

## I. INFORMACIÓN BÁSICA

País/Región:	Regional
Nombre de la CT:	Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nitroso
Número de CT:	RG-T3839
Jefe de Equipo:	Juan Manuel Murguía (CSD/RND), Eugenia Saini (FONTAGRO), Katerine Orbe Vergara (FONTAGRO), Alexandra Manunga Rivera (FONTAGRO), María Sofía Greco (LEG/SGO) Marlene Zoraida Arguello (VPC/FMP).
Tipo de Cooperación Técnica:	Apoyo al cliente
Fecha de Autorización de CT:	Acta de la XXIV Reunión Anual del Consejo Directivo de FONTA 30 de octubre de 2020. Tema 4.
Beneficiarios:	Colombia (UIS) y Ecuador (UTM). Un detalle de las instituciones se presenta en el Anexo I.
Agencia Ejecutora y nombre de contacto	IICA
Donantes que proveerán financiamiento:	FONTAGRO
Financiamiento Solicitado (en US\$):	199.899
Contrapartida Local (en US\$):	436.735 (en especie)
Financiamiento Total (en US\$)	636.634
Período de Ejecución (meses):	42
Período de Desembolso (meses):	48
Fecha de Inicio requerido:	Agosto 2021
Tipos de consultores:	Firmas o consultores individuales
Unidad de Preparación:	FONTAGRO
Unidad Responsable de Desembolso:	CSD/RND/FONTAGRO
CT incluida en la Estrategia de País (s/n):	N/A
CT incluida en CPD (s/n):	N/A
Sector Prioritario GCI-9:	Instituciones para el crecimiento, integración regional competitiva, protección del medio ambiente, respuesta al cambio climático, seguridad alimentaria.
PMP 2020-2025	Estrategia 1: Fincas en red, resilientes y sostenibles. Estrategia 2: Sistemas Productivos, agroecosistemas y territorios sostenibles. Estrategia 3: Alimentos, nutrición y salud.
Otros comentarios:	Se solicita la elaboración de un convenio de cooperación técnica. Fecha de aprobación: 30 de octubre de 2020. Acta de la XXIV Reunión Anual del Consejo Directivo (CD) de FONTAGRO.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA COOPERACIÓN TÉCNICA

- 2.1 La alianza entre Colombia y Ecuador permite formalizar y fortalecer la red de cooperación entre países miembros de FONTAGRO. Este proyecto realizará investigación en nanotecnología aplicada a la agro producción sostenible, partiendo de síntesis de nano fertilizantes. Bajo este esquema sostenible se impacta positivamente el entorno ambiental, mitigando emisiones de GEI edáfico responsables directos del cambio climático. Se estandarizarán metodologías que incrementen los rendimientos productivos con menor costo por nutrición mineral, mayor eficiencia y rentabilidad. Se espera también obtener reducciones importantes de la contaminación del suelo por lixiviación de nutrientes y alteraciones de la comunidad microbiana. Globalmente, se propone establecer un sistema de agricultura intensiva en conocimientos, enfatizando productividad y sostenibilidad, donde la innovación ocupe un papel central.
- 2.2 Actualmente, en la Universidad Industrial de Santander (UIS) se está ejecutando la primera etapa del proyecto mediante la investigación titulada “Nanofertilizantes en la producción intensiva de forrajes bajo invernadero”. Por su parte la Universidad Técnica de Manabí (UTM), tiene en sus 12 proyectos de investigación ya ejecutados, la experiencia necesaria para enfrentar estos tipos de convocatorias. La UTM se encargará de realizar las mediciones del NDVI de los cultivos experimentales en invernadero con el sensor portátil GrenSeker, los vuelos fotogramétricos en condiciones experimentales de campo y los cálculos de índices espectrales sobre los cultivos experimentales; y Ezequiel Zamora realizará los análisis de fitotoxicidad de los 3 nanofertilizantes, los análisis de suelo y las mediciones de las tasas de emisión de gases de efecto invernadero en Ecuador.
- 2.3 Se sintetizarán nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita, por medio de molienda mecánica. Las nanopartículas se caracterizarán mediante Difracción de Rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido, Microscopía de Fuerza Atómica y Espectroscopia Foelectrónica de Rayos X, para determinar el impacto del tamaño de la partícula en su interacción con el suelo. Toda la fase de síntesis y caracterización se realizará en la UIS (Colombia).
- 2.4 En la UTM (Ecuador) se realizarán bioensayos eco toxicológicos en condiciones controladas empleando diferentes formulaciones y dosis de nanofertilizantes. En la UIS sede Málaga, se desarrollarán ensayos bajo invernadero para cuantificar el efecto de los nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes. Se determinarán también las características físicas, químicas y biológicas del suelo, producción de biomasa, respuesta espectral de los cultivos y las emisiones de óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esta información será escalada y validada en los campos experimentales de la UTM y de la UIS sede Málaga, mediante ensayos de campo en cultivos de maíz.
- 2.5 Se establecerán 48 parcelas experimentales y demostrativas en 6 predios de agricultores organizados. Se seleccionarán tres predios en el Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, Ecuador y tres en el Departamento de Santander, Colombia. Las parcelas se instalarán en predios de los productores de la Sociedad de Agricultores de Santander (Colombia) y Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue (Ecuador). Estas asociaciones reconocidas por su liderazgo en las comunidades podrían constituirse en centros de validación, capacitación y socialización de las tecnologías.
- 2.6 A partir de los resultados que se obtengan en el proceso de escalamiento (laboratorio, invernadero y campo), se determinará cual o cuales serían las formulaciones y dosis de nanofertilizantes más eficientes. Finalmente, se propone establecer un esquema de producción y comercialización de nanofertilizantes, con acompañamiento técnico, a través de la creación de un spin off. Esta iniciativa permitirá apoyar a productores agrícolas con nuevas tecnologías y metodologías de producción.

