

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 1 de 17

16

FECHA	jueves, 7 de diciembre de 2023
--------------	--------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Facatativá

UNIDAD REGIONAL	Extensión Facatativá
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Agronómica

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Hilarión Tinoco	Carlos Alberto	1.077.976.692
Martínez Rodríguez	Maryorie Alejandra	1.070.977.336

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Leguizamó Bermúdez	María Claudia

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 2 de 17

TÍTULO DEL DOCUMENTO
BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS DEGRADADOS POR EL USO DE AGROQUÍMICOS

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)


EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN DESDE LA DIRECCIÓN INVESTIGACIÓN	
INDICADORES	NÚMERO
ISBN	
ISSN	
ISMN	

AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
27/11/2023	51

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. Biorremediación	Bioremediation
2. Degradación	Degradation
3. Agroquímicos	Agrochemicals
4. Suelo	Soil
5.	
6.	

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)
Abdel S, A., Al-Khabbas, M., & et al. (Marzo de 2017). <i>Quality assessment of groundwater and agricultural soil in Hail region, Saudi Arabia</i> . Obtenido de The Egyptian Journal of Aquatic Research: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428516300899
Aguirre F, S., Piraneque G., N., & et al. (2022). <i>Suelo y cambio climático</i> . Santa Marta - Colombia: Unimagdalena.
Aguirre, G., Fischer, G., & et al. (2012). <i>Tolerancia a metales pesados a través del uso de micorrizas arbusculares en plantas cultivadas</i> . Obtenido de Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas UPTC: https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i1.1260
Aimituma F, K., Llanqui T, S., & et al. (20 de Enero de 2023). <i>Biorremediación de suelos</i>

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 3 de 17

salinos con enmiendas orgánicas de estiércol de cuy y vacuno, Cusco-Perú. Obtenido de Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas REACAE: <http://209.45.90.234/index.php/reacae/article/view/388/889>

Alcivar L, M. (2018). *Recuperación de un suelo salino-sódico con enmiendas combinadas: Impacto sobre el performance de Quinoa y calidad biológica del suelo.* Obtenido de Universidad de Concepción: http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/3248/4/Tesis_Recuperacion_de_un_suelo_salino_sodico.Image.Marked.pdf

Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Teoría y práctica para una agricultura sustentable.* Obtenido de PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/18777>

Amaya F, H. C., & Peña B, A. E. (2005). *Evaluación in vitro de la reducción de nitrato, por consorcios bacterianos desnitrificantes nativos aislados de un suelo proveniente de un cultivo de cebolla contaminado por exceso de fertilizantes nitrogenados.* Obtenido de Ciencia La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1595

Andrade, F. (Abril de 2016). *Los desafíos de la agricultura.* Obtenido de Fediap Educación y Desarrollo para el Medio Rural y su gente e International Plant Nutrition Institute: <http://fediap.com.ar/wp-content/uploads/2021/05/Los-desafios-de-la-Agricultura-Fernando-H.-Andrade.pdf>

Ariza R., S., González M, O., & et al. (Junio de 2020). *Evaluation of free nitrogen biological fixers on the growth of grasses on degraded soil.* Obtenido de Revista Colombiana de Biotecnología: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/78019/pdf>

Atacho, P., Rodríguez, N., & al, e. (21 de Abril de 2017). *Uso de soluciones de vermicompost para la biorremediación de un suelo ácido en la sierra de San Luís - Venezuela.* Obtenido de Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Revista Científica A.S.A: <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/3393/2118>

Badii, M., & Varela, S. (Octubre de 2008). *Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente.* Obtenido de CULCYT Cultura Científica y Tecnológica: <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/issue/view/64/68>

Balawejder, M., Szostek, M., & et al. (12 de Febrero de 2020). *Un estudio sobre los posibles efectos de fertilización del fertilizante microgránulo a base de proteínas y huesos calcinados en el cultivo de maíz.* Obtenido de Multidisciplinary Digital Publishing Institute - Desarrollo Sostenible de la Bioeconomía, Desafíos y Dilemas: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1343>


Banco Mundial. (31 de Marzo de 2023). *Agricultura y alimentos.* Obtenido de Banco Mundial BIRF AIF: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>

Barak, F., Jobe, B., & et al. (1997). *Efectos de la acidificación del suelo a largo plazo debido a los aportes de fertilizantes nitrogenados en Wisconsin.* Obtenido de Planta y suelo: <https://doi.org/10.1023/A:1004297607070>

Bautista C, A., & Martínez G, V. (12 de Enero de 2021). *Promoción del crecimiento de Agave potatorum Zucc. por bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre.* Obtenido de Terra Latinoamericana: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.647>

Bautista R, L., Chaparro G, A., & et al. (2018). *Bacterias con potencial para biodegradar Carbofurano en suelos cultivados con papa criolla Solanum phureja.* Obtenido de Revista de la Facultad de Ciencias Básicas: <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/bistua/article/view/560/521>

Bautista R, V., Ken R, C., & Keita, H. (06 de Diciembre de 2021). *El papel de la agricultura en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Quintana Roo: un ciclo*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 4 de 17

autosostenido. Obtenido de Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional: <https://doi.org/10.24836/es.v30i56.987>

Benavides L, J., Quintero, G., & et al. (17 de Noviembre de 2006). *Aislamiento e identificación de diez cepas bacterianas desnitrificantes a partir de un suelo agrícola contaminado con abonos nitrogenados proveniente de una finca productora de cebolla en la Laguna de Tota, Boyacá, Colombia*. Obtenido de Nova UNAD: <https://doi.org/10.22490/24629448.360>

Betancourt P, J. M., Bautista D, P. A., & al, e. (2018). *Biodegradación de Fungicida Clorotalonil en Zonas Costeras del Caribe Colombiano Apto para Cultivos de Banano*. Obtenido de Tecciencia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-36672018000200019&script=sci_abstract&lng=en

Bozal-Leorri, A. (2023). *Los inhibidores biológicos de la nitrificación y su importancia en la agricultura**. Obtenido de Fundación de Estudios Rurales ANUARIO : <https://www.upa.es/Anuario2023/027-Anuario-2023-Bozal.pdf>

Brutti, L., Beltran, M., & et al. (2018). *Biorremediación de los recursos naturales*. Obtenido de Inta Digital - Repositorio Institucional: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/4027>

Cabello M, J., Gorelli G., S., & et al. (22 de Diciembre de 2017). Problemas en la cuantificación de la degradación del suelo. *Moleqta, Revista de ciencias de la universidad de Pablo de Olavide*(28), 27.

Carrasco R, M., León S, O., & et al. (2006). *Metales pesados y biodisponibilidad*. Obtenido de Universidad de Chile: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf

Cartes, G. (Octubre de 2013). *Degradación de suelos agrícolas y el SIRSD-S*. Obtenido de ODEPA - Ministerio de agricultura de Chile: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricola201310.pdf>

Castro F, H., & Gómez S, M. (03 de Junio de 2015). *Suelos sulfatados ácidos : el caso del valle alto del río Chicamocha Boyacá – Colombia*. Obtenido de Uptc - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3889>


Chiriboga A, H., & Armijos C, J. (2022). *Caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno (N₂) de vida libre, provenientes de cultivos comerciales de cacao y maíz*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/55830/1/T-112330%20Chiriboga-Armijos.PDF>

Coc-Coj, O., Cámara-Mota, A., & et al. (Julio de 2020). *La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales*. Obtenido de Revista Iberoamericana de Ciencias: <http://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3800103.pdf>

Cordero C, J. (2015). *Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca furatena alta en el municipio de útica (cundinamarca)*. Obtenido de Universidad Libre: <https://acortar.link/m9ey3u>

Cota R, K., Nuñez G, J., & et al. (01 de Mayo de 2018). *Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones*. Obtenido de Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud Biotecnia - Universidad de Sonora: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/811/298>

CropLife. (2023). *Nuestra historia. Impulsar la innovación en la agricultura para un futuro sostenible*. Obtenido de CropLife International: https://croplife.org/who-we-are/#our_story

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 5 de 17

Cruz M, W., Rodríguez L, L., & et al. (12 de Enero de 2021). *Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico*. Obtenido de Revista Terra Latinoamericana - Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792020000400475

Cuautle, V. Á., Mendoza, L., & al, e. (2021). *Aplicaciones de la biorremediación*. Obtenido de Buap, Revista Latinoamericana el ambiente y las ciencias.: <https://rlac.buap.mx/sites/default/files/RLAC%2012%2831%29-5.pdf>

Cycon, M., Piotrowska-Seget, Z., & et al. (Julio de 2010). *Respuestas de microorganismos autóctonos a una mezcla fungicida de mancozeb y dimetomorfo agregada a suelos arenosos*. Obtenido de International Biodeterioration and Biodegradation: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096483051000051X>

Dziona, A., Wojcieszynska, D., & Guzik, Ú. (Septiembre de 2016). *Portadores naturales en biorremediación: una revisión*. Obtenido de Electronic Journal of Biotechnology: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0717345816300732?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=80e210f53a77f7a4

EFSA. (2015). *Pesticide Monitoring Program: Design Assessment*. Obtenido de European Food Safety Authority: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4005>

EFSA. (2023). *Quiénes somos efsa*. Obtenido de <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4005>: <https://www.efsa.europa.eu/es/about/about-efsa>

Enríquez, G. (22 de Abril de 2022). *Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos*. Obtenido de IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20083/BVE22048488e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa Ramírez, M., Andrade Limas, E., & et al. (2011). *Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México*. Obtenido de Papeles de Geografía - Dialnet : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4056229>

EUR-LEX. (08 de Junio de 2023). *Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo*. Obtenido de EUR LEX - Acceso al derecho de la Unión Europea: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2014-04-10>

Fan, X., Liu, X., & et al. (13 de Marzo de 2012). *Identification and characterization of a novel thermostable pyrethroid hydrolyzing enzyme isolated through metagenomic approach*. Obtenido de Microbial Cell Factories: <https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2859-11-33>

FAO. (2023). *Acerca de la FAO*. Obtenido de Organización para las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.: <https://www.fao.org/about/about-fao/es/>

FAO. (s.f.). *Necesidades y recursos, geografía de la agricultura y la alimentación*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <https://acortar.link/5rNUUy>

FAO. (s.f.). *Suelos Ácidos*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://acortar.link/61Qivq>

FAO, & GTIS. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo. Resumen Técnico*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo.: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126S.pdf>

FAO, & ONU. (2022). *Evaluación mundial de la contaminación del suelo*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente:

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 6 de 17

<https://www.fao.org/3/cb4827es/cb4827es.pdf>

Ferreira Do Nascimento, T., Santos Oliveira, F., & et al. (Febrero de 2013). *Biorremediación de un suelo tropical contaminado con residuos aceitosos intemperizados*. Obtenido de Revista internacional de contaminación ambiental - Scielo: <https://acortar.link/z1lab9>

FRAC. (2020). *About FRAC*. Obtenido de Fungicide Resistance Action Committee: <https://www.frac.info/home/about-frac>

García G, L., Capera R, A., & et al. (01 de Marzo de 2020). *Microbiological alternatives for the remediation of soils and water contaminated with nitrogen fertilizers*. Obtenido de Scientia et Technica - Universidad Tecnológica de Pereira: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/22461/15311>

García, C., Villada, L., & et al. (23 de Febrero de 2018). *Evaluación de la adaptación de Helianthus annuus en asocio con hongos micorrízicos en suelos contaminados con plomo*. Obtenido de Activa, Revista científica de la facultad de ingeniería: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/497/668>

Garzón, J. M., & Rodríguez M, J. P. (Agosto de 2017). *Contribución de la biorremediación a la solución de los problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible*. Obtenido de Universidad y Salud - Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-71072017000200309&script=sci_arttext#B25

Garzón, L., & Mantilla, M. (2021). *Alternativas para el proceso de recuperación de suelos contaminados por el uso de agroquímicos en el cultivo del tomate en el municipio de Gramalote departamento Norte de Santander Colombia*. Obtenido de UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41349/lldgarzonr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Giordano, M., Petropoulos, S., & et al. (29 de Septiembre de 2021). *El destino del nitrógeno del suelo a las plantas: influencia de las prácticas agrícolas en la agricultura moderna*. Obtenido de MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute: <https://doi.org/10.3390/agriculture11100944>


Girón P., J. (2019). *Evaluación documental de los métodos de restauración de suelos salinos, con influencia en el distrito de riego Usochicamocha, departamento de Boyacá*. Obtenido de Ciencia Unisalle - Universidad de la Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2170&context=ing_ambiental_sanitaria

Global GAP. (s.f.). *Bienvenido a GLOBALG.AP: una marca registrada y un conjunto de normas para buenas prácticas agrícolas*. Obtenido de https://www.globalgap.org/uk_en/

González F, K., Guerrero B, C., & et al. (Diciembre de 2022). *Producción de metabolitos de Scenedesmus sp. y un consorcio de microalgas cultivadas en medios no convencionales*. Obtenido de Ciencias marinas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-38802021000200089&script=sci_arttext&tling=es

