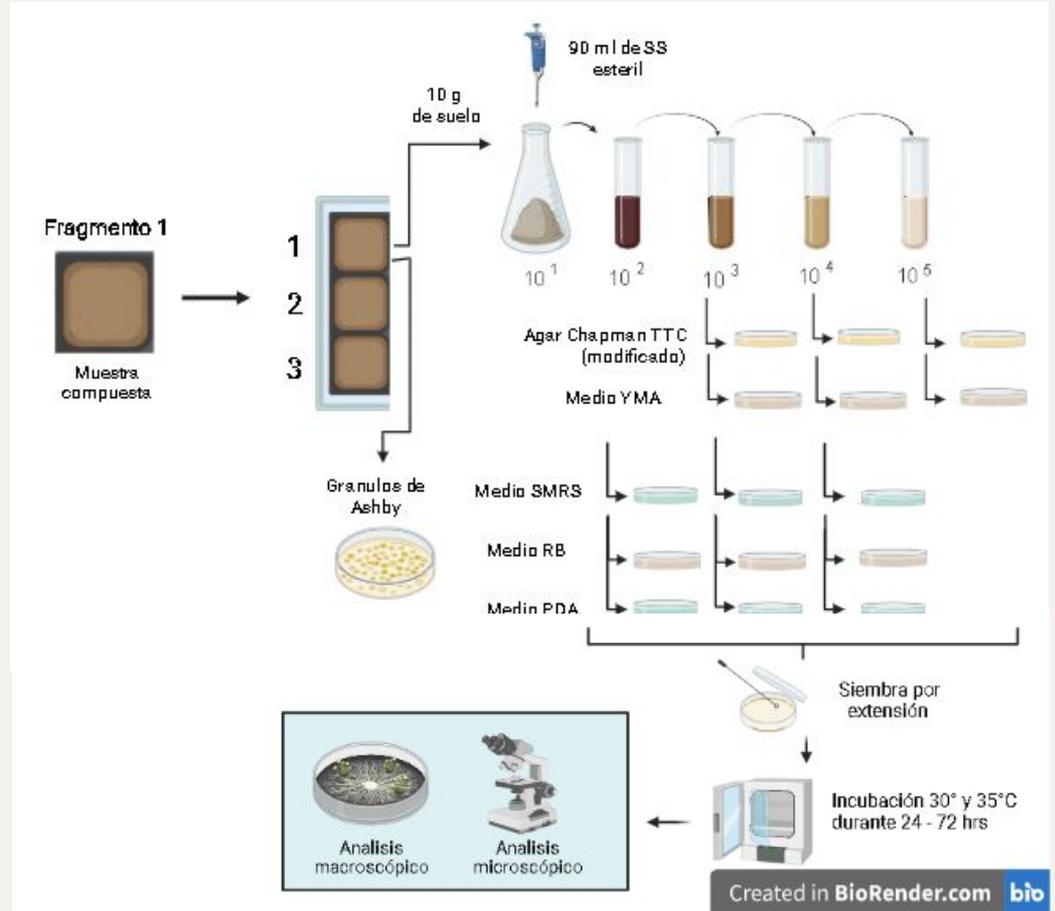
II. Análisis fisicoquímico



Color, textura, pH, humedad relativa y pruebas químicas (Nitrógeno total, fósforo total y metales pesados Pb, Cd y Hg)

III. Análisis microbiológico

Diagrama de flujo para el análisis microbiológico de muestras compuestas de suelo para cada fragmento



Tomado de: elaboración propia con Biorender. 2021

Aislamiento primario

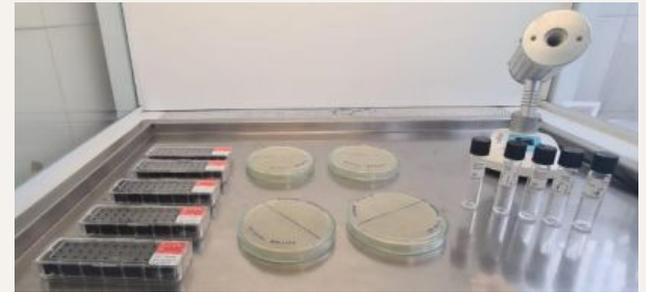


Tomado de: Desarrollo de la metodología en el laboratorio, elaboración propia, 2021.

Aislamiento secundario



Pruebas bioquímicas



Tomado de: Montaje de BBL CRYSTAL en el laboratorio, 2022.

