

|  |   |                             |
|--|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|  | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|  | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|  |   | <b>PAGINA: 1 de 13</b>      |

16.

|              |                             |
|--------------|-----------------------------|
| <b>FECHA</b> | martes, 14 de junio de 2022 |
|--------------|-----------------------------|

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>UNIDAD REGIONAL</b>                        | Seccional Girardot     |
| <b>TIPO DE DOCUMENTO</b>                      | Trabajo De Grado       |
| <b>FACULTAD</b>                               | Ciencias Agropecuarias |
| <b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b> | Pregrado               |
| <b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>                     | Ingeniería Ambiental   |

El Autor(Es):

| <b>APELLIDOS COMPLETOS</b> | <b>NOMBRES COMPLETOS</b> | <b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b> |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Benavides Vergara          | Nicolás                  | 1069765948                             |
| Ricaurte Romero            | Cesar Esteban            | 1007658218                             |
|                            |                          |  |

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

| <b>APELLIDOS COMPLETOS</b> | <b>NOMBRES COMPLETOS</b> |
|----------------------------|--------------------------|
| Suárez Pulido              | Dalia Xiomara            |
|                            |                          |
|                            |                          |

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414  
[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto: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*

|  |   |                             |
|--|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|  | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|  | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|  |   | <b>PAGINA: 2 de 13</b>      |

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

Caracterización microbiológica de suelos del bosque seco tropical sometidos a diferentes condiciones ambientales

### 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

2022

### NÚMERO DE PÁGINAS

63

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

| ESPAÑOL                  | INGLÉS              |
|--------------------------|---------------------|
| 1. Inoculante microbiano | Microbial inoculant |
| 2. Incendio forestal     | Forest fire         |
| 3. Suelo                 | Soil                |
| 4. Bosque seco tropical  | Tropical dry forest |
| 5. Crecimiento vegetal   | Plant growth        |
| 6. Microorganismos       | Microorganisms      |

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

Anzuay, M. S., Angelini, J. G., & Taurian, T. (2017). Efecto de inoculantes biológicos sobre la comunidad bacteriana rizosférica y el crecimiento de plantas de maní y maíz. *Agrotecnia*, 25(25), 34. <https://doi.org/10.30972/agr.0252463>

Avellaneda-Torres, L. (2014). Caracterización de comunidades microbianas asociadas a prácticas agrícolas y usos del suelo de la vereda El Bosque - Parque Nacional Natural de los Nevados. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. <https://repositorio.unal.edu.co>

Barquero, L., Murillo Roos, M., Uribe Lorío, L., & Mata Chinchilla, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca

Teléfono: (091) 8281483 Línea Gratuita: 018000180414

[www.ucundinamarca.edu.co](http://www.ucundinamarca.edu.co) E-mail: [info@ucundinamarca.edu.co](mailto:info@ucundinamarca.edu.co)

NIT: 890.680.062-2

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 3 de 13</b>      |

tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 21–36. <https://doi.org/10.15517/rac.v39i3.21787>

Barrera Beltran, L. C., & Charry Uribe, N. (2008). PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN INOCULANTE MICROBIANO CON CAPACIDAD AMINOLÁTICA A PARTIR DE UN PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE LECHUGA. 5–26.

Barrios, L., & Gómez, D. (2017). DETERMINACIÓN DE RIESGOS E INCIDENTES NATURALES Y ANTRÓPICOS EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA DURANTE EL PERIODO 2012-2016.

Beltrán-Pineda, M. (2014). BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO CON POTENCIAL BIOFERTILIZANTE EN SUELOS CULTIVADOS CON PAPA. Universidad de Boyaca. [http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22\(2\)\\_2.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22(2)_2.pdf)

Beltrán Pineda, M.E., Rocha Gil, Z.E., Bernal Figueroa, A.A. & Pita Morales, L.A. (2017). Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. *Colombia Forestal*, 20(2), 158-170.

Belén, M., Nieves, T., Lafuente Álvarez, F., Heras Pérez, L., Carcelén, O. L., Mulas Fernández Y César, R., & Cantera, R. (2008). Recuperación de un suelo forestal quemado mediante la aplicación de compost de residuos sólidos urbanos. Estudio de la mineralización de la materia orgánica. *Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 424(25), 419–424. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4251347.pdf>

Bolívar Anillo, H. J., & Díaz Pérez, A. (2017). Biofertilizantes en Colombia. *Productos de Confeitería Nutracéutica*, 179–222. <https://doi.org/10.17081/bonga.2204.c6>

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

Calvo, S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3761553.pdf>

Calvo, P., Reymundo, L., & Zúñiga, D. (2008). ESTUDIO DE LAS POBLACIONES MICROBIANAS DE LA RIZÓSFERA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN ZONAS ALTOANDINAS. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a17v7n1-2.pdf>

Camargo-García, J. C., Dossman, M. Á., Rodríguez, J. A., Arias, L. M., & Galvis-Quintero, J.

H. (2012). Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el parque nacional natural de Los Nevados, Colombia. *Acta Agronomica*, 61(2), 151–165.

Cataño, N., Franco, L., & Montoya, M. (2017). PRELIMINARES PARA LA EVALUACIÓN DE METODOS DE AISLAMIENTO. UNIVERSIDAD LIBRE. <https://repository.unilibre.edu.co>

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 4 de 13</b>      |

Castro Barquero, Leida, & Murillo Roos, Mariana, & Uribe Lorío, Lidieth, & Mata Chinchilla, Rafael (2015). INOCULACIÓN AL SUELO CON *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* Y MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) Y SU EFECTO SOBRE UN SISTEMA DE ROTACIÓN SOYA-TOMATE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. *Agronomía Costarricense*, 39(3),21-36. [fecha de Consulta 23 de noviembre de 2021]. ISSN: 0377-9424. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43642604002>

Ceballos, N., Restrepo, G. Sánchez, O. & Valenzuela, K. (2015). Importancia de los inoculantes biológicos en la agricultura. Grupo de Investigaciones Biológicas - GIBI (Universidad Católica de Manizales) · Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria (Universidad de Caldas) · Grupo de Investigación y Desarrollo Producción Agropecuaria - GIPPA- (Universidad de Caldas). ISBN 978-958-8022-55-0.

Creus, C. M. (2017). Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(3), 207–209. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.07.001>

Corrales Ramírez, L., Sánchez Leal, L., Arévalo Galvez, Y., & Moreno Burbano, V. (2014). *Bacillus*: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n22/v12n22a06.pdf>

Decreto 2811 de 1974. [Con fuerza de ley]. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 18 de diciembre de 1974.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>

Estefanía, M., & Reyes, Z. (2020). Restauración Ecológica a Suelos Impactados Por Incendios Forestales Ecológica. 1–28.

Espinosa, J., & Molina, E. (1999). Acidez y encalado de suelos. International Plant Nutritiun Institute. <http://www.cia.ucr.ac>.

Fernández-Méndez, F., Velasco-Salcedo, V. M., Guerrero-Contecha, J., Galvis, M., & Neri, A. V. (2016). Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca Tintales (Boyacá, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(2), 143–160. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a02>

Flórez, Carolina & Rodriguez, Raul. (2014). *Azotobacter*: una bacteria con potencial como biofertilizante eco-amigable. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/274638111\\_Azotobacter\\_una\\_bacteria\\_con\\_potencial\\_como\\_biofertilizante\\_eco-amigable](https://www.researchgate.net/publication/274638111_Azotobacter_una_bacteria_con_potencial_como_biofertilizante_eco-amigable)

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 5 de 13</b>      |

Franco, A. D., Quintero, V. P., García, N. M., Hernández, C. J., & Cano, I. G. (2008). Impacto de inoculantes microbianos en sorgo cultivado bajo déficit de humedad en el suelo december.

Galindo, T., Polanía, J., & Sánchez, J. (2006). EFECTO DE INOCULANTES MICROBIANOS SOBRE LA PROMOCION DE CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE MANGLE Y PLANTAS DE Citrullus vulgaris SAN ANDRES ISLA, COLOMBIA. Acta Biológica Colombiana, 11(1), 83–97.

García, J. & Luna, J. (2018). Grupos funcionales microbianos en suelos contaminados con toxafeno en el departamento del Cesar, Colombia. *Revista Luna Azul*, 47, 98-113 DOI: 10.17151/luaz.2019.47.6.

<http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php/component/content/article?id=298>

Grupo Calidad de aguas. (2016). Aislamiento e identificación de Pseudomonas sp. y Aeromonas sp. en aguas de piscinas públicas de Bogotá — Colombia. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00025.pdf>

Grandett, L., Reza, S., Jaraba, J. & Pardo, Y. (2015). Efecto de la actividad microbiana sobre la nitrificación en suelos cultivados con Brachiaria humidicola (Rendle) Schweicerdt en Cereté, Córdoba. TEMAS AGRARIOS - Vol. 20.

Gallego, H., Toro, E., & Rojas, R. (2013). Estado del arte: Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 119–125. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732020000200119>

Gallego, H., Toro, E., & Rojas, R. (2020). Estado del arte: *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 119–125. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732020000200119>

Gómez, D., & Barrios, L. (2017). DETERMINACIÓN DE RIESGOS E INCIDENTES NATURALES Y ANTRÓPICOS EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA DURANTE EL PERIODO 2012-2016.

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

Hernández, D. (2019). RESPUESTA DE PLANTAS NATIVAS A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS AISLADAS EN EL PÁRAMO DE RABANAL. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia facultad de ciencias escuela de ciencias biológicas-posgrado maestría en ciencias biológicas.2–3.

Humboldt, I. A. von. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia.

HiMedia Laboratories. (2015). Pikovskayas Agar. technical Data. <https://himedialabs.com/TD/M520.pdf>

Lavalle Pérez, L., Bolívar Anillo, H. J., & Díaz Pérez, A. (2017). Biofertilizantes en Colombia. *Productos de Confitería Nutraceutica*, 179–222. <https://doi.org/10.17081/bonga.2204.c6>

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

MADS. (2000). Plan nacional de desarrollo forestal, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial, 63. [http://www.upra.gov.co/documentos/Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2000.pdf](http://www.upra.gov.co/documentos/Plan_Nacional_de_Developmento_Forestal_2000.pdf)

MADS. (2016). Gestión Sostenible del Suelo.

Másmela-Mendoza, J.E.; Lizarazo-Forero, L.M.; Aranguren Riaño, N.J. 2019. Bacterias nitrificantes cultivables de la zona limnética del lago de Tota, Boyacá. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.22 (2): e1378. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1378>

Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2013). Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. Cuaderno Activa, 59–67.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Plan Nacional de Restauración. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/ Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN\\_NACIONAL\\_DE\\_RESTAURACIÓN\\_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACIÓN_2.pdf)

Mondragón, M., Melo, A., & Gelvez, K. (2013). Causas de los incendios forestales en la región caribe, andina y orinoquía de Colombia. 1.

NEGRETE PEÑATA, J., & ESQUIVEL AVILA, L. (2010). AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CEPAS NATIVAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO EN ZONA RURAL DE MONTERÍA CÓRDOBA. Grupo de BIOTECNOLOGÍA. <https://repositorio.unicordoba.edu.co>

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

Pérez-Pazos, J., & Sánchez-Lopez, D. (2017). Caracterización y efecto de Azotobacter, Azospirillum y Pseudomonas asociadas a Ipomoea Batatas del Caribe Colombiano. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XIX No. 2. <http://www.scielo.org.co>

Pizano, Camila, & Cardenas, J. (2019). Efecto de temperaturas que simulan incendios sobre la germinación de semillas de un bosque seco tropical. June. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14702>

Pizano, C y H. Garcia (Editores). 2014.El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt (IAVH). Bogotá, D.C, Colombia

Ramos Vásquez, E., & Zúñiga Dávila, D. (2008). EFECTO DE LA HUMEDAD, TEMPERATURA Y PH DEL SUELO EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA A NIVEL DE LABORATORIO. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a15v7n1-2.pdf>

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 7 de 13</b>      |

Resolución 170 de 2009. [Con fuerza de ley]. Por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. 04 de marzo de 2009. Diario Oficial No. 47.281.

Rives, N., Acebo, Y., & Hernández, A. (2007). BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.). PERSPECTIVAS DE SU USO EN CUBA. *Cultivos Tropicales*, 28(2), 29–38.

Rojas, M., Bello, M., Rios, Y., Lugo, D. & Rodriguez, J. (2020). Utilización de cepas de *Bacillus* como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. Universidad Nacional de Colombia. doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606>

Ruiz, O., & Muñoz, I. (2018). Estudio básico de amenaza por incendios forestales en el área rural del municipio de Nilo, Cundinamarca.

Ruiz, S., Sanchez, R., Zelaya, L., Chavez, I., Cruz, C., & Valdivia, R. (2015). Germinación y vigor de semillas de especies hortícolas inoculadas con biofertilizantes y soluciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 12 número 7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8174703.pdf>

Rodríguez Sánchez, Janet, Ríos Rocafull, Yoania, & Baró Robaina, Yamilé. (2016). Efectividad de cepas de *Azotobacter* sp. y *Bacillus* sp. para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 37(Supl. 1), 13-19. Recuperado en 27 de abril de 2022, [http://scielo.sld.cu/scielo.php?Rivesscript=sci\\_arttext&pid=S0258-59362016000500002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?Rivesscript=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500002&lng=es&tlng=es).

Rodríguez, V. (2019). *ESTRATO ANTAGÓNICO Y BIOCONTROLADOR DE ALGUNOS MICROORGANISMOS SAPROFITICOS CONTRA RHIZOCTONIA SOLANI UN FITOPATOGENO CAUSANTE DEL (DAMPING OFF) EN PLANTAS DE TOMATE*. TESIS DIGITALES. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/Rodriguez\\_LV/Introduc.PDF](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/Rodriguez_LV/Introduc.PDF)

Sánchez-Lopez, D., Pérez-Pazos, J., Luna-Castellanos, L., García-Peña, J., & Espitia-Montes, A. (2020). Inoculantes microbianos incorporados al cultivo de *Ipomoea batatas* L. en el Valle del Sinú. *Revista Colombiana de Biotecnología*. <https://www.researchgate.net>

Tim Schauenberg. (2020). Incendios forestales: el cambio climático y la deforestación aumentan el riesgo global. *Deutsche Welle*. <https://www.dw.com>

USDA. (1999). GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y SALUD DEL SUELO. Recuperado

de: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs143\\_019252.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_019252.pdf)

UNGRD. (2016). FENÓMENO EL NIÑO Análisis Comparativo 1997 -1998 // 2014 - 2016.

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 8 de 13</b>      |

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. ISBN: 978-958-56017-0-3.  
58

Vallejo, L. E. (2019). El plan nacional de desarrollo 2018-2022: "Pacto por Colombia, pacto por la equidad." Apuntes Del Cenes. <https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.9924>

Valderrama Aguirre, L. (2013). Evaluación de cepas nativas de Azotobacter spp como agente reductor de urea en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp). UNIVALLE. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co>

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.

Vargas, J. (2007). ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN LA RECUPERACIÓN DE UN SUELO AFECTADO POR INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE NEMOCÓN, CUNDINAMARCA., 3(September).

Velasco Sánchez, Á., Delgado García, A., & Moreno Lora, A. (2017). Efecto de inoculacionesmicrobianas en la acumulación de Zn, P y otros micronutrientes.

World Wildlife Fund. (2020). En 2020, los incendios forestales podrían ser peores que en2019 para Sudamérica y el mundo. worldwildlife. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/en-2020-los-incendios-forestales-podrian-ser-peores-que-en-2019-para-sudamerica-y-el-mundo>

Zafra, C. A., & Romero, M. P. , & Santamaría, D. M. (2009). BIOINGENIERÍA Y SUELO: ABUNDANCIA MICROBIOLÓGICA, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA BAJO TRES ESTRATOS DE EROSIÓN. Umbral Científico, (15),67-74. [fecha de Consulta 9 de junio de2022]. ISSN: 1692-3375. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415144008>

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 9 de 13</b>      |

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

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

En Colombia los incendios forestales son una problemática recurrente asociada a fenómenos naturales y antrópicos, como el fenómeno del niño, las malas prácticas culturales, la expansión agropecuaria y urbanística, que afecta uno de los ecosistemas más vulnerables como es el Bosque Seco Tropical (Bs-T). El fuego sobre el recurso suelo genera cambios en las propiedades fisicoquímicas y biológicas, alterando su dinámica y los servicios ecosistémicos que oferta. Debido a la riqueza microbiana que presenta el suelo, se establecen estos mismos como una alternativa para la recuperación de suelos degradados por incendios forestales, a partir de inoculantes microbianos, los cuales han tenido buen rendimiento y calidad en el desarrollo del crecimiento vegetal. El objetivo del proyecto es caracterizar microbiológicamente suelos del bosque seco tropical sometidos a diferentes condiciones ambientales. Se seleccionaron suelos expuestos a diferentes condiciones ambientales en zonas de contraste (Suelo desnudo, suelo con cobertura vegetal y suelo tratado con inoculantes microbianos). Cada una de las muestras se remitió al laboratorio de aguas de la Universidad de Cundinamarca, donde se realizaron aislamientos microbianos de diferentes grupos funcionales, análisis de las propiedades fisicoquímicas y preparación de inoculantes microbianos. Se obtuvieron los inoculantes 3 y 4 como los de mayor eficiencia en el desarrollo vegetal y mayor densidad poblacional. Sin embargo, no se evidencian grandes variaciones en las propiedades fisicoquímicas. Gracias a la caracterización de grupos microbianos de suelos del Bs-T, permitió establecer el efecto positivo del uso de inoculantes microbianos, puesto que, garantizan mayor capacidad de germinación y desarrollo de plántulas, además, se proyectan como alternativa sostenible para el reemplazo de fertilizantes inorgánicos y biorremediación de suelos.