### III. ABSTRACT

La baja eficiencia en el uso de nutrientes para la fertilización ha conllevado a la degradación de los suelos, lixiviación de nutrientes, contaminación de las aguas, altas emisiones de gases de efecto invernadero y deficientes modelos productivos. En consecuencia, los nanofertilizantes se presentan como una de las alternativas de mayor potencial. Por tanto, en este proyecto se sintetizarán y caracterizarán formulaciones de nanofertilizantes a base de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita. Se realizarán pruebas de fitotoxicidad aguda con organismos indicadores terrestres (*Lactuca sativa*) para verificar el riesgo ambiental. Se cuantificará el efecto de la aplicación de nanofertilizantes en la eficiencia de fertilización, uso de nutrientes, características físicas, químicas y biológicas del suelo, producción de biomasa, respuesta espectral de los cultivos y evaluación de las emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono. Para ello, se desarrollarán experimentos paralelos (Colombia y Ecuador) en condiciones de invernadero y de campo. Los ensayos bajo invernadero se efectuarán utilizando cultivos de *Lolium perenne* establecidos en bandejas experimentales de 0.25 m<sup>2</sup> con 50 kg de un suelo Inceptisol. Los ensayos en campo se desarrollarán utilizando cultivos de maíz en 48 parcelas experimentales. Se creará un modelo empresarial de un *spin off*, para promover el acceso a los nanofertilizantes para los productores y el acompañamiento tecnológico en los modelos de fertilización. Al finalizar el proyecto se generarán documentos que evidencien: a) la factibilidad de las diferentes metodologías de síntesis para formular nanofertilizantes con superficies activas y estables, b) el establecimiento de un ranking de riesgo ambiental de los nanofertilizantes sobre organismos terrestres, c) el establecimiento de metodologías de uso de los nanofertilizantes que incrementen la eficiencia en el uso de nutrientes y producciones de biomasa, d) la evaluación del efecto de los nanofertilizantes sobre las características físicas, químicas, biológicas del suelo y e) la evaluación de la potencial mitigación en las emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>. Finalmente, se consolidará un modelo tecnológico para la aplicación y distribución de nanofertilizantes que contarán con el acompañamiento técnico y capacitación correspondiente.

The *low efficiency* in the use of nutrients to the fertilization processes has led to soil degradation, nutrient leaching, water pollution, high greenhouse gas emissions and poor production models. Accordingly, nanofertilizers are considered as one of the alternatives with great potential. In this project, formulations of nanofertilizers based on titanium dioxide, zinc oxide and zeolite will be synthesized and characterized. Acute phytotoxicity tests will be conducted with terrestrial indicator organisms (*Lactuca sativa*) to verify the environmental risk. The effect of the application of nanofertilizers on the fertilization efficiency, use of nutrients, physical, chemical and biological characteristics of the soil, biomass production, spectral response of crops and evaluation of emissions of nitrous oxide and carbon dioxide will be quantified. For this, parallel experiments (Colombia and Ecuador) will be carried out under greenhouse and field conditions. The greenhouse tests will be carried out by using *Lolium perenne* cultures established in 0.25 m<sup>2</sup> experimental trays with 50 kg of an Inceptisol soil. Field trials will be carried out using corn crops in 48 experimental plots. A *spin-off* business model will be created to promote access to nanofertilizers for producers and technological support in fertilization models. At the end of the project, documents will be generated that demonstrate: a) feasibility of the different synthesis methodologies to formulate nanofertilizers with active and stable surfaces, b) establishment of environmental risk ranking of nanofertilizers on terrestrial organisms, c) establishment of methodologies for the use of nanofertilizers that increase the efficiency in using nutrients and biomass production, d) evaluation of nanofertilizers effect on the physical, chemical and biological characteristics of the soil and, e) evaluation of potential mitigation in N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions. Finally, will a consoled technological model for the application and distribution of nanofertilizers with the corresponding technical support and training.

