	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 15

Código de la dependencia.

FECHA miércoles, 19 de julio de 2023

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Seccional Girardot
TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Ambiental

El Autor (Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Bohórquez Romero	Cesar Enrique	1192742267
Gómez Carvajal	María Isabel	1110588294

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

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Torres Vargas	Dayro Arley



MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CÓDIGO: AAAr113
VERSIÓN: 6
VIGENCIA: 2021-09-14
PAGINA: 2 de 15

TÍTULO DEL DOCUMENTO

Evaluación de especies vegetales para la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el bosque seco tropical en el municipio de Girardot- Cundinamarca

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 EDICIÓN DEL DOCUMENTO

2023

NÚMERO DE PÁGINAS

89

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1. Inoculo	Inoculum
2. Microorganismo	Microorganism
3. Suelo	Floor
4. Especies	Species
5. Bacterias	Bacteria
6. Restauración	Restoration

FUENTES (Todas las fuentes de su trabajo, en orden alfabético)

Acharya RP, T Maraseni, G Cockfield. 2019. Global trend of forest ecosystem services valuation - An analysis of publications. *Ecosystem Services* 39: 100979.

Alvarado-López, S., D. Soriano, N. Velázquez, A. Orozco-Segovia y A. Gamboa-de Buen. 2014. Priming effects on seed germination in *Tecoma stans* (Bignoniaceae) and *Cordia megalantha* (Boraginaceae), two tropical deciduous tree species. *Acta ecologica* 61: 65-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.10.007>



Barros L., M. Dueñas, A. M. Carvalho, I. C. F. R. Ferreira and C. Santos-Buelga (2012) Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from Northeastern Portugal. *Food and Chemical Toxicology* 50:1576-1582

Bernal, F. (2019). Propuesta de un índice de dificultad de extinción de incendios de la cobertura vegetal. Municipio de Santiago de Cali, Departamento del Valle del Cauca - Colombia. Pag.5

Bernal, Andy; Hernández, Alberto; Mesa, Michel; Rodríguez, Osmel; González, Pedro J.; Reyes, Reynerio. (2015). CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS Y SUS FACTORES LIMITANTES DE LA REGIÓN DE MURGAS, PROVINCIA LA HABANA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. *Cultivos Tropicales*, vol. 36, núm. 2, pp. 30-40.

Camacho-Tamayo, J., Forero-Cabrera, N., Ramírez-López, L. & Rubiano, Y. (2017). Evaluación de textura del suelo con espectroscopía de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia. *Colombia Forestal*, 20(1),5-18

Cano, M. (2011). INTERACCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN PLANTAS: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. UNA REVISIÓN, 16.

Carrillo R. y Ramírez P. (2022). *Pseudomonas* spp. benéficas en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas-Volumen 13-Número 4*. Departamento de Fitotecnia

Cataño N., Franco L., y Montoya M., (2017). Preliminares Para La Evaluación De Métodos De Aislamiento Y Pruebas Bioquímicas, Para La Identificación De *Nitrosomonas* Sp., Obtenidas De Diferentes Nichos Del Campus Belmonte De La Universidad Libre, Seccional Pereira, Con Propósitos De Biocompostaje De Subproductos De La Caña De Azúcar. Facultad Ciencias de la Salud. Laboratorio de Biología y Microbiología. Programa Microbiología. Universidad Libre. Seccional Pereira, Colombia.

Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 43–71). Cenicafé.

Cela, P. (2018, 5 noviembre). Árboles Ibéricos - *Ceratonia siliqua*.
<https://www.arbolesibericos.es/genre/ceratonia/species/ceratoniasiliqua>

Cervantes, V., M. López, N. Salas y G. Hernández. (2001). Técnicas para Propagar Especies Nativas de la Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación. Facultad de Ciencias, UNAM – PRONARE SEMARNAP. México, D.F.

Chávez A. (2015). Comparación de dos métodos de determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos de la región central de Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras



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 15

Corrales, L., Caycedo, L.Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2016). Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. NOVA, 15(27), 45 - 65.

Correa, O. (2013). LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO Y SU ROL INDISCUTIDO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL. Tercera Jornada Del Instituto De Investigaciones En Biociencias Agrícolas Y Ambientales. Aportes de la microbiología a la producción de cultivos.

Cortes D., Perez J., y Cmacho J. (2013). RELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(2): 401-408

Cremona V. y Enriquez A. (2020). ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO QUE CONDICIONAN SU COMPORTAMIENTO: El pH y la conductividad eléctrica. N°73 - 2020

Cristóbal-Acevedo, D., Álvarez-Sánchez, M. E., Hernández-Acosta, E., & Améndola-Massiotti, R. (2011). CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELO POR EFECTO DE MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL. Terra Latinoamericana, 29(3), 325-332.

Cuervo J. (2010). Aislamiento Y Caracterización De Bacillus Spp Como Fijadores Biológicos De Nitrógeno Y Solubilizadores De Fosfatos En Dos Muestras De Biofertilizantes Comerciales. Pontificia Universidad Javeriana

Edafología 1. (2011). Universidad de Caldas. Tomado de: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Emily J. Lott Y Thomas H. Atkinson (2010) Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Diversidad florística

Espinosa, J. y Molina, E. (1999). La acidez y encalado de suelos. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 42 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2015) Levantamiento de suelos "Propiedades Químicas". Portal de Suelos FAO.

FAO (Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas). 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 - Key findings. Rome, Italia. FAO. 16 p.

FAO (Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas). (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia



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 15

FAO (Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas). (2013). **MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR**. Experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Fernández, MT, (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XLI (2), 51-57.

García S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca

Gildon L. (2014). Remoción De Contaminantes En La Estabilización De Humedales Construidos De Flujo Vertical, Sembrados Con Heliconia (Sp), Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas. Universidad Tecnológica De Pereira.

González, U. P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile, 1-8.

Gueçaimburu, Juan Martín, Vázquez, Juan Manuel, Tancredi, Facundo, Reposo, Gisela Paola, Rojo, Verónica, Martínez, Maximiliano, & Introcaso, Rafael Mario. (2019). EVOLUCIÓN DEL FÓSFORO DISPONIBLE A DISTINTOS NIVELES DE COMPACTACIÓN POR TRÁFICO AGRÍCOLA EN UN ARGUUDOL TÍPICO. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35(1), 81-89.

Gupta, M. 1995. Doscientas Setenta Plantas Medicinales Iberoamericanas. Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo, Bogotá

Gutierrez, M., (1997). NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS: AVANCES Y APLICACIONES. Agronomía Costarricense 21(1): 127-13

Herazo, F. Carrascal M. Herrera D. Valencia S. (2021). Inventario florístico de plantas vasculares en fragmentos de bosque seco tropical en el departamento Magdalena, Colombia. Acta Botanica mexicana 128 p.

Hernández-Melchor, Dulce Jazmín, Ferrera-Cerrato, Ronald, & Alarcón, Alejandro. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35(1), 98-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

Ibarra Castillo, Daniel, Ruiz Corral, José Ariel, González Eguiarte, Diego Raymundo, Flores Garnica, José Germán, & Díaz Padilla, Gabriel. (2009). Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. Agricultura técnica en México, 35(3), 267-276. Recuperado en 08 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300003&lng=es&tlng=es.

IDEAM (2020). Pronóstico de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal. Pág 6.

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: 6 de 15

Ingaramo O., Ferreiro J., Avalos M. y Vázquez E. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. Vol. 32, pp. 127 - 137

Isobe T, Okuhata H, Miyasaka H, Jeon BS, Park HD (2013). Detoxification of microcystin-LR in water by *Portulaca oleracea* cv. *Journal of Bioscience and Bioengineering.*; 20(20): 1-3. IUCN. (s.f.). Especies para restauración. Obtenido de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

Jamil Shafi, Hui Tian y Mingshan Ji (2017). Especies de bacilos como armas versátiles para patógenos de plantas: una revisión, *Biotechnología y equipo biotecnológico*, 31:3, 446-459, DOI: 10.1080/13102818.2017.1286950

Kafi M, Rahimi Z. (2011) Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Soil Science and Plant Nutrition.* 2011; 57:2, 341-347.

Janzen, D. H. (1988). Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystems. En E. O. Wilson (ed.), *Biodiversity* (pp. 130-136). Washington, D.C: National Academy Press.

Jawetz F, Melnick C, Adelberg S. *Microbiología médica.* 25ª ed. México: McGraw Hill; 2010.

Loayza-Cabezas S., D. A. Rodríguez-Trejo, E. Hernández-Acosta, Juan José Almaraz-Juárez, y J. Alatorre-Cobos. (2021). *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (Fabaceae). In: Rodríguez-Trejo, D. A. (Coord.). *Semillas de Especies Forestales.* División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 201-207.

LAEGREID, M.; BOCKMAN, OC.; KAARSTAD, E.O. 1999. The basis for food production plant nutrients. In: *Agriculture Fertilizers and the Environment.* Hydro, Cabi publishing. ISBN O 851993s8.

López Camacho, R., González-M., R., & Cano, M. (2012). *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia). *Biota Colombiana*, 13 (2), 232-246.

Martínez, E. y C. H. Ramos. 2012. *Bignoniaceae.* Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán 104: 1-58.

Martínez H, Eduardo, Fuentes E, Juan Pablo, & Acevedo H, Edmundo. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

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: 7 de 15

- Martínez-Cordeiro H., Pájaro M., García K., Lores M., Domínguez J. (2014). Conversión acelerada de retama negra (*Cytisus scoparius*) en un biofertilizante de calidad mediante vermicompostaje. Universidad de Santiago de Compostela
- Malagón, D. (2005). Los suelos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. 21 págs.
- Middleton, B. A., Sanchez-Rojas, E., Suedmeyer, B. y Michels, A. (1997). Fire in a tropical dry forest of Central America: a natural part of the disturbance regime? *Biotropica*, 29(4), 515-517.
- Mils, GH (2006). Impacto de la quema controlada sobre los principales parámetros químicos del suelo. En: Marca Líquida Agropecuaria. Sitios Argentinos de Producción Animal. pags. 72 - 76.
- Minambiente (2021). CÓMO ORIENTAR LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR INCENDIOS FORESTALES A NIVEL MUNICIPAL. Pag. 12
- Minambiente (s.f). Bosque Seco Tropical. Tomado de:
<https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/bosque-seco-tropical/#:~:text=Particularmente%20el%20bosque%20seco%20tropical,con%20uno%20o%20dos%20periodos>
- Minervini, M. G., Morrás, H. J. M., & Taboada, M. Á. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28(1), 012-027.
- Morales, R.; Tardío, J.; Aceituno-Mata, L. y Molina, M. (editores). 2018. INVENTARIO ESPAÑOL DE LOS CONOCIMIENTOS TRADICIONALES RELATIVOS A LA BIODIVERSIDAD. FASE II (2). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 425 pp
- Motta Escobar, S., Salazar Cabezas, L. D., y Sánchez Leal, L. C. (2022). Perspectiva del uso de *Pseudomonas* spp. como biocontrol de fitopatógenos en cultivos de hortalizas en Colombia: una revisión sistemática. *Mutis*, 12(2). <https://doi.org/10.21789/22561498.1862>.
- MURPHY, P.G. & A.E. LUGO, 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics* 17 : 67-68 .
- Observatorio Regional ODS (2021) INFORME ESPECIAL AGOSTO 2021: ADAPTACIÓN DE LA PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA AL CAMBIO CLIMÁTICO
- Okuhata H, Ninagawa M, Takemoto N, Ji H, Miyasaka H, Iwamoto A, Nagae M, Ishibashi Y, Arizono K. (2013) Phytoremediation of 4,40-thiodiphenol (TDP) and other bisphenol



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 15

derivatives by *Portulaca oleracea* cv. *Journal of Bioscience and Bioengineering*; 115(1): 55-57.

Oliva D. (2009). Determinación de la acidez intercambiable ($Al+3+H^+$) a partir del pH para la estimación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos de la cuenca del Pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua.

ORMACC. 2015. Especies para Restauración. Oficina Regional de UICN para México, América Central y El Caribe (ORMACC).

Osorio N. (2011). pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. Laboratorio de Suelos. Universidad Nacional de Colombia

Osorio N. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 43–71). Cenicafé.

Ospina, L. (2017). EFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA MICROBIOTA DE UN SUELO DE BOSQUE SECO TROPICAL, EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA. *Вестник Росздравнадзора*, 4, 9–15.

Rands MR, WM Adams, L Bennun, SH Butchart, A Clements, D Coomes, A Entwistle, I Hodge, V Kapos, JPW Scharlemann, WJ Sutherland, B Vira. 2010. Biodiversity conservation: Challenges beyond 2010. *Science* 329(5997): 1298-1303.

Pedraza, R., Teixeira, K., Scavino A., García de Salamone I., Baca B., Azcón R., Baldani V., Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 155-164.

Pacheco, J., Pat, R. & Cabrera, A., (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería*, 6(3), pp.73–81.

Parrotta, J. A. (1992). *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, huisache. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, 6 pp.

Puente, M. L.; García, J. E.; Rubio, E. Y Peticari, A. (2010). Microorganismos Promotores Del Crecimiento Vegetal Empleados Como Inoculantes En Trigo. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. *INFORMACIÓN TÉCNICA DE TRIGO Y OTROS CULTIVOS DE INVIERNO, CAMPAÑA 2010* Publicación Miscelánea N° 116

Renobales G. & Sallés. J. (2001). Plantas de interés farmacéutico. *Cytisus scoparius*: morfología y ecología

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: 9 de 15

Rico M. (2001). El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 58 (2): 251-302.

Rodriguez C. (2014). ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PROPAGACIÓN Y EL EFECTO DE LA RADIACIÓN LUMÍNICA, EN UNA VARIEDAD COMERCIAL Y UNA POBLACIÓN NATURAL DE *Portulaca oleracea* L. UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Rosero J. (2013) Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria.

Sas, L., H. Marschner, V. Römheld y S. Mercik, Effect of Nitrogen Forms on Growth and Chemical Changes in the Rhizosphere of Strawberry Plants, doi.org/10.1007/s11738-003-0004-5; *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(3), 241-47 (2003) [Links]

Sarmiento L., Barrer O., Carrasco W., & Bautista J., (2016). *Portulaca oleracea*, UN RECURSO VEGETAL VERSÁTIL EN ESPERA DE SER APROVECHADO EN EL TRÓPICO. *Revista Agroproductividad*: Vol. 9, Núm. Pag.61

SENA (2011). PRÁCTICAS CULTURALES Y DE MANEJO DE SUELOS, Ante los efectos de la variabilidad climática desde la finca del productor. Convenio SENA - SAC No.00086 de 2011

Sotelo L., Jiménez, J., Tarsicio De Zan. A., Y Cueto, M., (2012) EFECTO DE INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS EN CRECIMIENTO DE RÁBANO (*Raphanus sativus*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol 10 No. 1 (21 - 31)

Suarez A. (2008). Evaluación de la actividad contra *Fonsecaea pedrosoi* de siete especies leguminosas popularmente usadas en Guatemala para el tratamiento de infecciones mucocutáneas. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Terrence D. y Sarukhán J. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a. Edición, México, UNAM, FCE.

Trujillo N. (2013). Guía de reforestación. Tercera edición. Ilustrada, aumentada y corregida. El Semillero. Bogotá Colombia. 252 p.

Vanegas, M., Lozano, M., Corredor, G., Figueroa, L., & Ramirez, M. (2006). Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes: Opción tecnológica para el valle cálido del alto Magdalena.

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Diaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cd. de México, México. 13 pp.

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: 10 de 15

Vistoso E. y Martinez J. (2019). Los micronutrientes del suelo. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIA REMEHUE

Vivas J. (2008). TOXICOLOGÍA VETERINARIA. Universidad Nacional Agraria. 56-57 pp

Zamora L. (2010). Evaluación espaciotemporal del crecimiento de plántulas con potencial para la restauración de humedales. El Colegio de la Frontera Sur – ECOSUR

Zamora F., Gaona S., Vargas G., Albores J., & Bernardus H. (2009) Germinación de semillas y clave para la identificación de plántulas de seis especies arbóreas nativas de humedales del sureste de México. Tabasco. México.

Zapata R. (2018). Geología y Geotecnia. TIPOS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS Y LIMOSOS. Universidad Nacional de Rosario

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

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

Resumen

En esta investigación se evaluaron las características morfológicas de las especies vegetales ante el uso de un inoculante microbiano que contribuye a la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el BST en el municipio de Girardot – Cundinamarca.

Se seleccionaron las especies Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), Naranjuelo (*Crateva tapia*), Payandé (*Pithecellobium dulce*) y Diomate (*Astronium graveolens*), se procedió a preparar el inoculo microbiano el cual contiene bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*), bacterias solubilizadoras de fosfato (*Bacillus sp*) y un hongo (*Trichoderma sp*) se realizó seguimiento a las características morfológicas como la altura del tallo y el número de hojas.

Los resultados nos indican que la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) demostró un mayor crecimiento en número de hojas y tallo esto asociado a su supervivencia en suelo no favorables y su alta capacidad para fijar el nitrógeno, en cuanto al volumen idóneo de inoculo microbiano el que mejores resultados mostro fue el Tratamiento 3 donde se aplicó 30 mL, dicho tratamiento presento buenos

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: 11 de 15

resultados en la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) y , Naranjuelo (*Crateva tapia*), seguido del Tratamiento 2 donde se aplicó 20 mL presentando buenos resultados en la especie de Payandé (*Pithecellobium dulce*) y Diomate (*Astronium graveolens*).

Abstract

In this research, the morphological characteristics of plant species were evaluated before the use of a microbial inoculant that contributes to the recovery of soils affected by forest fires in the BST in the municipality of Girardot - Cundinamarca.

The species Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), Naranjuelo (*Crateva tapia*), Payandé (*Pithecellobium dulce*) and Diomate (*Astronium graveolens*) were selected, we proceeded to prepare the microbial inoculum which contains nitrifying bacteria (*Nitrosomonas sp* and *Nitrobacter sp*), bacteria phosphate solubilizers (*Bacillus sp*) and a fungus (*Trichoderma sp*), morphological characteristics such as stem height and number of leaves were monitored.

The results indicate that the species Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) demonstrated a greater growth in number of leaves and stem, this associated with its survival in unfavorable soil and its high capacity to fix nitrogen, in terms of the ideal volume of microbial inoculum. The best results were shown by Treatment 3 where 30 mL was applied, said treatment presented good results in the species Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) and Naranjuelo (*Crateva tapia*), followed by Treatment 2 where 20 mL was applied, presenting good results in the species of Payandé (*Pithecellobium dulce*) and Diomate (*Astronium graveolens*).

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

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: 12 de 15

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 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.

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: 13 de 15

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 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:

- 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).
- 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.
- 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.

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: 14 de 15

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 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.

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
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

CÓDIGO: AAAr113
VERSIÓN: 6
VIGENCIA: 2021-09-14
PAGINA: 15 de 15

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. EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA LA RECUPERACION DE SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL BOSQUE SECO TROPICAL EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT- CUNDINAMARCA .pdf	Texto, Imagen

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

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Bohórquez Romero Cesar Enrique	<i>Cesar Enrique Bohórquez</i>
Gómez Carvajal María Isabel	<i>María Isabel Gómez Carvajal</i>

21.1-51-20.