08

Resultados

Identificación de la zona y obtención de la muestras

- Arrojo de basura, escombros y elementos de desecho
- Malos olores
- espuma en el agua
- Zona de pastoreo
- Zona urbana e industrial

Se obtuvo en total 6 Muestras compuestas representativas de la zona (Fragmento 1 y 2)



Tomado de: Actividades antrópicas observadas alrededor de la zona en estudio, elaboración propia, 2021.



Tomado de: elaboración propia, 2021

Análisis fisicoquímico

Color (Fragmento 1 y 2)



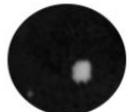
Marrón rojizo oscuro

Parámetro fisicoquímico	Resultado	
	Fragmento 1	Fragmento 2
Textura	Arcilla ligera	Arcilla
pH	5.4	4.8
Humedad relativa	33%	23%
N-Total	0.93%	0.29%
P	65.5 mg/kg	55.6 mg/kg
Pb	31,80 mg/kg	19,84 mg/kg
Cd	0,74 mg/kg	0,69 mg/kg
Hg	0,21 mg/kg	0,25 mg/kg

Elaboración propia. 2022

Análisis microbiológico

Indicadores de contaminación

Agar Chapman TTC (modificado con Maltosa y Cristal violeta)			BF1-1: Colonias amarillas con centro anaranjado, el medio de cultivo se tornó de color amarillo, a la tinción de Gram se observaron bacilos Gram negativos.
			BF1-2: Colonias blanquecinas de aspecto cremoso, no fermentadores de maltosa, el medio de cultivo tiene color azul. Bacilos Gram negativos.
			BF1-3: Colonias de color verde y aspecto cremoso, el medio de cultivo tiene color verde, se observan Bacilos Gram negativos
			BF1-4: Crecimiento de colonias pequeñas de color blanco traslucido, no fermentadores de maltosa. El medio de cultivo se observa de color azul. Bacilos Gram negativos.

Se destacaron colonias amarillas con centro naranjado y medio viro a color amarillo evidenciando la fermentacion de maltosa

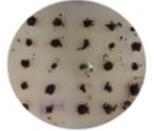
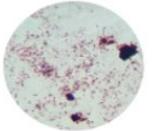
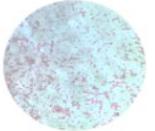
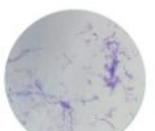
Colonias blanquecinas de aspecto cremoso, medio de color azul

Colonias de color verde, cremosas y medio de color verde

Colonias pequeñas de color blanco traslucido, medio de color azul

Análisis microbiológico

Grupos funcionales

Agar Ashby			BF2-1: Crecimiento de colonias blanquecinas con bordes irregulares, convexas de aspecto mucoso. Se observan coco bacilos pleomórficos Gram negativos.
Agar YMA			BF2-2: Crecimiento de colonias elevadas, de color rojo escarlata oscuro, se observan Bacilos Gram Negativos Irregulares algunos agrupados.
			BF2-3: Crecimiento de colonias pequeñas de color rosáceo brillantes, se observan pequeños Bacilos Gram Negativos.
Agar SMRS			BF2-4: Crecimiento de colonias de color naranja, grandes, opacas con bordes regulares, observaron bacilos Gram positivos y Gram negativos.

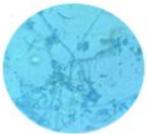
Se observa crecimiento característico relacionado al género *Azotobacter sp* con porcentajes de recuperación entre 38 - 60 %

Se obtuvo crecimiento característico en el agar YMA, medio específico para microorganismos fijadores de nitrógeno como *Azospirillum sp* y *Rhizobium sp*;

Se observa acción fosfato solubilizadora. Con predominio morfológico de bacilos gram variables

Análisis microbiológico

Hongos

Agar PDA y RB			HF2-1: Colonias de crecimiento rápido, formando pústulas verdes o verde amarillentas por toda la placa. Se observan hifas septadas, filídes laterales, conidias en racimos compatibles con <i>Trichoderma spp.</i>
			HF2-2: Colonias de color blanco, rosa pálido, crecimiento de micelio algodonoso como un fieltro. Se observan macroconidias y microconidias, hifas septadas hialinas, conidióforo da origen a microconidias, filíde da origen a macroconidias compatibles con <i>Fusarium spp.</i>
			HF2-3: Colonias planas, aterciopeladas, de crecimiento presentando color blanco inicialmente y cambia a amarillo grisáceo, marrón o pardo dependiendo de la especie. Se observan conidias, hifas septadas hialinas, conidióforo ramificado, filídes, largas y terminan en punta compatibles con <i>Paecilomyces spp.</i>

En agar PDA se observan los hongos del género *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Pythium sp.*, *Penicillium sp.*, hongos considerados saprófitos, ambientales y en algunos casos fitopatógenos.