González V, A. (Septiembre de 2022). *Especies halófitas de importancia agrícola como alternativa de biorremediación de suelos con problemas de salinización en Colombia*. Obtenido de Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4907/Gonzalez.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Guzmán D, D., & Montero T, J. (31 de Agosto de 2021). *Interaction of bacteria and plants in nitrogen fixation*. Obtenido de Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales - Scielo:

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 7 de 17

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182021000200087&script=sci_arttext#B20

Hassen , W., Neifar, M., & et al. (23 de Febrero de 2018). *Pseudomonas rhizophila S211, a New Plant Growth-Promoting Rhizobacterium with Potential in Pesticide-Bioremediation*. Obtenido de *Frontiers in Microbiology*: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00034>

Hernández A, J., Gasco G, G., & et al. (30 de Abril de 2012). *Biorremediación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales*. Obtenido de *Revista Facultad de Agronomía LUZ*: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27137/27759>

Hu, B., Shao, S., & et al. (25 de Marzo de 2019). *Identifying heavy metal pollution hot spots in soil-rice systems: A case study in South of Yangtze River Delta, China*. Obtenido de *Science of The Total Environment*: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718349957?via%3Dihub>

Hussain, S., Siddique, T., & et al. (2009). *Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity, Enzymes, and Biochemical Reactions*. Obtenido de *Revista Advances in agronomy*: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211309010050>

HvězdoVá, M., Kosubová, P., & et al. (01 de Febrero de 2018). *Currently and recently used pesticides in Central European arable soils*. Obtenido de *Science of The Total Environment*: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717323926?via%3Dihub>

Ibarra R, R. (2022). *Perspectivas para la biorremediación de suelos contaminados con plomo en Colombia*. Obtenido de *Universidad colegio mayor de Cundinamarca*: <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/6515>

Idrogo V., G. (2019). *Efecto del NPK del suelo y el piso altitudinal en la acidéz del mucílago del cacao criollo (Theobroma cacao L) en el distrito de Copallín, Bagua, Amazonas*. Obtenido de *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3256>


IRAC. (2023). *Introduction to IRAC*. Obtenido de *Insecticide Resistance Action Committee*: <https://irac-online.org/international/introduction/>

Iturbe Argüelles, R. (31 de Marzo de 2010). *¿Qué es la biorremedación?* Obtenido de *Ciencia del boleto 11. Universidad Nacional Autónoma de México*: https://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboleto/cb_11.pdf

Izquierdo R, J. (Septiembre de 2017). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de agroquímicos en la parroquia San Joaquín*. Obtenido de *Universidad Politécnica Salesiana*: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

Kumar, A., Choudhary, A., & et al. (18 de Octubre de 2021). *Smart nanomaterial and nanocomposite with advanced agrochemical activities*. Obtenido de *NIH National Center for Biotechnology Information*: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8523620/>

Linares M, R. (05 de Septiembre de 2007). *Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Chantuto (Chiapas, México) y Bahía de Santander (Cantabria, España)*. Obtenido de *Universidad de Cantabria. Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica*: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10689;jsessionid=A6854E864F6899B4FDBD9C25BDA4862#page=1>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 8 de 17

Lombardi, T., Bertacchi, A., & et al. (23 de Febrero de 2022). *Biological and Agronomic Traits of the Main Halophytes Widespread in the Mediterranean Region as Potential New Vegetable Crops*. Obtenido de Multidisciplinary Digital Publishing Institute MDPI: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/3/195>

López P, I. (Noviembre de 2016). *Análisis de efectividad de Chlorococcum littorale y Scenedesmus sp. en biorremediación de aguas residuales*. Obtenido de Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano- Honduras: <https://acortar.link/3loDBO>

Maddela, N., Eller, L., & Prasad, R. (2023). *Microbiología para una producción más limpia y la sostenibilidad ambiental*. Prensa CRC.

Mahmoud, E., & Ghoneim, A. (29 de Abril de 2016). *Effect of polluted water on soil and plant contamination by heavy metals in El-Mahla El-Kobra, Egypt*. Obtenido de EGU European Geosciences Union: <https://se.copernicus.org/articles/7/703/2016/>

Manzano A., F., & Hernández E, Q. (2010). *Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la biorremediación ex situ de suelos contaminados por diésel en México*. Obtenido de Información Técnica Económica Agraria: <https://acortar.link/sncX4i>

Mazhari, M., & Ferguson, J. (2018). *Bacterial responses to environmental herbicide pollutants (glyphosate and paraquat)*. Obtenido de CJES Caspian Journal of Environmental Sciences: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/13518/CJES_Volume%2016_Issue%201_Pages%2037-45.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Monar L, R. (2020). *Pesticidas agrícolas y su efecto en el suelo*. Obtenido de Universidad Técnica de Babahoyo : <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8374/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000257.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Montaño , N., & Sánchez-Yañez, J. (12 de Agosto de 2014). *Nitrificación en suelos tropicales, asunto de competencia microbiana: un modelo basado en la teoría de Lotka-Volterra*. Obtenido de Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente ECOSISTEMAS: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/789>

Morales F, D., & Ruíz T, K. (Julio de 2008). *Determinación de la capacidad de remoción de cadmio, plomo y níquel por hongos de la podredumbre blanca inmovilizados*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <https://acortar.link/sGVxGv>


Moralez , S. (Mayo de 2020). *Relación entre las fracciones de la materia orgánica del suelo y la abundancia de nemátodos bacteriófagos y fungívoros en cultivos de Pyrus communis. L*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Comahue: <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/16673>

Moreno A, L., & Suyon S, N. (Noviembre de 2018). *Efecto de microorganismos en la degradación de agroquímicos presentes en suelos agrícolas*. Obtenido de REFI Revista de Formación en Investigación: <https://refi.upn.edu.pe/index.php/refi/index>

Muñoz C, A., & Guillén C, G. (2015). *Sistema de biorremediación para la regeneración de suelos hidromórficos del Estero Chicharrón y Río Cucaracha de la comuna de Montañita, Provincia de Santa Elena*. Obtenido de Escuela superior politécnica del Litoral: <https://acortar.link/6QZOQr>

Muñoz, K., Valencia, K., & et al. (2021). *Evaluación de enmienda edáfica en base al tratamiento Madera Rameal Fragmentada en suelos degradados de los Andes, caso volcán Ijaló*. Obtenido de CienciAmérica Vol 10 (2): <https://acortar.link/fEZMAT>

Naranjo C., L. (2010). *Biorremediación ex situ de suelos salinizados por exceso de fertilizantes nitrogenados gallinaza y urea, provenientes de una finca productora de cebolla Allium sativum en la región de la laguna de Tota Aquitania Boyacá*. Obtenido de Ciencia Unisalle Universidad de la Salle - ResearchGate:

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 9 de 17

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2791&context=ing_ambiental_sanitaria

Navarro P, D. (2018). *Estudio de los procesos de biorremediación para la recuperación de suelos contaminados por pesticidas*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21053/1101756717.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Norton, J., & Ouyang, Y. (Agosto de 2019). *Controls and adaptive management of nitrification in agricultural soils*. Obtenido de Frontiers in microbiology: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.01931/full>

OEIL EUROPAPARL. (2021). *Résolution sur la protection des sols*. Obtenido de European Parliament Legislative Observatory: <https://oeil.secure.europarl.europa.eu/oeil/popups/printficheglobal.pdf?id=723234&l=fr>

Oliveres, C. (2003). *Estudio de degradación, Capítulo V*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6423/08cap5.pdf;sequence=8>

OMS, O. (01 de Mayo de 2020). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019*. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240005662>

Orejuela R, J. (2017). *Evaluación de la eficacia de la Heliconia psittacorum (heliconiaceae) cultivada hidropónicamente para la fitorremediación de aguas con presencia de cromo (IV)*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/7036/1/236T0283.pdf>

Ortiz C, H., Trejo , R., & et al. (2009). *Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (Amaranthus hybridus L) y micorrizas*. Obtenido de Revista Chapingo, Serie horticultura: <https://acortar.link/SyvSWb>

PAN. (2023). *About Pesticide Action Network (PAN)*. Obtenido de Pesticide Action Network International: <https://pan-international.org/about/>

Pastor M, J., Martínez, A., & al, e. (Abril de 2016). *Efecto de la Aplicación de Vermicompost en las Propiedades Biológicas de un Suelo Salino-Sódico del Semiárido Venezolano*. Obtenido de Bioagro: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100004


Pengue, W. (Diciembre de 2005). *La importancia de la agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible*. Obtenido de Periódico de la Federación Agraria Argentina: <https://acortar.link/Y8ISqh>

Peña R, F., & Beltrán L, M. (23 de Junio de 2017). *Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando Helianthus annuus L. en la estación experimental El Mantaro*. Obtenido de Prospectiva Universitaria: <https://acortar.link/9bpGGY>

Peña S, E., Madera P, C., & et al. (Diciembre de 2013). *Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: Caso Heliconia psittacorum (Heliconiaceae)*. Obtenido de Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082013000400004&script=sci_arttext

RainForest. (s.f.). *What's At Stake?* Obtenido de RainForest Alliance: <https://www.rainforest-alliance.org/es/>

Ramírez, J., & Lacasaña, M. (2001). *Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición*. Obtenido de Archivos Prevención Riesgos Labor:

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 10 de 17

https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=1270

Rengifo M, P., & Londoño Z., J. (Diciembre de 2022). *Evaluación de la extracción de nutrientes en el aguacate 'Hass' en el municipio de San Vicente de Ferrer, Antioquia*. Obtenido de Revista Siembre CBA: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Revsiembracba/article/view/5525/5618>

Reyes P, S., & Cano C, D. (21 de Febrero de 2022). *Effects of intensive agriculture and climate change on biodiversity*. Obtenido de Revista de Investigaciones Altoandinas: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000100053

Rich, J., Heichen, R., & et al. (Octubre de 2003). *Composición comunitaria y funcionamiento de bacterias desnitrificantes de suelos forestales y de praderas adyacentes*. Obtenido de NIH NLM National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information: <https://doi.org/10.1128%2FAEM.69.10.5974-5982.2003>

Rodríguez A, M., Hernández H, G., & et al. (Diciembre de 2022). *Perspectivas en Biorremediación para la recuperación de suelos salinos ectivas en Biorremediación para la recuperación de suelos salinos*. Obtenido de Revista Guarracuco Sostenible: <http://publicaciones.unimeta.edu.co/index.php/guarracucosostenible/article/view/463/413>

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & al, e. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Obtenido de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) - Roma: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>

Rosales, A., Rodríguez, C., & et al. (Diciembre de 2018). *Remoción de contaminantes y crecimiento del alga Scenedesmus sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas*. Obtenido de Ingeniería y Ciencia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652018000200011

Ruiz B, A. (2023). *Recuperación de suelos degradados mediante el uso de residuos orgánicos de origen urbano*. Obtenido de Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11835>

Salomón, A., & Muzlera, J. (Noviembre de 2019). *Diccionario del agro iberoamericano*. Obtenido de ResearchGate: <https://acortar.link/6A8az3>


Schmidt, M., Castilla, M., & Toledo, V. (2022). *Agroquímicos / Agrotóxicos*. Obtenido de ResearchGate: <https://acortar.link/6A8az3>

Serna M, G., & Vélez, Y. (Noviembre de 2022). *Propuesta pedagógica para minimizar la degradación de suelos por fertilizantes químicos en la vereda La Fortuna*. Obtenido de Fundación Universitaria Los Libertadores: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/5461/SERNA_VELE_Z_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Serre K, N., & Karuppanan, S. (Noviembre de 2018). *Groundwater quality assessment using water quality index and GIS technique in Modjo River Basin, central Ethiopia*. Obtenido de Journal of African Earth Sciences: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X1830195X>

Sessitsch, A., Howieson, J., & et al. (04 de Junio de 2010). *Advances in Rhizobium Research*. Obtenido de Critical Reviews in Plant Sciences : <https://doi.org/10.1080/0735-260291044278>

Sharma, S. (Abril - Junio de 2012). *Bioremediation: Features, Strategies and applications*. Obtenido de Asian Journal of Pharmacy and Life Science : <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0952479df98c7>

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 11 de 17

49b00ce078ad14c41f32fa1b797

Singh, R., Singh, P., & Sharma, R. (01 de Marzo de 2014). *Microorganism as a tool of bioremediation technology for cleaning environment: A review*. Obtenido de Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences - ResearchGate: <https://acortar.link/91Xnbt>

Stephenson, M., & Stickland, L. (13 de Diciembre de 1930). *XXVII. Hydrogenase: A bacterial enzyme activating molecular hydrogen. I. The Properties of the enzyme*. Obtenido de Biochemical Laboratory, Cambridge. National Center for Biotechnology Information (NCBI): <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1260629/pdf/biochemj01122-0228.pdf>

Sun, S., Sidhu, V., & et al. (24 de Mayo de 2018). *Pesticide Pollution in Agricultural Soils and Sustainable Remediation Methods: a Review*. Obtenido de Springer Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-018-0092-x>

UDIS. (2023). *26 de noviembre: Día Mundial Contra el Uso Indiscriminado de Agroquímicos*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://acortar.link/bo4MoV>