#### IV. ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVO DE LA CT

- 4.1 La agricultura participa con cerca del 25% de la emisión de gases de efecto invernadero, de los cuales el uso de fertilizantes aporta alrededor del 13% debido a su uso inadecuado y a su baja eficiencia<sup>1,2</sup>. Según la ONU<sup>3</sup>, la población mundial actual es de aproximadamente 7700 millones de personas y se estima que para el 2050 la población llegue a los 9700 millones de personas. Con el incremento de la población debe aumentar la producción de alimento bajo la implementación de sistemas sostenibles de producción, que logren satisfacer la demanda alimenticia de los seres humanos, así como la alimentación animal, elaboración de materias primas para la industria, fibras, maderas, aceites, energías renovables, entre otros bajo sistemas innovadores de producción que logren incrementos en la productividad y reduzcan las emisiones en gases de efecto invernadero<sup>4,5</sup>.
- 4.2 Las tecnologías actuales de producción demuestran un estancamiento en el desarrollo de los cultivos, representadas por la baja eficiencia en el uso de los fertilizantes, la degradación de los suelos, el cambio climático, la disminución de la superficie agrícola y la baja disponibilidad de agua para riego<sup>6</sup>. Uno de los retos que afronta la producción agraria se fundamenta en incrementar la absorción de nutrientes durante la fertilización, que por lo general es baja (nitrógeno entre el 40 y 70%, fósforo entre el 10 y el 30% y potasio entre el 50 y 60 %), reduciendo las pérdidas al ambiente y asegurando las concentraciones de elementos necesarias por la planta<sup>7,8,9</sup>. Los fertilizantes que aportan nitrógeno producen grandes cantidades de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), siendo este último el de mayor impacto. Se ha encontrado que en algunas regiones de Colombia la agricultura llega a generar hasta el 73% de los GEI, debido al uso ineficiente en la aplicación de fertilizantes<sup>10,11</sup>. Asimismo, la FAO (2014)<sup>2</sup> estima que las emisiones generadas por el uso de fertilizantes representan cerca 725 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq.
- 4.3 El conocimiento del requerimiento nutricional de las plantas (cantidad de micro y macroelementos que las plantas necesitan) y la aplicación de fertilizantes con base en el aporte de nutrientes por parte del suelo es fundamental para maximizar la productividad de los cultivos y lograr su sostenibilidad en el tiempo<sup>1,12</sup>. Para asegurar el suministro adecuado de nutrientes al suelo y luego a las plantas o cultivos, la agricultura tradicional emplea esquemas intensivos con grandes cantidades de fertilizantes, lo que resulta poco eficiente, costoso y ambientalmente negativo<sup>13,14</sup>. En el contexto de la agricultura, la nanotecnología

<sup>1</sup> Martínez JA, Velasco MA, Hernández ML. (2018), Gases de efecto invernadero y la política del estado mexicano dirigida a la producción de trigo. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 11(32), 8.

<sup>2</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). efecto invernadero de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra América Latina y el Caribe.

<sup>3</sup> Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). Una población en crecimiento. Tomado de: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>.

<sup>4</sup> Greenland S, Levin E, Dalrymple JF and O'Mahony B. (2019), Sustainable innovation adoption barriers: water sustainability, food production and drip irrigation in Australia, *Social Responsibility Journal*, Vol. 15 No. 6, pp. 727-741. <https://doi.org/10.1108/SRJ-07-2018-0181>.

<sup>5</sup> Cueto-Wong JA (2016). La Ciencia Del Suelo En México: Perspectivas, Retos, Oportunidades. *XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo* (p. 59).

<sup>6</sup> Dubey A and Mailapalli DR (2016). Nanofertilisers, nanopesticides, nanosensors of pest and nanotoxicity in agriculture. *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer International Publishing. book series (SARV, volume 19) (pp. 307-330).

<sup>7</sup> Dobermann A. (2007). Nutrient use efficiency-measurement and management. Proc. Of International Fertilizer Industry Association (IFA). Workshop on Fertilizer Best Management Practices, Brussels, Belgium. March 7-9.

<sup>8</sup> Torres AG et al. (2016). Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 301-309.

<sup>9</sup> Botero Londoño JM, Gómez Carabali A, Botero Londoño MA. Nutrient absorption in *Tithonia diversifolia*, *Universitas Scientiarum*, 24 (1): 33-48, 2019. Doi : 10.11144/Javeriana.SC24-1.nait.