**“EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA LA RECUPERACION DE
SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL BOSQUE SECO
TROPICAL EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT- CUNDINAMARCA”**

CESAR ENRIQUE BOHORQUEZ ROMERO

MARIA ISABEL GOMEZ CARVAJAL

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

2023

**“EVALUACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PARA LA RECUPERACION DE
SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL BOSQUE SECO
TROPICAL EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT- CUNDINAMARCA”**

CESAR ENRIQUE BOHORQUEZ ROMERO

MARIA ISABEL GOMEZ CARVAJAL

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director de proyecto de grado

DAYRO ARLEY TORRES VARGAS

Codirectora

DALIA XIOMARA SUAREZ PULIDO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

TABLA DE CONTENIDO

Lista de figuras.....	5
Lista de tablas.....	6
Lista de anexos.....	7
Resumen.....	10
1. Introducción.....	11
2. Planteamiento del problema.....	13
3. Justificación.....	15
4. Objetivos.....	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos específicos.....	16
5. Marco referencial.....	17
5.1 Marco teórico.....	17
6. Metodología.....	23
Diseño de investigación.....	23
Fase 1.....	24
6.1 Selección de especies vegetales.....	24
Fase 2.....	24
6.2 Selección de inóculos.....	24
6.2.1 Medios de cultivo.....	25
6.2.2 Preparación de inoculante.....	29
Fase 3.....	30
6.3 Seguimiento y evaluación.....	30
Fase 4.....	31
6.4 Evaluación de condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo.....	31
7. Resultados.....	31
7.1 Resultados obtenidos del seguimiento de las especies.....	31
7.2 Análisis de propiedades físico químicas de las muestras del suelo.....	57
Bibliografía.....	65
Anexos.....	82

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de preparación de medios de cultivo.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de dilución seriada.....	28
Figura 3. Distribución por bloques al azar de las plantas seleccionadas.....	30
Figura 4. Criterios de selección de especies vegetales.....	40
Figura 5. Datos recolectados del parámetro altura de las cuatro plántulas de las especies vegetales con mejor rendimiento.....	41
Figura 6. Datos recolectados del parámetro Numero de Hojas de las cuatro plántulas de las especies vegetales con mejor rendimiento.....	42
Figura 7. Crecimiento en el N° de hojas de la especie de Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril L</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	44
Figura 8. Crecimiento en la altura del tallo en la especie de Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril L</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	45
Figura 9. Crecimiento en el N° de hojas de la especie de Payandé (<i>Pithecellobium dulce</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	49
Figura 10. Crecimiento en la altura del tallo en la especie Diomate (<i>Astronium graveolens</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	51
Figura 11. Crecimiento en el N° de hojas de la especie Naranjuelo (<i>Crateva tapia</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	53
Figura 12. Crecimiento en la altura del tallo en la especie Naranjuelo (<i>Crateva tapia</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	53

Lista de tablas

Tabla 1. Composición Medio de cultivo de amonio.....	25
Tabla 2. Composición Medio de cultivo PUVK.....	26
Tabla 3. Composición Medio de cultivo PDA.....	26
Tabla 4. Composición Medio de cultivo PDA.....	26
Tabla 5. Seguimiento del parámetro de altura (cm) de las especies vegetales recolectadas en los semilleros.....	32
Tabla 6. Seguimiento del parámetro de número de hojas de las especies vegetales recolectadas en los semilleros.....	32
Tabla 7. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril L</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	43
Tabla 8. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Payandé (<i>Pithecellobium dulce</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	46
Tabla 9. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Diomate (<i>Astronium graveolens</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	49
Tabla 10. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Naranjuelo (<i>Crateva tapia</i>) durante la aplicación de inoculo microbiano.....	52
Tabla 11. Métodos de medición empleados para el análisis de las muestras de suelo.....	55
Tabla 12. Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo.....	56

Lista de anexos

Anexo 1. Diseño de bloques al azar con las especies seleccionadas.....	82
Anexo 2. Aislamiento de microorganismos para la preparación del inóculo.....	82
Anexo 3. Proceso de final de preparación del inóculo.....	83
Anexo 4. Embazado del inóculo microbiano.....	83
Anexo 5. Inóculo microbiano.....	84
Anexo 6. Especies seleccionadas luego de la aplicación del inóculo.....	84
Anexo 7. Certificado de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo.....	85
Anexo 8. Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo.....	87

DEDICATORIA

A mi padre, Julio Cesar Bohórquez por ser la única persona que siempre me mostró su apoyo incondicional, me inspiró a ser un mejor ser humano y fue mi ejemplo para seguir adelante sin importar las dificultades.

A mi madre y mi hermana por ser apoyos en mi vida, por inculcarme y enseñarme valores que de una u otra forma me han servido en la vida, por brindarme su compañía y afecto gracias por eso y por muchos más.

A mi compañera trabajo y amiga Isabel Gómez por su amistad, ayuda y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo y toda la carrera universitaria.

Cesar Enrique Bohórquez Romero

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios por darme salud, fuerzas, valentía y dedicación para culminar este largo y maravilloso proceso.

A mis padres José Ángel y Marta Isabel por su gran apoyo, su cariño y su atención, fueron un pilar fundamental durante mis años de estudio.

A mis hermanos y abuela por su apoyo incondicional.

A mi amiga Wendy Nayeli y demás amigos que siempre me brindaron palabras de aliento, consejos y apoyo constante.

A mi compañero y amigo Cesar Enrique por su apoyo en mis momentos difíciles y su perseverancia para sacar este trabajo adelante.

María Isabel Gómez Carvajal

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primeramente a Dios por habernos dado salud y sabiduría a lo largo de este proceso.

De igual manera, agradecemos a la Universidad de Cundinamarca por abrirnos sus puertas para estudiar la carrera de Ingeniería Ambiental, a los docentes que día a día impartieron sus valores y conocimientos con mucho amor y dedicación.

Un profundo agradecimiento a nuestros docentes y directores de trabajo de grado Arley Torres, Dalia Suarez y Drigelio Morales, por sus conocimientos, recomendaciones y ayuda. Gracias por ser la guía principal y apoyo constante en la ejecución de este Trabajo de Investigación.

Cesar Enrique Bohórquez Romero & María Isabel Gómez Carvajal

Resumen

En esta investigación se evaluaron las características morfológicas de las especies vegetales ante el uso de un inoculante microbiano que contribuye a la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el BST en el municipio de Girardot – Cundinamarca.

Se seleccionaron las especies Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), Naranjuelo (*Crateva tapia*), Payandé (*Pithecellobium dulce*) y Diomate (*Astronium graveolens*), se procedió a preparar el inóculo microbiano el cual contiene bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*), bacterias solubilizadoras de fósforo (*Bacillus sp*) y un hongo (*Trichoderma sp*) se realizó seguimiento a las características morfológicas como la altura del tallo y el número de hojas.

Los resultados nos indican que la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) demostró un mayor crecimiento en número de hojas y tallo esto asociado a su supervivencia en suelo no favorables y su alta capacidad para fijar el nitrógeno, en cuanto al volumen idóneo de inóculo microbiano el que mejores resultados mostro fue el Tratamiento 3 donde se aplicó 30 mL, dicho tratamiento presento buenos resultados en la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) y , Naranjuelo (*Crateva tapia*), seguido del Tratamiento 2 donde se aplicó 20 mL presentando buenos resultados en la especie de Payandé (*Pithecellobium dulce*) y Diomate (*Astronium graveolens*).

PALABRAS CLAVE: Inóculo, Microorganismo, Suelo, Especies, Bacterias.

1. Introducción

Dentro de las presiones que más han afectado históricamente al bosque seco se encuentran el cambio climático, la fragmentación, la expansión de la agricultura, la ganadería y el fuego (Janzen, 1988; Pizano 2018); este último se ha reconocido como una de las perturbaciones más frecuentes a nivel antrópico y natural en el BST, y su frecuencia e intensidad dependen de la estructura de la vegetación, el clima y la humedad, entre otros (Middleton, Sanchez-Rojas, Suedmeyer y Michels, 1997; Otterstrom, Schwartz y Velázquez-Rocha, 2006).

Los incendios en Colombia son una problemática constante que se intensifica durante los períodos secos prolongados y que están asociados al fenómeno del niño (Ospina, 2017), la zona del Alto Magdalena es un valle cálido con áreas deforestadas, semiáridas y áridas en las que prevalecen suelos degradados que muestran tendencia a la desertización (Vanegas et al., 2006) y la región andina y por lo tanto Girardot, Cundinamarca se encuentra dentro de los municipios en condiciones de alerta en el pronóstico de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal (IDEAM,2020).

Según Minervini factoret al. (2018) además de los efectos sobre la vegetación, el fuego puede afectar los componentes del suelo como la materia orgánica, las propiedades químicas, las propiedades físicas y mineralógicas, y al tener lugar una repetición de incendios se degrada la estructura del suelo, se incrementa la erosionabilidad y disminuye la fertilidad, llevando los suelos a un nivel de pobreza nutritiva importante. Existen diferentes microorganismos que son utilizados para la creación de inoculantes microbianos, dentro de los principales se encuentran

géneros como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium* y *Streptomyces*. Los microorganismos anteriormente mencionados están presentes en la rizosfera del suelo y favorecen el crecimiento de plantas.

De lo anteriormente expuesto, se realizó la investigación que busca evaluar la eficiencia de un inóculo microbiano compuesto por bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*), bacterias solubilizadoras de fosfato (*Bacillus sp*) y un hongo (*Trichoderma sp*) en especies vegetales nativas que contribuyan a la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el Bosque Seco Tropical-BST en el municipio de Girardot - Cundinamarca. Dicho estudio se desarrolló mediante la recopilación de información de las especies pioneras del Bosque Seco Tropical. Seguidamente, se seleccionaron 27 especies a las cuales se les realizó seguimiento por 4 meses para observar su adaptación y capacidad de crecimiento naturalmente. Posteriormente, se realizó la preparación de los medios de cultivo para aislar los microorganismos que fueron utilizados más adelante en la preparación del inóculo. Adicionalmente, se llevó a cabo la fase de seguimiento y evaluación que consistió en la implementación de un diseño de bloques al azar (diseño experimental), donde se tomaron cuatro individuos de las cuatro especies con mayor crecimiento evaluadas inicialmente. Finalmente, se realizó la evaluación de condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo con su respectivo análisis cuantitativo.

2. Planteamiento del problema

El Bosque seco Tropical representa el 50% de las áreas boscosas en Centroamérica y el 22% en Sudamérica (Murphy & Lugo, 1986). En Colombia, el Bosque seco Tropical se distribuía originalmente en las regiones de la llanura Caribe y valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca entre los 0 y 1000 m de altitud y en jurisdicción de los departamentos del Valle del Cauca, Tolima, Huila, Cundinamarca, Antioquía, Sucre, Bolívar, Cesar, Magdalena, Atlántico y sur de la Guajira.

A raíz de la presencia de incendios forestales, el bosque seco tropical presenta cambios en la microfauna y a las propiedades fisicoquímicas del suelo como: pH, conductividad eléctrica (CE), estructura, textura, porosidad, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), etc. Dejando el suelo expuesto a la erosión, pérdida de nutrientes, disminución de la materia orgánica y alteración de la vegetación (González, 2017).

La génesis del recurso suelo es un proceso muy lento (Malagón, 2005), no obstante, la degradación de éste puede ocurrir rápidamente y restaurarlo puede tomar mucho tiempo. Después de los incendios se generan cambios en las propiedades del suelo cuya corrección resulta difícil (Mils, 2006; Vargas *et al.*, 2002; Vargas y Rivera-Ospina, 1990).

Según el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, el BST presta servicios fundamentales como la regulación hídrica, la retención de suelos, y la captura de

carbono que regula el clima y la disponibilidad de agua y nutrientes. Por lo tanto, se hace necesario la implementación de nuevas técnicas para acelerar la recuperación del BST debido a su gran importancia ecológica.

El empleo de microorganismos como bacterias y hongos específicos ha demostrado generar efectos positivos para el desarrollo de diversas especies de plantas desde aplicaciones agrícolas como para procesos de reforestación en suelos degradados por acciones antrópicas, donde se ve observa mejoramiento de algunas características de las plantas como el índice de crecimiento tanto de tallo como del sistema radicular, una mayor resistencia a enfermedades y mayor adaptación a medios con malas condiciones físico químicas para el desarrollo de especies vegetales, un ejemplo de aplicación de inoculantes microbianos es el de Moreno et al. (2022) donde es su artículo de investigación “Efecto de la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal en suelos degradados de minería aluvial” de la universidad nacional, donde se demuestra los efectos positivos de especies de microorganismos como *Azospirillum brasilense*, *Mortierella* sp. y *Rhizogloium fasciculatum* para el desarrollo de *Leucaena leucocephala*, en donde estos microorganismos cumplen funciones de adaptación, biorremediación y promoción vegetal, lo cual hace que el uso de inoculantes microbianos en especies vegetales permita procesos de reforestación o agrícolas en suelos degradados sea posible.

De lo anteriormente expuesto, se genera el siguiente interrogante ¿Cuál es la eficiencia de la aplicación de inóculos microbianos en especies vegetales que contribuyen a la recuperación de suelos afectados por incendios forestales?

3. **Justificación**

Los incendios forestales son causados por fenómenos naturales y en mayor medida por las diferentes actividades humanas desde la agricultura y ganadería que generan procesos de deforestación para la adecuación de áreas o la recreación relacionada con la negligencia y falta de conciencia ambiental de los pobladores y visitantes de una zona, esto sumado al cambio climático y diferentes condiciones del suelo como biomasa disponible, intensidad (temperaturas alcanzadas y duración), área quemada, tiempo desde el último incendio, tipo de suelo, humedad, pendiente y vegetación determinara el nivel de impacto y alcance del fuego. Entre los efectos más conocidos del fuego en el suelo tenemos los cambios en las propiedades físicas y químicas y cambios en la disponibilidad de nutrientes totales del suelo de lo cual depende el proceso de recuperación natural de un ecosistema.

En el municipio de Girardot - Cundinamarca, se reconoce que el sector más afectado por el cambio climático es el agropecuario por los efectos de los fenómenos del Niño y de la Niña, los cuales aumentaron los factores de riesgo en la producción generando pérdida de cultivos, lo que incurre no solo en problemáticas ambientales sino también afecta el aspecto económico y social del lugar afectado.

Las graves consecuencias generadas cuando se producen los incendios forestales son razones suficientes para buscar medidas a nivel municipal, departamental y nacional con el fin de disminuir la ocurrencia y los impactos de los incendios forestales en los territorios, sin embargo la mala ejecución de medidas para la prevención de los incendios, así como la dificultad para realizar las labores de extinción, hace que se deban buscar nuevas soluciones orientadas a la recuperación del suelo afectado de vuelta a su estado original antes del incendio. El empleo de

especies vegetales nativas para labores de restauración del lugar afectado que cumplan con varios requisitos como que sean pioneras y con características de recuperación, así como de técnicas biotecnología para poder devolver las suelo sus propiedades originales las cuales les permitan que el proceso de regeneración del suelo se más rápido que la recuperación natural.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar las características morfológicas de las especies vegetales con uso de un inoculante microbiano que contribuya a la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el Bs-T en el municipio de Girardot - Cundinamarca.

4.2 Objetivos específicos

- Seleccionar especies vegetales nativas del Bs-T para la recuperación de suelos afectados por incendios forestales.
- Realizar un seguimiento a las características morfológicas de las especies vegetales usando el inoculante microbiano.
- Determinar qué especies contribuyen a la mejora de las condiciones del suelo con inoculantes microbianos.

5. Marco referencial

5.1 Marco teórico

El bosque seco tropical (BST) es uno de los ecosistemas con mayor transformación debido a una larga historia de ocupación por sus suelos parcialmente fértiles y condiciones climáticas favorables (Pizano, 2016). Según Minambiente (s.f) el bosque seco tropical (BST), se define como una formación vegetal que presenta una cobertura boscosa y que se encuentra entre los 0-1000 m de altitud; presenta temperaturas mayores a los 24°C (piso térmico cálido) y precipitaciones entre los 700 y 2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año. En Colombia, queda el 8 % (cerca de 705 000 ha) de las 9 000 000 ha, que cubrían originalmente el bosque seco en el territorio nacional y los bosques que quedan están altamente fragmentados (Garcia, Corzo, Isaacs y Etter, 2014; Pizano, 2016; Gonzalez,2018), por lo cual, se considera que el BST es uno de los ecosistemas más amenazados en el país. El 65 % de las áreas que originalmente eran bosques secos, han sido transformadas y en la actualidad presentan un escenario de desertificación, lo cual indica el alto deterioro de este ecosistema (Garcia, 2014; Rodriguez, 2016). Sin embargo, varios estudios recientes han encontrado que los remanentes de bosque seco todavía alojan un alto número de especies de plantas endémicas (Dryflor, 2016; Gonzales, 2017) y, por lo tanto, tienen un alto valor de conservación.

Las presiones que más han afectado históricamente al bosque seco incluyen el cambio climático, la fragmentación, la expansión de la agricultura, la ganadería y el fuego (Janzen, 1988; Pizano et al., 2016; González-M. et al., 2018). El fuego se ha reconocido como una de las perturbaciones más recurrentes a nivel antrópico y natural en el BST, y su frecuencia e intensidad dependen de la estructura de la vegetación, el clima y la humedad, entre otros

(Middleton, Sanchez-Rojas, Suedmeyer y Michels, 1997; Otterstrom, Schwartz y Velázquez-Rocha, 2006). También tiene importantes efectos en la flora y fauna, ya sea porque sus poblaciones se ven directamente afectadas, o porque deben ajustarse a un nuevo escenario de disponibilidad de recursos (Loret, 2004).

Los incendios forestales son definidos como fuego que se extiende sin control, cuyo combustible principal es la vegetación viva o muerta en terrenos de aptitud preferiblemente forestal. Según el ministerio de ambiente (2021) la forma de propagación del fuego los incendios se clasifican como:

- Incendio de superficie: Se propagan sobre la superficie del suelo, quemando la vegetación de poca altura como la hojarasca, ramas caídas, entre otros. Este tipo de incendios se presentan con mucha frecuencia, además de ello presentan una severidad baja o moderada.
- Incendio de copa: Estos son capaces de propagarse a través de las copas de los árboles, la gran mayoría de este tipo de incendios comienza en la superficie y se expanden sobre las copas de los árboles. Asimismo, la severidad con la que se manifiestan por lo general es alta
- Incendio de subsuelo: Avanzan quemando la materia orgánica y las raíces por debajo de la superficie del suelo. Son lentos y generalmente no generan humo, por lo que son difíciles de detectar y de apagar. Debido a dificultad de detectarlos los efectos que generan más graves.