USDA. (2023). *USDA*. Obtenido de Departamento de Agricultura de los EE.UU.: <https://www.usda.gov/priorities>

Vázquez, J., & Loli, O. (Marzo de 2018). *Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de Gypsophila paniculata*. Obtenido de Scientia Agropecuaria: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000100005

Velásquez C, L. d., Ortiz S, I. A., & et al. (13 de Septiembre de 2022). *Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional*. Obtenido de TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas: <http://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/482/428>

Villegas C, V., & Laines C, J. (Marzo de 2017). *Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos*. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000200393#B40


Volke S., T., & Velasco T., J. (Agosto de 2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología INE - ResearchGate: <https://acortar.link/5cyNW1>

Wang, X., Wang, X., & et al. (23 de Octubre de 2021). *Excessive Nitrogen Fertilizer Application Causes Rapid Degradation of Greenhouse Soil in China*. Obtenido de Polish Journal of Environmental Studies: <http://www.pjoes.com/pdf-143293-73159?filename=Excessive%20Nitrogen.pdf>

Yang, S., Zhou, D., & et al. (Junio de 2013). *Distribution and speciation of metals (Cu, Zn, Cd, and Pb) in agricultural and non-agricultural soils near a stream upriver from the Pearl River, China*. Obtenido de Environmental Pollution: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749113000596?via%3Dihub>

Zhan, F., Li, B., & et al. (25 de Agosto de 2018). *Arbuscular mycorrhizal fungi enhance antioxidant defense in the leaves and the retention of heavy metals in the roots of maize*. Obtenido de Environ Sci Pollut Res Int.: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2487-z>

Zuñiga, O. (2019). *Alternativas para la recuperación de suelos contaminados por*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 12 de 17

actividades industriales en Colombia. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28181/1094662820.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS


(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

Resumen

Debido al crecimiento poblacional exponencial, se ha generado una alta demanda alimentaria, llevando a masificar la producción a partir de la aplicación productos agroquímicos como fuente de nutrición y control fitosanitario. La agricultura es el soporte alimentario de la población a nivel mundial. En los últimos 20 años, el uso de agroquímicos ha ascendido un 5.4%, que de manera positiva acelera procesos productivos, sin embargo, genera desgaste en las condiciones fisicoquímicas del suelo, provocando suelos salino-sódicos, con acidificación, y nitrificación. Las causas suscitaron la necesidad de hallar estrategias para eliminar los contaminantes del suelo y mejorar su condición. Actualmente, existen técnicas, como la biorremediación, donde los microorganismos poseen la habilidad de degradar, destruir contaminantes del suelo y mejorar las condiciones edáficas. Diferentes autores hallaron en bacterias como la *Pseudomonas*, la oportunidad de biocontrolar y degradar moléculas de fosfatasas, carbofuran y clorotalonil (CHT), el *Bacillus mycoide*, y la *Serratia* con efecto en el carbofuran, otros géneros como *Enterobacter*, *Klebsiella*, y *Citrobacter* disminuyen el CHT de 6.2 a 2.5 días. Así mismo, existen bacterias que sobreviven en medios contaminados, degradando moléculas como el glifosato y el paraquat. Igualmente, hay métodos de fitorremediación que integra técnicas que utilizan plantas con capacidad de absorción y retención de compuestos tóxicos y metales pesados. Finalmente, la biorremediación de suelos salinos, ácidos y nitrificados, se impulsa por incorporar compostaje y vermicompost, para aumentar la fertilidad del suelo, la microbiota, estabilizar el pH, y el desarrollo óptimo de las plantas, aunque el proceso de biorremediación es a largo plazo.

Abstract

Owing to exponential population growth, there has been a heightened demand for food, leading to the widespread use of agrochemicals as a source of nutrition and phytosanitary control. Agriculture serves as the global foundation for sustenance, In the last 20 years, the use of agrochemicals has surged by 5.4%, positively expediting production processes. However, this surge has resulted in wear and tear on the physicochemical conditions of the soil, inducing saline-sodic soils, acidification, and nitrification. The causes have prompted the necessity to devise strategies for removing soil contaminants and enhancing its condition. Presently, various techniques, such as bioremediation, have emerged, where microorganisms possess the ability to degrade and destroy soil contaminants while improving soil conditions. Different authors have identified bacteria, such as *Pseudomonas*, as an opportunity for biocontrol and degradation of molecules like phosphatases, carbofuran, and chlorothalonil (CHT). *Bacillus mycoide* and *Serratia*, with

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 13 de 17

an effect on carbofuran, along with other genera like Enterobacter, Klebsiella, and Citrobacter, reduces CHT from 6.2 to 2.5 days. Additionally, some bacteria survive in contaminated environments, degrading molecules like glyphosate and paraquat. Similarly, phytoremediation methods integrate techniques that employ plants with the capacity to absorb and retain toxic compounds and heavy metals. Lastly, the remediation of saline, acidic, and nitrified soils is propelled by incorporating composting and vermicomposting to enhance soil fertility, microbiota, stabilize pH, and optimize plant development, albeit the bioremediation process is long-term.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN


Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública, masiva por cualquier procedimiento o medio físico, electrónico y digital.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 14 de 17

de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI** ___ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 15 de 17

anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 16 de 17

documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:


Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.


La obra que se integrará en el Repositorio Institucional está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. Biorremediación en suelos degradados por el uso de agroquímicos. PDF	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Hilarion Tinoco Carlos Alberto	

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 6
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2021-09-14
		PAGINA: 17 de 17

Martinez Rodríguez Maryorie Alejandra	

21.1-51-20.



UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa de Ingeniería Agronómica, Ext Facatativa

Biorremediación en suelos degradados por el uso de agroquímicos.

Bioremediation in soils degraded by the use of agrochemicals.

Hilarión-Tinoco, Carlos. A¹, Martínez-Rodríguez, Maryorie. A²

chilarion@ucundinamarca.edu.co¹, maryorieamartinez@ucundinamarca.edu.co²

Noviembre, 2023

RESUMEN

Debido al crecimiento poblacional exponencial, se ha generado una alta demanda alimentaria, llevando a masificar la producción a partir de la aplicación de productos agroquímicos como fuente de nutrición y control fitosanitario. La agricultura es el soporte alimentario de la población a nivel mundial. En los últimos 20 años, el uso de agroquímicos ha ascendido un 5.4%, que de manera positiva acelera procesos productivos, sin embargo, genera desgaste en las condiciones fisicoquímicas del suelo, provocando suelos salino-sódicos, con acidificación, y nitrificación. Las causas suscitaron la necesidad de hallar estrategias para eliminar los contaminantes del suelo y mejorar su condición. Actualmente, existen técnicas, como la biorremediación, donde los microorganismos poseen la habilidad de degradar, destruir contaminantes del suelo y mejorar las condiciones edáficas. Diferentes autores hallaron en bacterias como las *Pseudomonas*, la oportunidad de biocontrolar y degradar moléculas de fosfatasas, carbofuran y clorotalonil (CHT), el *Bacillus mycoide*, y la *Serratia* con efecto en el carbofuran, otros géneros como *Enterobacter*, *Klebsiella*, y *Citrobacter* disminuyen el CHT de 6.2 a 2.5 días. Así mismo, existen bacterias que sobreviven en medios contaminados, degradando moléculas como el glifosato y el paraquat. Igualmente, hay métodos de fitorremediación que integran técnicas que utilizan plantas con capacidad de absorción y retención de compuestos tóxicos y metales pesados. Finalmente, la biorremediación de suelos salinos, ácidos y nitrificados, se impulsa por incorporar compostaje y vermicompost, para aumentar la fertilidad del suelo, la microbiota, estabilizar el pH, y el desarrollo óptimo de las plantas, aunque el proceso de biorremediación es a largo plazo.

Palabras Clave: Biorremediación, degradación, agroquímicos, suelo.

ABSTRACT

Owing to exponential population growth, there has been a heightened demand for food, leading to the widespread use of agrochemicals as a source of nutrition and phytosanitary control. Agriculture serves as the global foundation for sustenance, In the last 20 years, the use of agrochemicals has surged by 5.4%, positively expediting production processes. However, this surge has resulted in wear and tear on the physicochemical conditions of the soil, inducing saline-sodic soils, acidification, and nitrification. The causes have prompted the necessity to devise strategies for removing soil contaminants and enhancing its condition. Presently, various techniques, such as bioremediation, have emerged, where microorganisms possess the ability to degrade and destroy soil contaminants while improving soil conditions. Different authors have identified bacteria, such as *Pseudomonas*, as an opportunity for biocontrol and degradation of molecules like phosphatases, carbofuran, and chlorothalonil (CHT). *Bacillus mycoide* and *Serratia*, with an effect on carbofuran, along with other genera like *Enterobacter*, *Klebsiella*, and *Citrobacter*, reduces CHT from 6.2 to 2.5 days. Additionally, some bacteria survive in contaminated environments, degrading molecules like glyphosate and paraquat. Similarly, phytoremediation methods integrate techniques that employ plants with the capacity to absorb and retain toxic compounds and heavy metals. Lastly, the remediation of saline, acidic, and nitrified soils is propelled by incorporating composting and vermicomposting to enhance soil fertility, microbiota, stabilize pH, and optimize plant development, albeit the bioremediation process is long-term.

Keywords: Bioremediation, degradation, agrochemicals, soil.

INTRODUCCIÓN

Para todos es claro que, la agricultura es el arte de cultivar la tierra y es el suministro de alimentos que nutre a la humanidad. Dentro de los cambios que ha experimentado la agricultura, no se ha obtenido la plena comprensión por la preservación y el valor de los recursos que se utilizan para generar grandes producciones de alimentos, ya que, debido a la creciente sobrepoblación, la humanidad se ha visto obligada a incrementar los niveles de producción, con el fin de garantizar en mayor medida el acceso a los alimentos, disminuir de manera gradual las enfermedades, y proveer alimentos nutritivos e inocuos (Bautista R, Ken R, & Keita, 2021), aportando a la seguridad alimentaria, por ende, se han hallado diversas opciones, como la empleabilidad de productos de síntesis química, estos que, han ido incrementando de forma inesperada (Pengue, 2005).

En los años cincuenta, en pleno contexto de la posguerra, se originó la revolución verde y la industrialización, factores que se convirtieron en solución inmediata y en la esperanza de la agricultura de solventar la alimentación global (Andrade, 2016). Se generó información sobre un amplio conjunto de sustancias tóxicas, cuyas investigaciones previas preponderaron en exitosos efectos insecticidas y fungicidas, entre otros y los más conocidos son los organofosforados, carbamatos, piretroides, triazinas y neonicotinoides, algunos ya prohibidos a nivel mundial, comprobado que son altamente nocivos para la salud humana (Salomón & Muzlera, 2019).

Con ello se ha visto enmarcada una de las grandes consecuencias, el súbito proceso de degradación en los recursos naturales (suelo, agua, aire), dicha degradación de recursos es

ocasionada por la exposición directa o indirecta a los agroquímicos (Garzón & Mantilla, 2021).

Una de las causas por las que el suelo se degrada, puede ser el uso de agroquímicos, que son sustancias de tipo sintético, con múltiples estructuras, con diferentes grados de toxicidad, y algunos de actividad biológica que se utilizan para prevenir, controlar o eliminar la presencia de microorganismos, y/o nutrición el suelo” (Schmidt, Castilla, & Toledo, 2022). La Organización Mundial de la Salud en 2020, los clasificó en categoría toxicológica que permiten diferir el grado de toxicidad: Ia - Sumamente peligroso; Ib - Muy peligroso; II - Moderadamente peligroso; III - Poco peligroso; y U - Poco probable que presente un peligro agudo (OMS, 2020).

Para la Organización Mundial de la Agricultura y la Gestión de la Tierra (FAO & GTIS) en 2015, los productos agroquímicos expresan dos sentidos respecto a degradación de los suelos: acidificación, y salinización. Así mismo, en estudios de degradación, los nutrientes que se acumulan generan pérdida o acumulación excesiva, además de disminución en la presencia y actividad biológica, (Oliveres, 2003, Cartes, 2013).

Considerando estos estudios, se puede inferir que la degradación del suelo es una problemática causada por acción antrópica, donde las principales características del deterioro se reflejan en las propiedades físico-químicas, perjudicando la fertilidad de la capa arable, lo que a su vez reduce su capacidad productiva, así mismo, recientemente se han realizado evaluaciones que estiman aproximadamente 35 millones de hectáreas (ha) degradadas, correspondientes al 24% de la superficie total terrestre, afectando a casi, 1500 millones de personas (Muñoz, Valencia, & et al, 2021).

Para poder contrarrestar positivamente de manera gradual estos procesos, existen distintas metodologías donde la biorremediación es una de ellas. En algunos casos, se ha descrito por diversos autores como una técnica funcional para recuperar suelos deteriorados, incluidos los afectados por el uso excesivo de agroquímicos (Iturbe Argüelles, 2010).