<sup>10</sup> Rodríguez DRV, Rodríguez GD, Álvarez ÁP. (2017). Efecto de la Fertilización Nitrogenada en el Cultivo de Maíz para la Caracterización de la Emisión de Gases Efecto Invernadero. *Documentos de Trabajo ECAPMA*, (2).

<sup>11</sup> Andrade HJ, Segura MA, Campo O, Varona JP. (2015). Estimación de huella de carbono del sistema de producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Palmira, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 6 (1), 33-42.

<sup>12</sup> Sana Ullah et al., Physiological and Biochemical Response of Wheat (*Triticum Aestivum*) to TiO<sub>2</sub> Nanoparticles in Phosphorous Amended Soil: A Full Life Cycle Study, *Journal of Environmental Management* 263 (2020): 110365, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720303005>.

<sup>13</sup> Huddell AM et al, (2020). Meta-analysis on the potential for increasing nitrogen losses from intensifying tropical agriculture. *Glob. Chang. Biol.* 26, 1668–1680. <https://doi.org/10.1111/gcb.14951>.

<sup>14</sup> Józefowska A., Loaiza-Usuga J.C., Schmidt O., (2020). Consequences of land-use changes for soil quality and function, with a focus on the EU and Latin America, *Climate Change and Soil Interactions*. LTD.

ha permitido el desarrollo de aplicaciones, tales como el uso de nanofertilizantes para el suministro de nutrientes, a las plantas o cultivos. Asimismo, la nanotecnología permite aumentar la eficiencia en el uso de los fertilizantes de diferentes maneras<sup>15, 16</sup>. Entre los nanomateriales empleados como fertilizantes se encuentran la urea con hidroxapatita para la liberación de nitrógeno<sup>17</sup>; nanopartículas de quitosano con contenidos de fertilizantes N, P y K<sup>18</sup>; nanopartículas de óxido de cinc (ZnO) recubiertas con fertilizantes de macronutrientes<sup>19, 20</sup>; nanopartículas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)<sup>21</sup> y fertilizantes nanoestructurados de zeolita<sup>22</sup>. Actualmente, existe numerosa literatura que demuestra las bondades y aplicabilidad de nanofertilizantes en distintos tipos de cultivos o plantas<sup>15, 23</sup>. Incluso, se ha comprobado, que el efecto del fertirriego con nanofertilizantes de N, P y K es positivo sobre parámetros de crecimiento y rendimiento de tubérculos<sup>24, 25, 26, 27</sup>. Pese a que los nanomateriales exhiben características muy atractivas para sus usos, se han desarrollado muy pocos trabajos o investigaciones sobre las implicaciones y riesgos ambientales<sup>28, 29</sup>. Por lo tanto, en este proyecto se investigarán cuáles serían las repuestas ecotoxicológicas de diferentes nanofertilizantes (dióxido de zinc, zeolitas, dióxido de titanio), para establecer experimentos de invernadero y campo seguros, y garantizar el mínimo riesgo ambiental a los usuarios de dichas formulaciones, en el proceso de masificación, escalamiento y comercialización.

**4.4 El objetivo principal** de este proyecto es cuantificar el efecto del uso de nanofertilizantes en la eficiencia de fertilización y en la mitigación de emisiones de óxido nitroso. Se sintetizarán y caracterizarán tres formulaciones de nanofertilizantes a base de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita, como propuesta alternativa y más eficiente, en comparación con la fertilización convencional. Los **objetivos específicos** son: 1) Sintetizar y caracterizar nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita; 2) Determinar la toxicidad potencial de los nanofertilizantes a escala de laboratorio y evaluar el efecto de la adición de nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes y las características físicas, químicas y biológicas del suelo; 3) Determinar el efecto de los nanofertilizantes en la producción de