Las consecuencias generadas por los incendios forestales van a depender del nivel de gravedad de estos pero según CONAFOR (2010), las principales son que los suelos sean mas susceptibles a la erosión, la pérdida de cobertura vegetal lo cual evita que se forme o recupere mantos freáticos debido a la falta de infiltración del agua, la pérdida del hábitat de la fauna silvestre, lo cual a su vez afecta las cadenas alimenticias, también a nivel de microbiota la destrucción de hongos, bacterias y protozoarios cuya función es desintegrar la materia orgánica. La calidad del aire de una zona se verá empeorada y aumentará la emisión de gases de efecto invernadero. A nivel de afectaciones al hombre, tenemos problemas de salud relacionadas con el humo y quemaduras, también pérdida de áreas con potencial para su uso, destrucción de campos e infraestructura rural y disminución de empleos que posteriormente causara una problemática social.

La revegetalización, hace parte de los procesos de restauración y se define como el fenómeno por el cual las plantas colonizan un área de la cual ha sido removida su cobertura vegetal original por efecto de un disturbio (Vargas, 2007). Esta técnica ha sido reportada como una alternativa para disminuir la erosión del suelo, su degradación (Hou et al., 2002) y para restaurar la integridad ecológica de ecosistemas (Cheng & An, 2015). Se conoce que el éxito del proceso de revegetalización puede verse influenciado por la cantidad de actividad microbiana en los suelos que han sido afectados, y por la cantidad de vínculos entre plantas y microorganismos en el área (Archer & Pyke, 1991).

El suelo puede ser comparado como un gran sistema donde una serie de actores participan continuamente, estos van desde minerales, materia orgánica tanto viva como muerta, agua, aire y microorganismos que interactúan entre ellos para dar estructura a los suelos (Osorio, 2009). Las

comunidades de microorganismos en el suelo interactúan con la rizosfera de la planta, lo cual afecta el desarrollo de las plantas y la calidad del suelo, lo que está relacionado con la estabilidad y productividad del suelo tanto en agroecosistemas como en ecosistemas naturales (Pedraza, et al., 2010). Los microorganismos asociados al mejoramiento del desarrollo de especies vegetales son los hongos del género *Trichoderma* y bacterias del género *Pseudomonas* y *Bacillus*, usualmente catalogados como agentes de control biológico (BCA) y microorganismos promotores del crecimiento vegetal (PGPM) (Cano, 2011).

En la actualidad son objeto de estudio aquellos microorganismos involucrados en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes, ya que son estos los directamente responsables del nivel de fertilidad de los suelos (Correa, 2013). Entre las acciones que mejoran las condiciones de la planta se puede mencionar la fijación de N_2 , la solubilización de fósforo (P), la capacidad de producir ácidos orgánicos (ácidos oxálico, fumárico y cítrico) y fosfatasa facilitando la solubilidad del P y otros nutrientes (Puente, et al., 2010). La aplicación de técnicas de biotecnología, permiten incorporar consorcios microbianos constituidos en formulación líquida o también conocidos como inóculos microbianos, que actúen como promotores del crecimiento de las plantas (Sotelo, et al. 2012).

Los microorganismos como las *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp. son fundamentales en el ciclo de nitrógeno, el cual es de gran relevancia en el crecimiento de las plantas. Según Cataño et al. (2017) las *Nitrosomonas* sp. son bacterias oxidadoras de amonio cuya estructura es un bacilo Gram negativo (-) de 2 bicapas lipídicas, tiene una forma elipsoidal, y son quimiolitotróficas donde su fuente de carbono es el CO_2 . Las bacterias *Nitrobacter* son un género de bacterias gram negativas, la mayoría de las cuales tiene forma alargada similar a un bastón o pueden ser

pleomórficas, se conocen comúnmente como nitrobacterias, y son quimiolitautótrofas que hacen parte activamente en el ciclo del nitrógeno. La importancia de estos microorganismos es que estos son necesarios para el proceso de fijación del nitrógeno, el cual según García (2011) consiste en la conversión del nitrógeno atmosférico a formas metabolizables, que puedan ser incorporadas por los seres vivos. Este proceso inicia cuando existe un exceso de amonio, éste es oxidado por las bacterias nitrificantes autótrofas de los grupos: Nitrosomonas, Nitrococcus y Nitrospira, las cuales lo convierten en nitrito. Por su parte, los nitritos (NO_2^-) son oxidados a nitratos (NO_3^-) de forma rápida por bacterias de los grupos Nitrobacter y Nitrocystis (Gilon 2014).

El género de bacterias *Bacillus* sp. está formado por microorganismos Gram positivos, formadores de endosporas, quimiheterótrofos que están rodeados de flagelos peritricos. Son de carácter anaerobio o aerobio facultativos (Cuervo, 2010). Según Pedraza et al. (2019) estos microorganismos se pueden usar como método de control biológico debido a que logran una rápida replicación, presentan una amplia distribución en un gran número de ecosistemas, poseen una alta adaptabilidad en ambientes hostiles y tienen la habilidad de sintetizar diversos compuestos antimicrobianos.

Las *Pseudomonas*, son bacterias aeróbicas, gram negativas, quimiheterótroficas, con forma de bacillo, de la clase gammaproteobacteria y a la familia Pseudomonadaceae, debido a su versatilidad metabólica y plasticidad genética, se encuentran en ecosistemas terrestres y acuáticos (Carrillo y Ramírez, 2022). Se demostró que cepas de *Pseudomonas* spp. han sido usadas como controladores biológicos contra hongos fitopatógenos y estas utilizan dos mecanismos para estimular el desarrollo y crecimiento de las plantas, los directos y los

indirectos; los primeros hacen referencia al resultado de la promoción directa sobre las plantas, mientras que los indirectos consisten en inhibir el funcionamiento de fitopatógenos (Escobar et al. 2022).

Otra de las especies de microorganismos con gran influencia en las plantas debido a sus características que garantizan la protección y desarrollo de las plantas es el *Trichoderma* sp. el cual es un género de hongos filamentosos que se encuentra en la rizosfera considerado simbiote oportunista de plantas, que es capaz de producir elicitores que mejoran la defensa de la planta frente a patógenos e insectos, también ayudan a la solubilización de fósforo, y propician la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (Hernandez et al. 2019).

La inoculación con microorganismos eficientes (ME) a un ecosistema puede mejorar la calidad de los suelos y el crecimiento. Un suelo con buenas características debe contener nutrientes y minerales que permitan el desarrollo de las especies vegetales, Gutierrez (1997), nos menciona que los minerales esenciales incluyen C, H, O, N y S (principales constituyentes de la materia orgánica), y P, B Y Si absorbidos como iones de la solución del suelo.

El empleo de inóculos microbianos afecta la presencia de nitratos y nitritos como fuente de nutrientes para las plantas, la cual está determinada por la actividad de las especies de *Nitrobacter* sp. y *Nitrosomas* sp. (Pacheco J. et. al. 2002). También la necesidad de incorporar el nitrógeno molecular a la biosfera para pueda ser asimilado por las plantas va relacionado con los microorganismos fijadores de nitrógeno como *Bacillus* spp, que también cumple la función de solubilizadora de fosfato (Corrales, et al. 2016).

La elaboración de un inóculo microbiano con una composición variada de microorganismos eficientes, puede ser una alternativa viable para la restauración de suelos afectados por algún tipo de factor antrópico que genere pérdida de cobertura vegetal y características químicas y estructurales del suelo.

6. Metodología

Diseño de investigación

El diseño de la investigación busca identificar cuál fue el enfoque del proyecto y su método para su desarrollo, mediante investigación de información bibliográfica, experimentación en laboratorio y recolección de datos de campo. El método utilizado es el investigativo, debido a que el objeto de investigación se divide en etapas de recolección de especies vegetales para la experimentación en un determinado espacio temporal donde se tomaron datos morfológicos de las plantas y las características fisicoquímicas del suelo antes y durante la aplicación del inóculo microbiano se dividió en periodos de tiempo. El enfoque de la investigación es cuantitativo debido a la recolección de información y análisis estadísticos de la tasa de crecimiento de las especies, porcentaje de eficiencia y volumen idóneo de inoculante, sin embargo, también se realizó una explicación del teórico y funcional de la técnica usada, así como una revisión bibliográfica de trabajos investigativos con el mismo tema de estudio.

Ahora bien, para desarrollar el problema y la pregunta de investigación, se emplearon estrategias enmarcadas en las fases, donde en primera consistió en una recolección de muestras de especies del suelo, la segunda, en una determinación de las especies más idóneas para la investigación, selección del inoculante, medios de cultivo y elaboración del inóculo microbiano; la tercera consistió en recolección y análisis de información sobre las características

morfológicas de las plantas, de tal manera que se realizarán las respectivas gráficas y tablas que permitieran construir unas conclusiones de la investigación.

La metodología propuesta para el objeto de estudio se desarrolló teniendo en cuenta las siguientes fases:

Fase 1

6.1 Selección de especies vegetales

Se recolectaron veintisiete plántulas de especies nativas y pioneras del bosque tropical seco tropical (BsT) de una de las zonas rurales del municipio de Coello limítrofe con el municipio de Girardot. Entre ellas el Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Payandé (*Pithecellobium dulce*), Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), Naranjuelo (*Crateva tapia*), Pela (*Acacia Farnesiana*), Chicalá (*Tecoma Stands*) y Diomate (*Astronium graveolens*).

Posteriormente fueron llevadas a dos germinadores de dieciocho cavidades cada uno, donde se regaron con agua en intervalos de 2 días, durante 4 meses, al mismo tiempo se realizó un seguimiento mediante una bitácora donde se recopilaban datos morfológicos como la altura del tallo y el número de hojas, con la finalidad de determinar cuál de las veintisiete plántulas presentaba mayor adaptación y capacidad de crecimiento en dicho periodo de tiempo.

Fase 2

6.2 Selección de inóculos

Teniendo en cuenta la etapa 1 del proyecto “Caracterización microbiológica de suelo del bosque seco tropical sometido a diferentes condiciones ambientales” donde se seleccionaron suelos expuestos a diferentes condiciones ambientales (Suelo desnudo, suelo con cobertura

vegetal y suelo tratado con 4 inoculantes microbianos), se obtuvo que el inóculo 4 el cual contenía bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*), bacterias solubilizadoras de fosfato (*Bacillus sp*) y un hongo (*Trichoderma sp*) fue el que mayor eficiencia tuvo en el desarrollo vegetal y mayor densidad poblacional. A raíz de las conclusiones arrojadas por el estudio mencionado, se seleccionó el inóculo 4 para el desarrollo de la etapa 2 del proyecto.

6.2.1 Medios de cultivo

Un medio de cultivo es una preparación sólida o líquida empleada para cultivar, transportar y almacenar microorganismos. Para ser efectivo, el medio debe contener todos los nutrientes que el microorganismo necesita para multiplicarse (Jawetz F, et al. 2010). Los medios de cultivos utilizados se presentan a continuación:

Tabla 1. Composición Medio de cultivo de amonio.

NOMBRE	COMPOSICIÓN		g/500mL
	FÓRMULA	COMPUESTO	
MEDIO AMONIO	(NH ₄) ₂ SO ₄	Sulfato de Amonio	0,25
	K ₂ HPO ₄	Fosfato Acido de Potasio	0,5
	CaCO ₃	Carbonato de Calcio	0,5
	MgSO ₄	Sulfato de Magnesio	0,15
	FeSO ₄	Sulfato de Hierro	0,015
	NaCl	Cloruro de Sodio	0,15
	Agar	Microbiológico	9

Fuente: Elaboración propia.

El medio amonio se utilizó con el fin de aislar bacterias nitrificantes como las especies de *Nitrosomonas Sp* y *Nitrobacter Sp*.

Medio de cultivo PUVK.

Tabla 2. Composición Medio de cultivo PUVK.

NOMBRE	COMPOSICIÓN		g/500 mL
	FORMULA	COMPUESTO	
MEDIO PUVK	C ₆ H ₁₂ O ₆	Glucosa	5
	Ca ₃ (PO ₄) ₂	Fosfato de calcio	2,5
	NH ₄ H ₂ PO ₄	Fosfato de Amonio	0,24
	MgSO ₄	Sulfato de Magnesio	0.05
	FeSO ₄	Sulfato de Hierro	0,00005
	MnSO ₄	Sulfato de Manganeso	0,00005
	KCL	Cloruro de Potasio	0,1
	Agar	Microbiológico	7

Fuente: Elaboración propia.

El medio PUVK se utilizó para aislar bacterias solubilizadoras de fosforo como *Bacillus sp.* Cabe resaltar que los medio Agar Papa Dextrosa (PDA) y Chromocult son de tipo comercial, por lo tanto, para la preparación se siguieron las indicaciones de las etiquetas.

Medio Agar Papa Dextrosa (PDA)

Tabla 3. Composición Medio de cultivo PDA.

NOMBRE	COMPOSICIÓN		g/1000mL
	FÓRMULA	COMPUESTO	
MEDIO AGAR PAPA DEXTROSA (PDA)	Agar	Agar Papa Dextrosa (PDA)	39

Fuente: Elaboración propia.

El medio Agar Papa Dextrosa (PDA) se usó para aislar *Trichoderma sp.*

Medio Chromocult

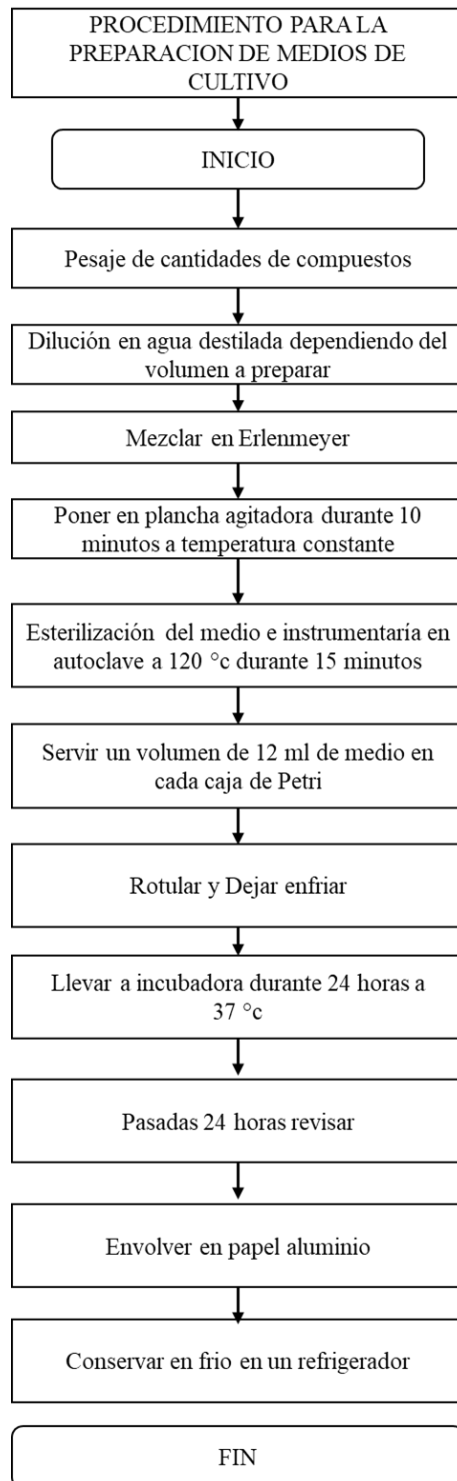
Tabla 4. Composición Medio de cultivo PDA.

NOMBRE	COMPOSICIÓN		g/1000mL
	FORMULA	COMPUESTO	
AGAR CHROMOCULT	Agar	Agar Chromocult	26,5

Fuente: Elaboración propia.

El medio Chromocult se empleó para aislar *Pseudomonas Sp.*

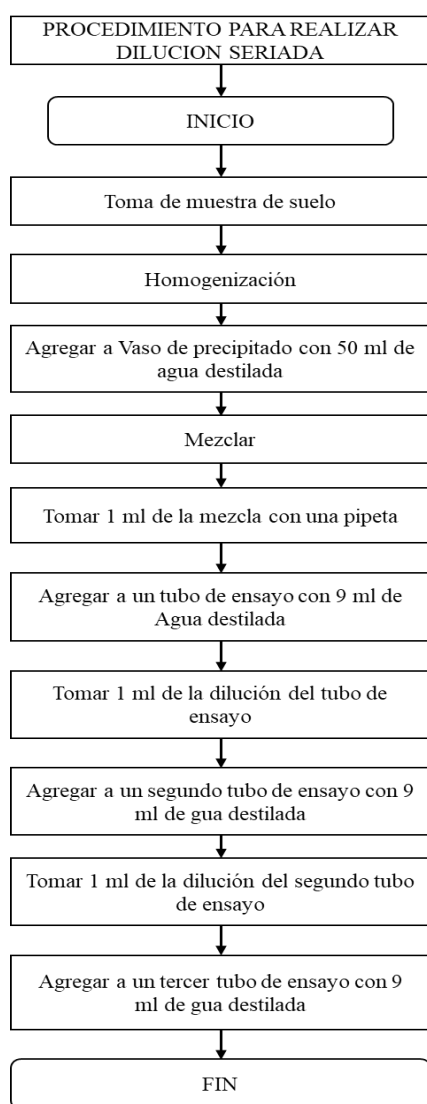
Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento de preparación de medios de cultivo.



Fuente: Elaboración propia.

Para el procedimiento de sembrado se recolectaron 10 gr de muestra de suelo a una profundidad de 20 cm, los cuales fueron llevados al laboratorio para ser homogenizados con un mortero. Después se disolvió la muestra de suelo en 50 ml de agua destilada, se mezcló con ayuda de una plancha agitadora, y se tomó 1 ml de esta disolución y se agregó a un tubo de ensayo con 10 ml (10-1), luego se realizó el mismo procedimiento de dilución en otros dos tubos de ensayo (10-2 y 10-3).

Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de dilución seriada.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez listo los tubos de ensayo con la muestra de suelo se procedió a sembrar, empleando una micropipeta graduada en 0.1 ml, se tomó un volumen de cada uno de los tubos de ensayo y se agregó a los medios previamente preparados, por cada dilución se prepararon 2 cajas Petri y una caja que funcionaria como blanco, a la cual no se le agrego medio.

Cada uno de los medios sembrados con la muestra se rotularon y llevaron a la incubadora durante 24 horas a 37 °C, luego de eso fueron guardados en una nevera para garantizar la durabilidad de los medios y microorganismos. Tras la incubación se originaron colonias visibles resultado de sucesivas divisiones celulares por lo cual se identificaron las colonias de interés y se aislaron por el método de siembra por estría sobre un medio de cultivo sólido adecuado dispuesto en una placa de petri, para ello se toma una pequeña cantidad de muestra con un asa y se reparte sobre la superficie del medio de cultivo ya preparado, las cepas fueron aisladas en el mismo medio a excepción de la *Pseudomona Sp* la cual fue aislada en Agar nutritivo. Posteriormente se realizó tinción de Gram y tinción con Azul de Metileno con la finalidad de identificar los microorganismos aislados en los medios selectivos.