Desde la perspectiva de Das & Dash (2014), la biorremediación se considera como el uso de microorganismos exógenos o endógenos tales como hongos, bacterias, actinomicetos, protozoos, entre otros, que tienen la capacidad de fragmentar o incluso destruir total o parcialmente elementos contaminantes en los suelos, sobre todo con alta nitrificación, salinidad y acidificación, producto del uso excesivo de agroquímicos que enmarcan la garantía de la producción agropecuaria (Cuautle, Mendoza, & al, 2021).

Según la evaluación mundial de la contaminación del suelo (ONU, 2022., Garzón, Rodríguez-Miranda, & et al, 2017), para lograr alcanzar la sostenibilidad en la producción alimentaria, tanto los gobiernos con sus políticas agrarias y los productores con sus labores, deberán enfocarse en la biorremediación y en una producción consciente, manteniendo la noción del suelo como un ente vivo.

Por tal motivo, el propósito del presente estudio tiene como objetivo construir una propuesta bibliográfica que aporte un documento de referencia para la aplicación de la biorremediación en suelos degradados por el uso de agroquímicos.

METODOLOGÍA

Para la construcción de la presente investigación bibliográfica, se llevó a cabo un enfoque de tipo sistemático analítico, se reunieron fuentes de información de diferentes bases de datos de importancia científica como Dialnet, Scielo, Google académico, Redit, Proquest, Science direct, Scopus y Connected Paper. Este trabajo también se vio respaldado por otro tipo de bases de datos institucionales como UdeC, ICA, AGROSAVIA, UNAL, FAO, en las que se obtuvo referencias del estado actual de los suelos degradados por agroquímicos y biorremediación.

Se emplearon palabras clave para la selección de la información, tales como: suelos degradados, agroquímicos, prácticas regenerativas, biorremediación, entre otras, para obtener documentos con información relevante acerca del tema de investigación.

RESULTADOS

El suelo se distingue por ser un sistema multidisciplinar, heterogéneo y multifuncional, presente en ecosistemas y agroecosistemas productivos, formando un perfil con horizontes, compuesto principalmente por material inorgánico (roca) y orgánico (residuos de plantas y fauna viva, y/o en descomposición, y microorganismos y espacios porosos que alojan agua y aire) (FAO; Moralez, 2020), que es la estructura de la red trófica de los servicios ecosistémicos y la alimentación (Aguirre F, Piraneque G., & et al, 2022)

Dentro de los componentes del suelo, se encuentran elementos esenciales para nutrición de las plantas, como nitrógeno, potasio y fósforo, que son los mayores reguladores de crecimiento de las plantas de cultivos (Idrogo V., 2019), así mismo, las funciones del conjunto de organismos que participan en el suelo “edafón” descomponen material orgánico, hacen proceso de mineralización, reciclaje, producen humus, permiten la movilidad de nutrientes, fijan nitrógeno, forman agregados y airean el suelo, entre otros (Enríquez, 2022), sin embargo, la extracción constante genera que estos se agoten bajando los niveles de fertilidad que posee el suelo (Rengifo M & Londoño Z., 2022), por ello, los agricultores solían adicionar o abonar con residuos de material vegetal u otros, los terrenos como método de compensación, ahora sustituido por fertilizantes de síntesis química (FAO).

A partir de estas actividades antrópicas, se han encontrado estudios que determinan las consecuencias que traen los productos de síntesis química, en las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, también referido como una “degradación”.

¿En qué momento sucede degradación por agroquímicos?

De acuerdo con la (FAO), el proceso de degradación del suelo es más rápido que la regeneración, debido a las malas prácticas o problemas de erosión. Y de acuerdo al INTA (2015) citado por Monar en (2020) los residuos de plaguicidas se pueden conservar de manera física en la matriz del suelo, estos no cambian su naturaleza, por el contrario, se acumulan en la parte superficial o interna de las partículas del suelo logrando entrar y adherirse a ellas.

Las principales afectaciones que se distinguen en el suelo por causa de la degradación son el sostenimiento de la biomasa y biodiversidad, el desarrollo de genes y la preservación (Ariza R., González M, & et al, 2020).

Se entiende que existen varios tipos de degradaciones en el suelo, algunas de tipo físicas como la meteorización, que causa la compactación a partir de la alteración de la porosidad del suelo, afectando la movilidad del agua, la aireación, restringiendo la recarga en los acuíferos, y la degradación química que acumula concentraciones elevadas de tóxicos que sobrepasan la capacidad de mitigación del suelo, alterando los ciclos biogeoquímicos, transformando las propiedades y desencadenando acidificación, salinización, mineralización y contaminación en el suelo (Aguirre F, Piraneque G., & et al, 2022).

El excesivo uso de los fertilizantes y/o pesticidas, o la ineficiencia de estos, puede generar cosechas de baja productividad, así como el lavado de los nutrientes a las aguas subterráneas (FAO). Estas moléculas de los ingredientes activos, se conservan en el suelo, retardando u obstaculizando procesos fisiológicos de las plantas, además de generar cambios en la estructura del suelo, ocasionando salinización y acidificación. (Cabello M, Gorelli G., & et al, 2017, pág. 31).

La degradación por agroquímicos también genera una afectación en los microorganismos presentes, disminuyendo su población, limitando sus condiciones e incluso interrumpiendo su desarrollo (Maddela, Eller, & Prasad, 2023).

Se hace visible que las actividades antrópicas son agravantes en la degradación, como lo menciona Espinosa Ramírez, Andrade Limas, *et al* (2011), las deficientes prácticas agrícolas y la precaria innovación se suman a la nula conciencia que se tiene a la hora de usufructuar los recursos disponibles.

Agroquímicos que afectan el suelo.

Los datos de los últimos años revelan un crecimiento global del 4 a 5.4%, de uso de plaguicidas, donde el nitrógeno y el carbono son la fuente principal, estos se degradan por acción microbiana (FAO & GTIS, 2015).

Según el convenio de Estocolmo, la residualidad de una sustancia en el suelo, se evalúa en un T1/2 mayor a 6 meses (Linares M, 2007).

Tabla 1. Persistencia de productos en su vida útil

Persistencia de productos en su vida útil		
No Persistente	Días hasta 12 meses	
Moderadamente Persistente	1 mes a 18 meses	
Persistente	Varios meses a 20 años	Clorados
Indefinidamente	+ de 20 años	Mercurio, Plomo y Arsénico

Elaboración propia de autores, tomada de (Ramírez & Lacasaña, 2001).

Normalmente estas sustancias se establecen en el mantillo de suelo, que con el tiempo disminuyen la productividad del suelo, y afecta las propiedades químicas, además de generar una acumulación excesiva que perjudica las cosechas posteriores. (Izquierdo R, 2017).

En relación con los organofosforados, productos como el Paration, son causantes de la inhibición completa en el proceso la bacteria nitrobacter en la nitrificación. Otros no tanto, como el Malatión, que en 10 mg/ml solo causa un leve retraso, es decir, que en comparación con los carbamatos y los hidrocarboreoclorinados, los organofosforados no presentan un mayor impacto negativo en los procesos de nitrificación. Aun así, los plaguicidas organofosforados deber ser utilizados de forma controlada y racional (Badii &

Varela, 2008). De acuerdo con Sun, Sidhu, & *et al* en (2018), en la aplicación de agroquímicos, solo el 1% se queda en el blanco biológico y el resto se mantiene en el suelo.

Velásquez C, Ortiz S, *et al*, (2022), evidenciaron residuos persistentes de diversos fertilizantes y pesticidas como:

Tabla 2. Residualidad de sustancias agroquímicas en el suelo.

Producto	Cantidad (mg/Kg)
Glifosato	2.05 mg/kg
Hexaclorobenceno	0.01 mg/kg
Benzopireno	0.04 mg/kg
Hexaclorociclohexano	0.02 mg/ kg
DDT (Prohibido)	0.31 mg/kg
Carbamatos	0.034 mg/kg
Triazina	0.163 mg/kg
Conazole	0.065 mg/kg.

Elaboración propia de autores, tomada de (Velásquez C, Ortiz S, & *et al*, 2022) y (HvězdoVá, Kosubová, & *et al*, 2018).

Según HvězdoVá, Kosubová, & *et al*, (2018), varias de los residuos de las sustancias de la tabla 2, están en altos niveles y no se han degradado, a pesar de que se aplicaron en meses atrás.

A su vez, varios autores asocian otro tipo de contaminación en suelo por parte de los metales pesados contenidos en fertilizantes y plaguicidas, de hecho, un estudio de Yang, Zhou, & *et al*, (2013), halló altos contenidos de zinc (Zn), cadmio (Cd), plomo (Pb), y cobre (Cb), mayormente en suelos de tipo agrícola que no agrícola. Es decir, fuentes nutricionales como fertilizantes fosforados poseen alta concentración de cromo (Cr), cobre

(Cu), níquel (Ni), plomo (Pb), y zinc (Zn), así mismo, enmiendas con calcio presentan niveles significativos de plomo (Pb) y zinc (Zn) (Carrasco R, León S, & et al, 2006). Que de cierta manera, si representa una problemática en el suelo, ya que estos metales no se logran degradar al no ser solubles (Mahmoud & Ghoneim, 2016), y resultan en la bioacumulación e intoxicación del suelo. (Hu, Shao, & et al, 2019).

La bioacumulación de los metales, se refleja en la disminución de la fertilidad del suelo por exceso de iones como zinc (Zn), mercurio (Hg), cobre (Cu), plomo (Pb), cromo (Cr), arsénico (As), cadmio (Cd), y níquel (Ni), sobre todo presentado en cultivos de arroz (Hu, Shao, & et al, 2019).

Por otro lado, el exceso de iones de Na^+ dañan la estructura del suelo (Abdel S, Al-Khabbas, & et al, 2017), y altos niveles de bases como el bicarbonato limitan la capacidad de la planta para absorber agua, afectando su desarrollo (Serre K & Karuppanan, 2018).

Todas las moléculas y compuestos de los agroquímicos que se mantienen en el suelo, tienden alterar los procesos biológicos, físico-químicos mencionados y que se han considerado como contaminantes acumulados en el suelo.

Tipos de degradación de suelos por uso de agroquímicos.

Para Hussain, Siddique, *et al* (2009), la empleabilidad y características sintéticas de los pesticidas tienen una influencia directa en la neutralización de microorganismos benéficos en el suelo, una de las consecuencias más nombradas es la inestabilidad de microorganismos fijadores de nitrógeno, ocasionando la nitrificación o desnitrificación del medio donde se aplican altos contenidos de productos químicos (Cycon, Piotrowska-Seget,

& et al, 2010). El resultado del uso de pesticidas son entre otras; la pérdida de microorganismos, la lixiviación de nutrientes y no menos importante la salinización de los suelos por la retención de diferentes moléculas, (Serna M & Vélez, 2022) y (Balawejder, Szostek, & et al, 2020), ya que en zonas en las que la necesidad hídrica y su transpiración son superiores a los niveles de precipitaciones, las sales presentes no puedan ser eliminadas de forma independiente, alterando las condiciones químicas del suelo (Alcivar L, 2018) y (Girón P., 2019).

De acuerdo con Bozal-Leorri (2023), el aporte de fertilizantes nitrogenados a aumentando significativamente nueve veces más desde el año 1960, pero su eficiencia ha decaído de un 64% a un 47%, señalando que estas actividades agrícolas superan los procesos naturales de producción del nitrógeno (N).

La extensión de suelos deteriorados por erosión, salinización, compactación, acidificación y otros es del 33% del total terrestre, (FAO & GTIS, 2015), donde del 30% o 40% del suelo cultivable a nivel mundial, el 70 % de estos pueden caracterizarse por ser ácidos (Cruz M, Rodríguez L, & et al, 2021), y aproximadamente el 6% del área total mundial, es decir 830 millones de hectáreas cuentan con problemas de salinización, en otras palabras, un área cultivable de 20% (Aimituma F, Llanqui T, & et al, 2023).

Tabla 3. Tipos de degradación por causa de uso de agroquímicos y sus efectos.

Tipo de Degradación	Causa	Efecto	Referencia
Salinización	~ Exceso de fertilizantes.	~ Acumulación en altos niveles de sales.	~ (Aimituma F, Llanqui T, & et al, 2023).
	~ Prácticas agrícolas	~ Aumento de pH.	~ (FAO & GTIS,
		~ Exceso de CE 4dS m ⁻¹ .	

	inadecuadas	~ Sodio intercambiable <15%.	2015).
		~ Deficiencia nutricional.	~ (Alcivar L, 2018).
		~ Toxicidad.	~ (Girón P., 2019).
		~ Menor capacidad de filtrar agua.	
		~ Impide intercambio de gases.	
		~ Dificulta el desarrollo radicular.	
		~ Reduce productividad en cultivos.	
		~ Perdida total de producción.	
	Acumulación	~ Limita crecimiento de plantas.	~ (Castro F &
	de altas	~ Dificulta absorción y reserva de	Gómez S, 2015).
	concentraciones	nutrientes.	~ (FAO).
	de metales	~ Limita crecimiento microbiano	~ (Cruz M,
Acidificación	pesados, y	presente.	Rodríguez L, & et al,
	minerales	~ Reduce biodiversidad edáfica.	2021)
	tóxicos.	~ Afecta rendimiento de cultivos.	
		~ Altera la capacidad de	
		intercambio catiónico (CIC).	
	~ Cantidad	~ Eutrofización.	~ (Guzmán D &
	elevada de	~ Contaminación de aguas	Montero T, 2021).
	fertilizante	subterráneas.	~ (García G, Capera
Nitrificación	nitrogenado e	~ Disminuye la disponibilidad de	R, & et al, 2020).
	suelos con alto	nitrógeno.	~ (Bozal-Leorri,
	drenaje.	~ Afecta la fertilidad del suelo.	2023).