- 
- <sup>15</sup> Neto et al., Initial Development of Corn Seedlings after Seed Priming with Nanoscale Synthetic Zinc Oxide, *Agronomy* 10, no. 2 (2020): 1–10.
- <sup>16</sup> Vishnu Rajput et al., ZnO and CuO Nanoparticles: A Threat to Soil Organisms, Plants, and Human Health, *Environmental Geochemistry and Health* 42, no. 1 (2020): 147–158, <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00317-3>.
- <sup>17</sup> Mohammad Reza Maghsoodi, Larissa Ghodszad, and Behnam Asgari Lajayer, Dilemma of Hydroxyapatite Nanoparticles as Phosphorus Fertilizer: Potentials, Challenges and Effects on Plants, *Environmental Technology & Innovation* 19 (2020): 100869, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186420302388>.
- <sup>18</sup> Mizuo Kajino and Masahide Aikawa, A Model Validation Study of the Washout/Rainout Contribution of Sulfate and Nitrate in Wet Deposition Compared with Precipitation Chemistry Data in Japan, *Atmospheric Environment* 117 (2015): 124–134, <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.06.042>.
- <sup>19</sup> Uhran Song and Jieun Kim, Zinc Oxide Nanoparticles: A Potential Micronutrient Fertilizer for Horticultural Crops with Little Toxicity, *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 61, no. 3 (2020): 625–631, <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00244-8>.
- <sup>20</sup> Elham Yusefi-Tanha et al., Zinc Oxide Nanoparticles (ZnONPs) as a Novel Nanofertilizer: Influence on Seed Yield and Antioxidant Defense System in Soil Grown Soybean (Glycine Max Cv. Kowsar), *Science of The Total Environment* 738 (2020): 140240, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972033761X>.
- <sup>21</sup> Sana Ullah et al., Physiological and Biochemical Response of Wheat (Triticum Aestivum) to TiO<sub>2</sub> Nanoparticles in Phosphorous Amended Soil: A Full Life Cycle Study, *Journal of Environmental Management* 263 (2020): 110365, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720303005>.
- <sup>22</sup> Heba M.M. Abdel-Aziz, Mohammed N.A. Hasaneen, and Aya M. Omer, Nano Chitosan-NPK Fertilizer Enhances the Growth and Productivity of Wheat Plants Grown in Sandy Soil, *Spanish Journal of Agricultural Research* 14, no. 1 (2016): 1–9.
- <sup>23</sup> A. Yadollahi, K. Arzani, and H. Khoshghalb, (2010) The Role of Nanotechnology in Horticultural Crops Postharvest Management, *Acta Horticulturae* 875: 49–56.
- <sup>24</sup> Hayyawi W.A.Al- juthery and Qusay M.N.Al-Shami, “The Effect of Fertigation with Nano NPK Fertilizers on Some Parameters of Growth and Yield of Potato (Solanum Tuberosum L.),” *Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences (QJAS)* (P-ISSN: 2077-5822 , E-ISSN: 2617-1479) 9, no. 2 (2019): 225–232.
- <sup>25</sup> A. Qureshi, D.K. Singh, and S. Dwivedi, “Nano-Fertilizers: A Novel Way for Enhancing Nutrient Use Efficiency and Crop Productivity,” *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7, no. 2 (February 20, 2018): 3325–3335, <https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=6776&vol=7-2-2018&SNo=398>.
- <sup>26</sup> A.J.K AL-Gym and M.H.S. Al-Asady, “Effect of the method and level of adding npk nanoparticles and mineral fertilizers on the growth and yield of yellow corn and the content of mineral nutrient of some plant parts”, *Plant Archives* Vol. 20, Supplement 1, 2020 pp. 38-43, e-ISSN:2581-6063, ISSN:0972-5210.
- <sup>27</sup> A. Manikandan and K. Subramanian, “Evaluation of Zeolite Based Nitrogen Nano-Fertilizers on Maize Growth, Yield and Quality on Inceptisols and Alfisols,” *International Journal of Plant & Soil Science* 9, no. 4 (2016): 1–9.
- <sup>28</sup> Luca Marchiol, “Nanotechnology in Agriculture: New Opportunities and Perspectives,” *New Visions in Plant Science*, no. i (2018).
- <sup>29</sup> Lee R. Shugart, “Principles of Ecotoxicology, Third Edition by C. H. Walker, S. P. Hopkin, R. M. Sibly, D. B. Peakall,” *Ecotoxicology* 16, no. 6 (2007): 483–483, <https://doi.org/10.1007/s10646-007-0151-3>.

biomasa, respuesta espectral de los cultivos, y evaluación de las emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono; y 4) Crear una *spin off* para la producción y comercialización de nanofertilizantes.