En agar Rosa Bengala se obtuvo crecimiento de *Trichoderma sp* y *Penicillium sp*, *Paecilomyces spp*

09

Análisis y discusión

Características fisicoquímicas

Color Marrón rojizo oscuro



- Alto contenido de materia orgánica
- Oxidación de minerales como el hierro

Arbeláez, et al.
2020.

Parámetro fisicoquímico	Resultado	
	Fragmento 1	Fragmento 2
Textura	Arcilla ligera	Arcilla
pH	5.4	4.8
Humedad relativa	33%	23%



- Suelos compactados, comunes en donde no hay cultivos y presentan poca diversidad de microorganismos
- Acidez moderada a extrema: eliminación de gran cobertura vegetal, contaminantes químicos, descomposición MO
- Alta capacidad de campo

Elementos disponibles a pH neutro

N-Total	0.93%	0.29%
P	65.5 mg/kg	55.6 mg/kg



N- Total, disminuido: se altera con facilidad

P, se encontró aumentado: posiblemente por los residuos vegetales

Pb	31,80 mg/kg	19,84 mg/kg
Cd	0,74 mg/kg	0,69 mg/kg
Hg	0,21 mg/kg	0,25 mg/kg



MP, se encontraron por debajo del umbral de contaminación en zonas naturales y áreas industriales. Pb>Cd>Hg

pH permite mayor movilidad, suelo arcilloso puede contribuir a su adsorción, formación de complejos organometálicos

DISPERSIÓN

ACUMULACION
PERSISTENTE

BIOMAGNIFICACIÓN



Análisis microbiológico

.Escalante, et al. 2004.

- ★ Algunas bacterias pueden convertirse en viables, pero no cultivables debido a condiciones ambientales adversas, que pueden modificarse o revertirse a un estado cultivable al restaurar las condiciones favorables de estas.
- ★ El tipo de microorganismos que se encuentra con mayor abundancia está condicionado por los nutrientes disponibles en el medio del cual fueron extraídos.

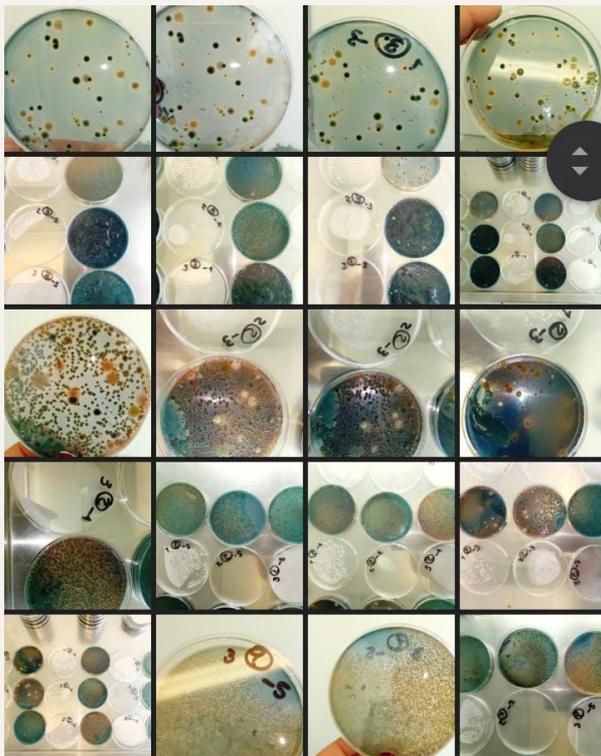
Tabla 5. Función de los microorganismos aislados

Microorganismos Aislados		Actividad / proceso asociado
Bacterias	Coliformes totales y <i>E coli</i> <i>Kluyvera cryocrescens</i>	Indicadores de contaminación
	Fosfato solubilizadoras	Solubilizar Fosfato
	<i>Rhizobium sp</i> , <i>Azospirillum sp</i> , <i>Azotobacter sp</i>	Fijación de nitrógeno
	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Citrobacter freundii</i>	Contaminantes, Microorganismos con potencial para biorremediar ambientes contaminados.
Hongos	<i>Penicillium sp</i> , <i>Aspergillus sp</i> , <i>Mucor spp.</i>	Saprotitos
	<i>Fusarium spp</i>	Ambiental, Fitopatógeno
	<i>Paecylomices sp</i>	Control Biológico

Elaboración propia, 2022

Análisis microbiológico

García, 2016.