~ Lixiviación de nitrógeno. ~ Perdida del elemento por lixiviación. ~ (Norton & Ouyang, 2019). ~ (Montaño & Sánchez-Yañez, 2014).

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

Asimilar que los procesos de degradación del suelo (salinización, acidificación y nitrificación), también son causa de uso de los agroquímicos, ha conllevado a buscar alternativas como la biorremediación para mejorar y fortalecer las condiciones edáficas del medio que produce alimentos.

¿Qué es la biorremediación?

El término “biorremediación” fue utilizado en la década de los 80, pero en el año 1930, la idea fue introducida por “Tausz y Donath “ (Stephenson & Stickland, 1930), como la primera estrategia que se podría abordar directamente en suelos degradados, esto con la intención de remover elementos contaminantes. En el caso particular, esta se centra en la adopción de microorganismos con capacidades intrínsecas para llevar a cabo dichas labores (Garzón & Rodríguez M, 2017).

La biorremediación se caracteriza como un proceso reparador o degradador de sustancias o agentes tóxicos que obstaculizan el funcionamiento correcto del suelo, (Brutti, Beltran, & et al, 2018) y (Rodríguez A, Hernández H, & et al, 2022). En ocasiones, este proceso se puede apreciar como un posible equilibrio entre condiciones idóneas y nutritivas para el

crecimiento de microorganismos capaces de desarrollar habilidades para desvanecer o neutralizar sustancias limitantes (Cota R, Nuñez G, & et al, 2018).

Dicho esto se puede definir la biorremediación como la empleabilidad de hongos, bacterias, enzimas o plantas con la facultad de frenar o eliminar parcial o totalmente condiciones de degradación (Muñoz C & Guillén C, 2015), ya que estos, son descomponedores de residuos vegetales y animales, y obtención de humus agregado al suelo (FAO).

Para que los microorganismos logren desarrollar esta labor, necesitan de ciertas condiciones mínimas, temperatura, agua, disponibilidad de oxígeno y de nutrientes que son determinantes en este tipo de procesos (Ferreira Do Nascimento, Santos Oliveira, & et al, 2013). Los microorganismos son capaces de degradar o descomponer diversos compuestos tóxicos siempre y cuando se mantengan niveles manejables (Maddela, Eller, & Prasad, 2023).

En un suelo con capa superficial de pocos centímetros con intensas precipitaciones y buena materia orgánica, la regeneración del suelo puede demorar 50 años, sin embargo, en suelos de alta montaña pueden demorar mil años (FAO).

En la biorremediación se observan diferentes métodos que pueden lograr buenos resultados, según el tipo de microorganismo, los factores bióticos y abióticos que requiere para su desarrollo.

Métodos de biorremediación en suelos.

Existen diversos métodos para remediar los suelos degradados, estos a su vez se dividen en dos, biorremediación In situ y biorremediación Ex situ (Dzionic, Wojcieszńska, & Guzik, 2016).

Tabla 4. Métodos de biorremediación.

Métodos de Biorremediación	
In Situ	Ex situ
Los organismos que están en el suelo tienen la habilidad natural de combatir agentes contaminantes sin usar agentes exógenos. La limitante de esta técnica se traslada a las condiciones del medio, como la temperatura, la disponibilidad de agua, y la carga microbiana, (Singh, Singh, & Sharma, 2014) .	La adición de microorganismos capaces de degradar o inmovilizar agentes nocivos, que impiden el funcionamiento del suelo y sus funciones, otros definen como la remoción del suelo afectado para ser tratado lo cual denominan tratamiento landfarming. Hanson <i>et al.</i> , (1997) referenciado por Manzano A & Hernández E., (2010), (Volke S. & Velasco T., (2002) y Naranjo C. (2010).

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

Para poder llevar a cabo cualquier tipo de biorremediación se deben cumplir una serie de condiciones, desde la presencia del organismo que debe poseer enzimas para producir la degradación de un contaminante en el suelo, como las condiciones favorables para que este organismo se desarrolle óptimamente y se prolifere abarcando mayor cobertura de degradación y biorremediación del suelo afectado (Rodríguez, McLaughlin, & al, 2019).

Al descubrir la oportunidad de biorremediación que tienen los microorganismos, de manera particular, diferentes autores hallan especies que tienen la capacidad de reducir varias moléculas o contaminantes, que permiten mejorar en suelo en las propiedades biológicas y

químicas como, la actividad microbiana en el suelo, la fertilidad, la relación de CIC, entre otros.

Biorremediación en suelos degradados por agroquímicos.

Antes de abordar la problemática de manera puntual, es preciso mencionar que para prevenir los suelos degradados se puede llevar a cabo prácticas amigables y sanas con el entorno, que no incurren en costos elevados, por el contrario, disminuyen los costos asociados a estas situaciones (Altieri & Nicholls, 2000).

Una de las prácticas es examinar el contenido de materia orgánica y de elementos nutritivos para mantener la composición del suelo. Esto reduce los efectos negativos y preserva el abono que requiere el suelo para su conservar su composición y mantener los rendimientos productivos (FAO).

A su vez, se han realizado investigaciones que favorecen la implementación de organismos vivos o compuestos orgánicos para biorremediar suelos afectados por agroquímicos. Como:

Tabla 5. Investigaciones asociadas a la biorremediación en suelos degradados por agroquímicos

Investigación	Resultados	Autor
<i>Pseudomonas rhizophila</i> S211, una nueva rizobacteria promotora del crecimiento vegetal con potencial en la	Promueve el crecimiento vegetal, tiene alta capacidad de biofertilizar, biocontrolar y biorremediar el suelo, esto a partir de la sintetización de biosurfactantes (BS) de la cepa S211 que produce ramnolípidos, que permiten la fijación de nitrógeno, así mismo, la degradación y	(Hassen , Neifar, & et al, 2018)

<p>biorremediación de pesticidas</p>	<p>eliminación de contaminantes como metales pesados, hidrocarburos y moléculas compuestas de agroquímicos. Esta bacteria puede llegar estable a temperaturas altas, tolera rangos diversos de pH y concentraciones de sal.</p>	
<p>Respuestas bacterianas al medio ambiente. contaminantes herbicidas (glifosato y paraquat)</p>	<p>Mediante el aislamiento de diferentes cepas de bacterias obtenidas en tanques de degradación de herbicidas, la cepa S13.3 presentó la mayor resistencia a ambos productos, posicionándola como una precursora de la degradación de estos compuestos en los suelos</p>	<p>(Mazhari & Ferguson, 2018)</p>
<p>Bacterias con potencial para biodegradar Carbofurano en suelos cultivados con papa criolla <i>Solanum phureja</i></p>	<p>Tres bacterias con capacidad de degradar compuestos como el carbofurano conocido como Furadan. El <i>Bacillus mycoide</i> logro una mayor degradación hasta los 7 días, posteriormente descendió logrando una efectividad del 53%, la <i>Serratia</i> logró un 56% y la mayor degradación la consiguió la <i>Pseudomona spp</i> con un 70%, que a pesar de que decreció en el día 10, se mantuvo estable en días siguientes. La aceleración de los procesos metabólicos de los microorganismos se debe a las enzimas y proteínas activas que estos contienen (Fan, Liu, & et al, 2012).</p>	<p>(Bautista R, Chaparro G, & et al, 2018)</p>

<p>Biodegradación de Fungicida Clorotalonil en Zonas Costeras del Caribe Colombiano Apto para Cultivos de Banano</p>	<p>Bacterias que biodegradaban compuestos de fungicidas como el clorotalonil (CHT), utilizado para control de sigatoka negra en banano, que son <i>Enterobacter</i>, <i>Klebsiella</i>, <i>Pseudomonas</i> y <i>Citrobacter</i>, que en 21 días redujeron un 100% del compuesto, es decir, la aplicación de estas bacterias mejoran la degradación 2.5 veces más, disminuyendo la vida media del CHT de 6.2 a 2.5 días.</p>	<p>(Betancourt P, Bautista D, & al, 2018)</p>
<p>Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando <i>Helianthus annuus L.</i> en la estación experimental El Mantaro</p>	<p>Se usó el cultivo de girasol (<i>Helianthus annuus L.</i>), para la extracción de metales pesados como arsénico (Ar), plomo (Pb), manganeso (Mn), zinc (Zn), cadmio (Cd), cobre (Cu), y hierro (Fe). este logró absorber los metales, que mayormente fueron retenidos en la raíz, que transloca en las hojas y finalmente en la semilla, alcanzando porcentajes de hasta el 50 % de fitoextracción, recomendando la permanencia hasta por 7 años</p>	<p>(Peña R & Beltrán L, 2017)</p>
<p>Efecto de microorganismos en la degradación de agroquímicos presentes en suelos</p>	<p>Uso de bacterias, enzimas, genes, extractos, plásmidos, hongos, micorrizas y hasta las mismas plantas, entre otros métodos como la fitodegradación, la fitoextracción, la rizodegradación, la fitoestabilización, la</p>	<p>(Moreno A & Suyon S, 2018)</p>

agrícolas.	rizofiltración, la fitovolatilización, la fitoinmovilización, el bioventing, los lodos biológicos y el compostaje. (Navarro P, 2018).
Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (<i>Amaranthus hybridus</i> L) y micorrizas	Por medio de algunas plantas se logra degradar o eliminar compuestos como los organofosforados, organoclorados, carbamatos, triazinas, metales pesados y otros, considerados contaminantes producidos por agroquímicos en suelos agrícolas, además de restaurar las condiciones del suelo. (Ortiz C, Trejo , & et al, 2009)

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

En la actualidad, existen diversas investigaciones respecto al tema de biorremediación edáfica sobre todo en sistemas afectados por agroquímicos, permitiendo conocer varias técnicas para la restauración de los suelos (Moreno A & Suyon S, 2018). De manera general, la biorremediación de suelos afectados por agroquímicos y la biodegradación de estos compuestos, están estrechamente relacionados.

Tras la revisión de diferentes publicaciones se logró agrupar las propuestas de biorremediación según el tipo de degradación del suelo encontrándose: Suelos Salinizados, Acidificados y Nitrificados.

Biorremediación en suelos salinizados.

Algunos de los métodos descritos como biorremediadores de suelos salinos se trata de la empleabilidad de compostaje, vermicompost, y plantas halófitas, como por ejemplo:

Tabla 6. Métodos de biorremediación en suelos salinos.

Biorremediador	Descripción
Compostaje	Es la utilización de residuos orgánicos (alimentos en descomposición o residuos de los mismos, residuos de cosecha, boñiga de semovientes). (Ruíz B, 2023)
Vermicompostaje	Es la empleabilidad de lombrices con facultades de reducir o desfragmentar elementos orgánicos insolubles. (Ruíz B, 2023).
Plantas Halófitas	Tienen capacidad de adaptarse y crecer sin problemas en suelos altamente salinos, tienen la habilidad de degradar metales pesados presentes, con facultades de tomar del entorno sales y subirlas a la parte aérea de la planta, hay más de 600 especies. (Coc-Coj, Cámara-Mota, & et al, 2020) y (Lombardi, Bertacchi, & et al, 2022).

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

Las ventajas que otorga la mezcla de compostaje y vermicompostaje se evidencia en, aumento de la fertilidad de los suelos con la adición de materia orgánica, donde se estima que la dosis de adición de esta se establece entre 50 y 100 Mg/Ha, eleva los contenidos de micro y macronutriente, evitando así la dependencia de fertilización inorgánica, mejora la lixiviación de Na⁺, aumenta la actividad microbiológica, beneficia en la mineralización de carbono, estabilización de pH, Hernández A, Gascó G, *et al*, (2012), Villegas C, Laines C (2017), y Vázquez, Loli (2018). También mejora condiciones físicas del suelo, estructuralmente mejora la aireación, la profundidad efectiva de las raíces, la disponibilidad de agua y la estabilidad en los agregados (Pastor M, Martínez, & al, 2016).

Por otro lado, las especies de plantas halófitas más relevantes son *Laptochloa fusca*, *Mesembryanthemum crystallinum* L., *Salicornia* sp., *Suaeda marítima*, *Mesembryanthemum nodiflorum*, que cuentan con elevadas características extracción de metales pesados y eliminación de solutos salinos, retienen considerables cantidades de agua, ayudan a la porosidad del suelo, aumentando la lixiviación de sales (González V, 2022).

Biorremediación en suelos Acidificados (o con acidificación).

Comprendiendo que la mayor generación de acidez en los suelos es consecuencia de la acumulación de minerales y metales pesados tóxicos, ya que en estos medios se movilizan con mayor facilidad. Se han encontrado diversos estudios que afirman la alta capacidad que tienen las plantas específicas para rizofiltrar, fitoestabilizar y fitoextraer metales que imposibilitan en desarrollo de microfauna y flora (Ibarra R, 2022). Como por ejemplo:

Tabla 7. Métodos de biorremediación en suelos ácidos.