- 4.5 **Los beneficiarios directos:** 500 productores que implementen la aplicación de nanofertilizantes en sus predios y 1.500 productores capacitados para su aplicación pertenecientes a la Sociedad de agricultores de Santander (Colombia) y la Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue (Ecuador). Asimismo, los estudiantes que realizarán sus trabajos de grado en el marco del proyecto (12 tesis de pregrado y 4 de posgrado). **Los beneficiarios indirectos:** Será la población en ambos países, por el efecto de mitigación de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O), lo que supone una mayor oferta de bienes y servicios ecosistémicos de manera sostenible, así como un sector agropecuario más eficiente que dinamiza la economía. En el marco del proyecto se prevé también la participación de por lo menos 100 estudiantes de pregrado y mínimo 50 de posgrado de las instituciones ejecutora y co-ejecutora. Se espera incorporar por lo menos 40% de mujeres, en el grupo de estudiantes involucrados en el proyecto. La participación de los estudiantes está contemplada en distintas etapas de su formación profesional en algunas de las actividades o etapas del proyecto. De igual manera, está previsto realizar diferentes estrategias de socialización y masificación de los resultados con las comunidades aledañas a las universidades y con organizaciones pequeñas y medianas de agricultores en ambos países.
- 4.6 **Impacto potencial del proyecto:** La síntesis, caracterización y aplicación de nanofertilizantes representa cambios innovadores que conllevarán al desarrollo de nuevos modelos tecnológicos de producción agrícola, logrando incrementos de producción en cultivos de maíz<sup>20,33,34</sup>, con lo cual se espera un importante impacto en la productividad de miles de agricultores, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos, mayor eficiencia en el uso de nutrientes y mayor rentabilidad, con una reducción en la contaminación por lixiviación de nutrientes, en las emisiones de óxido nitroso y garantizando la sostenibilidad de los suelos<sup>18,30,32</sup>. La creación de la *spin off* garantiza el acceso a los nanofertilizantes para los productores y el acompañamiento tecnológico en los modelos de fertilización y aplicación de la tecnología. En el desarrollo de los modelos de producción con los agricultores se realizarán análisis de suelos, foliares y bromatológicos, y jornadas de asistencia técnica y capacitaciones para su interpretación y aplicación en sus predios.
- 4.7 **Alineación del proyecto a la estrategia institucional 2010-2020 del BID.** El manejo macroeconómico en América Latina y el Caribe (ALC), ha aumentado el PIB de la región, sin embargo, aún hay dependencia de productos básicos, rezagos en la productividad y pobreza extrema. Este proyecto promueve la superación estos desafíos, incrementando el aparato agro-productivo, de forma eficiente y ambientalmente responsable. Para ello, se desarrollarán los siguientes ejes: a) Innovación tecnológica, organizacional e institucional; b) Aumento en el crecimiento sostenible en la región y especialmente de países vulnerables c) intensificación sostenible de la agricultura y gestión de los recursos naturales; d) adopción de los principios operativos rectores, fomentando cadenas de valor y territorios competitivos con equidad y sostenibilidad.
- 4.8 **Alineación con las prioridades del plan de mediano plazo (PMP) 2020-2025 de FONTAGRO.** El proyecto es congruente con las líneas estratégicas del PMP de FONTAGRO, especialmente con la línea estratégica de sistemas productivos, agroecosistemas y territorios sostenibles. Esta propuesta contribuye al objetivo “Incrementar la cantidad de tecnologías e innovaciones con alto potencial de adopción e impacto en los sistemas productivos, agroecosistemas y territorios”, ya que se propone realizar investigación aplicada en la fertilización de cultivos, mediante la aplicación de nanofertilizantes. Por tanto, se impactarían de forma positiva los suelos, las plantas y el medio ambiente, por medio de la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La aplicación de los nanofertilizantes mejorará la calidad de vida de los productores agrícolas, ya que incrementará la capacidad de la agricultura y al mismo tiempo impulsará un entorno ambiental seguro y sostenible. Mediante la conformación de la alianza entre Colombia y Ecuador, se creará una red de cooperación, estableciendo una colaboración interdisciplinaria que llevará a realizar avances en nuevos conocimientos y tecnologías aplicables a los dos países y replicables en otras regiones. Con este proyecto, se podrán obtener metodologías de fertilización que incrementen la producción con menor costo por fertilizantes, mayor eficiencia en el uso del suelo y una reducción en la contaminación por lixiviación de nutrientes y en la emisión de GEI. La investigación contribuye en las líneas de innovación tecnológica sostenible y gestión de recursos naturales, ya que se fabricarán y estudiarán nanofertilizantes como una alternativa prometedora en la agricultura sostenible.

- 4.9 **Alineación al BID y FONTAGRO:** La CT se alinea con la estrategia Institucional 2010-2020 del BID (Documento AB-3190-2), reconociendo los desafíos en ALC y compartiendo la visión, objetivos estratégicos y principios rectores; y a los marcos sectoriales de Agricultura y Gestión de Recursos naturales, y de Seguridad Alimentaria de la División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Gestión de Riesgos por Desastres (CSD/RND), del sector de Cambio Climático y Sostenibilidad del BID (CSD/CSD). Adicionalmente, esta CT se apoya en las prioridades del Plan de Mediano Plazo (PMP) 2015-2020 de FONTAGRO, en sus cuatro líneas estratégicas de: i) Innovación, ii) adaptación y mitigación al cambio climático, iii) intensificación sostenible de la agricultura y gestión de los recursos naturales, y iv) cadenas de valor y territorios competitivos en un marco de equidad y sostenibilidad.
- 4.10 **Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Esta CT colabora en fomentar soluciones que apoyan los siguientes ODS: 2. Hambre Cero; 12. Producción y consumo responsables; 13. Acción por el clima; 15. Vida de ecosistemas terrestres.