In Colombia, forest fires are a recurring problem associated with natural and anthropic phenomena, such as the El Niño phenomenon, bad cultural practices, agricultural and urban expansion, which affects one of the most vulnerable ecosystems such as the Tropical Dry Forest (Bs- T). The fire on the soil resource generates changes in the physicochemical and biological properties, altering its dynamics and the ecosystem services it offers. Due to the microbial richness that the soil presents, these are established as an alternative for the recovery of soils degraded by forest fires, from microbial inoculants, which have had good performance and quality in the development of plant growth. The objective of the project is to microbiologically characterize tropical dry forest soils subjected to different environmental conditions. Soils exposed to different environmental conditions in contrasting areas (bare soil, soil with plant cover and soil treated with microbial inoculants) were selected. Each one of these samples was sent to the water laboratory of the University of Cundinamarca, where microbial isolations of different functional groups, analysis of the physicochemical properties and preparation of microbial inoculants were carried out. Inoculants 3 and 4 were obtained as those with the highest efficiency in plant development and the highest population density. However, large variations in the physicochemical properties are not evident. Thanks to the characterization of microbial groups in Bs-T soils, it was possible to establish the positive effect of the use of microbial inoculants, since they guarantee greater capacity for germination and seedling development, in addition, they are projected as a sustainable alternative for the replacement of inorganic fertilizers and soil bioremediation.

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
| <br><b>UDECA</b><br>UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 10 de 13</b>     |

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

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

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

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

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

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 11 de 13</b>     |

autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

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

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

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

**Información Confidencial:**

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

**SI \_\_\_ NO \_X\_.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos) en carta adjunta, expedida por la entidad respectiva, la cual informa sobre tal situación, lo anterior con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

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

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho

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

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>MACROPROCESO DE APOYO</b>  | <b>CÓDIGO: AAAR113</b>      |
|   | <b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>                                    | <b>VERSIÓN: 6</b>           |
|   | <b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> | <b>VIGENCIA: 2021-09-14</b> |
|   |   | <b>PAGINA: 12 de 13</b>     |

patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

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

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

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

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

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

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

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



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



**Nota:**

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

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

| Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Nombre completo del proyecto.pdf)                            | Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.) |
|---|--|
| 1. Caracterización microbiológica de suelos del bosque seco tropical sometidos a diferentes condiciones ambientales | Texto  |
| 2.  |  |
| 3.  |  |
| 4.  |  |

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

| APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS | FIRMA (autógrafa) |
|-------------------------------|-------------------|
| Ricaurte Romero Cesar Esteban |                   |
| Benavides Vergara Nicolas     |                   |
|                               |                   |
|                               |                   |

21.1-51-20.

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE SUELOS DEL BOSQUE SECO TROPICAL  
SOMETIDOS A DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES**

**NICOLAS BENAVIDES VERGARA  
CESAR ESTEBAN RICAURTE ROMERO**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT, CUNDINAMARCA**

**2022**

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE SUELOS DEL BOSQUE SECO TROPICAL  
SOMETIDOS A DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES**

**NICOLAS BENAVIDES VERGARA**

**CESAR ESTEBAN RICAURTE ROMERO**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**Directora de proyecto de grado**

**DALIA XIOMARA SUAREZ PULIDO**

**Msc. Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT, CUNDINAMARCA**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, LUIS CARLOS y MARIA DEL PILAR quienes han sido mi motor en la vida y han sido un apoyo fundamental en mi formación, este es un logro más para ellos que para mí.

A mi hermano CARLOS FABIAN, quien ha sido mi guía y mentor para la vida, y es el mejor ejemplo que tengo de que los sueños si se cumplen, el cual me llena de mucho orgullo.

A mí, quien es la persona con la que más batallo cada día y a pesar de cada adversidad, nunca se ha dado por vencido, porque la vida es cuesta arriba, pero la vista es genial.

***Cesar Esteban Ricaurte Romero***

A mi familia, por sus consejos, amor y motivación, especialmente a mi mama JANYA PAULETT VERGARA BERNAL, por apoyarme y creer en cada uno de mis proyectos.

A mis amigos por su compañía, apoyo, palabras y confianza a lo largo de mi carrera universitaria, esto me ayudo a mejorar como persona a lo largo de este aprendizaje.

A mi directora de proyecto de grado DALIA XIOMARA SUAREZ PULIDO, por su paciencia, empatía, palabras y compartir su conocimiento.

A mí, por mi constancia, dedicación, el saber llevar las adversidades y nunca dejar de creer en esta idea.

***Nicolas Benavides Vergara***

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestras familias por ser nuestra motivación para cumplir nuestros sueños, ser un apoyo y una guía en el desarrollo de nosotros como personas y profesionales.

A nuestra tutora DALIA SUAREZ quien nos dio la oportunidad de hacer parte de este proyecto y siempre buscó la mejor forma para desarrollarlo a pesar de las dificultades que se nos presentaron.

A los docentes que hicieron parte de nuestra formación como profesionales y sembraron en cada uno de nosotros algo más que una temática de clase.

Al programa de ingeniería ambiental que, en manos del coordinador, el equipo de laboratorio y el semillero de investigación INVECOS hicieron también parte del desarrollo de este proyecto.

Y finalmente a nuestros amigos, los que estuvieron con nosotros desde el primer día y los que fueron llegando al pasar el tiempo, siempre fueron un apoyo y una compañía, que esperamos que nunca acabe, gracias por las ocurrencias y cada experiencia vivida, este proceso no hubiera sido mejor sin cada uno de ustedes.

## Tabla de Contenido

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 9  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 10 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....                      | 12 |
| 3. JUSTIFICACIÓN .....                                       | 14 |
| 4. OBJETIVOS .....   | 16 |
| 4.1. Objetivo General .....                                  | 16 |
| 4.2. Objetivos Específicos.....                              | 16 |
| 5. MARCO REFERENCIAL .....                                   | 17 |
| 5.1. Marco Teórico.....                                      | 17 |
| 5.2. Marco Legal .....                                       | 19 |
| 6. METODOLOGÍA .....   | 21 |
| 6.1. Ubicación y características de la zona de estudio ..... | 21 |
| 6.2. Muestreo.....   | 21 |
| 6.4. Aislamiento de microorganismos .....                    | 22 |
| 6.5. Densidades de grupos funcionales .....                  | 23 |
| 6.6. Medios de cultivo .....                                 | 26 |
| 6.7. Preparación de inóculos .....                           | 28 |
| 6.8. Prueba de Inoculantes Microbianos en suelos.....        | 29 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....                            | 32 |
| 7.1. Propiedades fisicoquímicas .....                        | 32 |
| 7.2. Aislamiento de microorganismos .....                    | 37 |
| 7.3. Densidad de grupos funcionales .....                    | 43 |
| 7.4. Inoculantes .....                                       | 44 |
| 7.5. Prueba de inoculantes Microbianos .....                 | 45 |
| 8. CONCLUSIONES.....   | 49 |
| 9. RECOMENDACIONES .....                                     | 51 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                              | 51 |
| ANEXOS .....   | 59 |

## Lista de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Esquema del aislamiento de microorganismos del suelo.....                  | 24 |
| Figura 2. Esquema de la preparación de medios de cultivo. ....                       | 25 |
| Figura 3. Esquema de prueba in vitro de inoculantes microbianos en germinadores..... | 30 |
| Figura 4. Valores de cepas aisladas por cada medio de cultivo.....                   | 38 |
| Figura 5. Bacteria Gram negativa (-) aislada.....                                    | 39 |
| Figura 6. Densidad de grupos funcionales analizados. ....                            | 43 |
| Figura 7. Crecimiento de especies forestales por cada inoculante microbiano.....     | 46 |

## Lista de Tablas

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabla 1. Medio de cultivo amonio.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Tabla 2. Medio de cultivo NBRIP.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>Tabla 3. Medio de cultivo Pikovskayas Agar.....</b>   | <b>27</b> |
| <b>Tabla 4. Medio de cultivo ASHBY. ....</b>   | <b>28</b> |
| <b>Tabla 5. Relación Grupos Funcionales Microbianos – Medio de Cultivo. ....</b>                             | <b>28</b> |
| <b>Tabla 6. Descripción de la preparación de los Inoculantes Microbianos.....</b>                            | <b>29</b> |
| <b>Tabla 7. Mediciones de Humedad en suelos de diferentes condiciones ambientales. ....</b>                  | <b>32</b> |
| <b>Tabla 8. Mediciones de textura en suelos de diferentes condiciones ambientales.....</b>                   | <b>33</b> |
| <b>Tabla 9. Mediciones de pH en suelos de diferentes condiciones ambientales. ....</b>                       | <b>35</b> |
| <b>Tabla 10. Mediciones de conductividad eléctrica en suelos de diferentes condiciones ambientales .....</b> | <b>36</b> |
| <b>Tabla 11. Géneros de bacterias identificados en muestras del suelo. ....</b>                              | <b>37</b> |
| <b>Tabla 12. Aislamiento de microorganismos.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Tabla 13. Inoculantes microbianos formulados.....</b>   | <b>44</b> |
| <b>Tabla 14. Desarrollo vegetal de las Spp forestales por inoculante.....</b>                                | <b>47</b> |

## Lista de Anexos

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <b>Anexo 1. Aislamiento de hongos.....</b>   | <b>59</b>                            |
| <b>Anexo 2. Aislamiento de microorganismos (Cepas puras).....</b>  | <b>59</b>                            |
| <b>Anexo 3. Formato de revisión macroscópica y microscopia en el aislamiento de<br/>microorganismos (Cepas puras).....</b> | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Anexo 4. Preparación de inoculantes, 180 rpm durante 24 horas.....</b>  | <b>60</b>                            |
| <b>Anexo 5. Formato de seguimiento a la prueba in vitro de inoculantes.....</b>  | <b>61</b>                            |
| <b>Anexo 6. Prueba de inoculantes microbianos. ....</b>  | <b>61</b>                            |
| <b>Anexo 7. Inoculantes microbianos. ....</b>  | <b>61</b>                            |
| <b>Anexo 8. Contador de UFC.....</b>   | <b>62</b>                            |
| <b>Anexo 9. Conductímetro.....</b>   | <b>62</b>                            |
| <b>Anexo 10. pHmetro .....</b>   | <b>62</b>                            |
| <b>Anexo 11. Fórmula para el cálculo de la acidez intercambiable.....</b>  | <b>63</b>                            |

## RESUMEN

En Colombia los incendios forestales son una problemática recurrente asociada a fenómenos naturales y antrópicos, como el fenómeno del niño, las malas prácticas culturales, la expansión agropecuaria y urbanística, que afecta uno de los ecosistemas más vulnerables como es el Bosque Seco Tropical (Bs-T). El fuego sobre el recurso suelo genera cambios en las propiedades fisicoquímicas y biológicas, alterando su dinámica y los servicios ecosistémicos que oferta. Debido a la riqueza microbiana que presenta el suelo, se establecen estos mismos como una alternativa para la recuperación de suelos degradados por incendios forestales, a partir de inoculantes microbianos, los cuales han tenido buen rendimiento y calidad en el desarrollo del crecimiento vegetal. El objetivo del proyecto es caracterizar microbiológicamente suelos del bosque seco tropical sometidos a diferentes condiciones ambientales. Se seleccionaron suelos expuestos a diferentes condiciones ambientales en zonas de contraste (Suelo desnudo, suelo con cobertura vegetal y suelo tratado con inoculantes microbianos). Cada una de las muestras se remitió al laboratorio de aguas de la Universidad de Cundinamarca, donde se realizaron aislamientos microbianos de diferentes grupos funcionales, análisis de las propiedades fisicoquímicas y preparación de inoculantes microbianos. Se obtuvieron los inoculantes 3 y 4 como los de mayor eficiencia en el desarrollo vegetal y mayor densidad poblacional. Sin embargo, no se evidencian grandes variaciones en las propiedades fisicoquímicas. Gracias a la caracterización de grupos microbianos de suelos del Bs-T, permitió establecer el efecto positivo del uso de inoculantes microbianos, puesto que, garantizan mayor capacidad de germinación y desarrollo de plántulas, además, se proyectan como alternativa sostenible para el reemplazo de fertilizantes inorgánicos y biorremediación de suelos.

**Palabras clave:** Suelo, microorganismos, bosque seco tropical, incendio, condiciones ambientales.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los incendios forestales son cada año más frecuentes e intensos, dañan los ecosistemas y afectan al hombre, según un estudio de (World Wildlife Fund, 2020) “*Los seres humanos son responsables del 75% de todos los incendios forestales*”; dado que muchas áreas se limpian utilizando el método de tala y quema para dar paso a la agricultura, la ganadería o la industria (Schauenberg t, 2020).

En Colombia son una problemática constante que se intensifica durante los períodos secos prolongados y que están asociados al fenómeno del niño (Ospina, 2017). Además, que incrementan el grado y velocidad de desertificación actual (MADS, 2016). La región andina ha sido ampliamente modificada por actividades antrópicas y su vulnerabilidad a incendios ha aumentado (Fernández-Méndez et al., 2016). La región del Alto Magdalena en el departamento de Cundinamarca se caracteriza por ser 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).

En 2015, se intensificó el fenómeno del niño hasta el primer trimestre del 2016 según el Ministerio de Medio Ambiente y el IDEAM. Por lo tanto, se presentaron 421 de los 1.453 incendios forestales en el municipio de Girardot registrados para el periodo de 2012-2016 (Gómez & Barrios, 2017). Por otro lado, es necesario mencionar que más del 86% de la amenaza a incendios de la cobertura vegetal para el área rural del municipio de Nilo, está categorizada en amenaza alta (Ruiz & Muñoz, 2018).

Un incendio forestal es un fuego violento que se desarrolla sin control en un espacio abierto, afectando la superficie vegetal del mismo (Vargas, 2007), asimismo, genera cambios en la microfauna y a las propiedades físico-químicas 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). Las comunidades microbianas son sensibles a los cambios de temperatura y por lo tanto se afectan los ciclos biogeoquímicos, así como de la descomposición de la materia orgánica y de los flujos de energía, que son de gran importancia para el desarrollo de las funciones ecológicas del suelo. En este contexto se considera relevante el papel de grupos funcionales edáficos como son los fijadores de nitrógeno, los solubilizadores de fosfato y los organismos celulolíticos (Avellaneda-Torres, 2014).

La degradación producida por los incendios puede ser reversible (Belén et al., 2008). Por medio de biofertilizantes (inoculantes microbianos), productos que contienen células vivas de microorganismos benéficos para el suelo y los cultivos. (Vanegas et al., 2006). Los inoculantes microbianos son una estrategia valiosa que se puede utilizar para aumentar el éxito de los proyectos de restauración ecológica sin comprometer el rendimiento y la calidad de las plantas (Hernández, 2019).

La salud de las plantas depende, además de la nutrición, de una correcta interacción con las bacterias benéficas, esta interacción puede ocurrir a nivel de rizosfera, rizoplano, en la región epífita e incluso en la región endofítica; los géneros de *Azospirillum Sp*, *Rhizobium Sp*, *Gluconacetobacter Sp*, *Bacillus Sp*, *Pseudomonas Sp* y *Enterobacter Sp* han sido aisladas y ampliamente caracterizadas, se han usado para formular inoculantes que promueven el crecimiento de plantas, por medio de la producción de fitohormonas, la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de minerales esenciales como zinc y fósforo, la producción de ACC desaminasa, el antagonismo de patógenos, y el desencadenamiento de una respuesta de defensa, entre otros (Morales-García et al., 2020).

De ahí la importancia de investigar acerca de la diversidad funcional de las comunidades microbianas, con el fin de promover protección de la diversidad biológica del suelo que contribuye a la sostenibilidad y a la reducción de la degradación de los ecosistemas. Por tal razón, el objetivo de

la presente investigación es caracterizar microbiológicamente suelos del bosque seco tropical sometidos a diferentes condiciones ambientales (Suelo sin cobertura vegetal, suelo con cobertura vegetal y suelo sometido a inoculantes microbianos).