6.2.2 Preparación de inoculante

Para la aplicación del inoculante se necesitó de 2.880 L, por esta razón se prepararon 3L de inoculante, que estaban compuestos por 750 ml de agua peptonada que funcionaria como medio para los microorganismos anteriormente aislados más 2.250 L de agua destilada y esterilizada. Se preparó agua peptonada disolviendo en calor 0.60 gr de medio de agua peptonada en 750 ml de agua destilada que posteriormente fue esterilizada en autoclave. Luego de eso se agregaron los microorganismos aislados al medio y se pusieron en agitadores a 180 rpm durante 24 horas. Una vez pasado el tiempo, se mezcló el medio de agua peptonada con agua

previamente destilada y esterilizada dejando 375 ml de medio de agua peptonada con 1125 ml de agua destilada en dos frascos de vidrio esterilizados en autoclave con un volumen de 1.5 L cada uno.

Fase 3

6.3 Seguimiento y evaluación.

Para realizar la evaluación del inóculo seleccionado, se optó por usar un diseño de bloques al azar, donde se tomaron cuatro individuos de las cuatro especies con mayor crecimiento evaluadas en la fase 1.

Se realizaron 4 bloques para un total de dieciséis plantas donde el primer bloque se tomó como control (Tratamiento 0) solo se regaron con agua, al bloque dos se le aplicó agua y un volumen de inóculo de 10 mL (Tratamiento 1) al bloque tres se le aplicó agua y un volumen de inóculo de 20 mL (Tratamiento 2) y al último bloque se le aplicó agua y un volumen del inoculante de 30 mL (Tratamiento 3). Dicha aplicación se realizó cada 5 días por 2 meses.

Figura 3. Distribución por bloques al azar de las plantas seleccionadas



Fuente: Elaboración propia.

Fase 4

6.4 Evaluación de condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Durante la fase inicial y final del proyecto se enviaron a un laboratorio certificado (Laboratorio de agua y suelos - Universidad Nacional) las muestras del suelo para sus respectivos análisis fisicoquímicos y biológicos.

7. RESULTADOS

7.1 Resultados obtenidos del seguimiento de las especies vegetales

Determinación de 4 especies vegetales nativas del BST

Con el fin de seleccionar las 4 especies vegetales con mejor crecimiento, se recolectaron 27 plántulas de especies nativas del Bosque Seco Tropical-BTS y se distribuyeron en dos semilleros de 16 cavidades cada uno, las cuales fueron Chilinchil (*Senna occidentalis*), Pela (*Acacia farnesiana*), Chicala (*Tecoma Stans*), Naranjuelo (*Crateva tapia*), Guasimo (*Guazuma ulmifolia*), Escoba (*Cytisus scoparius*), Flor Amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), Diomate (*Astronium graveolens*), Payande (*Pithecellobium dulce*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) y Algodón (*Gossypium arboreum*). Luego según los criterios de la Figura 4. se seleccionaron las especies.

Tabla 5. Seguimiento del parámetro de altura (cm) de las especies vegetales recolectadas en los semilleros.

Altura de la plantula																
Semana	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Semillero 1																
Especies Iniciales																
Chilinchil (<i>Senna occidentalis</i>)	9	9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chilinchil (<i>Senna occidentalis</i>)	8	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pela (<i>Acacia farnesiana</i>)	10,5	10,5	10,5	10,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chicala (<i>Tecoma Stans</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Naranjuelo (<i>Crateva tapia</i>)	8	8,3	8,3	8,3	10	10	10,5	10	9	9	9	9	9	9,1	9,5	
Guasimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	11,5	11,5	11,5	11,5	x	x	x	x	x	x	x	x	2	5,5	10	
Guasimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	12	12	12	12	x	x	x	x	x	x	x	6,8	8,8	11,2	16	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	7	7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flor Amarillo (<i>Handroanthus chrysanthus</i>)	8,5	8,5	8,5	8,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dionate (<i>Astronium graveolens</i>)	5	5,3	5,5	5,7	5,8	5,8	6	6,4	6,6	8	8,6	9,6	11,8	12	12,8	
Pela (<i>Acacia farnesiana</i>)	14	14	14	14	14	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chicala (<i>Tecoma Stans</i>)	15,5	15,5	15,2	15,2	15,3	15,3	15,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	4,5	4,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Guasimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6	7,8	15,2	21,3	
Flor Amarillo (<i>Handroanthus chrysanthus</i>)	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7,7	18,2	30	30	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	2,5	2,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chicala (<i>Tecoma Stans</i>)	6	6	5	5	5	5	6,7	6,6	7	7,5	7,8	7,8	7,8	7,8	x	
Semillero 2																
Payande (<i>Pithecolobium dulce</i>)	6,8	7	7	7,3	7	7,5	7,7	7,6	7,6	8,1	8,1	8,2	8,4	8,6	8,6	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	15	15	15	15	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	8	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	x	x	x	x	x	8,2	13	14	15,6	
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	10	11	12,5	13	13,5	13,5	13,6	14,6	17,2	22,8	26,7	29,6	36,1	43,1		
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	11	11	11	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	6	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	3	3	3	3	3	3	3	x	x	x	x	4	6,4	9,2	13,5	
Algodón (<i>Portulaca oleracea</i>)	12	12	12	12	12	12	x	x	x	x	x	4	8	10,2	16	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Seguimiento del parámetro de número de hojas de las especies vegetales recolectadas en los semilleros.

Numero de hojas de la plantula																
Semana	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Semillero 1																
Especies Iniciales																
Chilinchil (<i>Senna occidentalis</i>)	6	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chilinchil (<i>Senna occidentalis</i>)	8	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pela (<i>Acacia farnesiana</i>)	11	11	11	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chicala (<i>Tecoma Stans</i>)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Naranjuelo (<i>Crateva tapia</i>)	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	6
Guasimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	2	2	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	8	8	13	
Guasimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	3	3	3	3	x	x	x	x	x	x	x	6	7	7	9	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	4	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flor Amarillo (<i>Handroanthus chrysanthus</i>)	12	12	12	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dionate (<i>Astronium graveolens</i>)	5	5	6	5	8	8	8	11	11	14	11	11	11	11	14	
Pela (<i>Acacia farnesiana</i>)	20	20	20	20	20	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chicala (<i>Tecoma Stans</i>)	7	7	4	4	1	1	0	0	x	x	x	x	x	x	x	x
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	6	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Guasimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	6	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	5	6	9	
Flor Amarillo (<i>Handroanthus chrysanthus</i>)	12	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	6	6	6	6	6	6	6	x	x	x	x	4	7	8	4	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chicala (<i>Tecoma Stans</i>)	4	4	4	4	2	2	2	4	4	3	5	5	5	4	x	
Semillero 2																
Payande (<i>Pithecolobium dulce</i>)	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	4	4	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	22	22	22	22	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	12	12	x	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	3	3	3	3	3	3	x	x	x	x	x	6	8	7	12	
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	10	10	12	12	12	12	14	20	25	29	44	49	58	51	56	
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	14	14	14	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	7	7	6	6	6	6	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Escoba (<i>Cytisus scoparius</i>)	6	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Algarrobo (<i>Hymenaea courbaril</i>)	4	4	4	4	4	4	x	x	x	x	x	5	8	9	11	
Algodón (<i>Portulaca oleracea</i>)	9	9	9	9	7	5	x	x	x	x	x	5	5	3	6	

Fuente: Elaboración propia.

Especies Seleccionadas

- **Pela (*Acacia Farnesiana*)**

Es una planta de tipo arbustivo, cuyas hojas son bipinnadas con una glándula en la mitad del peciolo, las ramas y tallos son glabros con lenticelas y abundantes espinas blanquecinas persistentes con flores de color amarillo, los frutos son glabros en forma de legumbre cilíndrica de color negro (Rico 2001). Es una especie que florece y produce frutas durante todo el año, según López et al (2012) de entre 7,600 -13,000 semillas/kg las cuales pueden estar inactivas durante un año, pueden presentar porcentajes de germinación que varían entre el 60 y 70%, esto influencia por especies dispersoras como el ganado, algunos roedores e incluso iguanas que influyen en la propagación en nuevas áreas y a largas distancias, principalmente en zonas desprovistas de vegetación con una amplia entrada de luz, como potreros y pastizales (Parrota 1992, Rico 2001). La especie *A. farnesiana* tiene un valor económico importante y ha sido usada para la recuperación de suelos degradados, en especial ecosistemas con ambientes secos y con fuertes procesos erosivos, gracias a su adaptabilidad ha permitido su introducción en diferentes regiones del mundo (Parrota 1992).

- **Chicalá (*Tecoma Stans*)**

Tecoma stans (de la familia Bignoniaceae) es un árbol o arbusto bajo, perennifolio o caducifolio, de 1 a 10 m (hasta 20 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 25 cm (Martínez y Ramos, 2012), contiene semillas pequeñas, aplanadas y aladas, que son

dispersadas por el viento (Vázquez-Yanes et al., 1999). Esta especie tropical se encuentra propuesta en la Lista de Especies para Restauración de la UICN (ORMACC, 2015) como especie con potencial para restauración, ya que se piensa que es resistente a la sequía (Vázquez-Yanes et al., 1999). Además, se ha observado que tiene un alto reclutamiento y potencialmente contribuiría a la conservación de suelos, ya que desarrolla un sistema radicular muy profuso (Alvarado-López et al., 2014). Se considera una especie con potencial para restauración porque promueve la conservación del suelo, estabilización de cauces fluviales, protección de mantos acuíferos y restauración de yermos, y sus semillas se pueden almacenar en condiciones ambientales manteniéndose viables hasta por siete meses (ORMACC, 2015).

- **Guasimo (*Guazama Ulmifolia*)**

Árbol o arbusto, caducifolio, de 2 a 15 m de altura (hasta 25 m), con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 40 cm (hasta 70 cm). Esta especie habita principalmente en zonas de clima cálido húmedo y sub-húmedo, aunque también se encuentra en áreas de clima templado sub-húmedo, asociado principalmente al bosque tropical caducifolio, sub-caducifolio y perennifolio, al bosque de pino-encino, bosque espinoso y vegetación de sabana o pastizales. Se encuentra en altitudes en un rango de altitud de 0 a 1200 m s.n.m., con temperaturas entre 20 y 30 °C y una precipitación anual que oscila de 700 a 1500 mm, abarcando una gran variedad de suelos, desde texturas livianas hasta suelos pesados y con pH superior a 5.5. Prospera muy bien en zonas perturbadas, ya que es una especie pionera y heliófila. Puede presentarse como especie importante de etapas secundarias muy avanzadas, dando la impresión de ser elemento primario. Especie de fácil adaptación, tanto a lugares secos como a húmedos. Dentro de los efectos

restauradores, mejora la fertilidad del suelo por la cobertura de hojarasca y controla la erosión ya que estabiliza bancos de arena (Vázquez et al., 1999).

- **Chilinchil (*Senna Occidentalis*)**

Arbusto aromático, de hasta 2 m, peciolo con glándulas en la base, foliolos de 4 a 6 pares, aovados- lanceolados, racimos axilares, sépalos de 6-9 mm, pétalos de hasta 2 cm, amarillos; legumbre linear plana de 6 – 10 cm (Gupta 1995). Crece en bosques secos, semisecos y húmedos. Es común en lugares abandonados de los trópicos y subtrópicos (Suarez 2008). Se encuentra como una hierba de pradera en las zonas húmedas y crecen bien al pleno sol y en sombra parcial en terrenos diferentes. Crece en dos diversos tipos de suelo donde es mayor cuanto más alto es el PH 4,7 a 6,3 (Vivas, 2008).

- **Escoba (*Cytisus Scoparius*)**

Arbusto de hasta 2 m, muy ramificado y poco folioso en el momento de la floración. Ramas jóvenes verdes, con 5 costillas longitudinales. Hojas pequeñas, de dos tipos: en la base de las ramas del año son simples y sésiles. Vive en claros de bosques caducifolios y perennifolios sobre cualquier sustrato. Se encuentra entre 200-2000 m. (Morales et al. 2018). Esta planta forma masas densas en zonas abiertas, perturbadas por incendios o talas de árboles, aunque crece también de forma natural en prados, claros de bosque y matorrales. Se trata de una leguminosa con una gran capacidad para fijar nitrógeno (Martinez et al. 2014), con un alto contenido en fósforo, potasio y calcio y con un considerable contenido polifenólico (Barros et al. 2012). Este

elevado contenido en nutrientes hace de la retama negra un recurso potencial para ser utilizado como fertilizante orgánico en los suelos agrícolas.

- **Flor Amarillo (*Handroanthus Chrysanthus*)**

La especie *H. Chrysanthus* es un Árbol caducifolio que crece hasta los 20 m de altura y hasta 60 cm de diámetro, tronco derecho, copa piramidal y densa. Ramas escasas, ascendentes. Las zonas de vida en las que se reporta la especie son en el bosque muy seco tropical (bms-T), bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo tropical (bh-T). (Terrence y Sarukhán, 2005). Según Trujillo (2013), esta especie requiere suelos con drenaje interno y externo bueno, suelos con textura franco a franco-arenosa, de reacción neutra a alcalina (pH 6,0 a 8,5). Es una especie resistente a la sequía y suelos secos, es empleada también como especie para restauración en la estabilización de cauces fluviales, protección de mantos acuíferos y recuperación de áreas degradadas (Herazo, 2021 y IUCN s.f).

- **Verdolaga (*Portulaca Oleracea*)**

La *Portulaca oleracea* (Verdolaga), es una planta herbácea que crece hasta 80 cm de altura, con flores pequeñas amarillas, (Sarmiento et al., 2016) se adapta a distintos tipos de suelo y temperaturas (27°C -45°C), con resistencia a la sequía y suelos perturbados (Rodríguez, 2014). La *P. oleracea* tiene aplicaciones en la regeneración de ecosistemas debido a su capacidad para detoxificar biotoxinas y posee la habilidad de eliminar derivados del bisfenol de medios acuáticos (Isobe et al, 2013), estas propiedades hacen que sea una planta con un alto potencial en la fitorremediación (Okuhata et al, 2013). Una de las características que posee la *P. oleracea* es la

capacidad de adaptación a diferentes ambientes y condiciones, posee una fuerte resistencia a la sequía y la capacidad de crecer en condiciones de estrés salino (Kafi y Rahimi, 2011).

- **Algarrobo (*Hymenaea courbaril* L)**

Crece en zonas de clima seco, suave y cálido, ausente de heladas, y por tanto cerca del litoral, hasta los 600 m de altitud. No suele formar bosques, si bien aparece en rodales y bosquetes en algunos lugares. Se asocia a plantas de aptencias ecológicas similares como palmitos (*Chamaerops humilis* L.), lentiscos (*Pistacia lentiscus* L.), coscojas (*Quercus coccifera* L.) y azufafos (*Ziziphus* sp.), en situaciones secas más extremas que las del encinar. Es indiferente al tipo de sustrato, necesita lugares soleados y no le importan los suelos pedregosos o las barrancadas áridas, por lo que a veces es sorprendente ver un árbol tan esbelto y verde en secarrales donde no crece otra especie arbórea, lo que da también una idea de lo importante que puede ser como refugio de fauna y protector de la erosión por el desarrollo de sus raíces. (Cela, P. 2018).

- **Payande (*Pithecellobium dulce*)**

Payande (*Pithecellobium dulce*) se utiliza en programas de reforestación y agroforestería, considerada como mejoradora del suelo por presentar nódulos fijadores de nitrógeno.

Ampliamente utilizada en programas de control de erosión y conservación de suelos (5).

Profundidad: Prefiere y crece mejor en suelos profundos, aunque se desarrolla bien en suelos someros, espesor ≥ 30 cm. La textura del suelo en la que crece es franco arcilloso y arcillo arenosa; ligeramente arenosas a moderadamente limosas. Otros Crece en climas tropicales y subtropicales, desde muy cálidos hasta el límite de las heladas. También crece tanto a pleno solo

como bajo sombra, y resiste las sequías. Tolera el sombreado, y moderadamente la sequía; es resistente al fuego y a las termitas (Cervantes, V., et al., 2001).

- **Diomate (*Astronium graveolens*)**

Es poco común en áreas abiertas, donde alcanza menores dimensiones. Se desarrolla tanto en los bosques secos como los húmedos, con precipitaciones promedio anuales entre 750 y 3500 mm y temperaturas promedio anuales de 20 a 32C°. Se le encuentra a elevaciones bajas a bajo medianas, hasta los 1500 msnm, con mayor frecuencia en la costa Pacífica por debajo de los 800 msnm. Se adapta a diferentes clases de sitios, de pendientes planas a moderadas, en suelos desde aluviales fértiles hasta rocosos y mal drenados. Muestra excelente desarrollo en áreas de pendiente moderada y suelos arenosos bien drenados. La regeneración natural es buena y las plántulas son bastante comunes. (Bernal, R. et al 2013). Se reproduce por semillas, el porcentaje de germinación en viveros supera el 90% mientras que en los bosques es capaz de alcanzar un porcentaje aceptable. (CEMARE, 2000). El mejor crecimiento se obtiene en suelos más ligeros con menos del 40% de arcilla, pH neutro y buen drenaje. Las plantas no toleran el encharcamiento ni los suelos arcillosos pesados.

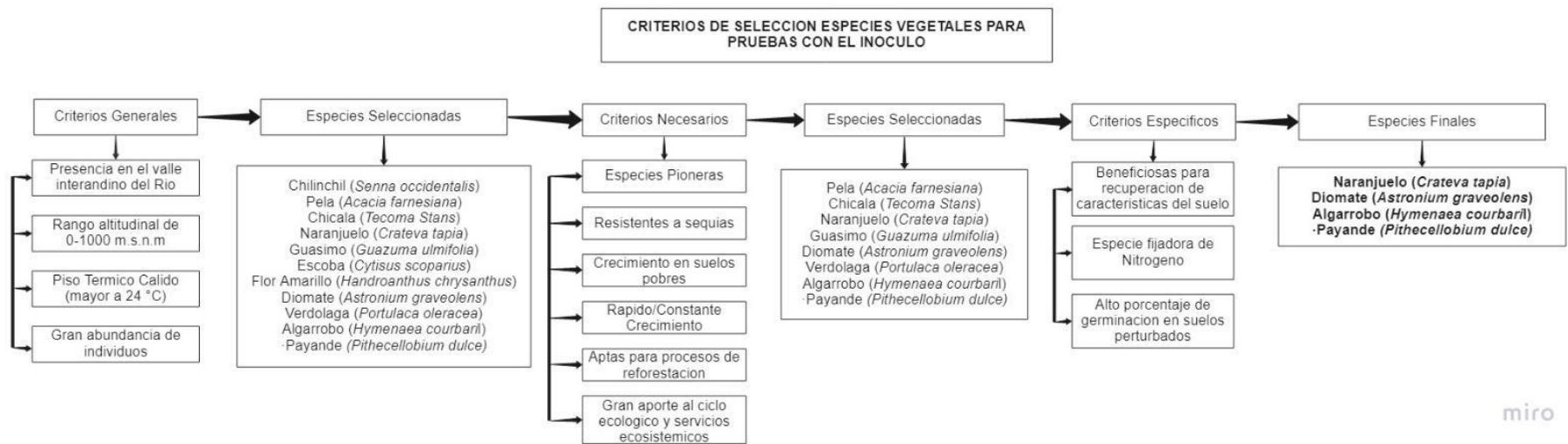
- **Naranjuelo (*Crateva tapia*)**

El Naranjuelo (*Crateva tapia*) La *Crateva Tapia* tiene una amplia tolerancia ecológica por lo que su distribución no se encuentra limitada a la selva seca, y cuyas características les permiten desarrollarse en sitios perturbados o con condiciones áridas. (Lott Y Atkinson, 2010). En estudios realizados para determinar la germinación de las semillas de *C. Tapia* se pudo comprobar la capacidad de crecimiento en suelos arenosos y secos alcanzando un 86 % de

germinación en dichas condiciones, dando claro que pueden ser empleados en procesos de reforestación en suelos que hayan sido afectados por algún tipo de perturbación (Zamora et al., 2009).