## V. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES, ACTIVIDADES Y PRESUPUESTO

5.1 El proyecto está conformado por cuatro componentes, que contienen actividades, resultados esperados y productos, los cuales se presentan a continuación:

**COMPONENTE 1. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOFERTILIZANTES DE DIÓXIDO DE TITANIO, ÓXIDO DE ZINC Y ZEOLITA.** El objetivo de este componente es sintetizar y caracterizar nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita, buscando aumentar el área superficial de los fertilizantes para que tengan mayor interacción con el suelo. Asimismo, la caracterización permitirá conocer y estudiar la fisicoquímica del fertilizante nanoestructurado. El proceso de nano-estructuración se llevará a cabo mediante la técnica de molienda mecánica utilizando un molino planetario con la intención de crear estructuras en estado sólido para el desarrollo del proyecto. Posteriormente, se realizará el proceso de caracterización mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR), espectroscopía foto-electrónica de rayos X (XPS), microscopio de barrido electrónico (SEM), microscopía de barrido por sonda (AFM) y difracción de rayos X (XRD). Esta metodología será llevada a cabo en la Universidad Industria de Santander (sede Bucaramanga y Parque Tecnológico de Guatiguará) en Colombia. **Resultado esperado:** Imágenes e histogramas con tamaños de partícula de los nanofertilizantes sintetizados; difractogramas de rayos X y espectros de XPS. Además, se publicará (1) un artículo científico y se presentará un documento de trabajo con los datos relevantes del proceso de síntesis.

**Actividad 1.1. Síntesis de nanofertilizantes:** Se desarrollará en los laboratorios de la UIS (sede Bucaramanga y Parque Tecnológico de Guatiguará), Colombia. Para el desarrollo de la investigación se sintetizarán nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita, por medio de la técnica de molienda mediante un molino planetario o de aleación mecánica, este es un proceso flexible que se utiliza para producir nuevos materiales en estado sólido. Consiste en la deformación del polvo de manera repetitiva, continua y plástica a temperatura ambiente para crear nuevas aleaciones y/o microestructuras, así como la reducción del tamaño de las partículas. Se empleará esta técnica por ser directa, de bajo costo y sin residuos.

**Producto 1:** Documento de investigación que evidencie la producción de nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita utilizando el método de molienda con molino planetario o aleación mecánica.

**Resultado 1:** Imágenes e histogramas con tamaños de partícula de los nanofertilizantes sintetizados.

**Actividad 1.2. Caracterización de nanofertilizantes:** Se desarrollará en los laboratorios de la UIS (sede Bucaramanga y Parque Tecnológico de Guatiguará), Colombia. Una vez sintetizados los nanofertilizantes se identificarán sus características fisicoquímicas tales como grupos funcionales presentes mediante un espectrofotómetro de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR) y los estados de oxidación de los compuestos utilizando espectroscopía foto electrónica de rayos X (XPS). Asimismo, se realizará una caracterización morfológica en tamaño y superficie observada mediante el microscopio de barrido electrónico (SEM) y el microscopio de barrido por sonda (AFM). Finalmente, la caracterización

microestructural de los nanofertilizantes permite determinar la formación de estructuras cristalinas mediante difracción de rayos X (XRD).

**Producto 2:** Redactar y enviar de un (1) artículo científico relacionado con los resultados del proyecto.

**Resultado 2:** Publicación de artículo científico.

**Producto 3:** Documento de investigación con la caracterización de los nanofertilizantes obtenidos mediante el método de molienda con molino planetario o aleación mecánica.

**Resultado 3:** Difractogramas de rayos X y espectros de XPS.

## **COMPONENTE 2. ESTUDIOS FITOTOXICOLÓGICOS Y EFECTOS DE LOS NANOFERTILIZANTES SOBRE LA EFICIENCIA EN EL USO DE NUTRIENTES Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.**