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

El origen de los incendios forestales se puede determinar como socio natural, dado que, por un lado, algunos factores climáticos pueden causar la conflagración. El fenómeno del niño, por ejemplo, aumenta las temperaturas y propicia las condiciones para la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal por el déficit hídrico durante varios meses (UNGRD, 2016). Por otro lado, el fuego se ha convertido en un factor de origen antrópico con una frecuencia e intensidad mayor al natural. Este tipo de emergencias se incrementan con las prácticas culturales incorrectas, como es el caso de las quemas controladas, las cuales fácilmente pueden perder su control y dar paso a un incendio forestal (Gallego et al., 2020). Estas prácticas ocurren con el fin de adecuar los suelos para uso agropecuario o aprovechamiento de recursos maderables (Mondragón et al., 2013).

La presencia de incendios forestales en Colombia ha sido recurrente cada año, principalmente por factores antrópicos (Ospina, 2017); los más afectados por este tipo de eventos y que presenta alta vulnerabilidad a la ocurrencia de incendios son los remanentes identificados en la región del valle del río Magdalena de Bs-T que hacen parte del Alto Magdalena (70,6%) donde tan solo el 39,5% son polígonos de bosque natural (Humboldt, 2014). En este ecosistema la Delegación Departamental de Bomberos de Cundinamarca registró cerca de 61 incendios forestales desde el inicio del año 2020 hasta el mes de julio del mismo año afectando 28 municipios y 341 hectáreas (Semana Sostenible, 2020). Igualmente, (Barrios & Gómez, 2017) reportaron que entre los años 2012 y 2016 se produjeron alrededor de 421 incendios forestales en la ciudad de Girardot.

Esta problemática tiene una serie de consecuencias e impactos ambientales, económicos y sociales, sobre los recursos agua, suelo y aire. En el suelo cuando el fuego destruye parte de la materia orgánica y elimina temporalmente la vegetación afecta su estabilidad estructural, de modo que, se debilitan los agregados, los cuales serán destruidos posteriormente por el impacto del agua y su exposición al viento; al romperse la estructura del suelo se disminuye su capacidad de absorción de agua, con el consiguiente aumento de escorrentía superficial y la aparición de procesos erosivos (Gallego et al., 2020). Por otra parte, se ve afectada de forma negativa la economía rural al generarse daños en inmuebles o cultivos, además, las perturbaciones en áreas de conservación como bosques, generan daños en estos que repercuten en los bienes y servicios que les presta a las comunidades. También, a nivel social los incendios forestales, pueden afectar tanto a la economía como al sector público como al privado, según el Min Ambiente (2011) el país incurrió en un gasto de \$ 24.475.073.672, en los tres primeros meses del año 2010 tan solo en el control y extinción de incendios (Ospina, 2017).

Además, cabe resaltar que Biológicamente se genera una desestabilización del ciclo de nutrientes por la disminución de los microorganismos que ayudan a los procesos de descomposición de compuestos orgánicos y Fito disponibilidad de nutrientes (González, 2017). A su vez, se debe tener presente que los valores de pH generalmente se incrementan en los suelos quemados, debido a que las cenizas aportan carbonatos, óxidos y cationes básicos, alterando la actividad de los microorganismos de tal modo que, la materia orgánica se descompone más lentamente y disminuye el aporte de los nutrientes en ella retenidos por su baja velocidad de mineralización (Mataix-Solera & Guerrero, 2013). Según (Ospina, 2017) esto generará un retraso en el crecimiento de una nueva cubierta vegetal y por tanto expondrá al suelo frente a agentes erosivos.

Por lo tanto, surge la pregunta de investigación: ¿Cómo varía la diversidad microbiana en suelos sometidos a diferentes condiciones ambientales?

### 3. JUSTIFICACIÓN

La investigación realizada se considera una de las etapas preliminares de un macroproyecto denominado *“Inoculantes microbianos y uso de especies vegetales en la recuperación de suelos afectados por incendios forestales en el bosque seco tropical”* el cual hace parte de una convocatoria interna de la Dirección de Investigaciones de la Universidad de Cundinamarca, seccional Girardot. Este macroproyecto se enfoca en encontrar especies forestales y comunidades microbianas que por medio de inoculantes microbianos que aporten en la recuperación de suelos degradados por incendios forestales en el bosque seco tropical, de ahí que, esta etapa preliminar busca caracterizar grupos funcionales microbianos que tengan la mayor capacidad de influir en los procesos de recuperación de zonas forestales afectadas por diferentes condiciones ambientales tanto de origen antrópico como natural en el bosque seco tropical.

Este es un ecosistema ,que presenta un historial de desaparición, pérdida de calidad y características, como biodiversidad única adaptada a condiciones de estrés hídrico, a causa de la expansión agrícola, deforestación y fenómenos naturales como incendios, por lo tanto, el valor de recuperar el recurso suelo se eleva, debido a que, recuperar su condición ayuda en la estabilización de suelos, prevención de erosión, regulación del agua, evitando así la desertificación (Humboldt, 2014), así mismo, contribuye al cumplimiento y apoyo del Programa Nacional para la Gestión Integral del Bosque Seco en Colombia.

Determinar los efectos de los factores degradadores del suelo, como el fuego, son de suma importancia a la hora de crear alternativas que permitan actuar ante un incendio forestal (Ruiz & Muñoz, 2018), y así establecer planes de acción para el manejo y recuperación de ecosistemas afectados por esta problemática.

Dentro de los factores más importantes en la recuperación de suelos, la actividad microbiana tiene múltiples beneficios, como asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas, por medio de transformaciones de carbono, reciclaje de nutrientes, mantenimiento de la estructura y regulación de poblaciones biológicas (Castro Barquero et al., 2015). Además, incentivan y mejoran el crecimiento de plantas a través de procesos de fijación biológica de nitrógeno, solubilización de fosfatos, disminución del estrés biótico y abiótico y producción de fitohormonas (Hernández, 2019); de igual forma, conocer la diversidad microbiana edáfica permite determinar que microorganismos son más potenciales para usarlos como herramientas de recuperación, debido a que, tienen una respuesta sensible a las alteraciones en las propiedades fisicoquímicas causadas por factores antrópicos relacionados al uso del suelo y factores naturales (Gómez & Luna, 2018).

La formulación de inoculantes microbianos contribuyen en el desarrollo vegetativo, que por medio de, procesos biológicos tienen la capacidad de ser Fito estimulantes, a través de la producción de reguladores de crecimiento, también, funcionan como agentes de control biológico al generar procesos de antagonismo, biorremediadores por su capacidad de disminuir concentraciones de agroquímicos y biofertilizantes, debido a que incrementan la capacidad de asimilación de nutrientes (Ceballos, et al. 2015). Además, ayudan en el mejoramiento de la calidad ambiental, debido a que, el uso de inoculantes inorgánicos puede generar graves afectaciones a un recurso de alta importancia como el suelo, al contar con exceso de nutrientes que alteran el funcionamiento y dinámica de otros recursos como el agua.

Por tal motivo, es de gran interés estudiar la microbiota edáfica y evaluar la respuesta del suelo ante su labor de recuperación en zonas de bosque seco tropical.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

Caracterizar microbiológicamente suelos del bosque seco tropical sometidos a diferentes condiciones ambientales.

### 4.2. Objetivos Específicos

- Identificar la variación en las propiedades fisicoquímicas de las muestras del suelo sometidas a diferentes condiciones ambientales.
- Evaluar la densidad de las comunidades microbianas (Grupos Funcionales) presentes en las diferentes muestras de suelo.
- Establecer el efecto de inoculantes microbianos en especies del bosque seco tropical (Ondequera (*Casearia corymbosa*) y Guayacán Negro (*Libidibia paraguariensi*)).

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1. Marco Teórico

Los incendios forestales son fuegos en bosques naturales o plantados que se expanden sin control alguno, como consecuencia de la naturaleza y acciones directas o indirectas antropogénicas; dejando efectos que van desde problemas sociales, culturales y económicos hasta alteración en los recursos suelo, agua y el componente biológico (González, 2017). El componente biológico se ve afectado por el deterioro de hábitats, muerte de individuos y emigración de los mismos, y referente al microbiota, puede verse alterado en abundancia, diversidad y actividad (Ospina, 2017), así mismo, cabe destacar que existe vegetación con mayor tolerancia a incendios, no obstante, se puede ver impactada a través de la modificación en su estructura, composición y servicios ecosistémicos.

Las incidencias del fuego en el suelo dependerán de la intensidad, duración y frecuencia del mismo, sin embargo, diferentes estudios enfocados en determinar los efectos de este coinciden en la modificación de las propiedades físico-químicas y biológicas. Gallego et al. (2013) afirma que físicamente las características más afectadas son la porosidad y la estabilidad estructural, porque se generan capas hidrofóbicas en los suelos y disminuye su capacidad de infiltración, asimismo, los componentes de la textura del suelo (arena, limo y arcilla) presentan altos umbrales de temperatura y por lo general el fuego no los afecta; en contraste, según Estefanía & Reyes (2020) encontraron que la textura también se puede modificar debido al cambio en la proporción de las partículas, causado por la disminución de la capacidad de infiltración del suelo, igualmente, aseguran que el pH aumenta tras el incendio, debido a que las cenizas se disuelven en la capa posterior de los suelos.

Por otra parte, Camargo, et al. (2012) manifiesta que los minerales (potasio (K), nitrógeno(N), calcio (Ca), sodio (Na), aluminio (Al) y magnesio (Mg)) varían significativamente; de igual forma, plantean que la pérdida de M.O afecta considerablemente otras propiedades.

En Colombia la expansión agrícola y la alta vulnerabilidad a la ocurrencia de incendios (Ospina, 2017) ocasiona la pérdida masiva de las coberturas del BOSQUE SECO TROPICAL, dejando este con una relictualidad del 8% respecto a su área de distribución original (Humboldt, 2014).

Como consecuencia del alto grado de deterioro hacia este ecosistema es oportuno la recuperación de sus servicios ambientales, gracias a que los bosques secos estabilizan los suelos, regulan el agua y prevén la erosión. El fuego es una perturbación recurrente pero poco estudiada en los bosques secos tropicales (Pizano & Cárdenas, 2019), sin embargo, existen investigaciones de Estefanía & Reyes, (2020), Fernández et al., (2016) y Camargo et al., (2012), enmarcadas en restauración ecológica, recuperación ecológica y cambios en las propiedades del suelo, todas ellas en suelos impactados por incendios, coinciden en que se debe ayudar a la recuperación de la vegetación por medio de procesos naturales.

Este tipo de bosque presenta una tasa sucesional baja en términos de crecimiento de las plantas y acumulación de biomasa, es por ello que los inoculantes microbianos, sustancia que contiene microorganismos que cuando se aplica a las semillas, superficie de las plantas, suelo, rizosfera o al interior de las plantas promueve el crecimiento de la misma (Lavalle Pérez et al., 2017); pueden ser una estrategia viable frente a las problemáticas en los suelos afectados por incendios forestales, como las *rizobacter sp*, las cuales son importantes en programas de restauración ecológica, debido a que pueden incrementar las tasas de germinación y crecimiento por medio de la solubilización de compuestos como el fósforo (P) (Hernández, 2019).

Diferentes microorganismos del suelo se utilizan para la producción de inoculantes, entre ellos se destacan los géneros *Bacillus Sp*, *Pseudomonas Sp*, *Azospirillum Sp*, *Azotobacter Sp*, *Rhizobium Sp*, *Bradyrhizobium Sp*, *Sinorhizobium Sp*, *Mesorhizobium Sp* y *Streptomyces Sp* (Creus, 2017); estos actúan de manera directa a través de la fijación de nitrógeno, solubilización de fosfato, producción de fitohormonas e indirectos (producción de sideróforos, quitinasa y glucanasa).

La mayoría de las investigaciones, se enfocan en el uso de microorganismos para cultivos agrícolas, como una alternativa para disminuir la fertilización química y promover el crecimiento vegetal, principalmente en cultivos de sorgo (Franco et al., 2008), maíz y maní (Anzuay et al., 2017), arroz (Rives et al., 2007), papa y maracuyá (Hernández, 2019); este último también afirma que otras pocas se enfocan en plantas forestales como *Pinus patula*, *Weinmannia tomentosa* y *Escallonia myrtilloides*, *Quercus humboldtii*, *Eucalyptus sp.*, y mangle (Galindo et al., 2006).

Aunque se han encontrado investigaciones con diferentes aplicaciones, donde se emplearon de manera conjunta, (Vanegas et al., 2006) “sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes”; donde se evaluó su “capacidad amilolítica a partir de un proceso de compostaje” (Barrera Beltrán & Charry Uribe, 2008); además, se indagó sobre el “Efecto de inoculaciones microbianas en la acumulación de Zn, P y otros micronutrientes” (Velasco Sánchez et al., 2017).

De ahí que, se encontrara una relación directa en la mejora de algunos parámetros físico químicos del suelo producto del actuar de los inoculantes microbianos, ahora bien, existe poca información de la aplicación directa de inoculantes microbianos sobre suelos afectados por incendios forestales.

## **5.2. Marco Legal**

Sobre el territorio colombiano rige un marco jurídico ambiental, el cual reglamenta, regula y gestiona los recursos naturales. De ahí que, la recuperación de suelos degradados por incendios forestales a partir de inóculos microbianos sea respaldada por diferentes normas constitucionales, decretos, leyes, resoluciones y planes de gestión nacional.

La intervención sobre el recurso suelo se reglamenta en el Código de los Recursos Naturales (Decreto 2811 de 1974), el cual determina técnicas de manejo para evitar su degradación (Art. 179) y todo lo relacionado con su uso y conservación (Art. 182-186) (Min Ambiente, 1974), asimismo, la resolución de 170 de 2009 de Min Ambiente adopta medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional (MADT, 2009).

El proyecto se direcciona a dar cumplimiento con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022), en el cual, el gobierno actual define alternativas productivas sostenibles para la conservación de áreas ambientales estratégicas afectadas por fenómenos naturales (DNP, 2018); también, en el Plan Nacional de Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas, donde se encuentra en su plan de acción (Fase I) la investigación en patrones de sucesión ecológica de diferentes ecosistemas y técnicas de restauración (MADS, 2015), igualmente, en el Plan Nacional de Desarrollo Forestal con acciones de ordenación, conservación y restauración encaminadas a áreas afectadas por incendios forestales (MADS, 2000).

El Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas (2002), en el subprograma de Restauración y rehabilitación de áreas afectadas por incendios forestales promueve la activación de procesos de regeneración natural, tratamientos de restauración ecológica y prácticas de reforestación protectora con fines de recuperación y/o rehabilitación de las zonas siniestradas.

Además, el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, creado mediante la Ley 1523 de 2012, en conjunto con la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (2015-2025) con enfoque de Cambio Climático contempla reducir el riesgo de desastres y los efectos asociados a pérdidas y daños derivados de la ocurrencia de eventos climáticos con posibles aumentos en intensidades y manifestaciones recurrentes, como lo son los incendios forestales.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1. Ubicación y características de la zona de estudio**

Se seleccionaron zonas de contraste para la toma de muestras de suelo. En este sentido, el área N° 1 corresponde a un predio ubicado en el municipio de Nilo, Cundinamarca (4,211899 N, -74,679550 O) , el área N° 2 corresponde a un predio ubicado en la vereda agua Blanca del municipio de Girardot (4,33704848 N, -74,82965816 O), las dos caracterizadas por la presencia del ecosistema de Bosque Seco Tropical presente en la provincia del Alto Magdalena e influenciadas por los factores abióticos propios de esta zona de vida según Holdrige, la cual presenta, una temperatura anual promedio igual o mayor a 24°C, una precipitación anual entre 100 a 200 cm, así como, periodos estacionales marcados de lluvias con varios meses de sequía (Pizano, C y H. García, 2014), lo que conlleva a una evapotranspiración potencial/año >141 cm (Banco de Occidente, 2009). Adicionalmente, este ecosistema en los lugares de toma de muestra un rango de Índice Ultravioleta Máximo Diario de 7 a 9 IUUV y un Brillo Solar Medio Diario de 4 a 6 horas, según los datos obtenidos del Atlas Interactivo de radiación solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia del IDEAM.

### **6.2. Muestreo**

Se seleccionaron suelos expuestos a diferentes condiciones ambientales en zonas de contraste (Suelo desnudo, suelo con cobertura vegetal y suelo tratado con inoculantes microbianos), presentes en las dos (2) áreas de estudio. Las 3 muestras colectadas para el estudio se obtuvieron de manera aleatoria, extraídas a una profundidad entre 20 y 30 cm, cada muestra constituida por 5 submuestras las cuales se homogeneizaron antes de ser procesadas; posteriormente se remitieron al laboratorio de aguas de la Universidad de Cundinamarca, Seccional Girardot, para su posterior análisis.

### **6.3. Análisis de propiedades fisicoquímicas**

La caracterización microbiológica se complementó con el análisis de las propiedades físicas, textura y humedad; parámetros químicos, como pH, conductividad eléctrica y acidez intercambiable, esto con el fin de determinar la variación de la calidad del suelo frente a diferentes condiciones ambientales.