Las cuatro especies con mejor crecimiento durante el periodo de 4 meses de observación fueron el Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), Payande (*Pithecellobium dulce*), Diomate (*Astronium graveolens*) y Naranjuelo (*Crateva tapia*).

Figura 4. Criterios de selección de especies vegetales.

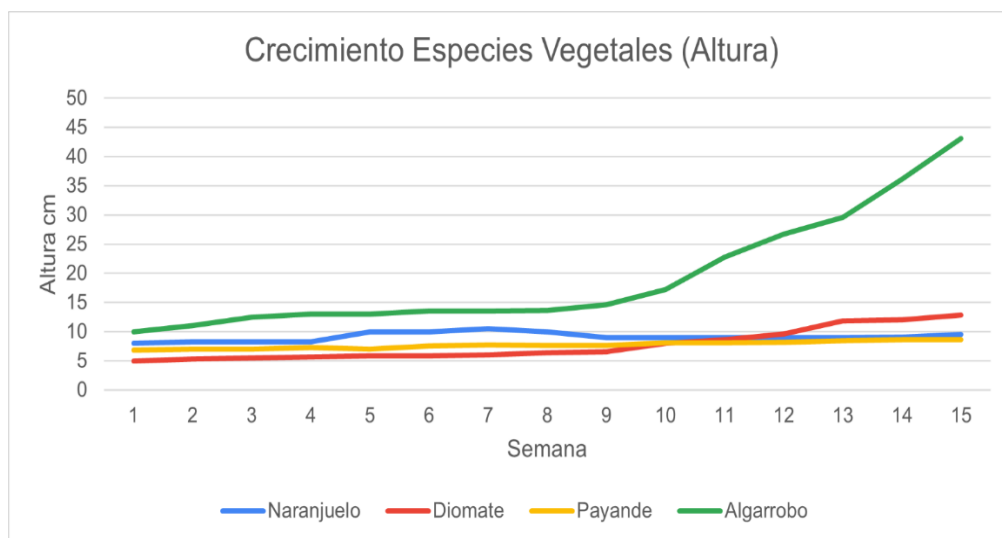


Fuente: Elaboración propia.

Descripción de crecimiento (Altura-N° Hojas) etapa de semilleros

Durante la etapa de desarrollo en los semilleros 1 y 2, en cuanto al parámetro de altura de las plántulas, las especies *C. tapia* y *P. dulce* durante el periodo de 4 meses no hubo un cambio importante en dicho parámetro, mientras que las plántulas de *A. graveolens* y *H. courbaril* mantuvieron un crecimiento mínimo hasta la semana 9, en la cual estas empezaron a aumentar su tamaño exponencialmente, en especial la plántula de *H. courbaril*, la cual tuvo un crecimiento mayor en comparación a todas las demás.

Figura 5. Datos recolectados del parámetro altura de las cuatro plántulas de las especies vegetales con mejor rendimiento.

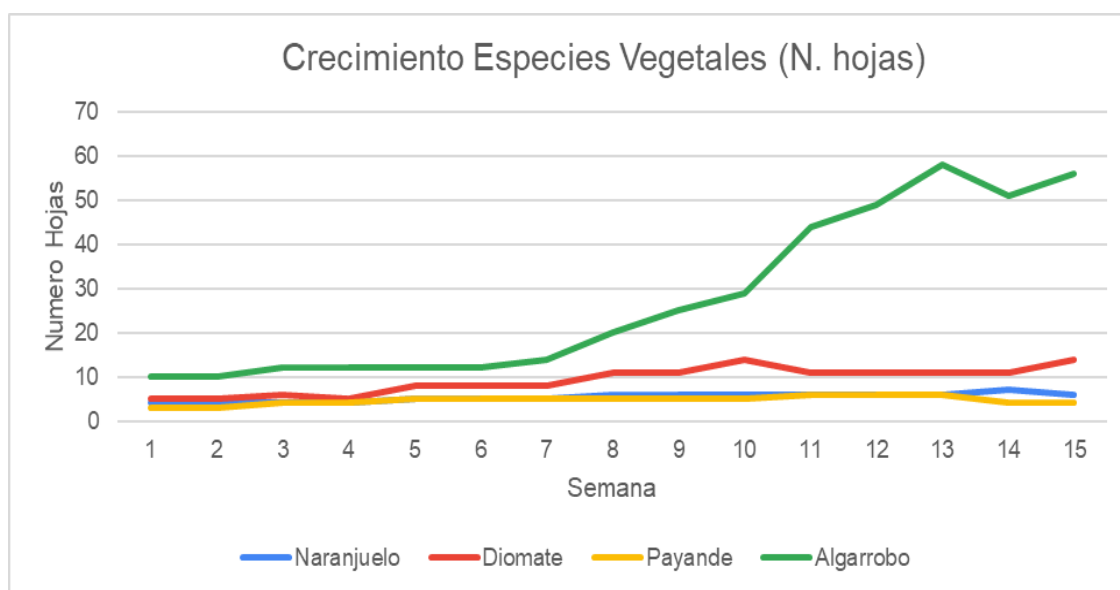


Fuente: Elaboración propia.

En relación a los datos recolectados del número de hojas de las especies se observó que las especies *C. tapia*, *P. dulce* y *A. graveolens* se mantuvieron casi iguales desde el momento de su recolección hasta la finalización de la recolección de datos, mientras que la

plántula de *H. courbaril* desde la semana 7 empezó a dar lugar a un crecimiento exponencial de hojas hasta la semana 14 donde se vio un lapso de tiempo en que se marchitaron algunas de ellas, sin embargo en la semana siguiente la curva de crecimiento volvió a un sentido positivo.

Figura 6. Datos recolectados del parámetro Numero de Hojas de las cuatro plántulas de las especies vegetales con mejor rendimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Características morfológicas

- Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*)

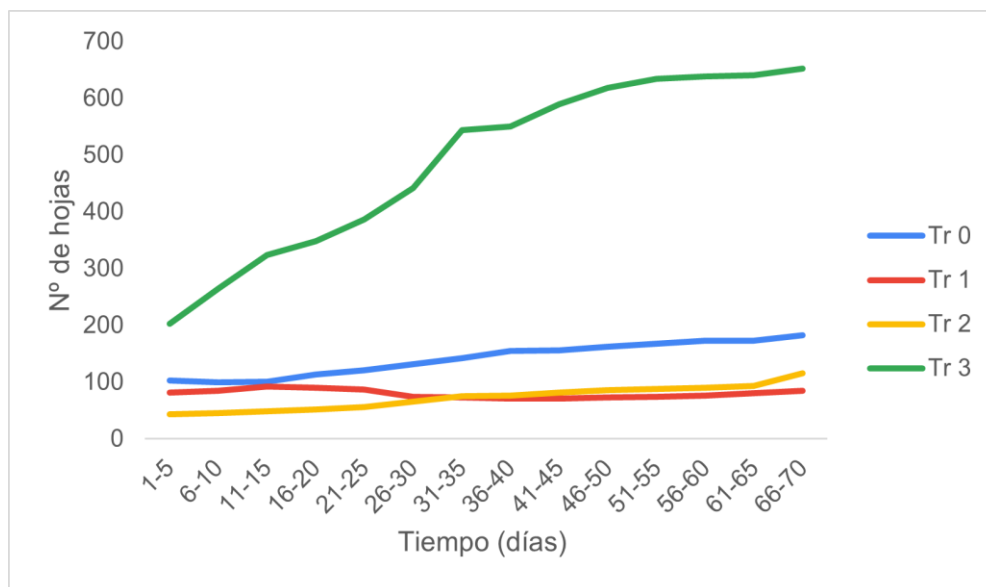
En la Tabla 3, se muestran los valores correspondientes al crecimiento en el número de hojas y altura en centímetros (cm) para la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) expuesto a los tratamientos Tr 0 (0 aplicación de inoculo), Tr 1 (10 mL de inoculo), Tr 2 (20 mL de inoculo) y Tr 3 (30 mL de inoculo) con una frecuencia de cada 5 días.

Tabla 7. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) durante la aplicación de inoculo microbiano.

<i>Tiempo (días)</i>	N° de hojas				Altura (cm)			
	<i>Tr0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>	<i>Tr0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>
1-5	103	82	43	203	43	61	35	75
6-10	100	85	45	264	47	63	42	78
11-15	101	92	49	324	50	65	50	82
16-20	113	90	52	348	50	65	50	82
21-25	121	87	56	386	51	65	50	82
26-30	131	74	66	442	53	65	50	84
31-35	142	73	75	544	56	65	52	87
36-40	155	71	76	550	59	65	53	89
41-45	156	71	82	589	60	65	57	90
46-50	162	73	86	618	63	65	63	92
51-55	168	74	88	634	69	65	68	97
56-60	173	76	90	638	70	65	68	101
61-65	173	80	93	640	70	66	69	101
66-70	182	85	116	652	71	67	69	109

Fuente: Elaboración propia.

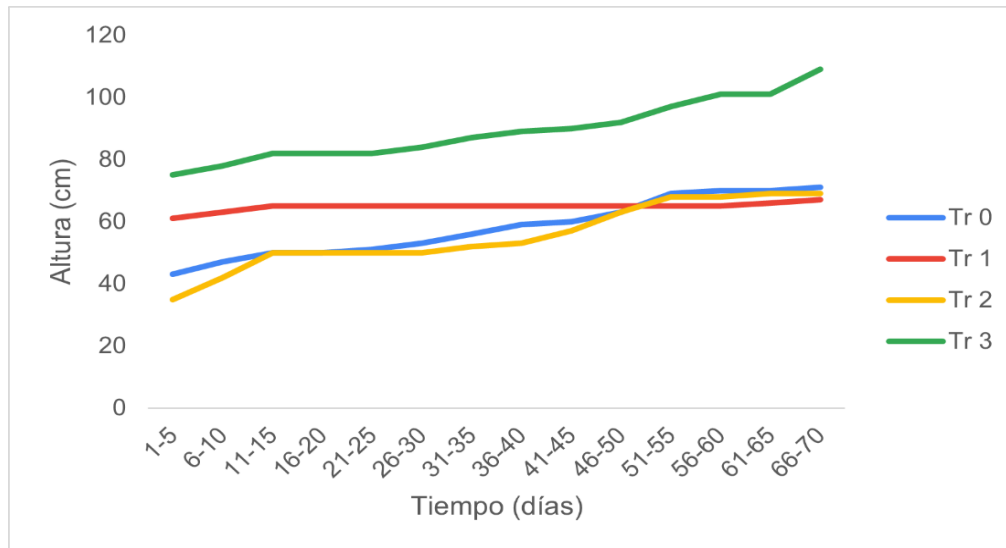
Figura 7. Crecimiento en el N° de hojas de la especie de Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) durante la aplicación de inoculo microbiano.



Fuente: Elaboración propia.

Para la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) se observa un aumento constante en el número de hojas frente al tratamiento Tr 3 hasta alcanzar un total de 656 hojas a los 70 días de aplicación. Por el contrario, en los tratamientos Tr 1 y Tr 2 se evidencia poco desarrollo en el número de hojas siendo incluso menor al número de hojas presentes en la plántula que no se sometió a ningún tratamiento con Tr 0, manteniéndose en rango de 0 a 100 hojas en el transcurso de los 70 días.

Figura 8. Crecimiento en la altura del tallo en la especie de Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) durante la aplicación de inoculo microbiano.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la altura en centímetros (cm) para la especie de Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), se observa un incremento constante ante la aplicación del tratamiento Tr 3 alcanzando los 109 cm a los 70 días de aplicación. Con respecto a los individuos expuestos a los tratamientos Tr 1 y Tr 2 se evidencia un desarrollo representativo hasta el día 50, luego se mantuvo constante en 60-70 cm hasta el día 70.

- Payandé (*Pithecellobium dulce*)

En la Tabla 4, se muestran los valores correspondientes al crecimiento en el número de hojas y altura en cm para la especie Payandé (*Pithecellobium dulce*) expuesto a

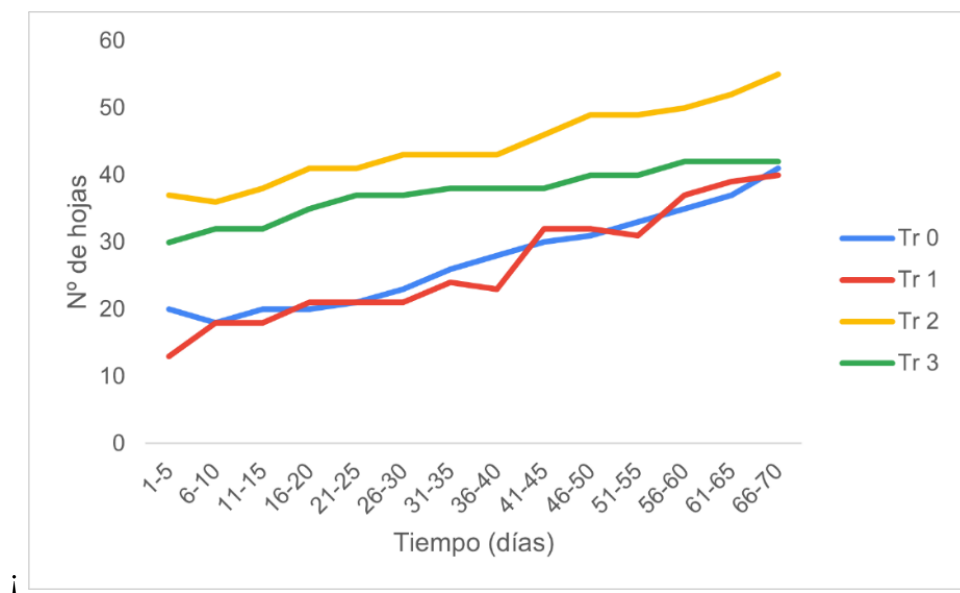
tratamientos Tr 0 (0 aplicación de inoculo), Tr 1 (10 mL de inoculo), Tr 2 (20 mL de inoculo) y Tr 3(30 mL de inoculo) cuna frecuencia de cada 5 días.

Tabla 8. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Payandé (*Pithecellobium dulce*) durante la aplicación de inoculo microbiano.

<i>Tiempo (días)</i>	<i>N° de hojas</i>				<i>Altura (cm)</i>			
	<i>Tr0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>	<i>Tr 0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>
1-5	20	13	37	30	15	15	40	22
6-10	18	18	36	32	16	15	43	22
11-15	20	18	38	32	18	15	46	22
16-20	20	21	41	35	18	15	47	23
21-25	21	21	41	37	18	15	48	23
26-30	23	21	43	37	19	15	50	24
31-35	26	24	43	38	19	15	50	24
36-40	28	23	43	38	19	15	50	24
41-45	30	32	46	38	19	15	51	24
46-50	31	32	49	40	24	15	52	26
51-55	33	31	49	40	30	15	52	29
56-60	35	37	50	42	32	15	52	29
61-65	37	39	52	42	36	15	53	30
66-70	41	40	55	42	36	15	53	30

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Crecimiento en el N° de hojas de la especie de Payandé (*Pithecellobium dulce*) durante la aplicación de inoculo microbiano.

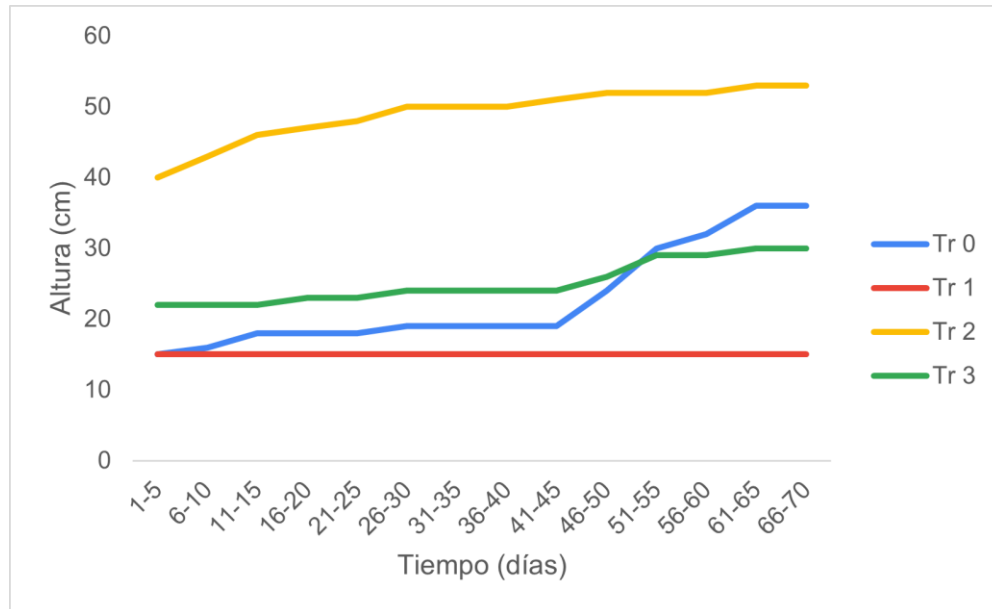


Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de la especie Payandé (*Pithecellobium dulce*) presenta un mayor incremento frente al tratamiento Tr 2 alcanzando 55 hojas a los 70 días de aplicación, con respecto al tratamiento Tr 3 se observa un aumento significativo alcanzando 42 hojas a los 70 días.

En el caso del tratamiento Tr 1 se evidencia un crecimiento constante hasta alcanzar 40 hojas, observándose un comportamiento similar a la plántula que no se sometió a ningún tratamiento Tr 0.

Figura 8. Crecimiento en la altura del tallo en la especie de Payandé (*Pithecellobium dulce*) durante la aplicación de inoculo microbiano.



Fuente: Elaboración propia.

Aquí observamos que el individuo con mayor incremento en la altura para la especie Payandé (*Pithecellobium dulce*) fue el expuesto al tratamiento Tr 2 alcanzando 53 cm, en los individuos sometidos a los tratamientos Tr 3 y Tr 0 se observa un comportamiento similar hasta el día 41, posteriormente se evidencia un crecimiento mayor hasta alcanzar entre 30 a 40 cm a los 70 días. Por el contrario el individuo expuesto al tratamiento Tr 1 no evidencia modificaciones en la altura.