Tomado de: elaboración propia, 2021

Escherichia coli

Kluyvera cryocrescens

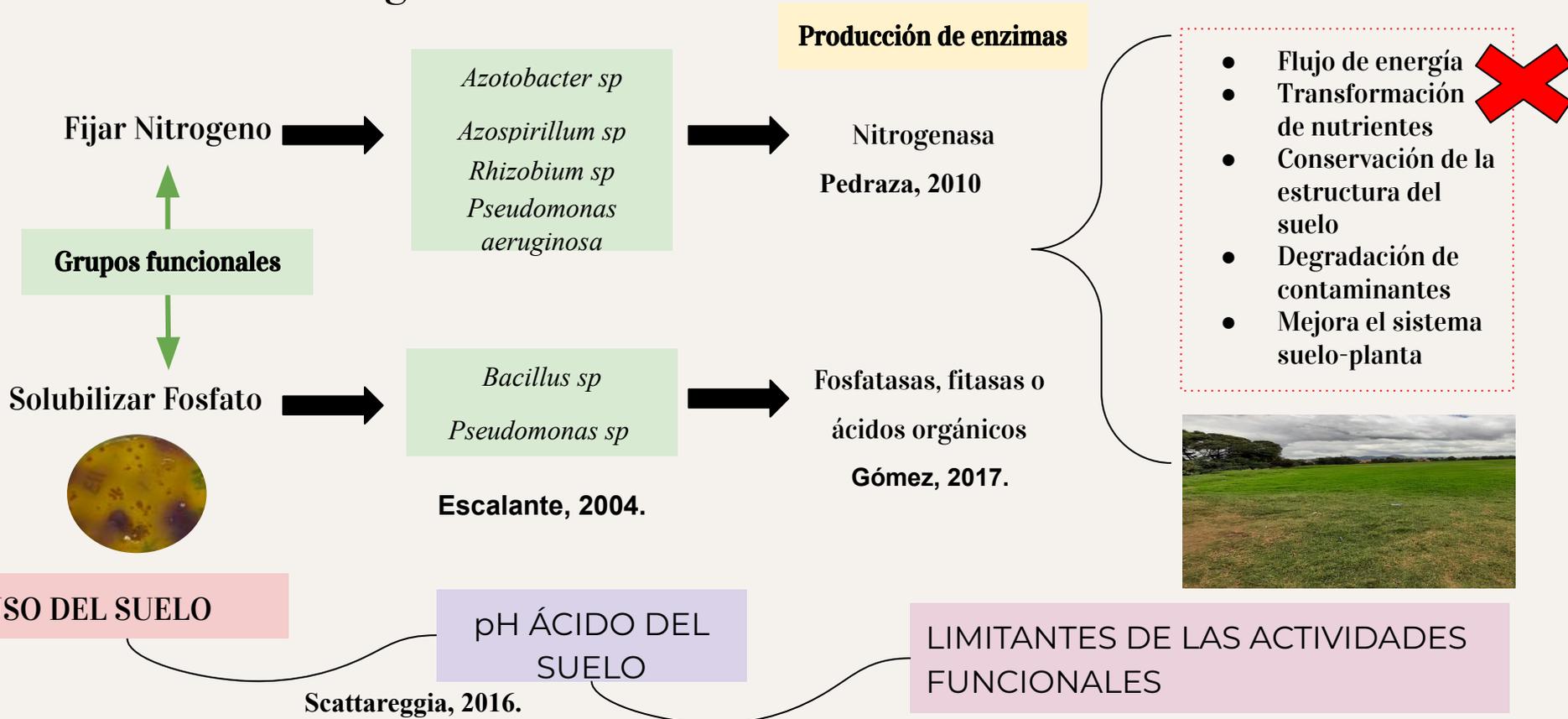
Citrobacter freundii

Pseudomonas putida

- Indicadoras de contaminación fecal
- Se encuentran en el intestino tanto de los humanos como de los animales y en ocasiones, *C. freundii* en el tracto gastrointestinal del humano
- Bacterias altamente tolerantes y resistentes a diferentes procesos de tratamientos en suelos y aguas
- Tienen contacto con desechos tóxicos y pueden sobrevivir en ambientes hostiles
- Al igual, *Kluyvera sp* tiene resistencia a diferentes metales como Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Co y Cr

Bedoya, et al. 2019.