Para determinar la textura, se utilizó el método de sedimentación, el cual consiste en tomar la muestra de suelo, adicionarla a una probeta y luego agregar agua en una proporción 1:2, agitar por 10 minutos y dejar decantar la mezcla hasta que se evidencien las capas de los agregados. La humedad, se estableció a partir de los pesos antes y después del secado de la muestra por mínimo 24 horas, previo a un tamizado de la misma. El pH se determinó por medio de un pH metro de referencia HI99121 de la marca HANNA (**Ver anexo 10**), al igual que la conductividad eléctrica, donde se utilizó un conductímetro de referencia HI8733 también de la marca HANNA (**Ver anexo 9**). Y por último se calculó la acidez intercambiable (**Anexo 11**).

### **6.4. Aislamiento de microorganismos**

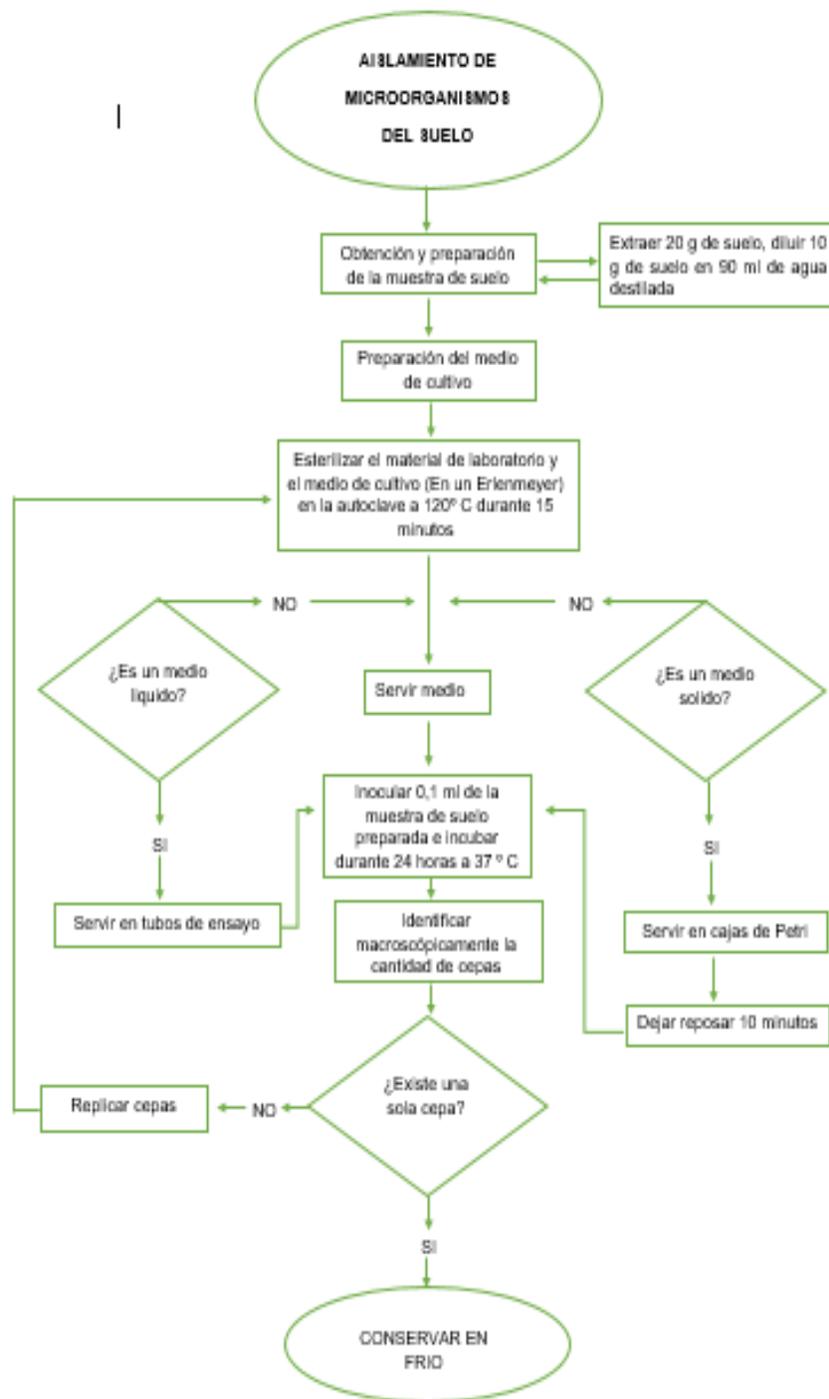
La principal materia prima de los inoculantes son los microorganismos, que, a través de sus procesos metabólicos, asimilan diferentes nutrientes, como el nitrógeno y fosforo, esenciales en el desarrollo vegetal; de manera que se realizaron múltiples aislamientos de cepas puras de diferentes géneros, de acuerdo con el protocolo establecido establecido en la Figura 1. Los procesos de aislamiento para el establecimiento de la densidad de grupos funcionales microbianos de los suelos se realizaron en medios selectivos modificados, preparados de acuerdo con el protocolo establecido en la Figura 2.

## 6.5. Densidades de grupos funcionales

Los grupos funcionales microbianos se cuantificaron usando 10 g de suelo fresco de cada muestra de las dos áreas seleccionadas para el estudio. De las cuales se obtuvieron diluciones decimales seriadas desde  $10^{-1}$  hasta  $10^{-4}$  de cada muestra de suelo en agua desionizada estéril. Posteriormente, algunas de las diluciones fueron inoculadas en cajas Petri que contenían los medios de cultivo sólidos según el grupo funcional bacteriano (**Tabla 5**). La cuantificación de bacterias, se realizó por el método recuento en placa a través del cuenta colonias del laboratorio de la Universidad de Cundinamarca correspondiente a la marca Indulab S.A.

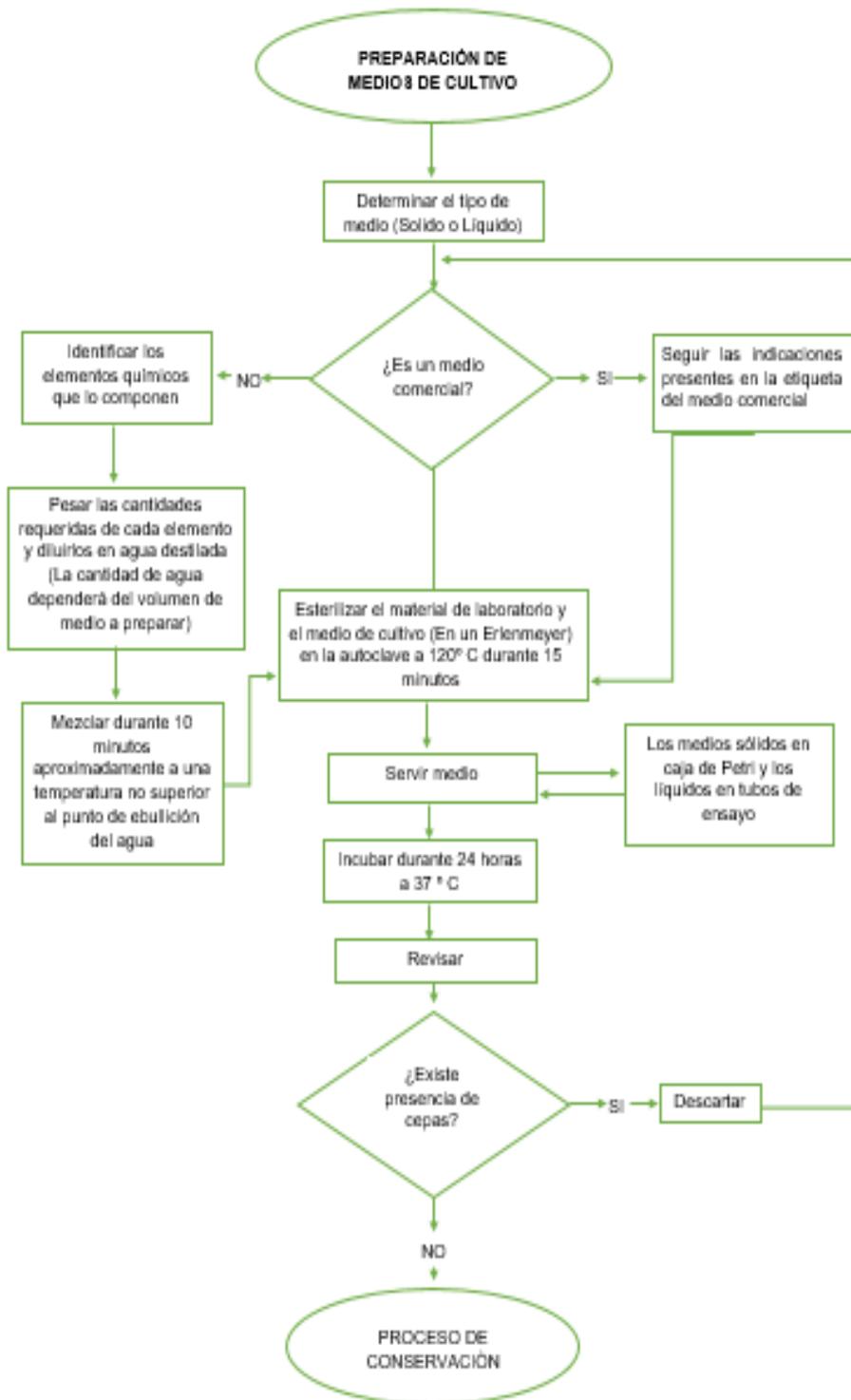
Las unidades formadoras de colonias (UFC) de estos grupos bacterianos fueron evaluadas teniendo en cuenta el número de colonias encontradas por  $\text{cm}^2$  en el cuenta colonias. Si, el número de colonias es  $<10$  se tomaron 7 cuadros hacia la derecha y 6 cuadros hacia abajo y multiplicando la sumatoria de esos valores por 5, pero, si las UFC son  $<10$  se tomaron solo 4 cuadros ubicando cada uno sobre un cuadrante según un plano cartesiano, se realizó un promedio con el valor de cada cuadro y el resultado se multiplicaba por 65, debido al material de Petri.

Figura 1. Esquema del aislamiento de microorganismos del suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Esquema de la preparación de medios de cultivo.



Fuente: Elaboración propia

## 6.6. Medios de cultivo

Los medios de cultivo selectivos con modificaciones se presentan a continuación:

**Tabla 1.** Medio de cultivo amonio.

| NOMBRE                                    | COMPOSICIÓN                  |                          | g/1L |
|---|------------------------------|--------------------------|------|
|   | FORMULA                      | COMPUESTO                |      |
| MEDIO AMONIO PARA BACTERIAS NITRIFICANTES | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | Sulfato de Amonio        | 0,5  |
|   | $\text{K}_2\text{HPO}_4$     | Fosfato Acido de Potasio | 1    |
|   | $\text{CaCO}_3$              | Carbonato de Calcio      | 1    |
|   | $\text{MgSO}_4$              | Sulfato de Magnesio      | 0,3  |
|   | $\text{FeSO}_4$              | Sulfato de Hierro        | 0,03 |
|   | $\text{NaCl}$                | Cloruro de Sodio         | 0,3  |
|   | Agar                         | Microbiológico           | 18   |

**Fuente:** Elaboración propia.

Este medio (**Tabla 1**) se empleó con el objetivo de aislar grupos funcionales de bacterias nitrificantes, denominadas bacterias oxidantes de amonio (BOA) y bacterias oxidantes de nitritos (BON), siendo dominantes las especies de *Nitrosomonas Sp* y *Nitrobacter Sp*, dentro de las BOA y las BON, respectivamente, conforme a lo mencionado por (Másmela-Mendoza et al., 2019).

**Tabla 2.** Medio de cultivo NBRIP.

| NOMBRE      | COMPOSICIÓN                                |                      | g/1L                     |
|-------------|--|----------------------|--------------------------|
|             | FORMULA                                    | COMPUESTO            |                          |
| MEDIO NBRIP | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$               | Sulfato de Amonio    | 0,5                      |
|             | $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$        | Glucosa              | 10                       |
|             | $\text{NaCl}$                              | Cloruro de Sodio     | 0,3                      |
|             | $\text{KCl}$                               | Cloruro de Potasio   | 0,3                      |
|             | $\text{FeSO}_4$                            | Sulfato de Hierro    | 0,3                      |
|             | $\text{MnSO}_4$                            | Sulfato de Manganeso | 0,03                     |
|             | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$               | Fosfato de calcio    | 1                        |
|             | Agar                                       | Microbiológico       | 15                       |
|             | $\text{C}_{47}\text{H}_{75}\text{NO}_{17}$ | Nistatina            | 500 000 $\mu$ cada 200ml |

**Fuente:** Elaboración propia.

Con el fin de aislar el grupo de los solubilizadores de fosfato, los cuales permiten a partir de un ion ortofosfato, convertirse, en fosfatos di y monobásicos, formas asimilables para las raíces de las plantas, conforme a lo mencionado por (NEGRETE PEÑATA & ESQUIVEL AVILA, 2010), se utilizó el medio de cultivo NBRIP (National Botanical Research Institute Phosphate growth médium), (**Tabla 2**).

**Tabla 3.** Medio de cultivo *Pikovskayas Agar*.

| NOMBRE                       | COMPOSICIÓN                                     |                       | g/1L   |
|------------------------------|---|-----------------------|--------|
|                              | FORMULA   | COMPUESTO             |        |
| MEDIO<br>PIKOVSKAYAS<br>AGAR | -   | Extracto de Levadura  | 0,5    |
|                              | C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>   | Dextrosa              | 10     |
|                              | Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | Fosfato de calcio     | 5      |
|                              | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>  | Fosfato de Amonio     | 0,5    |
|                              | MgSO <sub>4</sub>                               | Sulfato de Magnesio   | 0,1    |
|                              | FeSO <sub>4</sub>                               | Sulfato de Hierro     | 0,0001 |
|                              | MnSO <sub>4</sub>                               | Sulfato de Manganeseo | 0,0001 |
|                              | KCL   | Cloruro de Potasio    | 0,2    |
|                              | Agar  | Microbiológico        | 15     |

**Fuente:** Elaboración propia.

A través del medio PIKOVSKAYAS AGAR, (**Tabla 3**), se aislaron solubilizadoras fosforo debido al halo que forman alrededor de la colonia, formada debido a la solubilización de fosfato en las proximidades de la colonia, como señala (HiMedia Laboratories, 2015). Para este medio se modificó el compuesto “Dextrosa”, reemplazándolo por “Glucosa” en las mismas cantidades.

**Tabla 4.** Medio de cultivo ASHBY.

| NOMBRE      | COMPOSICIÓN           |                          | g/1L  |
|-------------|-----------------------|--------------------------|-------|
|             | FORMULA               | COMPUESTO                |       |
| MEDIO ASHBY | $C_{12}H_{22}O_{11}$  | Sacarosa                 | 5     |
|             | $K_2HPO_4$            | Fosfato Acido de Potasio | 1     |
|             | $Mg SO_4 \cdot 7H_2O$ | Sulfato de Magnesio      | 0,2   |
|             | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  | Sulfato de Hierro        | 0,005 |
|             | NaCl                  | Cloruro de Sodio         | 0,2   |
|             | CaCl <sub>2</sub>     | Cloruro de Calcio        | 0,2   |
|             | Agar                  | Microbiológico           | 15    |

**Fuente:** Elaboración Propia

El medio ASHBY (**Tabla 4**), se empleó para el aislamiento de grupos funcionales específicamente del género *Azotobacter*, ampliamente utilizados por sus características como fijadores de nitrógeno y así promover el crecimiento vegetal, (Pérez-Pazos & Sánchez-López, 2017). Asimismo, Agar Chromocult, para el aislamiento de “*Pseudomonas*”, que ayudan a la fijación del nitrógeno.

Por último, en la **Tabla 5**, se aprecia la relación de los medios selectivos empleados para aislar determinados grupos funcionales que serán la base de los inoculantes microbianos.

**Tabla 5.** Relación Grupos Funcionales Microbianos – Medio de Cultivo.

| MEDIO SELECTIVO   | GRUPO FUNCIONAL MICROBIANO           |
|-------------------|--------------------------------------|
| Medio Amonio      | Bacterias Nitrificantes              |
| Medio Ashby       | Bacterias Fijadoras de Nitrógeno     |
| Medio NBRIP       | Bacterias Solubilizadoras de Fosfato |
| Medio Pikovskayas | Bacterias Solubilizadoras de Fosfato |
| Medio Chromocult  | Bacterias Fijadoras de Nitrógeno     |

**Fuente:** Elaboración Propia

## 6.7. Preparación de inóculos

Posterior al aislamiento de los microorganismos, las cepas seleccionadas se activaron en placas Petri con Bacteriológico, mediante el método de estriado. Las cepas ya activadas se sembraron en Agua Peptonada en un volumen correspondiente al 10% del volumen final requerido (1 Litro) y se dejaron en un agitador orbital a 150 rpm para el inoculante (1) y a 180 rpm para el resto de inoculantes (Anexo), todos durante 24 horas con el fin de alcanzar una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC/ml (Sánchez-López et al., 2020). Las características de la preparación de los cuatro (4) inoculantes se logran apreciar en la **Tabla 6**.