-Diomate (*Astronium graveolens*)

En la Tabla 5, se muestran los valores correspondientes a el crecimiento en el número de hojas y altura en cm para la Diomate (*Astronium graveolens*) expuesto a

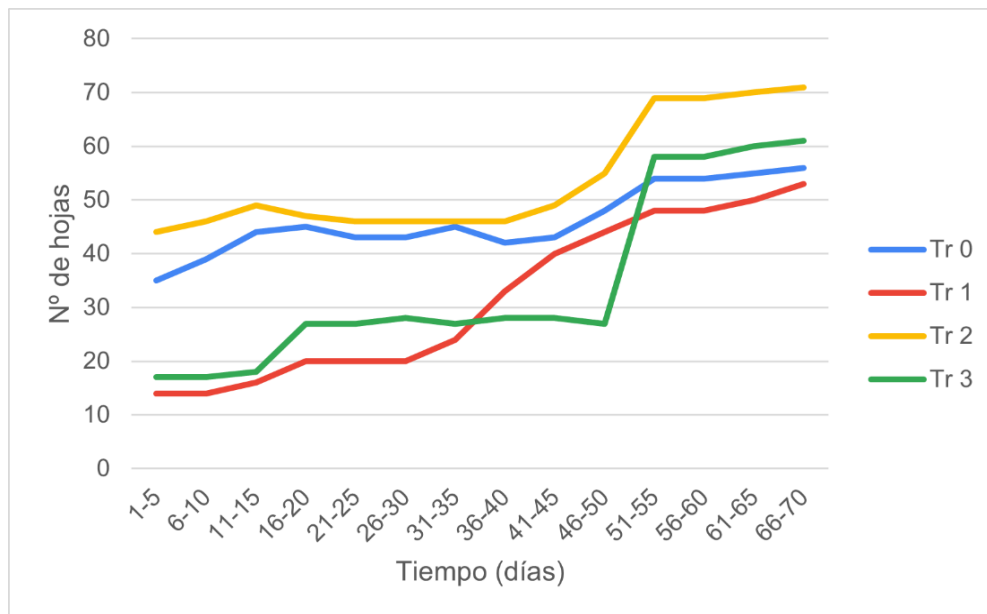
tratamientos Tr 0 (0 aplicación de inóculo), Tr 1 (10 mL de inóculo), Tr 2 (20 mL de inóculo) y Tr 3 (30 mL de inóculo) con una periodicidad de cada 5 días.

Tabla 9. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie *Diomate (Astronium graveolens)* durante la aplicación de inóculo microbiano.

<i>Tiempo (días)</i>	<i>N° de hojas</i>				<i>Altura (cm)</i>			
	<i>Tr0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>	<i>Tr 0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>
1-5	25	18	15	9	9	9	7	12
6-10	24	18	16	8	9	9	7	12
11-15	25	18	17	6	9	10	7	13
16-20	25	18	17	6	10	10	9	14
21-25	25	11	17	6	10	11	11	15
26-30	25	11	17	7	11	10	8	15
31-35	25	12	17	7	11	12	7	14
36-40	25	12	17	7	11	12	8	15
41-45	25	12	17	8	11	12	9	15
46-50	25	12	17	8	12	12	10	16
51-55	25	13	17	9	12	12	11	17
56-60	25	13	17	9	12	12	11	17
61-65	25	16	22	9	13	15	12	20
66-70	25	16	22	9	14	15	12	20

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Crecimiento en el N.º de hojas de la especie de Diomate (*Astronium graveolens*) durante la aplicación de inoculo microbiano.

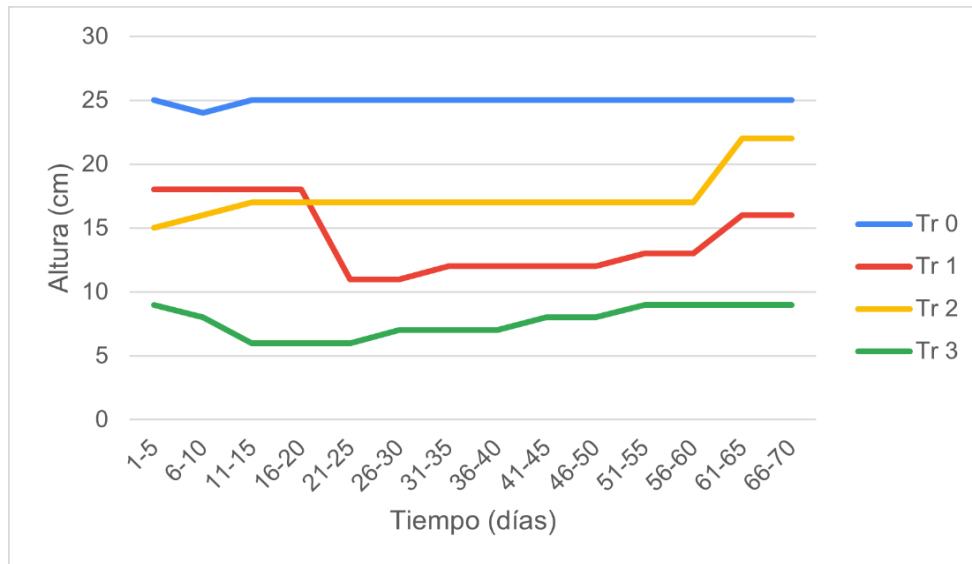


Fuente: Elaboración propia.

Para la especie Diomate (*Astronium graveolens*) frente al tratamiento Tr 2 se observa un incremento en el número de hojas hasta el día 15, luego se evidencia un decrecimiento hasta el día 45, posteriormente se muestra un crecimiento significativo hasta el día 55 y finalmente se mantiene constante hasta el día 70.

En cuanto al Tr 3 se observa un desarrollo lento hasta la semana 50, luego se evidencia un crecimiento significativo hasta el día 55 y finalmente se mantiene constante hasta el día 70. El comportamiento frente al tratamiento Tr 1 fue un crecimiento lento siendo incluso menor al número de hojas presentes en la plántula que no se sometió a ningún tratamiento con Tr 0.

Figura 10. Crecimiento en la altura del tallo en la especie Diomate (*Astronium graveolens*) durante la aplicación de inoculo microbiano.



Fuente: Elaboración propia.

La especie Diomate (*Astronium graveolens*) ante el tratamiento Tr 2 *presento* un crecimiento entre los días 5 al 15, luego se mantiene constante y posteriormente muestra un crecimiento significativo entre los días 60 al 65.

Las plántulas expuestas a los tratamientos Tr 1 y Tr 3 después del día 15 presentan un decrecimiento significativo, luego del día 30 se observa nuevamente un crecimiento lento.

Finalmente, la plántula que no se sometió a ningún tratamiento con Tr 0 *presento* un decrecimiento entre los días 5 al 10 y posteriormente se evidencio poco crecimiento hasta el día 20, manteniéndose constante hasta los 70 días.

-Naranjuelo (*Crateva tapia*)

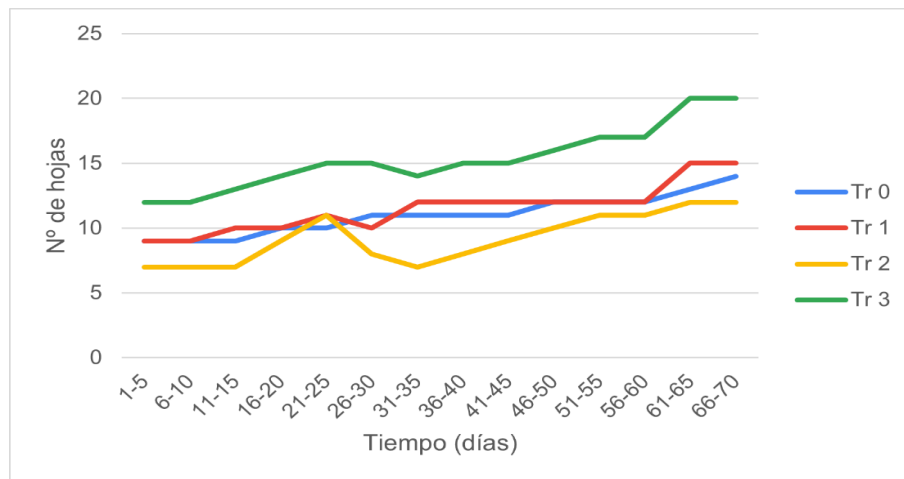
En la Tabla 6, se muestran los valores correspondientes al crecimiento en el número de hojas y altura en cm para el Naranjuelo (*Crateva tapia*) expuesto a tratamientos Tr 0 (0 aplicación de inóculo), Tr 1 (10 mL de inóculo), Tr 2 (20 mL de inóculo) y Tr 3 (30 mL de inóculo) cada 5 días, para un total de tiempo de 14 semanas.

Tabla 10. Valores de crecimiento de N° de hojas y altura del tallo de la especie Naranjuelo (*Crateva tapia*) durante la aplicación de inóculo microbiano.

<i>Tiempo (días)</i>	<i>N° de hojas</i>				<i>Altura (cm)</i>			
	<i>Tr0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>	<i>Tr 0</i>	<i>Tr 1</i>	<i>Tr 2</i>	<i>Tr 3</i>
1-5	9	9	7	12	10	13	7	11
6-10	9	9	7	12	10	13	7	11
11-15	9	10	7	13	10	13	8	11
16-20	10	10	9	14	10	13	8	11
21-25	10	11	11	15	10	13	8	11
26-30	11	10	8	15	10	13	8	11
31-35	11	12	7	14	10	13	8	12
36-40	11	12	8	15	10	13	8	12
41-45	11	12	9	15	10	13	8	12
46-50	12	12	10	16	10	13	8	12
51-55	12	12	11	17	10	13	8	12
56-60	12	12	11	17	10	13	8	12
61-65	13	15	12	20	10	14	10	12
66-70	14	15	12	20	10	14	10	12

Fuente: Elaboración propia.

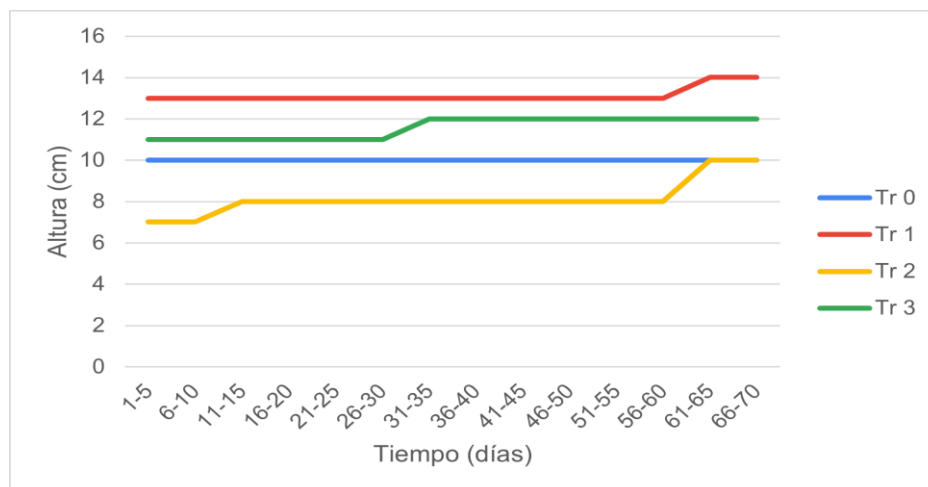
Figura 11. Crecimiento en el N° de hojas de la especie Naranjuelo (*Crateva tapia*) durante la aplicación de inóculo microbiano.



Fuente: Elaboración propia.

El Naranjuelo (*Crateva tapia*) muestra un desarrollo significativo frente al tratamiento Tr 3, los individuos expuestos a los tratamientos Tr 1 y Tr 2 evidencian crecimiento lento y un decrecimiento brusco en el día 25.

Figura 12. Crecimiento en la altura del tallo en la especie Naranjuelo (*Crateva tapia*) durante la aplicación de inóculo microbiano.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de Naranjuelo (*Crateva tapia*) se observa que experimenta un pobre desarrollo en la altura de los individuos, frente al Tr 1 solo presento incremento del día 60 al día 65, respecto al Tr 2 se evidencia crecimiento en los días 6 al 15, se mantiene constante y posteriormente se observa un crecimiento del día 56 al 65, el Tr 3 solo presenta crecimiento en los días 26 al 40 y el Tr 0 los 70 días mantuvo la misma altura inicial.

Especies con mejor adaptación al inóculo

-Respecto al número de hojas

En primer lugar, los resultados obtenidos frente al crecimiento en el número de hojas demuestran que la especie con mejor adaptación al inóculo microbiano fue el Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), cabe resaltar que su nivel más alto de desarrollo se presentó frente a la aplicación del tratamiento (Tr 3), alcanzando un total de 656 hojas. Por otro lado, la especie Payandé (*Pithecellobium dulce*) también demostró buena adaptación al inóculo microbiano frente a la aplicación del tratamiento (Tr 2) alcanzando un total de 55 hojas. La especie Diomate (*Astronium graveolens*) frente al tratamiento Tr 2 y el Naranjuelo (*Crateva tapia*) frente al tratamiento Tr 3, presentaron crecimiento lento y poca abundancia de hojas.

-Respecto a la altura

En lo que corresponde a los resultados de la altura (cm) la especie con mejor adaptación al inóculo microbiano fue el Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*), alcanzando una altura de 106 cm frente al tratamiento Tr 3. Seguidamente, se encuentra la especie Payandé (*Pithecellobium dulce*) con una altura de 53 cm frente al tratamiento Tr 2. En lo que respecta a la especie Diomate (*Astronium graveolens*) ningún tratamiento incremento

significativamente su altura, es más, se presentó mejor desarrollo el que no se sometió a ningún tratamiento (Tr 0).

Evaluación de condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo

Para evaluar las condiciones fisicoquímicas del suelo se tomaron 9 muestras de suelo de 1 kg cada una, las cuales fueron enviadas al laboratorio de suelos, aguas y foliares de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Orinoquia respectivamente acreditado.

Tabla 11. Métodos de medición empleados para el análisis de las muestras de suelo

Variables	Método	Determinación	Unidades
pH	Suspensión suelo: agua (relación peso: volumen 1:1)	Potenciometría	-
CT: Carbono Total	Analizador Elemental	-	%
NT: Nitrogeno Total	Analizador Elemental-Dumas	-	%
Ca, K, Mg, Na: Bases intercambiables	Extracción con acetato de amonio 1M pH 7	Absorción atómica - Llama	meq/100g
AI: Acidez Intercambiable	Extracción con KCl 1M	Volumetría	meq/100g
CICE: CIC efectiva	Estimado por suma de bases y acidez intercambiables	-	meq/100g
P: Fósforo disponible	Bray II	Colorimetría	mg/kg
Cu, Fe, Mn, Zn: Microelementos	Extracción con DTPA	Absorción atómica - Llama	mg/kg
B: Boro extraíble	Extracción con fosfato monocálcico	Colorimetría	mg/kg
CE: Conductividad eléctrica	A partir del extracto de pasta de saturación	Conductivimetría	dS/m
Dr: Densidad real o de partículas	Método del picnómetro	Gravimetría	g/cm ³
Arcilla (Ar), limo (L), arena (A)	Bouyoucos, dispersión con Hexametáfosfato de sodio	Densimetría	%
Text.: Textura	Triángulo de clasificación textural USDA	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo

Muestra	pH	CT	NT	Ca	Mg	K	Na	Al	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CE	Dr	Ar	L	A	Textura
Tr 0 (Control)	7,43	0,98	0,18	10	1,35	0,84	0,06	<0,01	12,3	>116	0,69	6,71	6,05	1,63	0,64	4,28	2,65	26	42	32	F
Tr 2 Algarrobo	7,3	0,6	0,19	8,26	1,33	0,77	0,08	<0,01	10,4	>116	0,62	7,16	7,18	1,45	0,57	2,28	2,72	30	40	30	FAr
Tr 3 Algarrobo	7,23	0,92	0,05	11,5	1,41	1,63	0,11	<0,01	14,6	>116	0,87	15,8	7,49	1,88	0,65	2,32	2,34	26	34	40	F
Tr 2 Payandé	7,05	0,68	0,13	8,36	1,33	0,58	0,08	<0,01	10,3	>116	0,81	10,8	8,31	1,53	0,50	2,72	2,73	28	38	34	FAr
Tr 3 Payandé	7,00	0,61	0,23	7,49	1,29	0,60	0,39	<0,01	9,78	>116	0,65	7,71	7,07	1,37	0,57	2,50	2,96	30	40	30	FAr
Tr 2 Diomate	7,14	0,72	0,14	9,75	1,44	0,88	0,11	<0,01	12,2	>116	0,75	12,7	8,84	1,63	0,57	3,88	2,55	22	42	36	F
Tr 3 Diomate	7,18	0,48	0,16	8,98	1,38	0,88	0,5	<0,01	11,7	>116	0,71	14,-1	5,83	1,33	0,54	4,38	2,9	28	42	30	FAr
Tr 2 Naranjuelo	6,97	0,66	0,09	10,3	1,42	0,75	0,12	<0,01	12,6	>116	0,65	10,3	7,44	1,62	0,56	5,54	2,07	24	40	36	F
Tr 3 Naranjuelo	7,45	0,59	0,10	11,5	1,27	0,84	0,43	<0,01	14	>116	0,71	6,84	6,25	1,37	0,74	3,17	2,89	26	38	36	F

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Análisis de propiedades fisicoquímicas de las muestras del suelo

pH

El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas (Osorio 2012). En los suelos el pH es una propiedad química de gran importancia debido a que es un indicador de que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, ya que es donde las plantas mediante sus raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. El pH usa una escala de medición cuyo rango de fluctuación es de 0 a 14 (Castillo et al. 2009). La determinación del pH del suelo permite conocer como es la absorción de los nutrientes del suelo, el desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas.

Según la tabla 12, el suelo expuesto a los tratamientos Tr 1, Tr 2 y Tr 3 presentan un pH entre 6.97- 7.45 esto indica que se encuentra dentro del rango ideal de 6 – 7, ya que en este intervalo de pH tiene lugar la asimilación de casi todos los nutrientes por las plantas y además ocurre la mayor actividad biológica. (Bernal, et al. 2014).

Nitrógeno Total (NT)

Respecto al porcentaje de Nitrógeno Total (NT) se observó que la especie de Algarrobo expuesta al tratamiento 3 (Tr 3) la cual presento mayor crecimiento en el tallo y numero de hojas cuenta con 0,05 % de NT siendo el menor porcentaje de todas las muestras de suelo analizadas. Según Vinicio, esto se debe a que las raíces funcionan como órganos de reserva, posteriormente son los órganos involucrados en la absorción de agua y minerales los que realizan esta función. Al igual que los tallos, las raíces pueden constituir un importante órgano para el almacenamiento de agua, minerales y carbohidratos (Vinicio,

2002). Lo anterior demuestra que la planta mediante la absorción de nutrientes puede acumular el N en sus órganos, disminuyendo así el N disponible en el sustrato, lo cual resulta en un mayor desarrollo y crecimiento del individuo.