Biorremediador	Descripción
Rizofiltración, Fitovolatilización y Fitoestabilización	El primero permite a las plantas absorber, degradar o precipitar los metales por medio de relaciones simbióticas (Zuñiga, 2019), el segundo logra eliminar contaminantes como el arsénico y el tercero depende del tipo de cultivo, la variedad, el tipo de plantas, estas deben tener raíz prominente y abundante (García, Villada, & et al, 2018), por ejemplo, las micorrizas arbusculares absorben y translocan los metales en sus raíces inmovilizándolos, evitando que se diseminen en el entorno, Zhan , Li , & et

	al (2018); Aguirre, Fischer, & et al, (2012).
Fitoextracción con plantas metalófitas, tipo endémicas	Facilita la extracción de metales tanto orgánicos como inorgánicos (Cordero C, 2015). Esta técnica considera plantas con tolerancia a contenidos altos de metales, y capacidad de acumular elementos tóxicos tanto en raíz como en partes aéreas, como ejemplo, los pastos, son bioacumulantes de plomo (Pb) en su raíz, en entornos ácidos por contaminación de metales, por ende es un método viable de biorremediación a largo plazo (Morales F & Ruíz T, 2008).
Uso de vermicompost tipo Pozon y Uredo al 75% y al 100%	Logran incrementar el pH de 3.8 a 4.5 en 45 días, reducir la acidez intercambiable y mejorar los niveles de materia orgánica, sin embargo, no hay eliminación total de aluminio, ni elevación del pH mayor de 4.5, por ende, sugieren un periodo de incubación mayor, aun así, se considera un método para mejorar suelos con niveles importantes de acidez. (Atacho, Rodríguez, & al, 2017).
Uso de bacterias, hongos, algas y plantas	Es positivo el uso de bacterias, hongos filamentosos y basidiomicetes, algas y plantas en suelos con niveles de pH de 3.5 a 4.37, ya que estimulan y aumentan los microorganismos biológicos del suelo. (Ibarra R, 2022).

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

Las técnicas orientadas a la biorremediación de suelos ácidos, han permitido no solo la nivelación del pH, sino también, el aumento de la actividad biológica, y un mayor intercambio de bases que posibilita el desplazamiento del aluminio a los coloides, (Atacho, Rodríguez, & al, 2017), por otro lado, Ibarra R en (2022) manifiesta que la incorporación

de compostaje, proporciona la degradación de compuestos orgánicos que aumentan el pH sin incurrir en niveles alcalinos.

Biorremediación en suelos Nitrificados (con nitrificación)

El nitrógeno es fundamental en producción, fisiológicamente contribuye al ensamblaje de distintas enzimas, además de proteínas, pero su uso irracional ha generado una serie de dificultades como la degradación, problemas de acidificación y a su vez salinización (Barak, Jobe, et al., 1997; Giordano, Petropoulos, et al., 2021; Wang, Wang, et al., 2021).

Para contrarrestar estos efectos negativos, se emplean una serie de elementos biorremediadores.

Tabla 8. Métodos de biorremediación en suelos nitrificados.

Biorremediador	Descripción
Uso de diez cepas bacterianas desnitrificantes de un suelo contaminado con abono nitrogenado	Complejo bacteriano de <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Pseudomonas stutzeri</i> , <i>Peptoestreptococcus</i> sp., <i>Acinetobacter</i> sp., <i>Propionibacterium</i> sp., <i>Staphylococcus coagulasa negativa</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Corynebacterium</i> sp., <i>Clostridium</i> sp. y <i>Actinomyces</i> sp, que tienen la habilidad in vitro de desnitrificar el nitrato a moléculas de nitrógeno, (Benavides L, Quintero, & et al, 2006), y presentan facultades para emplear los nitratos y nitritos en ausencia de oxígeno para llevar a cabo sus procesos metabólicos, (Amaya F, Peña B, 2005; Rich, Heichen, et al., 2003; Sharma, 2012).
Fitoextracción	Plantas capaces de retener y emplear compuestos tóxicos en su

con plantas Heliconias	funcionamiento, son orinarías del trópico con adaptabilidad de climas muy cálidos, (Orejuela R, 2017; Peña S, Madera P, et al., 2013).
Uso de microalgas, <i>Scenedesmus</i> sp	Posee la capacidad de emplear el nitrógeno presente para la producción de energía celular, formación de paredes membranosas y sintetizar proteína, (González F, Guerrero B, & et al, 2022) y (Rosales , Rodríguez, & et al, 2018).
Uso de bacterias fijadoras de nitrógeno	Bacterias fijadoras como el género <i>Rizobium</i> , hacen proceso de simbiosis con los nódulos de las raíces, característico de la familia <i>fabaceae</i> . Es una de las alternativas más eficientes y amigables, evita el uso de nutrientes inorgánicos, (García G, Capera R, et al., 2020; Sessitsch, Howieson, et al., 2010). Otras como, <i>Klebsiella</i> spp., <i>Azospirillum</i> sp., <i>Desulfovibrio</i> sp., <i>Clostridium pasteurianum</i> , otras bacterias aeróbicas obligadas como <i>Beijerinckia</i> sp., <i>Azotobacter</i> spp., que fijan el nitrógeno atmosférico y son capaces de vivir en el suelo sin depender de compuestos secretados por las plantas, no son dependientes de la simbiosis raíz-bacteria, (Bautista C & Martínez G, 2021) y (Chiriboga A & Armijos C, 2022).

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

Generalmente son tratamientos biorremediadores que se emplean en aguas residuales, pero que en ocasiones han sido utilizados en suelos con degradación por residuos de nitratos y amoniacos, donde resulta ser una alterativa muy amigable y saludable para el medio ambiente (López P, 2016).

Finalmente, se debe tener en cuenta que para hacer aplicaciones de agroquímicos a nivel global existen unas normas que rigen su uso con especificaciones para cada país, como se muestra a continuación.

Normativa que controla el uso de los agroquímicos

En la agricultura, es cada vez más notoria, la dependencia a los productos químicos. La falta de recursos naturales para resolver la alimentación y necesidades de consumo de una población en crecimiento exponencial ha causado la sobreexplotación de estos (Reyes P & Cano C, 2022). En términos de cifras, la agricultura constituye un modelo económico de desarrollo para los países, dado que en países poco desarrollados puede llegar a representar hasta el 25% del PIB. Por tal motivo, es fundamental que los gobiernos implementen políticas públicas favorables para el sector agropecuario (Banco Mundial, 2023).

Considerando la relevancia de la agricultura y la eficacia de los químicos a nivel global, se han evidenciado los desafortunados resultados por la utilización indiscriminada de dichos productos, en relación con el medio ambiente y el suelo (Kumar, Choudhary, & et al, 2021). Por esta razón, en el año de 1982, fue creada Pesticide Action Network (PAN) como una iniciativa de entes no gubernamentales para el uso racional de productos de síntesis química en la agricultura. Dicha entidad está presente en 90 países a nivel global, conformada por más de 600 ONG, quienes promueven el 26 de noviembre como el día mundial contra el uso indiscriminado de agroquímicos (PAN, 2023) y (UDIS, 2023).

Se data esta organización, como una de las primeras en llamar la atención sobre el uso desmedido de los agroquímicos, sin embargo, la primera organización en hacer su aparición en el ámbito de alimentación y agricultura mundial fue la FAO, conformada en el año 1945,

y a penas en el año 1998 dio a conocer los problemas que representaban los agroquímicos por medio del convenio de Róterdam, debido a esto, la FAO actualmente es uno de los entes notables en la toma de directrices respecto a la agricultura (FAO, 2023).

Por supuesto, qué a raíz de estas alertas emitidas se fueron constituyendo otras organizaciones de ámbito público como privado para mayor control y protección respecto al uso de sustancias químicas dentro de la agricultura. Una de ellas es croplife internacional, que es una asociación privada que establece vínculos entre las empresas productoras de agroquímicos en el mundo, fundada en el año 2001 (CropLife, 2023).

Otras entidades, como la IRAC y la FRAC, se conformaron a nivel mundial con la intención de disminuir la contaminación y preservar los recursos naturales como el suelo. La primera se fundó en 1984, para el control de insecticidas y su resistencia, y la segunda fue creada para controlar la resistencia de fungicidas, pero no son dos entidades aisladas, ya que ambas velan por la sostenibilidad, el uso racional de insecticidas y fungicidas (IRAC, 2023) y (FRAC, 2020).

A nivel continental, Europa es reconocida como el continente que más ha destinado en la álgida tarea de disminuir la degradación de los recursos ambientales por el uso intensivo de los agroquímicos. En 2006, el Parlamento Europeo creo la (REACH), la agencia de preparados y sustancias químicas (EUR-LEX, 2023). Por otro lado, en el año 2002, fue fundada la (EFSA), como la autoridad europea de seguridad alimentaria, que dentro de sus funciones también desarrolla programas muy oportunos como el de monitoreo de pesticidas (EFSA, 2023) y (EFSA, 2015). A propósito, el Parlamento emitió la resolución 2548 de

2021 que dicta medidas sobre la protección del suelo a nivel continental (OEIL EUROPARL, 2021).

En relación con los demás continentes, se evidencia una disminución en su participación en asuntos de regulación, aunque en América se destaca la USDA, como el departamento de agricultura de los Estados Unidos, siendo el de mayor aporte en estos temas (USDA, 2023). El trabajo mancomunado será vital, por ello cada país debe ser promotor de políticas que mitiguen y aborden el tema en cuestión de la manera más oportuna.

A medida del tiempo se han ido constituyendo entidades como trampolines para acceder a los grandes mercados, como los sellos de calidad, los más conocidos son:

Tabla 9. Sellos de calidad como reguladores agrícolas.

Sellos de calidad	Descripción	Presencia
Global G.A.P	Entidad conformada con el fin de establecer criterios y estándares mínimos para la producción primaria y toda la cadena de suministros, respecto a toda la parte agropecuaria (Global GAP)	En más de 130 países, y 180 entidades certificadores. (Global GAP)
Rainforest Alliance	La función principal de Rain Forest se encamina a desarrollar producciones sostenibles, preservando el medio forestal y las adecuadas prácticas inherentes en sus producciones. (RainForest).	En 70 países, 2,3 millones de agricultores certificados

Elaboración propia: Adaptado de anteriores investigaciones

CONCLUSIONES

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, la degradación de los suelos por el uso desmedido de agroquímicos es un tema que está tomando una relevancia protagónica con el paso de los días, el suelo al ser determinante y donde convergen un sin número de interacciones microbianas y una cantidad de relaciones importantes para la producción agrícola debería ser utilizado con responsabilidad.

Por tal motivo, es vital que los sectores públicos y privados empiecen a desarrollar políticas, mecanismos y acciones dirigidas hacia la sostenibilidad agrícola bajo una producción consciente, donde se tramiten alternativas de conservación, restricción y propulsión de soluciones biológicas.

En general, la biorremediación es una herramienta que ha sido empleada de manera puntual en el sector de hidrocarburos, pero en los últimos años ha se ha convertido en una herramienta efectiva en la agricultura, logrando mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, principalmente con problemas de degradación por el uso desproporcionado de los agroquímicos.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios y a la vida por la sabiduría, perseverancia y amor que motivó cada día a seguir este sueño que hoy se hace realidad.

A la Universidad de Cundinamarca por abrirnos las puertas del aprendizaje y guiarnos con grandes maestros que sembraron en nosotros la semilla de ser grandes profesionales con ética y valores.

A nuestra tutora, la Dra. María Claudia Leguizamo Bermúdez, por su profesionalismo en el área, dedicación y palabras de aliento que lograron dar fruto a nuestro esfuerzo.

A nuestras familias, que desde el inicio nos apoyaron y estuvieron constantemente caminando de la mano con cada uno de nosotros, para alcanzar cada uno de nuestros propósitos.

REFERENCIAS

Abdel S, A., Al-Khabbas, M., & et al. (Marzo de 2017). *Quality assessment of groundwater and agricultural soil in Hail region, Saudi Arabia*. Obtenido de The Egyptian Journal of Aquatic Research: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428516300899>

Aguirre F, S., Piraneque G., N., & et al. (2022). *Suelo y cambio climático*. Santa Marta - Colombia: Unimagdalena.