**Tabla 6.** Descripción de la preparación de los Inoculantes Microbianos.

| INOCULANTE | MEDIO DE CULTIVO | VOLUMEN INICIAL | RPM | TIEMPO DE AGITACIÓN | GRUPO FUNCIONAL  | VOLUMEN FINAL |
|------------|------------------|-----------------|-----|---------------------|--|---------------|
| 1-PNNT     | Agua Peptonada   | 100 ml          | 180 | 24 horas            | Fijador de Nitrógeno, Nitrificante y Hongo                     | 1 L           |
| 2-PNNE     | Agua Peptonada   | 100 ml          | 180 | 24 horas            | Fijador de Nitrógeno, Nitrificante y Solubilizadora de Fosforo | 1 L           |
| 3-ABA      | Agua Peptonada   | 100 ml          | 150 | 24 horas            | Fijador de Nitrógeno, Hongo y Solubilizadora de Fosforo        | 1 L           |
| 4-TNNE     | Agua Peptonada   | 100 ml          | 180 | 24 horas            | Nitrificantes, Solubilizadores de Fosforo y Hongo              | 1 L           |

**Fuente:** Elaboración Propia

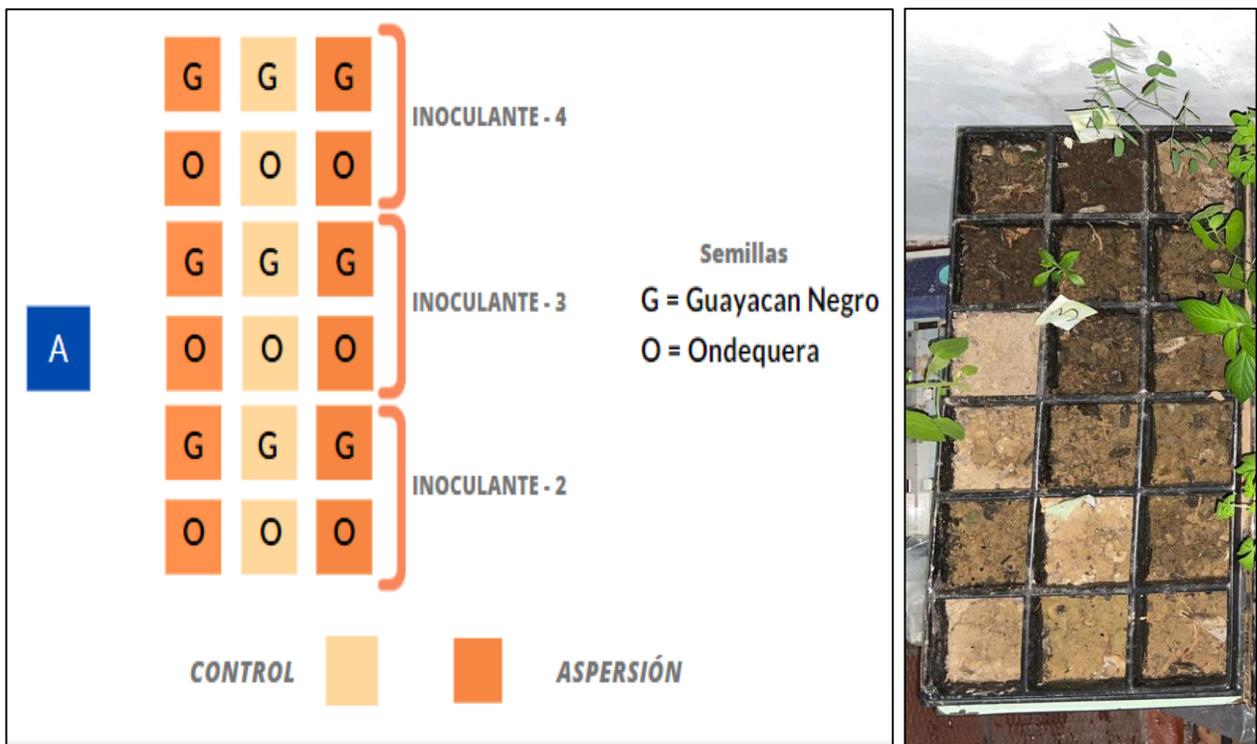
### 6.8. Prueba de Inoculantes Microbianos en suelos.

Se realizó siembra de semillas en tres (3) germinadores de 3\*6, denominados grupo A, B y C. Las semillas usadas fueron de “Ondequera” (*Casearia corymbosa*) y “Guayacán Negro” (*Libidibia paraguariensis*), especies presentes en el Bosque Seco Tropical – Bs-T. Los

germinadores se expusieron a condiciones de luz natural, una humedad relativa entre 77% y 93%, temperaturas que oscilan entre 23° C y 31° C y precipitaciones temporales de 0,1 mm; y variaciones en las aspersiones de los inoculantes microbianos. Posteriormente se realizó el monitoreo (**Anexo 5**) durante 2 meses y medio, correspondiente a los meses entre enero y abril, teniendo en cuenta parámetros como el crecimiento de especies forestales, longitud del tallo, número de entrenudos y hojas, como posible respuesta positiva a la inoculación. El esquema se observa en la **Figura 3**.

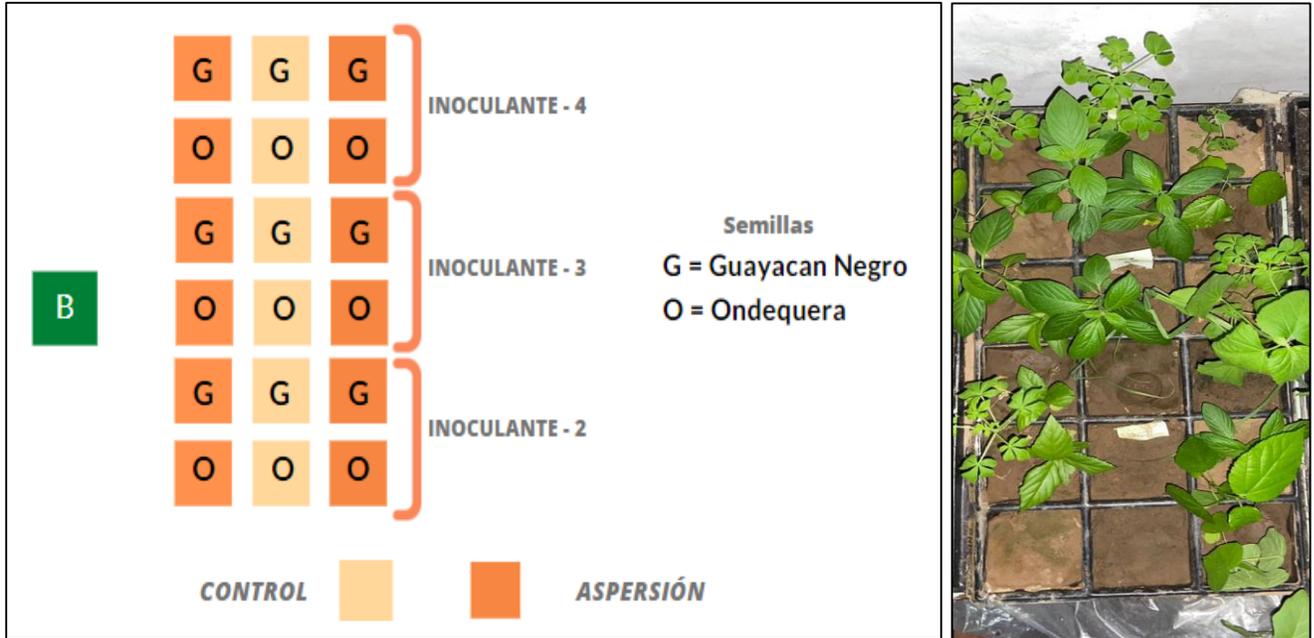
**Figura 3.** Esquema de prueba in vitro de inoculantes microbianos en germinadores.

**A) Distribución del Grupo A - Germinador**



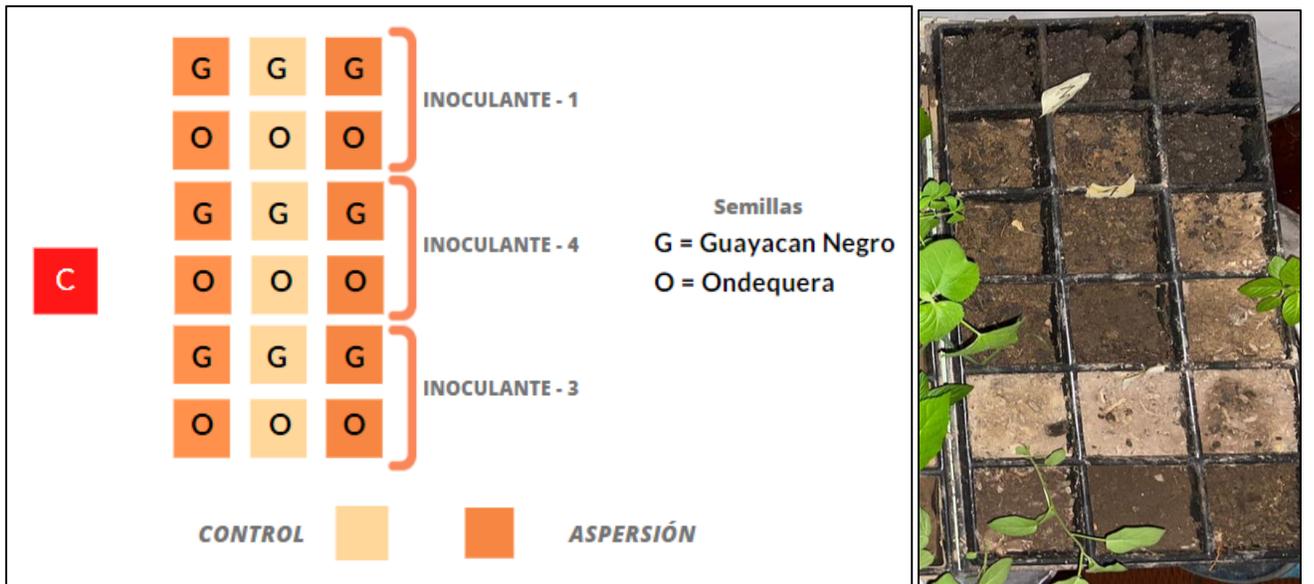
**Nota:** El Grupo A tuvo aspersiones de inoculantes microbianos cada 15 días.

**B) Distribución del Grupo B - Germinador**



**Nota:** El Grupo B tuvo aspersiones de inoculantes microbianos cada 7 días.

**C) Distribución del Grupo C - Germinador**



**Nota:** El Grupo C tuvo aspersiones de inoculantes microbianos cada 4 días.

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 7.1. Propiedades fisicoquímicas

Es importante mencionar que existen varios factores abióticos que influyen en la vida de los microorganismos en el suelo, los cuales sirven como indicadores de la calidad del suelo que permite analizar la situación de este recurso. Indicadores físicos como humedad y textura; los indicadores químicos (Acidez intercambiable, pH y conductividad eléctrica) hacen referencia a las condiciones que afectan la relación suelo-planta, a la calidad, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos.

#### - Humedad:

En la **Tabla 7**, se evidencian los resultados de humedad para las 3 muestras de suelo correspondientes a las diferentes condiciones ambientales. Se puede observar que, las muestras analizadas presentan una gran capacidad de retención de agua superior al 90% aun presentando diferentes características. Es importante mencionar que la toma de muestras para el presente análisis se llevó a cabo en periodo de lluvias lo cual pudiera tener injerencia en los altos valores de la humedad.

**Tabla 7.** Mediciones de Humedad en suelos de diferentes condiciones ambientales.

| MUESTRA DE SUELO      | MASA (g) | PESO CAPSULA VACÍA (g) | PESO CAPSULA VACÍA + MUESTRA DE SUELO SECO (g) | PESO SUELO SECO (g) | % HUMEDAD |
|-----------------------|----------|------------------------|--|---------------------|-----------|
| Sin cobertura vegetal | 25       | 40,67                  | 64,22  | 23,55               | 94,2      |
| Con cobertura vegetal |          | 42,13                  | 65,65  | 23,52               | 94,08     |
| Suelo inoculado       |          | 44,77                  | 67,92  | 23,21               | 92,84     |

Fuente: Elaboración Propia.

Estudios como el de Ramos Vásquez y Zúñiga Dávila (2008) afirman que la actividad microbiana mejora significativamente con el incremento de la humedad, de ahí que se entienda por qué se encontraron grupos funcionales en cada una de las muestras de suelo (**Figura 6**),

asimismo, porque se logró aislar diferentes microorganismos para la composición de los inoculantes, por último, supondría que fue un aspecto importante en la eficiencia de los inoculantes microbianos.

**- Textura:**

Se evidencia que las muestras analizadas presentan mayor proporción de arenas, seguido de limos y una menor cantidad de arcillas dentro de sus agregados. Se puede decir, que para las 3 condiciones ambientales los porcentajes son los mismos, debido a que solo hay una variación en el volumen total para la muestra de suelo con cobertura vegetal. De acuerdo a los porcentajes dados y su ubicación en el triángulo textural universal, se estima que, en términos texturales todas las muestras corresponden a un suelo franco arenoso (ver **tabla 8**).

**Tabla 8.** Mediciones de textura en suelos de diferentes condiciones ambientales

| MUESTRA DE SUELO      | VOLUMEN TOTAL (ml) | CLASE DE SUELO (ml) |      |         | VOLUMEN TOTAL SUELO (ml) | CLASE DE SUELO (%) |       |         |
|-----------------------|--------------------|---------------------|------|---------|--------------------------|--------------------|-------|---------|
|                       |                    | Arena               | Limo | Arcilla |                          | Arena              | Limo  | Arcilla |
| Sin cobertura vegetal | 120                | 40                  | 10   | 4       | 54                       | 74,07              | 18,51 | 7,4     |
| Con cobertura vegetal |                    | 40                  | 12   | 4       | 56                       | 71,42              | 21,42 | 7,14    |
| Suelo inoculado       |                    | 40                  | 10   | 4       | 54                       | 74,07              | 18,51 | 7,4     |

**Fuente:** Elaboración Propia.

El tipo de suelo encontrado según su textura coincide con lo obtenido por Neuque y Hurtado (2018), en donde categorizaron el suelo como franco arenoso en su análisis de componentes fisicoquímicos del suelo en la reserva Alonso Vera de Girardot, Cundinamarca, zona con relictos de Bs-T, área donde también se desarrolla este estudio; y en donde menciona que este tipo de suelo permite por su estructura el desarrollo de sistemas radiculares y sostenimiento a las plantas, por lo tanto se entendería el por qué el adecuado desarrollo vegetal en los diferentes grupos de la prueba de inoculantes.

Este tipo de textura también fue determinada bajo condiciones similares de altura sobre el nivel del mar y temperaturas a las presentes en las zonas de muestreo del presente estudio en suelos del Bs-T por (Calvo et al., 2008) quien además obtuvo valores de pH más tendientes alcalinos, lo cual es similar a lo obtenido en el presente estudio. Por último, en su estudio asegura que estas condiciones abióticas suponen una mayor población de bacterias totales; lo anteriormente mencionado da veracidad y demuestra la relación directa que existe en los valores obtenidos en la humedad (**Tabla 7**), textura (**Tabla 8**) y pH (**Tabla 9**) del presente estudio que permitió garantizar condiciones para la adaptabilidad y el desarrollo óptimo de los microorganismos.

Si bien suelos sin cobertura vegetal supondrían que el suelo se encuentra en proceso de degradación producto de una perturbación, como erosión, incendios forestales o de tipo antrópica por el uso del suelo, lo cual alteraría sus propiedades fisicoquímicas, como la textura, (Beltrán Pineda, et al., 2017) en su estudio encontró que de los suelos evaluados se observa que tanto en los suelos revegetalizados como sin revegetalizar se presentan texturas franco arenosas, esto representa para el presente estudio que no existen datos erróneos por la similitud de los valores en los suelos con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal

- **pH:**

A partir del análisis de los resultados de pH para cada muestra de suelo, no se encontraron variaciones significativas del mismo, como se observa en la **Tabla 9**. (Calvo et al., 2008) destaca que una modificación de éste puede activar o casi inactivar las enzimas de los microorganismos; a su vez, que el pH también actúa sobre la disponibilidad o fijación de minerales nutritivos.

**Tabla 9.** Mediciones de pH en suelos de diferentes condiciones ambientales.

| MUESTRA DE SUELO      | pH   |
|-----------------------|------|
| Sin cobertura vegetal | 6,92 |
| Con cobertura vegetal | 6,89 |
| Suelo inoculado       | 6,73 |

**Fuente:** Elaboración Propia.

El promedio de pH encontrado fue de 6,8 dentro de las muestras de las diferentes condiciones ambientales, este valor garantiza condiciones óptimas para el desarrollo de la diversidad microbiana, conforme a lo mencionado por (Calvo et al., 2008), donde asegura que en suelos con pH superiores a 5.6 la mayoría de los microorganismos beneficiosos existen, y sus enzimas son activas, asimismo, Zafra, C. A., & Romero, M. P., & Santamaría, D. M. (2009) en su estudio plantean que rangos de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para la mayoría de microorganismos.