Fosforo (P)

El fósforo es uno de los diecinueve elementos considerados como esenciales para la vida de las plantas. Este elemento según Gueçaimburu (2019) es un componente primario el cual influye en la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía, y conforma las estructuras de macromoléculas como ácidos nucleicos y fosfolípidos. El nivel de fósforo (P) presente en el suelo está en constante fluctuación debido a diferentes procesos fisicoquímicos que alteran las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales (Fernández 2007).

En cuanto al Fosforo disponible en todas las muestras es >116 mg/kg. Según Mengel, a pesar de que las raíces son los órganos involucrados en la absorción de agua y minerales por excelencia, aún hay duda si los compuestos orgánicos de P son absorbidos por las raíces de las plantas en grandes cantidades (Mengel & Kirkny, 1987), lo que concuerda con la concentración de P presente en todas las muestras analizadas.

Carbono Total (CT)

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente importante del ciclo global del C, ocupando un 69,8 % del C orgánico de la biosfera (FAO, 2001). El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C dependiendo de su uso y manejo (Lal et al., 1990, Lal, 1997). El carbono es un elemento esencial para la actividad biológica del suelo (Aguilera, 1999).

El Carbono Total (CT) del suelo analizado es bajo en todas las muestras evaluada donde se observa que no supero el 1%.

Bases Intercambiables

Son varios cationes que predominan en suelos neutros y alcalinos y que son de gran importancia en plantas y cultivos, el Calcio (Ca^{+2}), el Magnesio (Mg^{+2}), el Potasio (K^{+}) y el Sodio (Na^{+}) (SENA, 2011), tres de ellas son nutrientes esenciales para los cultivos (Ca, Mg y K), éstos 3 nutrientes cationes esenciales son Macronutrientes, los cuales son de vital importancia para el adecuado desarrollo y salud de las plantas (Edafología 1, 2011). De estos tres el que más es necesario en cantidad es el potasio, luego viene el calcio y después magnesio.

Dentro del grupo de las Bases intercambiables se analizaron los elementos calcio, potasio, magnesio y sodio, los cuales presentan valores regulares en todas las muestras.

Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE)

La CIC o capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo de absorber cationes de tal forma que puedan ser fácilmente reemplazables por iones competitivos, su unidad dada $\text{cmol}^{+}/\text{kg}$ (FAO 2015), la cual nos indica la disponibilidad y cantidad de nutrientes, la capacidad de los suelos de retener cationes, el pH potencial de estos entre otros indicadores de propiedades químicas de los suelos. La CIC depende de la textura del suelo (tipo y composición) y del contenido de materia orgánica estable (humus) (Chávez 2015).

La Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) en la muestra (Tr 0) fue de 12,3 meq/100g, mientras que para la muestra de suelo de la especie Algarrobo expuesta a (Tr 2) fue 10,4 meq/100g y (Tr 3) fue 14,6 meq/100g, en cuanto a la muestra de suelo de la

especie Payandé expuesta a (Tr 2) fue 10,3 meq/100g y para (Tr3) fue 9,78, en lo que corresponde a la muestra de suelo de la especie Diomate expuesto a (Tr 2) fue 12,2 meq/100g y (Tr 3) 11,7 meq/100g y para el suelo de la especie Naranjuelo expuesto a (Tr 2) fue 12,6 meq/100g y (Tr 3) fue 14 meq/100g .

La actividad de los iones predominantes en el suelo (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , y CO_3^{2-} , HCO_3^-) (He et al., 2012), está determinada por el tipo y cantidad de arcilla, ya que estos iones dependen de sitios de intercambio. Suelos arcillosos tienen la capacidad de adsorber más iones que suelos arenosos.

Textura y Densidad real (Dr)

Textura: Arcilla (Ar), limo (L), arena (A)

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo (Camacho et al. 2015). La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa así también como determinar la degradación y potencial de producción de los suelos. Los suelos pueden variar dependiendo su composición, tamaño de partículas que los conforman, origen, humedad etc. En el caso del tamaño de partículas se clasifican en arcilla (Ar), limo (L), arena (A) (Zapata 2018).

Densidad real o de partículas (Dr)

Según Ingaramo et al. (2017) la densidad real hace referencia la densidad de la totalidad de las partículas del suelo y es expresada como la relación entre la masa de partículas sólidas y el volumen del sólido, sin tomar en cuenta los espacios porosos. Esta es una propiedad poco alterable en los suelos y es más constante.

Por otro lado, las muestras de suelo analizadas texturalmente son suelos franco-arcillosos – FAr, con una densidad real similar en todas las muestras (Tabla 12).

Acidez Intercambiable-AI

La acidez potencial o intercambiable refleja la cantidad de protones fijados al complejo de cambio y que no están disociados pero que pueden hacerlo a medida que se neutralicen los existentes en la disolución del suelo. Este valor nos indica la tendencia a la acidificación de un suelo. Según Oliva (2009), la acidez intercambiable en los suelos es el resultado de la presencia de hidrógeno (H^+) y Aluminio (Al^{+3}) que causan una disminución en el pH. Las altas concentraciones de Aluminio pueden afectar a las plantas y provocar un efecto negativo en las propiedades químicas del suelo como solubilización, disponibilidad y absorción de nutrientes, así también en las propiedades físicas como estructura y estabilidad de agregados y biológicas.

Para la variable Acidez Intercambiable-AI, se observa que en todas las muestras analizadas se obtuvo un valor de $<0,01$ meq/100g, siendo un valor aceptable considerando que según Espinosa & Molina la acidez intercambiable > 0.5 meq/100g puede afectar el óptimo desarrollo de las plantas, cabe resaltar que el pH del suelo está directamente relacionado con el % de saturación de acidez, ya que el aluminio intercambiable precipita entre pH 5.5 y 6.0. Cuando el pH es menor de 5.5 el aluminio se solubiliza, y, por lo tanto, resulta más abundante y tóxico para las plantas.

Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica del suelo es la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedades y concentración de las sales, las cuales

tienen cargas (iones positivos o negativos) que retienen a las moléculas de agua con una fuerza que compite con la que tienen que hacer las plantas para tomarla desde el suelo (Cremona y Enríquez 2020), esta se ve influenciada por el contenido de agua, el de arcilla y la presencia de los mismos iones intercambiables en el suelo, capaces de conducir la corriente eléctrica y que inciden en las características nutritivas del suelo (Cortes et al. 2013).

Los valores de conductividad eléctrica (CE) medidos se encuentran dentro de la normalidad ($<4 \text{ dS m}^{-1}$), sin embargo, se observan diferencias entre las muestras donde el Algarrobo (Tr3) presentó menor valor en la variable.

Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)

Los micronutrientes son requeridos en pequeñas cantidades. Tienen funciones en el metabolismo de las plantas y la mayoría son constituyentes de las enzimas (Laegreid et al., 1999).

Los resultados evidenciaron que los tres microelementos presentan valores bajos, lo que afecta la relación en la fisiología y la respuesta bioquímica de las plantas, dado a la vital importancia de esta variable (Sas et al. 2003).

Boro extraíble (B)

La planta obtiene el boro de la solución del suelo (Hatcher et al., 1959). El B presenta un comportamiento diferente al de la mayoría de los otros nutrientes minerales considerados esenciales, ya que está presente en la solución del suelo, dentro del rango de pH en que crecen las plantas (Lindsay, 1972).

El Boro (B) se sostuvo en valores bajos. Según J. Z. Castellanos esto se debe a que los suelos con alto contenido de arcilla suelen presentar deficiencias de Boro.

CONCLUSIONES

La especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) demostró un mayor crecimiento en tallo y número de hojas, esto asociado a su supervivencia en suelo no favorables y su alta capacidad para fijar el nitrógeno al suelo gracias a los microorganismos que entran en simbiosis con las raíces de dicha leguminosa fijando así los nutrientes del aire, dichas características hacen que la especie sea idónea para la restauración de suelos perturbados por incendios.

El volumen de inóculo microbiano que mejor resultado mostro fue el Tratamiento 3 (Tr 3) donde se aplicó 30 mL cada 5 días, dicho tratamiento presento buenos resultados en la especie Algarrobo (*Hymenaea courbaril L*) en crecimiento del número hojas y tallo, Naranjuelo (*Crateva tapia*) en crecimiento del número de hojas, seguido del Tratamiento 2 (Tr 2) donde se aplicó 20 mL cada 5 días, presentando buenos resultados en la especie de Payandé (*Pithecellobium dulce*) en crecimiento de número hojas y tallo, Diomate (*Astronium graveolens*) en crecimiento del número de hojas.

Por lo tanto, el uso de estos inoculantes microbianos representa una estrategia biotecnológica para la elaboración de planes de restauración ambiental con el empleo de plántulas de *Hymenaea courbaril L* que puedan ser utilizadas como base principal en programas de reforestación de suelos degradados por incendios forestales y otras perturbaciones del ecosistema del bosque seco tropical.

RECOMENDACIONES

Es indispensable conocer los costos de los compuestos que son utilizados en la preparación de los medios de cultivo, de esta manera se podrá saber que tan rentable es la aplicación de inóculos microbianos en la recuperación de suelos degradados por incendios.

Para apreciar efectos más concretos, se debe implementar la estrategia en un área pequeña del Bosque Seco Tropical a condiciones climáticas reales.

Es importante antes de emplear el inoculante desarrollado conocer que tan eficiente será al aplicarlo a distintas especies vegetales, por lo que se tienen que conocer los factores ambientales, características de adaptación al suelo y capacidad de restauración ambiental de las especies debido a que no todas son eficientes con el inoculante.

Bibliografía

Acharya RP, T Maraseni, G Cockfield. 2019. Global trend of forest ecosystem services valuation - An analysis of publications. *Ecosystem Services* 39: 100979.

Alvarado-López, S., D. Soriano, N. Velázquez, A. Orozco-Segovia y A. Gamboa-de Buen. 2014. Priming effects on seed germination in *Tecoma stans* (Bignoniaceae) and *Cordia megalantha* (Boraginaceae), two tropical deciduous tree species. *Acta ecologica* 61: 65-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2014.10.007>

Barros L., M. Dueñas, A. M. Carvalho, I. C. F. R. Ferreira and C. Santos-Buelga (2012) Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from Northeastern Portugal. *Food and Chemical Toxicology* 50:1576-1582

Bernal, F. (2019). Propuesta de un índice de dificultad de extinción de incendios de la cobertura vegetal. Municipio de Santiago de Cali, Departamento del Valle del Cauca - Colombia. Pag.5

Bernal, Andy; Hernández, Alberto; Mesa, Michel; Rodríguez, Osmel; González, Pedro J.; Reyes, Reynerio. (2015). CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS Y SUS FACTORES LIMITANTES DE LA REGIÓN DE MURGAS, PROVINCIA LA HABANA. Instituto

Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba. Cultivos Tropicales, vol. 36, núm. 2, pp. 30-40.

Camacho-Tamayo, J., Forero-Cabrera, N., Ramírez-López, L. & Rubiano, Y. (2017). Evaluación de textura del suelo con espectroscopía de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia. Colombia Forestal, 20(1),5-18

Cano, M. (2011). INTERACCIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN PLANTAS: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. UNA REVISIÓN, 16.

Carrillo R. y Ramírez P. (2022). Pseudomonas spp. benéficas en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas-Volumen 13-Número 4. Departamento de Fitotecnia

Cataño N., Franco L., y Montoya M., (2017). Preliminares Para La Evaluación De Métodos De Aislamiento Y Pruebas Bioquímicas, Para La Identificación De Nitrosomonas Sp., Obtenidas De Diferentes Nichos Del Campus Belmonte De La Universidad Libre, Seccional Pereira, Con Propósitos De Biocompostaje De Subproductos De La Caña De Azúcar. Facultad Ciencias de la Salud. Laboratorio de Biología y Microbiología. Programa Microbiología. Universidad Libre. Seccional Pereira, Colombia. 2017

Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 43–71). Cenicafé.

Cela, P. (2018, 5 noviembre). Árboles Ibéricos - *Ceratonía siliqua*.

<https://www.arbolesibericos.es/genre/ceratonia/species/ceratoniasiliqua>

Cervantes, V., M. López, N. Salas y G. Hernández. (2001). *Técnicas para Propagar Especies Nativas de la Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación*. Facultad de Ciencias, UNAM – PRONARE SEMARNAP. México, D.F.

Chávez A. (2015). *Comparación de dos métodos de determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos de la región central de Honduras*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras

Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2016). *Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos*. NOVA, 15(27), 45 - 65.

Correa, O. (2013). *LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO Y SU ROL INDISCUTIDO EN LA NUTRICIÓN VEGETAL*. Tercera Jornada Del Instituto De Investigaciones En

Biociencias Agrícolas Y Ambientales. Aportes de la microbiología a la producción de cultivos.

Cortes D.,Perez J., y Cmacho J. (2013). RELACIÓN ESPACIAL ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(2): 401-408

Cremona V. y Enriquez A. (2020). ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO QUE CONDICIONAN SU COMPORTAMIENTO: El pH y la conductividad eléctrica. N°73 - 2020

Cristóbal-Acevedo, D., Álvarez-Sánchez, M. E., Hernández-Acosta, E., & Améndola-Massiotti, R. (2011). CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELO POR EFECTO DE MANEJO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL. Terra Latinoamericana, 29(3), 325-332.

Cuervo J. (2010). Aislamiento Y Caracterización De Bacillus Spp Como Fijadores Biológicos De Nitrógeno Y Solubilizadores De Fosfatos En Dos Muestras De Biofertilizantes Comerciales. Pontificia Universidad Javeriana

Edafología 1. (2011). Universidad de Caldas. Tomado de: <https://www.uaeh.edu.Mx /investigacion/ productos/4776/edafologia.pdf>

Emily J. Lott Y Thomas H. Atkinson (2010) Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Diversidad florística

Espinosa, J. y Molina, E. (1999). La acidez y encalado de suelos. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 42 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2015) Levantamiento de suelos “Propiedades Químicas”. Portal de Suelos FAO.

FAO (Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas). 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 - Key findings. Rome, Italia. FAO. 16 p.

FAO (Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas). (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia

FAO (Food and Agriculture Organization, Organización de las Naciones Unidas). (2013). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe

Fernández, MT, (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XLI (2), 51-57.

García S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca

Gildon L. (2014). Remoción De Contaminantes En La Estabilización De Humedales Construidos De Flujo Vertical, Sembrados Con Heliconia (Sp), Para El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas. Universidad Tecnológica De Pereira.

González, U. P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile, 1–8.

Gueçaimburu, Juan Martín, Vázquez, Juan Manuel, Tancredi, Facundo, Reposo, Gisela Paola, Rojo, Verónica, Martínez, Maximiliano, & Introcaso, Rafael Mario. (2019). EVOLUCIÓN DEL FÓSFORO DISPONIBLE A DISTINTOS NIVELES DE COMPACTACIÓN POR TRÁFICO AGRÍCOLA EN UN ARGIUUDOL TÍPICO. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35(1), 81-89.

Gupta, M. 1995. Doscientas Setenta Plantas Medicinales Iberoamericanas. Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo, Bogotá

Gutierrez, M., (1997). NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS: AVANCES Y APLICACIONES. *Agronomía Costarricense* 21(1): 127-13

Herazo, F. Carrascal M. Herrera D. Valencia S. (2021). Inventario florístico de plantas vasculares en fragmentos de bosque seco tropical en el departamento Magdalena, Colombia. *Acta Botanica mexicana* 128 p.

Hernández-Melchor, Dulce Jazmín, Ferrera-Cerrato, Ronald, & Alarcón, Alejandro. (2019). Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 98-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

Ibarra Castillo, Daniel, Ruiz Corral, José Ariel, González Eguiarte, Diego Raymundo, Flores Garnica, José Germán, & Díaz Padilla, Gabriel. (2009). Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. *Agricultura técnica en México*, 35(3), 267-276. Recuperado en 08 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300003&lng=es&tlng=es.

IDEAM (2020). Pronóstico de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal. Pág 6.

Ingaramo O., Ferreiro J., Avalos M. y Vázquez E. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. Vol. 32, pp. 127 - 137

Isobe T, Okuhata H, Miyasaka H, Jeon BS, Park HD (2013). Detoxification of microcystin-LR in water by *Portulaca oleracea* cv. *Journal of Bioscience and Bioengineering.*; 20(20): 1-3. IUCN. (s.f.). Especies para restauración. Obtenido de *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O.

Jamil Shafi, Hui Tian y Mingshan Ji (2017). Especies de bacilos como armas versátiles para patógenos de plantas: una revisión, *Biotecnología y equipo biotecnológico*, 31:3, 446-459, DOI: 10.1080/13102818.2017.1286950

Kafi M, Rahimi Z. (2011) Effect of salinity and silicon on root characteristics, growth, water status, proline content and ion accumulation of purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*. 2011; 57:2, 341-347.

Janzen, D. H. (1988). Tropical dry forests: the most endangered major tropical ecosystems. En E. O. Wilson (ed.), *Biodiversity* (pp. 130-136). Washington, D.C: National Academy Press.

Jawetz F, Melnick C, Adelberg S. *Microbiología médica*. 25^a ed. México: McGraw Hill; 2010.

Loayza-Cabezas S., D. A. Rodríguez-Trejo, E. Hernández-Acosta, Juan José Almaraz-Juárez, y J. Alatorre-Cobos. (2021). *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (Fabaceae). In: Rodríguez-Trejo, D. A. (Coord.). *Semillas de Especies Forestales*. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 201-207.

LAEGREID, M.; BOCKMAN, OC.; KAARSTAD, E.O. 1999. The basis for food production plant nutrients. In: *Agriculture Fertilizers and the Environment*. Hydro, Cabi publishing. ISBN O 851993s8.

López Camacho, R., González-M., R., & Cano, M. (2012). *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia). *Biota Colombiana*, 13 (2), 232-246.

Martínez, E. y C. H. Ramos. 2012. Bignoniaceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán 104: 1-58.

Martínez H, Eduardo, Fuentes E, Juan Pablo, & Acevedo H, Edmundo. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

Martínez-Cordeiro H.·Pájaro M. García K. Lores M. Domínguez J. (2014). Conversión acelerada de retama negra (*Cytisus scoparius*) en un biofertilizante de calidad mediante vermicompostaje. Universidad de Santiago de Compostela

Malagón, D. (2005). Los suelos de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. 21 págs.

Middleton, B. A., Sanchez-Rojas, E., Suedmeyer, B. y Michels, A. (1997). Fire in a tropical dry forest of Central America: a natural part of the disturbance regime? *Biotropica*, 29(4), 515-517.

Mils, GH (2006). Impacto de la quema controlada sobre los principales parámetros químicos del suelo. En: Marca Liquida Agropecuaria. Sitios Argentinos de Producción Animal. pags. 72 - 76.