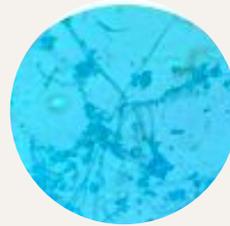
Análisis microbiológico



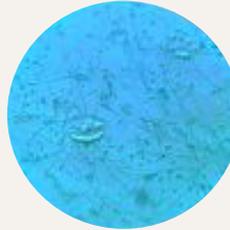
Análisis microbiológico

HONGOS

Trichoderma sp.



Fusarium spp.



Paecilomyces spp.



Algunos hongos toleran un amplio rango de pH entre 5-9 sin impedir su desarrollo.

Ñustez, 2005.

- Entomopatógenos
- Micoparásitos
- Saprófitos
- Nematófagos

Altamente adaptables

Abundancia pero no diversidad de microorganismos, contrario a lo que sucede en **los suelos naturales** y de vegetación nativa.

Pacasa, 2017.

10

Conclusiones

-
- ★ Los resultados permitieron tener una idea desde otra perspectiva sobre el impacto ocasionado por la contaminación e infraestructuras ubicadas alrededor de la zona, encontrándose en general el déficit de algunos micronutrientes, así como, la disminución del crecimiento y desarrollo de la vegetación en la zona.
 - ★ La disminución en la calidad del suelo evidenciada en esta investigación podría asociarse a la pérdida del ecosistema de Humedal El Cortijo, debido a que el suelo constituye un elemento clave para la conservación y mantenimiento de estos espacios, por tal razón el adecuado manejo de suelos, y desechos generados por las PTAR y actividades antrópicas resulta fundamental para la protección y conservación de la flora y fauna del país.
-

★ Se lograron aislar e identificar bacterias tales como *Escherichia coli*, *Kluyvera cryocrescens*, pertenecientes al grupo de los coliformes totales, que se encuentran normalmente en los desechos fecales, lo cual es de gran utilidad como indicador de procesos de contaminación observados en la zona en estudio.

★ También, se hallaron microorganismos importantes en los procesos vitales microbianos, capaces de sobrevivir en ambientes hostiles. Siendo necesario enfatizar que estos microorganismos son esenciales.

★ Finalmente, se encontraron las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* y *Citrobacter freundii*, que son capaces de metabolizar compuestos como los PTH y metales pesados, sustancias encontradas por debajo del umbral de contaminación.

Importantes en procesos de
biorremediación

Bibliografía

- Ñústez CE, Acevedo JC. Evaluación del uso de *Penicillium janthinellum* Biourge sobre la eficiencia de la fertilización fosfórica en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L. var. Diacol Capiro). *Agronomía Colombiana* [Internet]. 2005 [citado Feb 2022]; 23(2): 290-298. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a14.pdf>.
- Van der Hammen T, Stiles F, Rosselli L, Chisacá M, Camargo G, Guillot G, et al. Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos. 1 ed. [Internet]. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2008 [citado ago 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1776>.
- Scattareggia JP. Aislamiento y selección de Bacterias Solubilizadoras de Fósforo de un suelo cultivado con tomate para industria (*Solanum lycopersicum* L.). [Ingeniería en Recursos Naturales Renovables]. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo; 2016. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8408/tesis-irnr-scattareggia-juan-pablo-2016.pdf.
- Gómez LM. Aislamiento de bacterias solubilizadoras de fosfato nativas de la ciénaga de Mallorquín en el Departamento del Atlántico-Colombia. Repositorio Unilibre [Internet]. [citado Feb 2022]; (6): 21-24. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/17616>
- Pedraza R, Teixeira K, Scavino AF, Salamone IG, Baca B, Azcón R, et al. Microorganismos Que Mejoran El Crecimiento De Las Plantas Y La Calidad De Los Suelos. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria* [Internet]. 2010 [citado Feb 2022]; 11(2):155-64. Disponible en: <http://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/206>
- Fernández M, Nuria de Maria, Felipe MR. Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes. *Ciencia y Medio Ambiente* [Internet]. 2002 [citado Feb 2022]. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/128283/1/Fijaci%C3%B3n%20Biol%C3%B3gica391%28MC%20F%20Pascual%29.pdf>
- Cristóbal D, Álvarez ME, Hernández E, Améndola-Massiotti R. Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana* [Internet]. 2011 [citado Feb 2022]; 29(3), 325-332. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300325
- Hernán CM, Castellanos AE. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, [Internet]. 2011 [citado Feb 2022]; 29(3), 343-356. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343

Gracias