Lo anteriormente mencionado se evidencio en el aislamiento de microorganismos, debido a la diversidad de géneros que se encontró en los suelos estudiados (**Tabla 11**), de igual forma, se confirma que el pH encontrado favoreció la presencia de los géneros *Bacillus Sp* y *Azotobacter Sp*, esta situación ya ha sido observado por Zafra, C. A., & Romero, M. P., & Santamaría, D. M. (2009), donde aseguran que las poblaciones de *Azotobacter Sp* prefieren suelos con pH que tienden a ser más alcalinos y poblaciones de *Bacillus Sp* tienen afinidad por el pH cerca a neutro.

- **Conductividad eléctrica:**

Se observó en los resultados para cada muestra que no existieron variaciones significativas (**ver tabla 10**). Los resultados de conductividad eléctrica están asociados a la cantidad de sales que se pueden encontrar en la muestra analizada, así que, según los resultados obtenidos para el estudio ninguna de las muestras se considera salina, debido a que los datos se encuentran dentro del rango de 0-0,98 dS o  $0-9,8 \times 10^3 \mu\text{S}$  establecido por la USDA (1999). Además, plantean que este rango de (Ce) es aceptable para el crecimiento de especies vegetales.

**Tabla 10.** Mediciones de conductividad eléctrica en suelos de diferentes condiciones ambientales

| MUESTRA DE SUELO      | Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|-----------------------|---|
| Sin cobertura vegetal | 277   |
| Con cobertura vegetal | 244   |
| Suelo inoculado       | 279   |

**Fuente:** Elaboración Propia.

Es importante mencionar que Zafra, C. A., & Romero, M. P., & Santamaría, D. M. (2009), en su estudio sugiere que existe una relación entre la conductividad eléctrica y el grado de erosión, donde suelos con vegetación generan una reducción en la ( $C_e$ ) del suelo. Es decir, a medida que un suelo se recupera su ( $C_e$ ) tiende a disminuir. Esto explicaría por qué los suelos sin cobertura vegetal y suelo con inoculantes (suelos en etapa de revegetalización) presentaron los valores más altos de conductividad eléctrica en el presente estudio.

Además, también se plantea que la baja en los valores de ( $C_e$ ) está asociada con el aumento de la materia orgánica y la estabilidad de los agregados del suelo, esto da pensar que es correcto debido a que las acciones metabólicas de los diferentes grupos funcionales interactúan con el desarrollo vegetal, condicionando de manera positiva la estabilidad del suelo, y que el valor más bajo de conductividad eléctrica se encontró bajo la condición de suelo con cobertura vegetal.

Por último, existe una relación directa con el tipo de suelo franco arenosos, debido a que estos presentan una baja salinidad, lo que es coherente con los resultados de conductividad eléctrica para este estudio, donde se estableció como suelos no salinos.

- **Acidez intercambiable:**

Se obtuvieron 500 cmol/kg correspondiente a la acidez intercambiable, lo cual se relaciona con los resultados obtenidos en la acidez total dada por el pH, lo que supone que no existe una acidez considerable que condicione el recurso edáfico.

Se debe tener presente que la utilización de fertilizantes nitrogenados, que contienen o forman amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) según Espinosa, J., & Molina, E. (1999) incrementa la acidez del suelo a menos que la planta absorba el ( $\text{NH}_4^+$ ) directamente, asimismo, que el uso de urea produce una acidificación del suelo, aun cuando las reacciones iniciales son diferentes, de ahí que el uso de inoculantes microbianos tiene más probabilidades de no acidificar el suelo, por ende no alteraría consigo al pH y se mantendrían condiciones que permitan el desarrollo de poblaciones microbianas.

## 7.2. Aislamiento de microorganismos

A partir de las muestras de suelo obtenidas se realizó el aislamiento de microorganismos, teniendo presente que el suelo superficial (0-20cm) es el ambiente donde ocurren la mayoría de los procesos microbianos que influyen sobre la nutrición de las plantas. Por medio de medios de cultivo (**Tabla 11**) se aislaron las bacterias de los diferentes grupos funcionales, y a través del medio Agar Papa dextrosa (PDA) los hongos, de *Trichoderma sp* y *Aspergillus sp*, A cada aislamiento se le asignó un código que permitió su identificación, asimismo, se tuvo en cuenta las características macroscópicas y microscópicas (**Tabla 12**), que caracterizan a cada uno de los grupos funcionales de los géneros de los estudiados.

**Tabla 11.** Géneros de bacterias identificados en muestras del suelo.

| MEDIO DE CULTIVO | GÉNEROS  |
|------------------|--|
| Caldo amonio     | <i>Nitrosomonas Sp.</i><br><i>Nitrobacter Sp</i> |
| Agar nutritivo   | <i>Pseudomonas Sp.</i>                           |
| Ashby            | <i>Azotobacter Sp.</i>                           |
| NBRIP            | <i>Entereobacter Sp.</i>                         |
| Pikovskayas Agar | <i>Bacillus Sp.</i>                              |

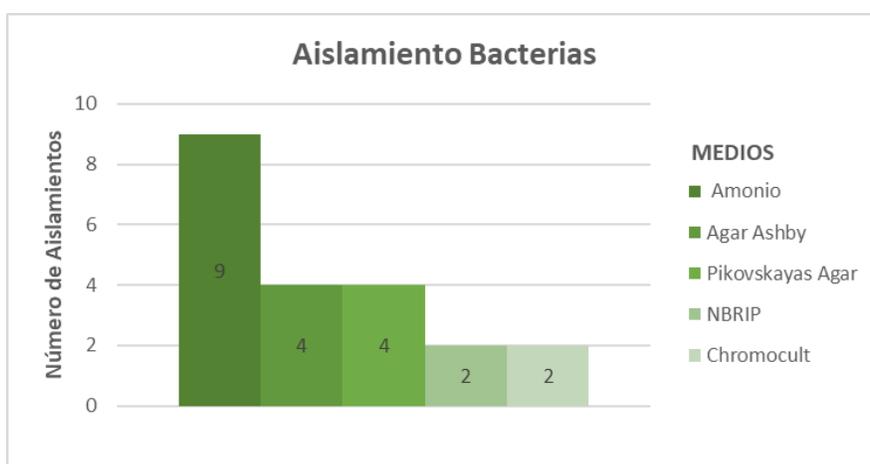
**Fuente:** Elaboración Propia

La importancia de las interacciones planta-microorganismos en la estructura de los ecosistemas es ampliamente reconocida y dicha asociación es esencial para el crecimiento de

cualquier especie vegetal. En el análisis realizado se evidencia que la mayoría de los grupos de microorganismos aportan a la disponibilidad de nutrientes.

Se debe tener presente que las *Pseudomonas Sp* se aislaron a partir de medio Chromocult (**Figura 4**), que si bien es un medio diferencial que permite la identificación de *E. Coli*, permitió obtener cepas puras de estas, que se mantuvieron en medio con agar nutritivo.

**Figura 4.** Valores de cepas aisladas por cada medio de cultivo.



Fuente: Elaboración Propia

De los microorganismos que van a permitir el ciclaje de nutrientes y brindar óptimas condiciones para el crecimiento vegetal, se obtuvieron 21 cepas de bacterias (**Figura 4**). De acuerdo a la caracterización (**Ver tabla 12**), desde la parte microscópica, principalmente la tinción de Gram y formas asociadas, se encontró que el 81% corresponde a Gram negativos (-) y el 19% restante a Gram positivos (+), las cuales hacen parte del género *Bacillus Sp*, la tendencia a Gram negativos (-) se debe a que estas reaccionan más marcadamente a la presencia de raíces, ya que ocupan el mayor porcentaje de la rizosfera según Rodríguez, V. (2019), por otra parte, se identificó que el 85% presentan principalmente forma de bacilos, tanto cortos (**Figura 5**) como largos.

Desde la parte macroscópica las formas continuas y discontinuas de las bacterias no presentaron mayores diferencias. Igualmente, se estableció que la elevación de las colonias predominó, ya sea plana o convexa, únicamente el 14% no presentó algún tipo de elevación, por último, el 85% presentó un aspecto brillante y una consistencia blanda.

**Figura 5.** *Bacteria Gram negativa (-) aislada.*



**Fuente:** Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos se logró observar que dentro de los géneros identificados (**Tabla 11**), se encuentran las bacterias pertenecientes al género *Nitrosomonas sp*, que metabólicamente oxidan el amonio y bacterias del género *Nitrobacter sp*, que oxidan nitrito; lo cual concuerda con los resultados alcanzados por (Másmela, et al. 2019), quien también hizo uso del medio caldo amonio (**Tabla 1**). Además, las características microscópicas (**Ver en la Tabla 12**) de las 9 cepas aisladas mediante el uso del medio en mención, todos son bacilos Gramnegativos (-), esto coincide con estudios realizados con anterioridad por (Cataño et al., 2017), en donde manifiesta que “*La bacteria oxidadora de amonio Nitrosomonas sp. es un bacilo Gram negativo (-)*”

Asimismo, se aislaron bacterias que pertenecen al género *Azotobacter sp* (**Tabla 11**), las cuales son fijadoras de nitrógeno, adicional a ello, también son solubilizadoras de fósforo y productoras de sustancias promotoras del crecimiento como fitohormonas, conforme a lo mencionado por (Flórez & Rodríguez, 2015) en su estudio, quien a su vez especifica en él que *“El género Azotobacter sp comprende bacterias de vida libre pleomórficas variando desde bacilos hasta células en forma de coco, que reaccionan a la tinción de Gram como Gram negativos”*, esto último, da validez a los registros de aislamiento de este género (**Ver en la Tabla 12**), en donde de 4 aislamientos, 3 presentan forma de cocos y 1 de bacilos cortos; y todos con una coloración de Gramnegativos (-).

| AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS |             |             |         |            |            |         |          |             |          |             |           |       |              |      |         |              |                 |                         |
|--------------------------------|-------------|-------------|---------|------------|------------|---------|----------|-------------|----------|-------------|-----------|-------|--------------|------|---------|--------------|-----------------|-------------------------|
| IDENTIFICACIÓN                 |             | MACROSCOPIA |         |            |            |         |          |             |          |             |           |       |              |      |         | MICROSCOPIA  |                 |                         |
| MEDIO SELECTIVO                | ID Asignado | Elevacion   |         | No Elevada |            |         | Regular  | Discontinuo |          |             | Aspecto   |       | Consistencia |      |         | Color de UFC | Tinción de Gram | Forma                   |
|                                |             | Plana       | Convexa | Umbilicada | Mamelonada | Papilar | Continuo | Dentado     | Lobulado | Filamentoso | Brillante | Opaco | Blanda       | Dura | Mucoide |              |                 |                         |
| AMONIO                         | Sp 1        |             |         | X          |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Blanca       | Gram -          | Bacilos                 |
| AMONIO                         | Sp 2        |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       |              | X    |         | Ambar        | Gram -          | Bacilos                 |
| AMONIO                         | Sp 3        | X           |         |            |            |         | X        |             |          |             |           | X     | X            |      |         | Blanca       | Gram -          | Bacilo                  |
| AMONIO                         | Sp 4        | X           |         |            |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Amarilla     | Gram -          | Bacilo                  |
| AMONIO                         | Sp 5        | X           |         |            |            |         |          | X           |          |             |           | X     | X            |      |         | Amarilla     | Gram -          | Bacilos largos          |
| AMONIO                         | Sp 6        |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       |              | X    |         | Café         | Gram -          | Bacilos                 |
| AMONIO                         | Sp 7        |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Amarilla     | Gram -          | Bacilos                 |
| AMONIO                         | Sp 8        | X           |         |            |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Ambar        | Gram -          | Bacilos largos          |
| AMONIO                         | Sp 9        |             | X       |            |            |         |          | X           |          |             | X         |       |              | X    |         | Ambar        | Gram -          | Bacilos cortos          |
| AGAR NUTRITIVO                 | Sp 10       |             | X       |            |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Blanco       | Gram -          | Bacilos                 |
| AGAR NUTRITIVO                 | Sp 11       |             | X       |            |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Blanco       | Gram -          | Bacilos                 |
| ASHBY                          | Sp 12       | X           |         |            |            |         |          |             | X        |             | X         |       | X            |      |         | Transparente | Gram -          | Cocos                   |
| ASHBY                          | Sp 13       | X           |         |            |            |         |          |             | X        |             | X         |       | X            |      |         | Transparente | Gram -          | Cocos                   |
| ASHBY                          | Sp 14       | X           |         |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Transparente | Gram -          | Cocos                   |
| ASHBY                          | Sp 15       | X           |         |            |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Transparente | Gram -          | Bacilos cortos          |
| NBRIP                          | Sp 16       |             |         | X          |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Café clara   | Gram -          | Bacilos                 |
| NBRIP                          | Sp 17       |             |         | X          |            |         |          | X           |          |             | X         |       | X            |      |         | Café clara   | Gram -          | Bacilos                 |
| PIKOVSKAYAS                    | Sp 18       |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Crema        | Gram +          | Bacilos largos          |
| PIKOVSKAYAS                    | Sp 19       |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Crema        | Gram +          | Bacilos largos          |
| PIKOVSKAYAS                    | Sp 20       |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Blanca       | Gram +          | Bacilos largos y cortos |
| PIKOVSKAYAS                    | Sp 21       |             | X       |            |            |         | X        |             |          |             | X         |       | X            |      |         | Blanca       | Gram +          | Bacilos largos y cortos |

**Tabla 12.** Aislamiento de microorganismos.

**Fuente:** Elaboración propia.

De igual forma, ocurre con el género *Pseudomonas sp*, previamente aislado, (**Tabla 11**), en donde el (Grupo Calidad de aguas, 2016), manifiesta que “*Las Pseudomonas sp son bacilos Gramnegativos*”, de manera que las dos cepas aisladas de este género (**Tabla 12**), dan garantía de los resultados en su aislamiento; también es importante destacar que estas bacterias favorecen el crecimiento vegetal por medio de su participación en el ciclaje de nutrientes como el carbono y principalmente el nitrógeno, conforme a lo mencionado por (Castro, 2015).

Por último, en el presente estudio se aislaron mediante el medio NBRIP (**Tabla 3**) y medio PIKOVSKAYAS (**Tabla 4**). A partir de los registros (**Tabla 12**), se observa que existe una similitud en su forma microscópica, en la formación de halos y una diferencia en los resultados de la tinción de Gram. Sin embargo, en estudios previos de (Corrales Ramírez et al., 2014), ellos mencionan que “*Las especies del género Bacillus sp demostraron capacidad solubilizadora de fosfatos, con diferentes tamaños de halo, en la prueba de siembra en botón en el medio Pikovskaya*”. Y en un estudio de (Beltrán-Pineda, 2014), en donde empleó el medio NBRIP, “*Se lograron seleccionar cepas con potencial pertenecientes a los géneros Enterobacter sp*”, de igual manera asegura que “*estos géneros bacterianos ya han sido reportados como solubilizadores de fosfato en estudios previos*”; estos estudios evidencia positiva frente a los resultados obtenidos.

### 7.3. Densidad de grupos funcionales

En la **figura 6** se observa la densidad poblacional del grupo funcional de microorganismos fijadores de nitrógeno dadas en UFC/g de suelo, dichos resultados son la sumatoria de UFC teniendo en cuenta 3 medios de cultivo, el A, B y Ashby. Según los resultados, las muestras de suelo con mayor densidad poblacional fueron las muestras de suelo con inoculante 3 y 4, con 3569 y 4516 UFC/g respectivamente. Así mismo, se evidencian las menores densidades poblacionales atribuidas a las muestras de suelo sin cobertura vegetal con 342 UFC/g y a la muestra con el inoculante 1 con 365 UFC/g.

**Figura 6.** Densidad de grupos funcionales analizados.



**Fuente:** Elaboración Propia

La mayor densidad poblacional de grupos funcionales dada en UFC/g para cada muestra de suelo sometida a una condición ambiental diferente (**Figura 6**), coincide con el resultado obtenido de la evaluación del efecto de los inoculantes 3 y 4, en donde se evidenciaron los mayores registros de plántulas, 9 y 12 respectivamente mencionados. De igual forma, porque el grupo funcional que predominó fueron las fijadoras de nitrógeno, correspondientes a los géneros *Nitrosomonas sp*, *Nitrobacter sp* y *Azotobacter sp*, las cuales hacían parte de la composición de los ya mencionados con anterioridad inoculantes microbianos.

Además, cabe resaltar que también contienen microorganismos solubilizadores de fosfatos, con posibles géneros como *Bacillus sp*, debido a que, fueron previamente aislados de las muestras originales del suelo para incluirlos en la formulación de los inoculantes y su posterior aplicación.