Minambiente (2021). CÓMO ORIENTAR LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR INCENDIOS FORESTALES A NIVEL MUNICIPAL. Pag. 12

Minambiente (s.f). Bosque Seco Tropical. Tomado de:

<https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/bosque-seco-tropical/#:~:text=Particularmente%20el%20bosque%20seco%20tropical,con%20uno%20o%20dos%20periodos>

Minervini, M. G., Morrás, H. J. M., & Taboada, M. Á. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo. Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28(1), 012–027.

Morales, R.; Tardío, J.; Aceituno-Mata, L. y Molina, M. (editores). 2018. INVENTARIO ESPAÑOL DE LOS CONOCIMIENTOS TRADICIONALES RELATIVOS A LA BIODIVERSIDAD. FASE II (2). Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 425 pp

Motta Escobar, S., Salazar Cabezas, L. D., y Sánchez Leal, L. C. (2022). Perspectiva del uso de *Pseudomonas* spp. como biocontrol de fitopatógenos en cultivos de hortalizas en Colombia: una revisión sistemática. *Mutis*, 12(2). <https://doi.org/10.21789/22561498.1862>.

MURPHY, P.G. & A.E. LUGO, 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics* 17 : 67-68 .

Observatorio Regional ODS (2021) INFORME ESPECIAL AGOSTO 2021:
ADAPTACIÓN DE LA PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA AL CAMBIO
CLIMÁTICO

Okuhata H, Ninagawa M, Takemoto N, Ji H, Miyasaka H, Iwamoto A, Nagae M, Ishibashi Y, Arizono K. (2013) Phytoremediation of 4,40-thiodiphenol (TDP) and other bisphenol derivatives by *Portulaca oleracea* cv. *Journal of Bioscience and Bioengineering*; 115(1): 55-57.

Oliva D. (2009). Determinación de la acidez intercambiable ($Al^{+3}+H^{+}$) a partir del pH para la estimación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos de la cuenca del Pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua.

ORMACC. 2015. Especies para Restauración. Oficina Regional de UICN para México, América Central y El Caribe (ORMACC).

Osorio N. (2011). pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.

Laboratorio de Suelos. Universidad Nacional de Colombia

Osorio N. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero* (pp. 43–71). Cenicafé.

Ospina, L. (2017). EFECTO DE UN INCENDIO FORESTAL SOBRE LA MICROBIOTA DE UN SUELO DE BOSQUE SECO TROPICAL, EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA. *Вестник Росздравнадзора*, 4, 9–15.

Rands MR, WM Adams, L Bennun, SH Butchart, A Clements, D Coomes, A Entwistle, I Hodge, V Kapos, JPW Scharlemann, WJ Sutherland, B Vira. 2010. Biodiversity conservation: Challenges beyond 2010. *Science* 329(5997): 1298-1303.

Pedraza, R., Teixeira, K., Scavino A., García de Salamone I., Baca B., Azcón R., Baldani V., Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 155-164.

Pacheco, J., Pat, R. & Cabrera, A., (2002). Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos. *Ingeniería*, 6(3), pp.73–81.

Parrotta, J. A. (1992). *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, huisache. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, 6 pp.

Puente, M. L.; García, J. E ; Rubio, E. Y Peticari, A. (2010). Microorganismos Promotores Del Crecimiento Vegetal Empleados Como Inoculantes En Trigo. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. INFORMACIÓN TÉCNICA DE TRIGO Y OTROS CULTIVOS DE INVIERNO, CAMPAÑA 2010 Publicación Miscelánea N° 116

Renobales G. & Sallés. J. (2001). Plantas de interés farmacéutico. *Cytisus scoparius*: morfología y ecología

Rico M. (2001). El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 58 (2): 251-302.

Rodriguez C. (2014). ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PROPAGACIÓN Y EL EFECTO DE LA RADIACIÓN LUMÍNICA, EN UNA VARIEDAD COMERCIAL Y UNA POBLACIÓN NATURAL DE *Portulaca oleracea* L. UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Rosero J. (2013) Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria.

Sas, L., H. Marschner, V. Römheld y S. Mercik, Effect of Nitrogen Forms on Growth and Chemical Changes in the Rhizosphere of Strawberry Plants, doi.org/10.1007/s11738-003-0004-5; *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(3), 241-47 (2003) [[Links](#)]

Sarmiento L., Barrer O., Carrasco W., & Bautista J., (2016). *Portulaca oleracea*, UN RECURSO VEGETAL VERSÁTIL EN ESPERA DE SER APROVECHADO EN EL TRÓPICO. *Revista Agroproductividad*: Vol. 9, Núm. Pag.61

SENA (2011). PRÁCTICAS CULTURALES Y DE MANEJO DE SUELOS, Ante los efectos de la variabilidad climática desde la finca del productor. Convenio SENA - SAC No.00086 de 2011

Sotelo L., Jiménez, J., Tarsicio De Zan. A., Y Cueto, M., (2012) EFECTO DE INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS EN CRECIMIENTO DE RÁBANO (*Raphanus sativus*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol 10 No. 1 (21 - 31)

Suarez A. (2008). Evaluación de la actividad contra *Fonsecaea pedrosoi* de siete especies leguminosas popularmente usadas en Guatemala para el tratamiento de infecciones mucocutáneas. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Terrence D. y Sarukhán J. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a. Edición, México, UNAM, FCE.

Trujillo N. (2013). Guía de reforestación. Tercera edición. Ilustrada, aumentada y corregida. El Semillero. Bogotá Colombia. 252 p.

Vanegas, M., Lozano, M., Corredor, G., Figueroa, L., & Ramirez, M. (2006). Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes: Opción tecnológica para el valle cálido del alto Magdalena.

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Cd. de México, México. 13 pp.

Vistoso E. y Martínez J. (2019). Los micronutrientes del suelo. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIA REMEHUE

Vivas J. (2008). TOXICOLOGÍA VETERINARIA. Universidad Nacional Agraria. 56-57 pp

Zamora L. (2010). Evaluación espaciotemporal del crecimiento de plántulas con potencial para la restauración de humedales. El Colegio de la Frontera Sur – ECOSUR

Zamora F., Gaona S., Vargas G., Albores J., & Bernardus H. (2009) Germinación de semillas y clave para la identificación de plántulas de seis especies arbóreas nativas de humedales del sureste de México. Tabasco. México.

Zapata R. (2018). Geología y Geotecnia. TIPOS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS Y LIMOSOS. Universidad Nacional de Rosario

Anexos

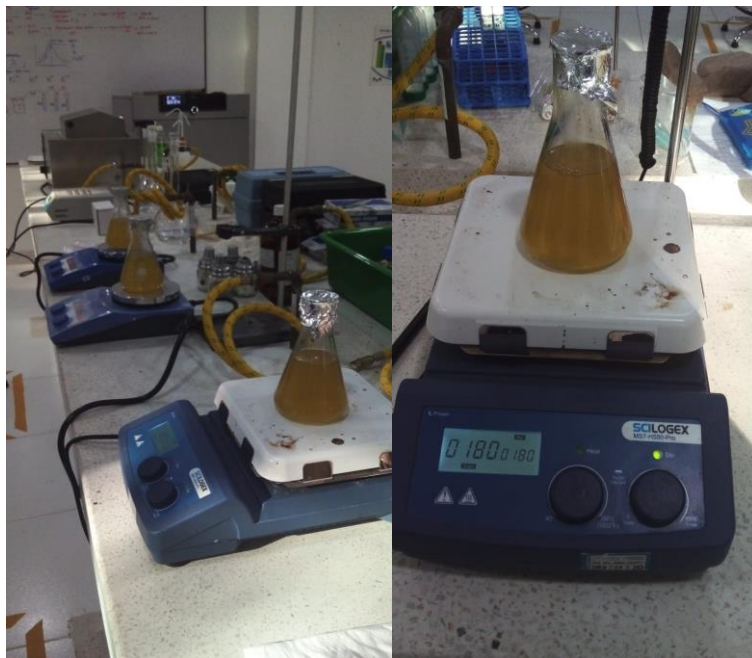
Anexo 1. Diseño de bloques al azar con las especies seleccionadas



Anexo 2. Aislamiento de microorganismos para la preparación del inoculo.



Anexo 3. Proceso de final de preparación del inoculante.



Anexo 4. Embazado del inculo microbiano



Anexo 5. Inoculo microbiano**Anexo 6.** Especies seleccionadas luego de la aplicación del inoculo

Anexo 7. Certificado de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo.



Esta Acreditación está cubierta por los Acuerdos de Reconocimiento Multilateral suscritos por ONAC con:





ONAC ACREDITA A:
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE ORINOQUIA - LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
 899.999.063-3
 Kilómetro 9 Hacienda El Cairo, vía Caño Limón, Municipio de Arauca, Departamento de Arauca, Colombia.

La acreditación de este Organismo de Evaluación de la Conformidad se ha realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional:

ISO/IEC 17025:2017
 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de calibración y de ensayo.

Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo de este certificado, identificado con el código:

13-LAB-047

Fecha publicación del Otorgamiento: 2013-09-24

Fecha de Renovación: 2021-09-24

Fecha publicación última actualización: 2023-02-15

Fecha de vencimiento: 2026-09-23

La vigencia de este certificado puede ser verificada en onac.org.co/directorio-de-acreditados/buscador-por-organismo o escaneando el código QR



Alfonso Giraldo
 Director Ejecutivo

Página 1 de 3

FR 3.5.3-03 V4 Aprobado 2021-09-01



ANEXO DEL CERTIFICADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE ORINOQUIA - LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
 13-LAB-047
 ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017
 Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L16	C77	Determinación de pH	Potenciometría	Suelos	3.05 unidades de pH a 8.02 unidades de pH	NTC 5264/2018
L16	C77	Determinación de la acidez intercambiable	Volumetría	Suelos	0.11 cmol(+)/kg a 13.75 cmol(+)/kg	NTC 5263/2017 Numeral 4.5.1
L16	C77	Determinación de la capacidad de intercambio catiónico. Método A. Saturación de acetato de amonio 1 N y pH 7.0	Volumetría	Suelos	3.26 cmol(+)/kg a 23.87 cmol(+)/kg	NTC 5268/2014 Método 4.1
L16	C77	Determinación de bases cambiables. Método del acetato de amonio 1 M, pH 7.0	Espectrofotometría de absorción atómica	Suelos	Ca: 0.30 cmol(+)/kg a 34.36 cmol(+)/kg Mg: 0.19 cmol(+)/kg a 9.95 cmol(+)/kg	NTC 5349/2016
L16	C77	Determinación de bases cambiables. Método del acetato de amonio 1 M, pH 7.0	Espectrofotometría de emisión atómica	Suelos	Na: 0.13 cmol(+)/kg a 1.73 cmol(+)/kg K: 0.09 cmol(+)/kg a 9.13 cmol(+)/kg	NTC 5349/2016
L16	C77	Determinación de micronutrientes disponibles en suelos: Cobre, Zinc, Hierro y Manganeso	Espectrofotometría de absorción atómica	Suelos	Cu: 0.05 mg/kg a 3.72 mg/kg Fe: 0.14 mg/kg a 339.97 mg/kg Mn: 0.05 mg/kg a 273.98 mg/kg Zn: 0.17 mg/kg a 6.26 mg/kg	NTC 5526/2007 Numeral 5.4.1 Método A
L16	C77	Determinación de Carbono orgánico	Volumetría	Suelos	1.43 g/kg a 54.65 g/kg	NTC 5403/2021 Numeral 4.3
L16	C77	Determinación de Fósforo disponible	Espectrofotometría ultravioleta - visible	Suelos	4.44 mg/kg a 280.58 mg/kg	NTC 5350/2020 Numeral 4.2
L16	C4	Determinación de pH	Potenciometría	Agua cruda Agua tratada	5.0 unidades de pH a 10.6 unidades de pH	NTC 3651/2012



ANEXO DEL CERTIFICADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE ORINOQUIA - LABORATORIO DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES
13-LAB-047
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2017

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

SEDE	Kilómetro 9 Hacienda El Cairo, vía Caño Limón, Municipio de Arauca, Departamento de Arauca, Colombia					
CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L16	C4	Determinación de dureza cálcica	Volumetría	Agua cruda Agua tratada	2.0 mg CaCO ₃ /L a 161 mg CaCO ₃ /L	SM 3500-Ca B 23rd Edition 2017
L16	C4	Determinación de dureza total	Volumetría	Agua cruda Agua tratada	2.0 mg CaCO ₃ /L a 327 mg CaCO ₃ /L	NTC 4706-1999
L16	C4	Determinación de alcalinidad total	Volumetría	Agua cruda Agua tratada	5.4 mg CaCO ₃ /L a 243.0 mg CaCO ₃ /L	NTC 4803-2016 Numeral 3



Anexo 8. Resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras de suelo

REPORTE DE ANÁLISIS No. 26 SUELOS

Laboratorio de Aguas y Suelos
Facultad de Ciencias Agrarias
Sede Bogotá



Nombre Variable	Método	Determinación	Unidades
Dr: Densidad real o de partículas	Método del picnómetro	Gravimetría	g/cm ³
Arcilla (Ar), limo (L), arena (A)	Bouyoucos, dispersión con Hexametáfosfato de sodio	Densimetría	%
Text.: Textura	Triángulo de clasificación textural USDA	-	-

RECUERDE: El plan de fertilización es más eficiente si Ud consulta con el profesional de Asistencia Técnica de su localidad

Observaciones: Se realizó densidad real previa autorización por el cliente ya que las muestras ingresadas no presentaban terrones

Realizó: Álvaro Jiménez T. (Qco)
Coordinador Técnico.

Aprobó: Prof. Jaime Torres Bazurto
Coordinador de laboratorio.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este reporte sin previa autorización escrita del laboratorio

REPORTE DE ANÁLISIS No. 26 SUELOS

Laboratorio de Aguas y Suelos
Facultad de Ciencias Agrarias
Sede Bogotá



INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE			
Fecha recibo:	8/03/2023	Recibo de pago:	572492-42416
Nombre:	SALUD EN TUS MANOS LTDA	Identificación:	900251519-1
Dirección:	Cra 11 No. 19-47 Barrio Sucre	Teléfono:	3043896823
Email:	saludentusmanos2008@hotmail.com	Ciudad:	Girardot

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Finca:	Varios	Cultivo:	No especifica
Propietario:	No especifica	Lote:	Varios
Municipio:	GIRARDOT	Departamento:	CUNDINAMARCA

n.s.: No solicitado, Pend: Pendiente

RESULTADOS									
Código	Lote	pH	CT	NT	Ca	Mg	K	Na	Al
99	Diomate (T3) 01	7,18	0,48	0,16	8,98	1,38	0,88	0,50	<0,01
100	Naranjuelo (T3) 02	7,45	0,59	0,10	11,5	1,27	0,84	0,43	<0,01
101	Payande (T3) 03	7,00	0,61	0,23	7,49	1,29	0,60	0,39	<0,01
102	Algarrobo (T3) 04	7,23	0,92	0,05	11,5	1,41	1,63	0,11	<0,01
103	Diomate (T2) 05	7,14	0,72	0,14	9,75	1,44	0,88	0,11	<0,01
104	Naranjuelo (T2) 06	6,97	0,66	0,09	10,3	1,42	0,75	0,12	<0,01
105	Payande (T2) 07	7,05	0,68	0,13	8,36	1,33	0,58	0,08	<0,01
106	Algarrobo (T2) 08	7,30	0,60	0,19	8,26	1,33	0,77	0,08	<0,01
107	M. Control 09	7,43	0,98	0,18	10,0	1,35	0,84	0,06	<0,01
108	S. Conservado 10	6,80	4,73	0,46	11,3	1,67	1,89	0,05	<0,01
109	S. Agrícola 11	7,62	1,36	0,08	11,5	1,61	0,44	0,08	<0,01
110	S. Ganadero 12	6,78	1,57	0,21	7,86	1,48	1,35	0,06	<0,01

Código	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CE	Dr	Ar
99	11,7	>116	0,71	14,1	5,83	1,33	0,54	4,38	2,9	28
100	14,0	>116	0,71	6,84	6,25	1,37	0,74	3,17	2,89	26
101	9,78	>116	0,65	7,71	7,07	1,37	0,57	2,50	2,96	30
102	14,6	>116	0,87	15,8	7,49	1,88	0,65	2,32	2,34	26
103	12,2	>116	0,75	12,7	8,84	1,63	0,57	3,88	2,55	22
104	12,6	>116	0,65	10,3	7,44	1,62	0,56	5,54	2,07	24
105	10,3	>116	0,81	10,8	8,31	1,53	0,50	2,72	2,73	28

Página 1 de 3
Emitido: 31/03/2023

Universidad Nacional de Colombia AK 30 No. 45-03
Facultad de Ciencias Agrarias, Edificio 500 – Cuarto Piso
316 9000 Ext. 19110 19049 19097
Bogotá D.C. Colombia
labosuelo_fegbog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

REPORTE DE ANÁLISIS No. 26
SUELOS

Laboratorio de Aguas y Suelos
Facultad de Ciencias Agrarias
Sede Bogotá



Código	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CE	DATp	Ar
106	10,4	>116	0,62	7,16	7,18	1,45	0,57	2,28	2,72	30
107	12,3	>116	0,69	6,71	6,05	1,63	0,64	4,28	2,65	26
108	14,9	>116	2,07	65,1	16,4	9,01	0,95	1,83	2,18	24
109	13,6	44,4	1,39	17,0	5,93	5,07	0,76	1,18	2,79	32
110	10,8	17,7	1,44	33,6	19,1	2,48	0,39	0,40	2,71	26

Código	L	A	Text.
99	42	30	FAr
100	38	36	F
101	40	30	FAr
102	34	40	F
103	42	36	F
104	40	36	F
105	38	34	FAr
106	40	30	FAr
107	42	32	F
108	42	34	F
109	42	26	FAr
110	34	40	F

Nota: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras entregadas por el usuario al laboratorio

MÉTODOS			
Nombre Variable	Método	Determinación	Unidades
pH	Suspensión suelo:agua (relación peso:volúmen 1:1)	Potenciometría	-
CT: Carbono Total	Analizador Elemental	-	%
NT: Nitrogeno Total	Analizador Elemental-Dumas	-	%
Ca, K, Mg, Na: Bases intercambiables	Extracción con acetato de amonio 1M pH 7	Absorción atómica - Llama	meq/100g
Al: Acidez Intercambiable	Extracción con KCl 1M	Volumetría	meq/100g
CICE: CIC efectiva	Estimado por suma de bases y acidez intercambiables	-	meq/100g
P: Fósforo disponible	Bray II	Colorimetría	mg/kg
Cu, Fe, Mn, Zn: Microelementos	Extracción con DTPA	Absorción atómica - Llama	mg/kg
B: Boro extraíble	Extracción con fosfato monocálcico	Colorimetría	mg/kg
CE: Conductividad eléctrica	A partir del extracto de pasta de saturación	Conductivimetría	dS/m