- Aguirre, G., Fischer, G., & et al. (2012). *Tolerancia a metales pesados a través del uso de micorrizas arbusculares en plantas cultivadas*. Obtenido de Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas UPTC: <https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i1.1260>
- Aimituma F, K., Llanqui T, S., & et al. (20 de Enero de 2023). *Biorremediación de suelos salinos con enmiendas orgánicas de estiércol de cuy y vacuno, Cusco-Perú*. Obtenido de Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas REACAE: <http://209.45.90.234/index.php/reacae/article/view/388/889>
- Alcivar L, M. (2018). *Recuperación de un suelo salino-sódico con enmiendas combinadas: Impacto sobre el performance de Quinoa y calidad biológica del suelo*. Obtenido de Universidad de Concepción: http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/3248/4/Tesis_Recuperacion_de_un_suelo_salino_sodico.Image.Marked.pdf
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Obtenido de PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/18777>
- Amaya F, H. C., & Peña B, A. E. (2005). *Evaluación in vitro de la reducción de nitrato, por consorcios bacterianos desnitrificantes nativos aislados de un suelo proveniente de un cultivo de cebolla contaminado por exceso de fertilizantes nitrogenados*. Obtenido de Ciencia La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1595
- Andrade, F. (Abril de 2016). *Los desafíos de la agricultura*. Obtenido de Fediap Educación y Desarrollo para el Medio Rural y su gente e International Plant Nutrition Institute: <http://fediap.com.ar/wp-content/uploads/2021/05/Los-desafios-de-la-Agricultura-Fernando-H.-Andrade.pdf>

- Ariza R., S., González M, O., & et al. (Junio de 2020). *Evaluation of free nitrogen biological fixers on the growth of grasses on degraded soil*. Obtenido de Revista Colombiana de Biotecnología: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/78019/pdf>
- Atacho, P., Rodríguez, N., & al, e. (21 de Abril de 2017). *Uso de soluciones de vermicompost para la biorremediación de un suelo ácido en la sierra de San Luís - Venezuela*. Obtenido de Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Revista Científica A.S.A: <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/3393/2118>
- Badii, M., & Varela, S. (Octubre de 2008). *Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud y el Ambiente*. Obtenido de CULCYT Cultura Científica y Tecnológica: <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/issue/view/64/68>
- Balawejder, M., Szostek, M., & et al. (12 de Febrero de 2020). *Un estudio sobre los posibles efectos de fertilización del fertilizante microgránulo a base de proteínas y huesos calcinados en el cultivo de maíz*. Obtenido de Multidisciplinary Digital Publishing Institute - Desarrollo Sostenible de la Bioeconomía, Desafíos y Dilemas: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1343>
- Banco Mundial. (31 de Marzo de 2023). *Agricultura y alimentos*. Obtenido de Banco Mundial BIRF AIF: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>
- Barak, F., Jobe, B., & et al. (1997). *Efectos de la acidificación del suelo a largo plazo debido a los aportes de fertilizantes nitrogenados en Wisconsin*. Obtenido de Planta y suelo: <https://doi.org/10.1023/A:1004297607070>
- Bautista C, A., & Martínez G, V. (12 de Enero de 2021). *Promoción del crecimiento de Agave potatorum Zucc. por bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre*. Obtenido de Terra Latinoamericana: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.647>

- Bautista R, L., Chaparro G, A., & et al. (2018). *Bacterias con potencial para biodegradar Carbofurano en suelos cultivados con papa criolla Solanum phureja*. Obtenido de Revista de la Facultad de Ciencias Básicas: <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/bistua/article/view/560/521>
- Bautista R, V., Ken R, C., & Keita, H. (06 de Diciembre de 2021). *El papel de la agricultura en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales de Quintana Roo: un ciclo autosostenido*. Obtenido de Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional: <https://doi.org/10.24836/es.v30i56.987>
- Benavides L, J., Quintero, G., & et al. (17 de Noviembre de 2006). *Aislamiento e identificación dediez cepas bacterianas desnitrificantes a partir de un sueloagrícola contaminado con abonos nitrogenadosproveniente de una finca productora de cebolla en laLaguna de Tota, Boyacá, Colombia*. Obtenido de Nova UNAD: <https://doi.org/10.22490/24629448.360>
- Betancourt P, J. M., Bautista D, P. A., & al, e. (2018). *Biodegradación de Fungicida Clorotalonil en Zonas Costeras del Caribe Colombiano Apto para Cultivos de Banano*. Obtenido de Tecciencia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-36672018000200019&script=sci_abstract&tlng=en
- Bozal-Leorri, A. (2023). *Los inhibidores biológicos de la nitrificación y su importancia en la agricultura**. Obtenido de Fundación de Estudios Rurales ANUARIO : <https://www.upa.es/Anuario2023/027-Anuario-2023-Bozal.pdf>
- Brutti, L., Beltran, M., & et al. (2018). *Biorremediación de los recursos naturales*. Obtenido de Inta Digital - Repositorio Institucional: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/4027>

Cabello M, J., Gorelli G., S., & et al. (22 de Diciembre de 2017). Problemas en la cuantificación de la degradación del suelo. *Moleqta, Revista de ciencias de la universidad de Pablo de Olavide*(28), 27.

Carrasco R, M., León S, O., & et al. (2006). *Metales pesados y biodisponibilidad*. Obtenido de Universidad de Chile: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf

Cartes, G. (Octubre de 2013). *Degradación de suelos agrícolas y el SIRSD-S*. Obtenido de ODEPA - Ministerio de agricultura de Chile: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricultora201310.pdf>

Castro F, H., & Gómez S, M. (03 de Junio de 2015). *Suelos sulfatados ácidos : el caso del valle alto del río Chicamocha Boyacá – Colombia*. Obtenido de Uptc - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3889>

Chiriboga A, H., & Armijos C, J. (2022). *Caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno (N₂) de vida libre, provenientes de cultivos comerciales de cacao y maíz*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Litoral: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/55830/1/T-112330%20Chiriboga-Armijos.PDF>

Coc-Coj, O., Cámara-Mota, A., & et al. (Julio de 2020). *La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales*. Obtenido de Revista Iberoamericana de Ciencias: <http://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3800103.pdf>

Cordero C, J. (2015). *Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la*

finca furatena alta en el municipio de útica (cundinamarca). Obtenido de Universidad Libre: <https://acortar.link/m9ey3u>

Cota R, K., Nuñez G, J., & et al. (01 de Mayo de 2018). *Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones*. Obtenido de Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud Biotecnia - Universidad de Sonora: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/811/298>

CropLife. (2023). *Nuestra historia. Impulsar la innovación en la agricultura para un futuro sostenible*. Obtenido de CropLife International: https://croplife.org/who-we-are/#our_story

Cruz M, W., Rodríguez L, L., & et al. (12 de Enero de 2021). *Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico*. Obtenido de Revista Terra Latinoamericana - Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792020000400475

Cuautle, V. Á., Mendoza, L., & al, e. (2021). *Aplicaciones de la biorremediación*. Obtenido de Buap, Revista Latinoamericana el ambiente y las ciencias.: <https://rlac.buap.mx/sites/default/files/RLAC%2012%2831%29-5.pdf>

Cycon, M., Piotrowska-Seget, Z., & et al. (Julio de 2010). *Respuestas de microorganismos autóctonos a una mezcla fungicida de mancozeb y dimetomorfo agregada a suelos arenosos*. Obtenido de International Biodeterioration y Biodegradation: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096483051000051X>

Dzionic, A., Wojcieszńska, D., & Guzik, Ú. (Septiembre de 2016). *Portadores naturales en biorremediación: una revisión*. Obtenido de Electronic Journal of Biotechnology:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0717345816300732?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=80e210f53a77f7a4

EFSA. (2015). *Pesticide Monitoring Program: Design Assessment*. Obtenido de European Food Safety Authority:
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4005>

EFSA. (2023). *Quiénes somos efsa*. Obtenido de
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4005>:
<https://www.efsa.europa.eu/es/about/about-efsa>

Enríquez, G. (22 de Abril de 2022). *Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos*. Obtenido de IICA - Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura:
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20083/BVE22048488e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa Ramírez, M., Andrade Limas, E., & et al. (2011). *Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México*. Obtenido de Papeles de Geografía - Dialnet : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4056229>

EUR-LEX. (08 de Junio de 2023). *Reglamento (CE) n° 1907/2006 del Parlamento Europeo*. Obtenido de EUR LEX - Acceso al derecho de la Unión Europea:
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/2014-04-10>

Fan, X., Liu, X., & et al. (13 de Marzo de 2012). *Identification and characterization of a novel thermostable pyrethroid hydrolyzing enzyme isolated through metagenomic approach*. Obtenido de Microbial Cell Factories:
<https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2859-11-33>

- FAO. (2023). *Acerca de la FAO*. Obtenido de Organización para las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.: <https://www.fao.org/about/about-fao/es/>
- FAO. (s.f.). *Necesidades y recursos, geografía de la agricultura y la alimentación*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <https://acortar.link/5rNUUy>
- FAO. (s.f.). *Suelos Ácidos*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://acortar.link/61Qivq>
- FAO, & GTIS. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo. Resumen Técnico*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo,: <https://www.fao.org/3/i5126s/I5126S.pdf>
- FAO, & ONU. (2022). *Evaluación mundial de la contaminación del suelo*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: <https://www.fao.org/3/cb4827es/cb4827es.pdf>
- Ferreira Do Nascimento, T., Santos Oliveira, F., & et al. (Febrero de 2013). *Biorremediación de un suelo tropical contaminado con residuos aceitosos intemperizados*. Obtenido de Revista internacional de contaminación ambiental - Scielo: <https://acortar.link/z1lab9>
- FRAC. (2020). *About FRAC*. Obtenido de Fungicide Resistance Action Committee: <https://www.frac.info/home/about-frac>
- García G, L., Capera R, A., & et al. (01 de Marzo de 2020). *Microbiological alternatives for the remediation of soils and water contaminated with nitrogen fertilizers*. Obtenido de Scientia et Technica - Universidad Tecnológica de Pereira: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/22461/15311>

- García, C., Villada, L., & et al. (23 de Febrero de 2018). *Evaluación de la adaptación de Helianthus annuus en asocio con hongos micorrízicos en suelos contaminados con plomo*. Obtenido de Activa, Revista científica de la facultad de ingeniería: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/497/668>
- Garzón, J. M., & Rodríguez M, J. P. (Agosto de 2017). *Contribución de la biorremediación a la solución de los problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible*. Obtenido de Universidad y Salud - Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-71072017000200309&script=sci_arttext#B25
- Garzón, L., & Mantilla, M. (2021). *Alternativas para el proceso de recuperación de suelos contaminados por el uso de agroquímicos en el cultivo del tomate en el municipio de Gramalote departamento Norte de Santander Colombia*. Obtenido de UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41349/ldgarzonr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Giordano, M., Petropoulos, S., & et al. (29 de Septiembre de 2021). *El destino del nitrógeno del suelo a las plantas: influencia de las prácticas agrícolas en la agricultura moderna*. Obtenido de MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute: <https://doi.org/10.3390/agriculture11100944>
- Girón P., J. (2019). *Evaluación documental de los métodos de restauración de suelos salinos, con influencia en el distrito de riego Usochicamocha, departamento de Boyacá*. Obtenido de Ciencia Unisalle - Universidad de la Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2170&context=ing_ambiental_sanitaria

Global GAP. (s.f.). *Bienvenido a GLOBALG.AP: una marca registrada y un conjunto de normas para buenas prácticas agrícolas*. Obtenido de https://www.globalgap.org/uk_en/

González F, K., Guerrero B, C., & et al. (Diciembre de 2022). *Producción de metabolitos de Scenedesmus sp. y un consorcio de microalgas cultivadas en medios no convencionales*. Obtenido de Ciencias marinas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-38802021000200089&script=sci_arttext&tlng=es

González V, A. (Septiembre de 2022). *Especies halófitas de importancia agrícola como alternativa de biorremediación de suelos con problemas de salinización en Colombia*. Obtenido de Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4907/Gonzalez.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Guzmán D, D., & Montero T, J. (31 de Agosto de 2021). *Interaction of bacteria and plants in nitrogen fixation*. Obtenido de Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales - Scielo: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182021000200087&script=sci_arttext#B20

Hassen , W., Neifar, M., & et al. (23 de Febrero de 2018). *Pseudomonas rhizophila S211, a New Plant Growth-Promoting Rhizobacterium with Potential in Pesticide-Bioremediation*. Obtenido de Frontiers in Microbiology: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00034>

Hernández A, J., Gasco G, G., & et al. (30 de Abril de 2012). *Biorremediación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. II. Lavado de sales*. Obtenido de

Hu, B., Shao, S., & et al. (25 de Marzo de 2019). *Identifying heavy metal pollution hot spots in soil-rice systems: A case study in South of Yangtze River Delta, China.*

Obtenido de Science of The Total Environment:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718349957?via%3>

Dihub

Hussain, S., Siddique, T., & et al. (2009). *Impact of Pesticides on Soil Microbial Diversity, Enzymes, and Biochemical Reactions.* Obtenido de Revista Advances in agronomy:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211309010050>

Hvězdová, M., Kosubová, P., & et al. (01 de Febrero de 2018). *Currently and recently used pesticides in Central European arable soils.* Obtenido de Science of The Total

Environment:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717323926?via%3>

Dihub

Ibarra R, R. (2022). *Perspectivas para la biorremediación de suelos contaminados con plomo en Colombia.* Obtenido de Universidad colegio mayor de Cundinamarca:

<https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/6515>

Idrogo V., G. (2019). *Efecto del NPK del suelo y el piso altitudinal en la acidéz del mucílago del cacao criollo (Theobroma cacao L) en el distrito de Copallín, Bagua, Amazonas.* Obtenido de Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de