Los resultados obtenidos de la densidad de grupos funcionales se encuentran directamente relacionados con los resultados obtenidos en el apartado 7.5 sobre la prueba de los inoculantes, debido a que, los sustratos con mayor cantidad de individuos vegetales correspondieron a los sometidos a los inoculantes 3 y 4, los mismos sustratos con mayor cantidad de UFC.

#### 7.4. Inoculantes

Se obtuvieron cuatro (4) inoculantes microbianos a base de las cepas puras previamente aisladas de bacterias y hongos (**Tabla 13**), en donde se realizaron variaciones de los grupos funcionales en la composición de cada uno, esto con el fin de diversificar las características de los inoculantes, asimismo, para el inoculante denominado (4), se aumentó el número de cepas a comparación de los otros.

**Tabla 13.** Inoculantes microbianos formulados.

| INOCULANTE 1                            |   |       |                          |
|---|---|-------|--------------------------|
| GENEROS                                 | GRUPO FUNCIONAL                                 | ID    | MEDIO SELECTIVO          |
| <i>Pseudomonas sp</i>                   | Fijador De Nitrógeno Y Solubilizador De Fosforo | Sp11  | Medio Nutritivo          |
| <i>Nitrosomonas sp y Nitrobacter sp</i> | Nitrificante                                    | Sp4   | Caldo Amonio             |
| <i>Trichoderma sp</i>                   | -   | Hongo | Agar Papa Dextrosa (PDA) |

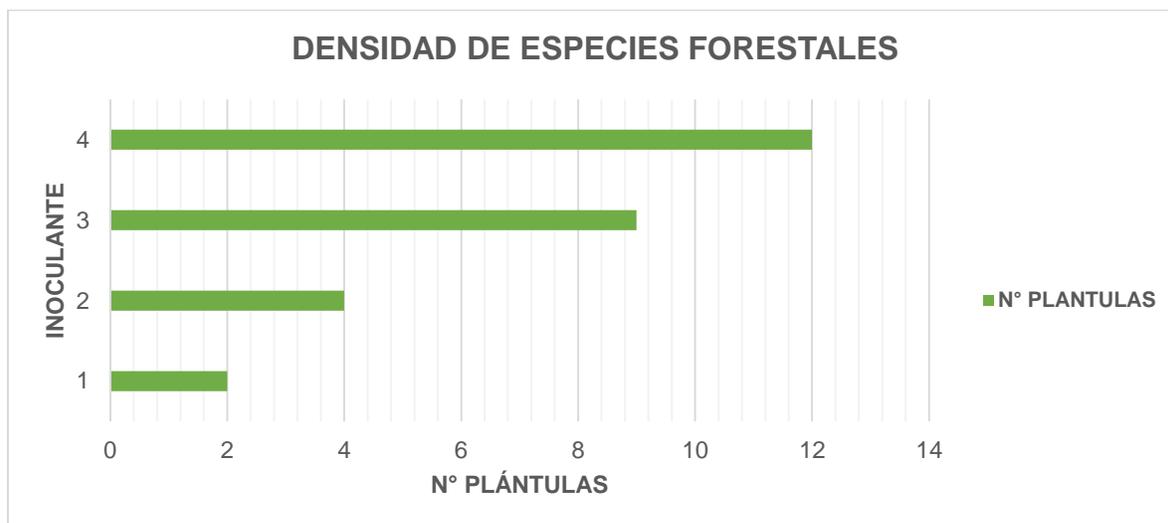
| INOCULANTE 2                            |   |         |                          |
|---|---|---------|--------------------------|
| GENEROS                                 | GRUPO FUNCIONAL                                 | ID      | MEDIO SELECTIVO          |
| <i>Pseudomonas sp</i>                   | Fijador De Nitrógeno Y Solubilizador De Fosforo | Sp11    | Medio Nutritivo          |
| <i>Nitrosomonas sp y Nitrobacter sp</i> | Nitrificante                                    | Sp2     | Caldo Amonio             |
| <i>Bacillus sp</i>                      | Solubilizador De Fosforo                        | Sp17    | NBRIP                    |
| INOCULANTE 3                            |   |         |                          |
| GENEROS                                 | GRUPO FUNCIONAL                                 | ID      | MEDIO SELECTIVO          |
| <i>Azotobacter sp</i>                   | Fijador De Nitrógeno                            | Sp16    | Ashby                    |
| <i>Bacillus sp</i>                      | Solubilizador De Fosforo                        | Sp18-19 | Pikovskayas Agar         |
| <i>Aspergillus sp</i>                   | -   | Hongo   | Agar Papa Dextrosa (PDA) |
| INOCULANTE 4                            |   |         |                          |
| GENEROS                                 | GRUPO FUNCIONAL                                 | ID      | MEDIO SELECTIVO          |
| <i>Trichoderma sp</i>                   | -   | Hongo   | Agar Papa Dextrosa (PDA) |
| <i>Nitrosomonas sp y Nitrobacter sp</i> | Nitrificante                                    | Sp1     | Caldo Amonio             |
| <i>Nitrosomonas sp y Nitrobacter sp</i> | Nitrificante                                    | Sp8     | Caldo Amonio             |
| <i>Bacillus sp</i>                      | Solubilizador De Fosforo                        | Sp17    | NBRIP                    |

Fuente: Elaboración propia.

## 7.5. Prueba de inoculantes Microbianos

La evaluación del efecto de los cuatro (4) inoculantes se determinó por medio de la respuesta de crecimiento de las especies forestales germinadas, teniendo como atenuante la siembra de Ondequera (*Casearia corymbosa*) y “Guayacán Negro” (*Libidibia paraguariensis*). Como resultado se obtuvo un total de 27 plántulas, distribuidas en los 3 germinadores, donde el germinador con mayor cantidad de plántulas fue el denominado grupo B, con 21 ejemplares, asimismo, se tuvo en cuenta la densidad de plántulas distribuida para cada inoculante (**ver figura 7**) en los diferentes grupos (**Figura 3**), esto con el fin de establecer la eficiencia de estos.

**Figura 7.** Crecimiento de especies forestales por cada inoculante microbiano.



**Fuente:** Elaboración propia.

A partir del análisis de los efectos de cada inoculante con respecto a la densidad poblacional de especies forestales, se establecen los inoculantes 3 y 4 como los que presentan un efecto positivo en el crecimiento de plántulas, con 9 y 12 plántulas respectivamente (**Tabla 14**).

En términos de desarrollo vegetal, en el crecimiento longitudinal de los tallos en las especies forestales de cada uno, el inoculante 1 registro los valores más altos, con una media de 15,25 cm, seguido de los inoculantes 3 y 4, que comparten una media 11 cm, y por último el inoculante 2 con una media de 9,4 cm. No obstante, este dato del inoculante 1 se puede ver insuficiente debido que la densidad poblacional de este inoculante fue la más baja de todos los inoculantes.

También, es importante destacar que en número de hojas se alcanzó un valor máximo de 32, correspondiente a una plántula del inoculante 4, y un mínimo de 5, este de una especie forestal del inoculante 3; asimismo, en correlación a la variante de numero de hojas, se observó un promedio de 5 entrenudos por cada especie forestal.

De igual forma, se halló el porcentaje de germinación, donde los inoculantes con mayor estimulación para la germinación de semillas fueron el inoculante 4 con 100% y el inoculante 3 con 75%, de igual forma, se establece el inoculante con menor capacidad de germinación con le

inoculante 1 con 33%, dichos porcentajes se relacionan con el resultado de la densidad poblacional de las plántulas evaluadas por cada inoculante (**Tabla 14**).

**Tabla 14.** Desarrollo vegetal de las *Spp* forestales por inoculante.

| Inoculante | Número de Plántulas | Porcentaje de Germinación | Características Morfológicas |               |          |                        |
|------------|---------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|----------|------------------------|
|            |                     |                           | Plántula                     | N° Entrenudos | N° Hojas | Longitud de tallo (cm) |
| 1-PNNT     | 2                   | 33%                       | P1                           | 8             | 10       | 15,5                   |
|            |                     |                           | P2                           | 7             | 11       | 15                     |
| Inoculante | Número de Plántulas | Porcentaje de Germinación | Características Morfológicas |               |          |                        |
|            |                     |                           | Plántula                     | N° Entrenudos | N° Hojas | Longitud de tallo (cm) |
| 2-PNNE     | 4                   | 50%                       | P1                           | 7             | 9        | 11,5                   |
|            |                     |                           | P2                           | 7             | 8        | 12,5                   |
|            |                     |                           | P3                           | 5             | 11       | 8                      |
|            |                     |                           | P4                           | 5             | 11       | 5,7                    |
| Inoculante | Número de Plántulas | Porcentaje de Germinación | Características Morfológicas |               |          |                        |
|            |                     |                           | Plántula                     | N° Entrenudos | N° Hojas | Longitud de tallo (cm) |
| 3-ABA      | 9                   | 75%                       | P1                           | 2             | 5        | 1                      |
|            |                     |                           | P2                           | 5             | 7        | 5,5                    |
|            |                     |                           | P3                           | 3             | 7        | 16,5                   |
|            |                     |                           | P4                           | 5             | 7        | 15                     |
|            |                     |                           | P5                           | 7             | 10       | 22,3                   |
|            |                     |                           | P6                           | 5             | 13       | 11,8                   |
|            |                     |                           | P7                           | 4             | 7        | 4,7                    |
|            |                     |                           | P8                           | 3             | 11       | 11,6                   |
|            |                     |                           | P9                           | 7             | 13       | 11,2                   |
| Inoculante | Número de Plántulas | Porcentaje de Germinación | Características Morfológicas |               |          |                        |
|            |                     |                           | Plántula                     | N° Entrenudos | N° Hojas | Longitud de tallo (cm) |
| 4-TNNNE    | 12                  | 100%                      | P1                           | 7             | 12       | 17,4                   |
|            |                     |                           | P2                           | 4             | 7        | 6,2                    |
|            |                     |                           | P3                           | 4             | 12       | 11,4                   |
|            |                     |                           | P4                           | 5             | 14       | 12,8                   |
|            |                     |                           | P5                           | 3             | 6        | 5,6                    |
|            |                     |                           | P6                           | 6             | 9        | 11,2                   |
|            |                     |                           | P7                           | 4             | 7        | 11                     |
|            |                     |                           | P8                           | 10            | 15       | 16,8                   |
|            |                     |                           | P9                           | 10            | 14       | 12,5                   |
|            |                     |                           | P10                          | 7             | 32       | 23,3                   |
|            |                     |                           | P11                          | 2             | 7        | 5                      |
|            |                     |                           | P12                          | 3             | 10       | 5,4                    |

**Fuente:** Elaboración propia.

El efecto del inoculante 4 sobre la densidad poblacional y características de las plántulas, se asoció a la composición de este, debido a que cuenta con mayor número de plántulas frente al resto de inoculantes, 2 de estas corresponden a microorganismos de género *Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*, lo que permitió la solubilización y absorción rápida de nutrientes, como el nitrógeno, elemento clave para el crecimiento de plantas. Que, en efecto, Calvo (2011) menciona que “*cepas del género Nitrosomonas sp y Nitrobacter sp, benefician la generación de entrenudos y así mismo el aumento de la cobertura foliar, donde se evidencia positivamente los niveles de nitrógeno, por medio, del color de las plántulas*”.

Con respecto al inoculante 3, este también presentó una respuesta positiva frente a la densidad poblacional de plántulas, se atribuye este efecto a la sinergia entre bacterias del género *Bacillus sp*, las cuales poseen características promotoras de germinación y crecimiento, según Rojas, et al., (2020), y del género *Azotobacter sp* que también son consideradas como promotoras del crecimiento vegetal y de la producción de fitohormonas, sustancias que contribuyen en la germinación y buen desarrollo de plántulas (Rodríguez, et al., 2016).

A pesar de, que ambos inoculantes tuvieron respuesta positiva al crecimiento vegetal, se asume que su diferencia en la densidad poblacional se le atribuye a la cantidad de cepas que contiene cada inoculante, debido a que el inoculante 4 cuenta con 5 cepas y el inoculante 3 con solo 3 cepas de microorganismos, de modo que, al haber más cantidad de microorganismos el trabajo sinérgico es mayor. Teniendo en cuenta el trabajo sinérgico microbiano, los hongos también tuvieron un papel importante en la germinación de plántulas sometidas a ambos inoculantes, debido a que géneros como *Thricoderma sp* y *Aspegillus sp*, promueven también la capacidad de crecimiento, aumentando la disponibilidad y absorción de nutrientes (Hoyos, 2015).

En cuanto a la respuesta de crecimiento frente a los inoculantes 1 y 2, se tienen los registros más bajos, a pesar de contar con la misma cantidad de microorganismos que el inoculante 3, esta variación en su eficiencia se induce a que las cepas de nitrificantes no fueron

las mismas utilizadas para los inoculantes 3 y 4; además que, la combinación del género *Pseudomonas* con los otros posibles géneros no fue tan óptima como la de los demás inoculantes, lo cual pudo haber limitado el crecimiento vegetal, adicionalmente, se debe considerar un factor importante dentro del estudio, que es el número de aspersiones aplicadas según cada grupo.

Los mejores resultados basados en las aspersiones se evidencian el grupo B, en donde se realizaron aspersiones de manera periódica cada 7 días, siendo esta una dosis óptima para el mejoramiento de las condiciones del suelo que garanticen un crecimiento vegetal, en cambio, el grupo A sometido a aspersiones cada 15 días y el grupo C a cada 4 días, no presentaron la mejor respuesta de crecimiento, evidenciando que una dosis quincenal puede ser un tiempo prolongado y un tiempo de 4 días puede generar una saturación del suelo frente a los microorganismos.

## 8. CONCLUSIONES

- Se evidencio la **correlación entre los parámetros** fisicoquímicos que proporciono condiciones óptimas para el desarrollo microbiológico y vegetal en la prueba de inoculantes, parámetros como **la humedad** , fueron superior al **90% en las diferentes condiciones ambientales**, en términos de **textura** se establecieron los suelos estudiados como **franco arenosos**, en cuanto al **pH** se sitúa en el rango óptimo (entre 6.0 y 7.5) para la mayoría de microorganismos, a su vez, el **pH se relaciona con lo dado en la acidez intercambiable**, finalmente, la **Ce** tiende a disminuir a medida que el suelo presenta cobertura vegetal.
- Se aislaron 21 cepas bacterianas, **17 Gram negativas (-)**, y 4 Gram positivas (+). El **85%** presentan principalmente **forma de bacilos**, que **ocupan el mayor porcentaje de la rizosfera en el suelo**.

- La **densidad de grupos funcionales fue mayor para especies fijadoras de nitrógeno (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Azotobacter*)** en los suelos inoculados 3 y 4 con concentraciones de 3569 y 4516 UFC/g respectivamente.
- **Los inoculantes microbianos** tuvieron un **efecto positivo** en el desarrollo vegetal, se destaca el **4 (4-TNNNE)**, donde se presentan **plántulas con mayor cantidad de entrenudos, longitud de tallo y número de hojas**, esto se puede atribuir a la composición del inoculantes que tenían cepas del género *Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*, lo que permitió la solubilización y absorción rápida de nutrientes, así como “*la generación de entrenudos y así mismo el aumento de la cobertura foliar*” según Calvo (2011).
- El uso de **inoculantes microbianos en conjunto con tratamientos de germinación**, suponen una **alternativa** sostenible para **recuperar suelos** en ecosistemas degradados antrópica o naturalmente, debido a que, contribuyen a la fijación de nutrientes y estimulan el crecimiento vegetal.

## 9. RECOMENDACIONES

- ✓ Incrementar el número de muestras en cada punto de muestreo, así como aumentar las réplicas dentro del diseño experimental para dar mayor validez a los resultados obtenidos.
- ✓ Caracterizar fisicoquímicamente el suelo pre y post tratamiento.
- ✓ Caracterizar las cepas bacterianas a través del uso de pruebas bioquímicas.
- ✓ Incrementar el número de especies forestales nativas del BsT y tener en cuenta dos periodos climáticos para la selección y evaluación.
- ✓ Tratamiento previo para la semillas usadas en procesos de restauración.
- ✓ Evaluar mayor cantidad de grupos funcionales microbianos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anzuay, M. S., Angelini, J. G., & Taurian, T. (2017). Efecto de inoculantes biológicos sobre la comunidad bacteriana rizosférica y el crecimiento de plantas de maní y maíz. *Agrotecnia*, 25(25), 34. <https://doi.org/10.30972/agr.0252463>
- Avellaneda-Torres, L. (2014). Caracterización de comunidades microbianas asociadas a prácticas agrícolas y usos del suelo de la vereda El Bosque - Parque Nacional Natural de los Nevados. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. <https://repositorio.unal.edu.co>
- Barquero, L., Murillo Roos, M., Uribe Lorío, L., & Mata Chinchilla, R. (2015). Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña (mm) y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3), 21–36. <https://doi.org/10.15517/rac.v39i3.21787>
- Barrera Beltran, L. C., & Charry Uribe, N. (2008). PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN INOCULANTE MICROBIANO CON CAPACIDAD AMINOLATICA A PARTIR DE UN PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE LECHUGA. 5–26.
- Barrios, L., & Gómez, D. (2017). DETERMINACIÓN DE RIESGOS E INCIDENTES NATURALES Y ANTRÓPICOS EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA DURANTE EL PERIODO 2012-2016.

- Beltrán-Pineda, M. (2014). BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO CON POTENCIAL BIOFERTILIZANTE EN SUELOS CULTIVADOS CON PAPA. Universidad de Boyaca. [http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22\(2\)\\_2.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia22(2)_2.pdf)
- Beltrán Pineda, M.E., Rocha Gil, Z.E., Bernal Figueroa, A.A. & Pita Morales, L.A. (2017). Microorganismos funcionales en suelos con y sin revegetalización en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá. Colombia Forestal, 20(2), 158-170.
- Belén, M., Nieves, T., Lafuente Álvarez, F., Heras Pérez, L., Carcelén, O. L., Mulas Fernández Y César, R., & Cantera, R. (2008). Recuperación de un suelo forestal quemado mediante la aplicación de compost de residuos sólidos urbanos. Estudio de la mineralización de la materia orgánica. Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales, 424(25), 419–424. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4251347.pdf>
- Bolívar Anillo, H. J., & Díaz Pérez, A. (2017). Biofertilizantes en Colombia. Productos de Confitería Nutracéutica, 179–222. <https://doi.org/10.17081/bonga.2204.c6>
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias Agrícolas, 33(2), 117. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Calvo, S. (2011). Bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno. Universidad de Salamanca. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3761553.pdf>
- Calvo, P., Reymundo, L., & Zúñiga, D. (2008). ESTUDIO DE LAS POBLACIONES MICROBIANAS DE LA RIZÓSFERA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN ZONAS ALTOANDINAS. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a17v7n1-2.pdf>
- Camargo-García, J. C., Dossman, M. Á., Rodríguez, J. A., Arias, L. M., & Galvis-Quintero, J. H. (2012). Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el parque nacional natural de Los Nevados, Colombia. Acta Agronomica, 61(2), 151–165.
- Cataño, N., Franco, L., & Montoya, M. (2017). PRELIMINARES PARA LA EVALUACIÓN DE METODOS DE AISLAMIENTO. UNIVERSIDAD LIBRE. <https://repository.unilibre.edu.co>

- Castro Barquero, Leida, & Murillo Roos, Mariana, & Uribe Lorío, Lidieth, & Mata Chinchilla, Rafael (2015). INOCULACIÓN AL SUELO CON *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* Y MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) Y SU EFECTO SOBRE UN SISTEMA DE ROTACIÓN SOYA-TOMATE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO. *Agronomía Costarricense*, 39(3),21-36. [fecha de Consulta 23 de noviembre de 2021]. ISSN: 0377-9424. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43642604002>
- Ceballos, N., Restrepo, G. Sánchez, O. & Valenzuela, K. (2015). Importancia de los inoculantes biológicos en la agricultura. Grupo de Investigaciones Biológicas - GIBI (Universidad Católica de Manizales) · Grupo de Investigación en Alimentos y Agroindustria (Universidad de Caldas) · Grupo de Investigación y Desarrollo Producción Agropecuaria -GIPPA- (Universidad de Caldas). ISBN 978-958-8022-55-0.
- Creus, C. M. (2017). Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(3), 207–209. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.07.001>
- Corrales Ramírez, L., Sánchez Leal, L., Arévalo Galvez, Y., & Moreno Burbano, V. (2014). *Bacillus*: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v12n22/v12n22a06.pdf>
- Decreto 2811 de 1974. [Con fuerza de ley]. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. 18 de diciembre de 1974.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>
- Estefanía, M., & Reyes, Z. (2020). Restauración Ecológica a Suelos Impactados Por Incendios Forestales Ecológica. 1–28.
- Espinosa, J., & Molina, E. (1999). Acidez y encalado de suelos. International Plant Nutrition Institute. <http://www.cia.ucr.ac>.
- Fernández-Méndez, F., Velasco-Salcedo, V. M., Guerrero-Contecha, J., Galvis, M., & Neri, A. V. (2016). Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca

Tintales (Boyacá, Colombia). Colombia Forestal, 19(2), 143–160.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a02>

- Flórez, Carolina & Rodríguez, Raul. (2014). Azotobacter: una bacteria con potencial como biofertilizante eco-amigable. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/274638111\\_Azotobacter\\_una\\_bacteria\\_con\\_potencial\\_como\\_biofertilizante\\_eco-amigable](https://www.researchgate.net/publication/274638111_Azotobacter_una_bacteria_con_potencial_como_biofertilizante_eco-amigable)
- Franco, A. D., Quintero, V. P., García, N. M., Hernández, C. J., & Cano, I. G. (2008). Impacto de inoculantes microbianos en sorgo cultivado bajo déficit de humedad en el suelo. December.
- Galindo, T., Polanía, J., & Sánchez, J. (2006). EFECTO DE INOCULANTES MICROBIANOS SOBRE LA PROMOCION DE CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE MANGLE Y PLANTAS DE Citrullus vulgaris SAN ANDRES ISLA, COLOMBIA. Acta Biológica Colombiana, 11(1), 83–97.
- García, J. & Luna, J. (2018). Grupos funcionales microbianos en suelos contaminados con toxafeno en el departamento del Cesar, Colombia. *Revista Luna Azul*, 47, 98-113 DOI: 10.17151/luaz.2019.47.6.  
<http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php/component/content/article?id=298>
- Grupo Calidad de aguas. (2016). Aislamiento e identificación de Pseudomonas sp. y Aeromonas sp. en aguas de piscinas públicas de Bogotá – Colombia. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00025.pdf>
- Grandett, L., Reza, S., Jaraba, J. & Pardo, Y. (2015). Efecto de la actividad microbiana sobre la nitrificación en suelos cultivados con Brachiaria humidicola (Rendle) Schweicerdt en Cereté, Córdoba. TEMAS AGRARIOS - Vol. 20.
- Gallego, H., Toro, E., & Rojas, R. (2013). Estado del arte: Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 119–125.  
<https://doi.org/10.4067/s0718-50732020000200119>
- Gallego, H., Toro, E., & Rojas, R. (2020). Estado del arte: *Revista Ingeniería de Construcción*, 35(2), 119–125. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732020000200119>

- Gómez, D., & Barrios, L. (2017). DETERMINACIÓN DE RIESGOS E INCIDENTES NATURALES Y ANTRÓPICOS EN EL MUNICIPIO DE GIRARDOT CUNDINAMARCA DURANTE EL PERIODO 2012-2016.
- González, U. P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile, 1–8.
- Hernández, D. (2019). RESPUESTA DE PLANTAS NATIVAS A LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS AISLADAS EN EL PÁRAMO DE RABANAL. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia facultad de ciencias escuela de ciencias biológicas-posgrado maestría en ciencias biológicas.2–3.
- Humboldt, I. A. von. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia.
- HiMedia Laboratories. (2015). Pikovskayas Agar. technical Data. <https://himedialabs.com/TD/M520.pdf>
- Lavalle Pérez, L., Bolívar Anillo, H. J., & Díaz Pérez, A. (2017). Biofertilizantes en Colombia. Productos de Confitería Nutracéutica, 179–222. <https://doi.org/10.17081/bonga.2204.c6>
- MADS. (2000). Plan nacional de desarrollo forestal, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial, 63. <http://www.upra.gov.co/documentos/Plan Nacional de Desarrollo Forestal 2000.pdf>
- MADS. (2016). Gestión Sostenible del Suelo.
- Másmela-Mendoza, J.E.; Lizarazo-Forero, L.M.; Aranguren Riaño, N.J. 2019. Bacterias nitrificantes cultivables de la zona limnética del lago de Tota, Boyacá. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.22 (2): e1378. <http://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1378>
- Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2013). Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica. Cuaderno Activa, 59–67.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Plan Nacional de Restauración. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN\\_NACIONAL\\_DE\\_RESTAURACIÓN\\_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACIÓN_2.pdf)

- Mondragón, M., Melo, A., & Gelvez, K. (2013). Causas de los incendios forestales en la región caribe, andina y orinoquía de Colombia. 1.
- NEGRETE PEÑATA, J., & ESQUIVEL AVILA, L. (2010). AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CEPAS NATIVAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATO EN ZONA RURAL DE MONTERÍA CÓRDOBA. Grupo de BIOTECNOLOGÍA. <https://repositorio.unicordoba.edu.co>
- 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.
- Pérez-Pazos, J., & Sánchez-Lopez, D. (2017). Caracterización y efecto de Azotobacter, Azospirillum y Pseudomonas asociadas a Ipomoea Batatas del Caribe Colombiano. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XIX No. 2. <http://www.scielo.org.co>
- Pizano, Camila, & Cardenas, J. (2019). Efecto de temperaturas que simulan incendios sobre la germinación de semillas de un bosque seco tropical. June. <https://doi.org/10.14483/2256201X.14702>
- Pizano, C y H. García (Editores). 2014.El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt (IAVH). Bogotá, D.C, Colombia
- Ramos Vásquez, E., & Zúñiga Dávila, D. (2008). EFECTO DE LA HUMEDAD, TEMPERATURA Y PH DEL SUELO EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA A NIVEL DE LABORATORIO. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a15v7n1-2.pdf>
- Resolución 170 de 2009. [Con fuerza de ley]. Por la cual se declara en Colombia el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos y se adoptan medidas para la conservación y protección de los suelos en el territorio nacional. 04 de marzo de 2009. Diario Oficial No. 47.281.
- Rives, N., Acebo, Y., & Hernández, A. (2007). BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.). PERSPECTIVAS DE SU USO EN CUBA. Cultivos Tropicales, 28(2), 29–38.

- Rojas, M., Bello, M., Rios, Y., Lugo, D. & Rodriguez, J. (2020). Utilización de cepas de Bacillus como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. Universidad Nacional de Colombia. doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606>
- Ruiz, O., & Muñoz, I. (2018). Estudio básico de amenaza por incendios forestales en el área rural del municipio de Nilo, Cundinamarca.
- Ruiz, S., Sanchez, R., Zelaya, L., Chavez, I., Cruz, C., & Valdivia, R. (2015). Germinación y vigor de semillas de especies hortícolas inoculadas con biofertilizantes y soluciones salinas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 12 número 7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8174703.pdf>
- Rodríguez Sánchez, Janet, Ríos Rocafull, Yoania, & Baró Robaina, Yamilé. (2016). Efectividad de cepas de Azotobacter sp. y Bacillus sp. para el control de especies fúngicas asociadas a hortalizas. *Cultivos Tropicales*, 37(Supl. 1), 13-19. Recuperado en 27 de abril de 2022, [http://scielo.sld.cu/scielo.php?Rivesscript=sci\\_arttext&pid=S0258-59362016000500002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?Rivesscript=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500002&lng=es&tlng=es).
- Rodríguez, V. (2019). *ESTRATO ANTAGÓNICO Y BIOCONTROLADOR DE ALGUNOS MICROORGANISMOS SAPROFITICOS CONTRA RHIZOCTONIA SOLANI UN FITOPATOGENO CAUSANTE DEL (DAMPING OFF) EN PLANTAS DE TOMATE*. TESIS DIGITALES. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/Rodriguez\\_LV/Introduc.PDF](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Salud/Rodriguez_LV/Introduc.PDF)
- Sánchez-Lopez, D., Pérez-Pazos, J., Luna-Castellanos, L., García-Peña, J., & Espitia-Montes, A. (2020). Inoculantes microbianos incorporados al cultivo de Ipomoea batatas L. en el Valle del Sinú. Revista Colombiana de Biotecnología. <https://www.researchgate.net>
- Tim Schauenberg. (2020). Incendios forestales: el cambio climático y la deforestación aumentan el riesgo global. Deutsche Welle. <https://www.dw.com>
- USDA. (1999). GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y SALUD DEL SUELO. Recuperado de: [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs143\\_019252.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_019252.pdf)
- UNGRD. (2016). FENÓMENO EL NIÑO Análisis Comparativo 1997 -1998 // 2014 -2016. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. ISBN: 978-958-56017-0-3.

- Vallejo, L. E. (2019). El plan nacional de desarrollo 2018-2022: "Pacto por Colombia, pacto por la equidad." Apuntes Del Cenes. <https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.9924>
- Valderrama Aguirre, L. (2013). Evaluación de cepas nativas de Azotobacter spp como agente reductor de urea en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp). UNIVALLE. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co>
- 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.
- Vargas, J. (2007). ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN LA RECUPERACIÓN DE UN SUELO AFECTADO POR INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE NEMOCÓN, CUNDINAMARCA., 3(September).
- Velasco Sánchez, Á., Delgado García, A., & Moreno Lora, A. (2017). Efecto de inoculaciones microbianas en la acumulación de Zn, P y otros micronutrientes.
- World Wildlife Fund. (2020). En 2020, los incendios forestales podrían ser peores que en 2019 para Sudamérica y el mundo. worldwildlife. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/en-2020-los-incendios-forestales-podrian-ser-peores-que-en-2019-para-sudamerica-y-el-mundo>
- Zafra, C. A. , & Romero, M. P. , & Santamaría, D. M. (2009). BIOINGENIERÍA Y SUELO: ABUNDANCIA MICROBIOLÓGICA, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA BAJO TRES ESTRATOS DE EROSIÓN. Umbral Científico, (15),67-74. [fecha de Consulta 9 de junio de 2022]. ISSN: 1692-3375. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30415144008>

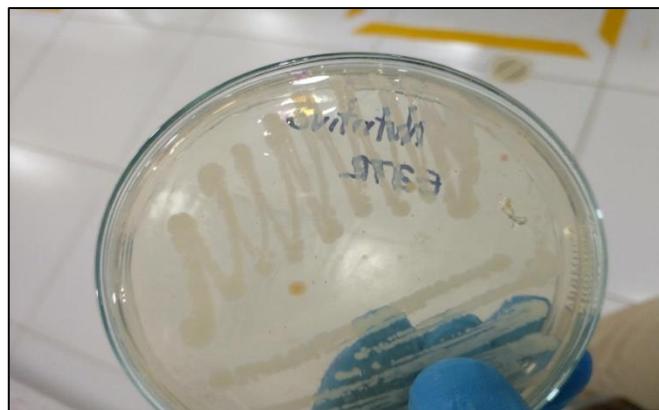
## ANEXOS

### Anexo 1. Aislamiento de hongos.



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 2. Aislamiento de microorganismos (Cepas puras).



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3.** Formato de revisión macroscópica y microscopia en el aislamiento de microorganismos (Cepas puras)

|                                |             |             |  |
|--------------------------------|-------------|-------------|--|
| <b>NOMBRE:</b>                 |             |             |  |
| <b>MORFOLOGÍA MACROSCÓPICA</b> |             |             |  |
| ELEVACIÓN                      | ELEVADA     | PLANA       |  |
|                                |             | CONVEXA     |  |
|                                | NO ELEVADA  | UMBILICADA  |  |
|                                |             | MAMELONADA  |  |
| BORDE                          | REGULAR     | PAPILAR     |  |
|                                |             | CONTINUO    |  |
|                                | DISCONTINUO | DENTADO     |  |
|                                |             | LOBULADO    |  |
| ASPECTO                        |             | FILAMENTOSO |  |
| CONSISTENCIA                   |             | BRILLANTE   |  |
|                                |             | OPACO       |  |
|                                |             | BLANDA      |  |
| PIGMENTO                       |             | DURA        |  |
|                                |             | MUCOIDE     |  |
| <b>MORFOLOGIA MICROSCOPICA</b> |             |             |  |
| TINCIÓN                        |             |             |  |
| FORMA                          |             |             |  |
| AGRUPACIÓN                     |             |             |  |
| <b>OBSERVACIONES:</b>          |             |             |  |

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 4.** Preparación de inoculantes, 180 rpm durante 24 horas.



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 5.** Formato de seguimiento a la prueba in vitro de inoculantes.

| CRONOGRAMA-LABORATORIO |           |             |       |
|------------------------|-----------|-------------|-------|
| FECHA                  | ACTIVIDAD | OBSERVACIÓN | GRUPO |
|                        |           |             |       |
|                        |           |             |       |
|                        |           |             |       |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 6.** Prueba de inoculantes microbianos.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 7.** Inoculantes microbianos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 8.** Contador de UFC.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 9.** Conductímetro.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 10.** pH metro



**Fuente:** Elaboración propia.

**Anexo 11.** *Fórmula para el cálculo de la acidez intercambiable.*

$$\begin{aligned} Ac. Int = & V_1(\text{mL}) \times N \left( NaOH \frac{\text{meq}}{\text{mL}} \right) \times \left( \frac{\text{Vol. final extracto (mL)}}{\text{Vol alícuota (mL)}} \right) \\ & \times \left( \frac{1000 \text{ g}}{\text{peso muestra (g)}} \right) \times 10 \end{aligned}$$

**Fuente:** Elaboración propia.