Amazonas: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3256>

IRAC. (2023). *Introduction to IRAC.* Obtenido de Insecticide Resistance Action Committee: <https://irac-online.org/international/introduction/>

- Iturbe Argüelles, R. (31 de Marzo de 2010). *¿Qué es la biorremediación?* Obtenido de Ciencia del boleto 11. Universidad Nacional Autónoma de México.: https://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboleto/cb_11.pdf
- Izquierdo R, J. (Septiembre de 2017). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de agroquímicos en la parroquia San Joaquín*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>
- Kumar, A., Choudhary, A., & et al. (18 de Octubre de 2021). *Smart nanomaterial and nanocomposite with advanced agrochemical activities*. Obtenido de NIH National Center for Biotechnology Information: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8523620/>
- Linares M, R. (05 de Septiembre de 2007). *Evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos de la Laguna de Chantuto (Chiapas, México) y Bahía de Santander (Cantabria, España)*. Obtenido de Universidad de Cantabria. Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10689;jsessionid=A6854E864F6899B4FBDBD9C25BDA4862#page=1>
- Lombardi, T., Bertacchi, A., & et al. (23 de Febrero de 2022). *Biological and Agronomic Traits of the Main Halophytes Widespread in the Mediterranean Region as Potential New Vegetable Crops*. Obtenido de Multidisciplinary Digital Publishing Institute MDPI: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/3/195>
- López P, I. (Noviembre de 2016). *Análisis de efectividad de Chlorococcum littorale y Scenedesmus sp. en biorremediación de aguas residuales*. Obtenido de Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano- Honduras: <https://acortar.link/3IoDBO>

- Maddela, N., Eller, L., & Prasad, R. (2023). *Microbiología para una producción más limpia y la sostenibilidad ambiental*. Prensa CRC.
- Mahmoud, E., & Ghoneim, A. (29 de Abril de 2016). *Effect of polluted water on soil and plant contamination by heavy metals in El-Mahla El-Kobra, Egypt*. Obtenido de EGU European Geosciences Union: <https://se.copernicus.org/articles/7/703/2016/>
- Manzano A., F., & Hernández E, Q. (2010). *Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la biorremediación ex situ de suelos contaminados por diésel en México*. Obtenido de Información Técnica Económica Agraria: <https://acortar.link/sncX4i>
- Mazhari, M., & Ferguson, J. (2018). *Bacterial responses to environmental herbicide pollutants (glyphosate and paraquat)*. Obtenido de CJES Caspian Journal of Environmental Sciences: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/13518/CJES_Volume%2016_Issue%201_Pages%2037-45.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Monar L, R. (2020). *Pesticidas agrícolas y su efecto en el suelo*. Obtenido de Universidad Técnica de Babahoyo : <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8374/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000257.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montaño , N., & Sánchez-Yañez, J. (12 de Agosto de 2014). *Nitrificación en suelos tropicales, asunto de competencia microbiana: un modelo basado en la teoría de Lotka-Volterra*. Obtenido de Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente ECOSISTEMAS: <https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/789>
- Morales F, D., & Ruíz T, K. (Julio de 2008). *Determinacion de la capacidad de remocion de cadmio, plomo y niquel por hongos de la podredumbre blanca inmovilizados*. Obtenido de Pontificia Universidad Javeriana: <https://acortar.link/sGVxGv>

- Morales , S. (Mayo de 2020). *Relación entre las fracciones de la materia orgánica del suelo y la abundancia de nemátodos bacteriófagos y fungívoros en cultivos de Pyrus communis. L.* Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Comahue: <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/16673>
- Moreno A, L., & Suyon S, N. (Noviembre de 2018). *Efecto de microorganismos en la degradación de agroquímicos presentes en suelos agrícolas.* Obtenido de REFI Revista de Formación en Investigación: <https://refi.upn.edu.pe/index.php/refi/index>
- Muñoz C, A., & Guillén C, G. (2015). *Sistema de biorremediación para la regeneración de suelos hidromórficos del Estero Chicharrón y Río Cucaracha de la comuna de Montañita, Provincia de Santa Elena.* Obtenido de Escuela superior politécnica del Litoral: <https://acortar.link/6QZOQr>
- Muñoz, K., Valencia, K., & et al. (2021). *Evaluación de enmienda edáfica en base al tratamiento Madera Rameal Fragmentada en suelos degradados de los Andes, caso volcán Ilaló.* Obtenido de CienciAmérica Vol 10 (2): <https://acortar.link/FEZMAT>
- Naranjo C., L. (2010). *Biorremediación ex situ de suelos salinizados por exceso de fertilizantes nitrogenados gallinaza y urea, provenientes de una finca productora de cebolla Allium sativum en la región de la laguna de Tota Aquitania Boyacá.* Obtenido de Ciencia Unisalle Universidad de la Salle - ResearchGate: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2791&context=ing_ambiental_sanitaria
- Navarro P, D. (2018). *Estudio de los procesos de biorremediación para la recuperación de suelos contaminados por pesticidas.* Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21053/1101756717.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Norton, J., & Ouyang, Y. (Agosto de 2019). *Controls and adaptive management of nitrification in agricultural soils*. Obtenido de *Frontiers in microbiology*: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2019.01931/full>

OEIL EUROPARL. (2021). *Résolution sur la protection des sols*. Obtenido de European Parliament Legislative Observatory: <https://oeil.secure.europarl.europa.eu/oeil/popups/printficheglobal.pdf?id=723234&l=fr>

Oliveres, C. (2003). *Estudio de degradación, Capítulo V*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6423/08cap5.pdf;sequence=8>

OMS, O. (01 de Mayo de 2020). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019*. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240005662>

Orejuela R, J. (2017). *Evaluación de la eficacia de la Heliconia psittacorum (heliconiaceae) cultivada hidropónicamente para la fitorremediación de aguas con presencia de de cromo (IV)*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7036/1/236T0283.pdf>

Ortiz C, H., Trejo , R., & et al. (2009). *Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (Amaranthus hybridus L) y micorrizas*. Obtenido de Revista Chapingo, Serie horticultura: <https://acortar.link/SyvSWb>

- PAN. (2023). *About Pesticide Action Network (PAN)*. Obtenido de Pesticide Action Network International: <https://pan-international.org/about/>
- Pastor M, J., Martínez, A., & al, e. (Abril de 2016). *Efecto de la Aplicación de Vermicompost en las Propiedades Biológicas de un Suelo Salino-Sódico del Semiárido Venezolano*. Obtenido de Bioagro: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100004
- Pengue, W. (Diciembre de 2005). *La importancia de la agricultura familiar en el desarrollo rural sostenible*. Obtenido de Periódico de la Federación Agraria Argentina: <https://acortar.link/Y8ISqh>
- Peña R, F., & Beltrán L, M. (23 de Junio de 2017). *Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando Helianthus annuus L. en la estación experimental El Mantaro*. Obtenido de Prospectiva Universitaria: <https://acortar.link/9bpGGY>
- Peña S, E., Madera P, C., & et al. (Diciembre de 2013). *Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: Caso Heliconia psittacorum (Heliconiaceae)*. Obtenido de Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082013000400004&script=sci_arttext
- RainForest. (s.f.). *What's At Stake?* Obtenido de RainForest Alliance: <https://www.rainforest-alliance.org/es/>
- Ramírez, J., & Lacasaña, M. (2001). *Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición*. Obtenido de Archivos Prevención Riesgos Labor: https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=1270

- Rengifo M, P., & Londoño Z., J. (Diciembre de 2022). *Evaluación de la extracción de nutrientes en el aguacate 'Hass' en el municipio de San Vicente de Ferrer, Antioquia*. Obtenido de Revista Siembre CBA: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Revsiembracba/article/view/5525/5618>
- Reyes P, S., & Cano C, D. (21 de Febrero de 2022). *Effects of intensive agriculture and climate change on biodiversity*. Obtenido de Revista de Investigaciones Altoandinas: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000100053
- Rich, J., Heichen, R., & et al. (Octubre de 2003). *Composición comunitaria y funcionamiento de bacterias desnitrificantes de suelos forestales y de praderas adyacentes*. Obtenido de NIH NLM National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information: <https://doi.org/10.1128%2FAEM.69.10.5974-5982.2003>
- Rodríguez A, M., Hernández H, G., & et al. (Diciembre de 2022). *Perspectivas en Biorremediación para la recuperación de suelos salinos ectivas en Biorremediación para la recuperación de suelos salinos*. Obtenido de Revista Guarracuco Sostenible: <http://publicaciones.unimeta.edu.co/index.php/guarracucosostenible/article/view/463/413>
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., & al, e. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Obtenido de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) - Roma: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
- Rosales , A., Rodríguez, C., & et al. (Diciembre de 2018). *Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus sp.* en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas*. Obtenido de Ingeniería y Ciencia:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652018000200011

Ruíz B, A. (2023). *Recuperación de suelos degradados mediante el uso de residuos orgánicos de origen urbano*. Obtenido de Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11835>

Salomón , A., & Muzlera, J. (Noviembre de 2019). *Diccionario del agro iberoamericano*. Obtenido de ResearchGate: <https://acortar.link/6A8az3>

Schmidt, M., Castilla, M., & Toledo, V. (2022). *Agroquímicos / Agrotóxicos*. Obtenido de ResearchGate: <https://acortar.link/6A8az3>

Serna M, G., & Vélez, Y. (Noviembre de 2022). *Propuesta pedagógica para minimizar la degradación de suelos por fertilizantes químicos en la vereda La Fortuna*. Obtenido de Fundación Universitaria Los Libertadores: https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/5461/SERNA_VELEZ_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Serre K, N., & Karuppanan, S. (Noviembre de 2018). *Groundwater quality assessment using water quality index and GIS technique in Modjo River Basin, central Ethiopia*. Obtenido de Journal of African Earth Sciences: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X1830195X>

Sessitsch, A., Howieson, J., & et al. (04 de Junio de 2010). *Advances in Rhizobium Research*. Obtenido de Critical Reviews in Plant Sciences : <https://doi.org/10.1080/0735-260291044278>

Sharma, S. (Abril - Junio de 2012). *Bioremediation: Features, Strategies and applications*. Obtenido de Asian Journal of Pharmacy and Life Science :

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0952479df98c749b00ce078ad14c41f32fa1b797>

Singh, R., Singh, P., & Sharma, R. (01 de Marzo de 2014). *Microorganism as a tool of bioremediation technology for cleaning environment: A review* . Obtenido de Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences - ResearchGate: <https://acortar.link/91Xnbt>

Stephenson, M., & Stickland, L. (13 de Diciembre de 1930). *XXVII. Hydrogenase: A bacterial enzyme activating molecular hydrogen. I. The Properties of the enzyme*. Obtenido de Biochemical Laboratory, Cambridge. National Center for Biotechnology Information (NCBI): <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1260629/pdf/biochemj01122-0228.pdf>

Sun , S., Sidhu, V., & et al. (24 de Mayo de 2018). *Pesticide Pollution in Agricultural Soils and Sustainable Remediation Methods: a Review*. Obtenido de Springer Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40726-018-0092-x>

UDIS. (2023). *26 de noviembre: Día Mundial Contra el Uso Indiscriminado de Agroquímicos*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://acortar.link/bo4MoV>

USDA. (2023). *USDA*. Obtenido de Departamento de Agricultura de los EE.UU.: <https://www.usda.gov/priorities>

Vázquez, J., & Loli, O. (Marzo de 2018). *Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de Gypsophila paniculata*. Obtenido de Scientia Agropecuaria:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-

99172018000100005

Velásquez C, L. d., Ortiz S, I. A., & et al. (13 de Septiembre de 2022). *Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional*. Obtenido de TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas: <http://tip.zaragoza.unam.mx/index.php/tip/article/view/482/428>

Villegas C, V., & Laines C, J. (Marzo de 2017). *Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos*. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000200393#B40)

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000200393#B40)

09342017000200393#B40

Volke S., T., & Velasco T., J. (Agosto de 2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología INE - ResearchGate: <https://acortar.link/5cyNW1>

Wang, X., Wang, X., & et al. (23 de Octubre de 2021). *Excessive Nitrogen Fertilizer Application Causes Rapid Degradation of Greenhouse Soil in China*. Obtenido de Polish Journal of Environmental Studies: <http://www.pjoes.com/pdf-143293-73159?filename=Excessive%20Nitrogen.pdf>

Yang, S., Zhou, D., & et al. (Junio de 2013). *Distribution and speciation of metals (Cu, Zn, Cd, and Pb) in agricultural and non-agricultural soils near a stream upriver from the Pearl River, China*. Obtenido de Environmental Pollution: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749113000596?via%3>

Dihub

Zhan , F., Li , B., & et al. (25 de Agosto de 2018). *Arbuscular mycorrhizal fungi enhance antioxidant defense in the leaves and the retention of heavy metals in the roots of maize*. Obtenido de Environ Sci Pollut Res Int.: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2487-z>

Zuñiga, O. (2019). *Alternativas para la recuperación de suelos contaminados por actividades industriales en Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28181/1094662820.pdf?sequence=1&isAllowed=y>