El objetivo de este componente es determinar la toxicidad potencial de los nanofertilizantes a escala de laboratorio y evaluar el efecto de la adición de nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes y las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Se realizarán bioensayos eco-toxicológicos a escala laboratorio con el fin de determinar la toxicidad potencial de los nanofertilizantes, actividad que será ejecutada en la UTM (Ecuador). Para cuantificar el efecto de la aplicación de nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes, las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se desarrollarán experimentos paralelos en condiciones de invernadero y de campo, los ensayos bajo invernadero se efectuarán en la UIS sede Málaga (Colombia), utilizando cultivos de *Lolium perenne* L. establecidos en bandejas experimentales de 0.25 m<sup>2</sup> con 50 kg de un suelo Inceptisol, los ensayos en campo se desarrollarán utilizando cultivos de maíz que serán establecidos en los campos experimentales de la UTM (Ecuador) y de la UIS sede Málaga (Colombia). **Resultado esperado:** Obtención de un ranking de riesgo ambiental de los nanofertilizantes sobre organismos terrestres, evaluación del incremento en la eficiencia en el uso de nutrientes con la aplicación de los nanofertilizantes y cuantificación del efecto de los nanofertilizantes en las características físicas, químicas y biológicas del suelo; publicación de artículo científico; presentación de documentos y fichas técnicas de los resultados obtenidos.

**Actividad 2.1. Bioensayos de fitotoxicidad aguda en condiciones de laboratorio:** Esta actividad se ejecutará en los laboratorios de Química y Biotecnología de la UTM, Ecuador. Se evaluará la sensibilidad y potencialidad de las pruebas para determinar la toxicidad de tres formulaciones de nanofertilizantes basados en dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita, nanomateriales de interés ambiental y agrícola. Se realizarán bioensayos empleando semillas comerciales de *Lactuca sativa* con 99% de pureza. Se aplicará el protocolo para evaluar compuestos y sustancias químicas (OECD-208, 2003). Se prepararán 6 dosis de nanomateriales dispersados en una matriz líquida (agua desionizada de alta pureza). Tal como establece la norma OECD 208, los bioensayos se incubarán en oscuridad, a 25 °C durante 120 h<sup>30,31,32</sup>. Para el cálculo del EC<sub>50</sub> se utilizará un modelo estadístico Probit.

**Producto 4:** Documento de investigación que demuestre la respuesta fisiológica de organismos bioindicadores terrestres frente a la exposición aguda a los nanofertilizantes.

**Resultado 4:** Categorización con el impacto ambiental de los nanofertilizantes sobre un organismo terrestre en condiciones de laboratorio mediante la concentración efecto media (EC50) de los nanofertilizantes evaluados

**Actividad 2.2. Efecto de los nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes a escala invernadero y campo:** La eficiencia en el uso de nutrientes de la planta, escala invernadero se realizará en el invernadero experimental de la UIS sede Málaga (Colombia). Se emplearán bandejas con 50 kg de un suelo y se establecerá un cultivo de *Lolium perenne*. Se empleará un diseño experimental completamente al azar con 4 unidades experimentales o repeticiones por tratamiento, para un total de 112 unidades experimentales (bandejas). Se aplicarán 3 tratamientos de 0, 3, 6, y 9 g de fertilizante por unidad

<sup>30</sup>García JV, Zamora-Ledezma E, Aguilar K (2014) Environmental Performance of Drilling Fluids Selected for Offshore Operations in Venezuela. World Applied Sciences Journal. 29(10): 1310-1314.

<sup>31</sup>Zamora E, García JV (2011). Fitotoxicidad de rípios impregnados con fluidos base de aceite mineral en condiciones de laboratorio. Visión Tecnológica, edición especial: 29-34.

<sup>32</sup>Zamora-Ledezma E., García J.V. (2013). Mineral Oil-Based Drilling Cuttings Phytotoxicity Assessment Using Species of Temperate and Tropical Climate. Global Journal of Environmental Research. 7(1): 01-07.



experimental. A cada tratamiento se le aplicarán 2 dosis de cada nanofertilizante a razón de 0,05 y 0,1 g (dióxido de titanio - óxido de zinc – zeolita) por unidad experimental por corte. En cada corte a las plantas de cada unidad experimental se les determinarán los contenidos foliares de micro y macronutrientes. Para determinar la eficiencia en el uso de nutrientes del cultivo a escala de campo se establecerán 2 ensayos en los terrenos experimentales de la UIS sede Málaga (Colombia) y la UTM sede Lodana (Ecuador), empleando como cultivo una variedad de maíz equivalente. Se empleará un diseño experimental completamente al azar con 4 bloques. En ambos experimentos paralelos se aplicarán 0 y 50 g por m<sup>2</sup> de un fertilizante formulado, con y sin aplicación de los nanofertilizantes (dióxido de titanio - óxido de zinc – zeolita), a razón de 0,4 g por m<sup>2</sup>. Esto genera un total de 32 unidades experimentales por bloque y 128 unidades experimentales totales.

**Producto 5:** Nota técnica que valide el efecto de aplicación de los nanofertilizantes en la absorción y concentración de nutrientes en la planta y el porcentaje en la eficiencia de uso de los nutrientes.

**Resultado 5:** Evaluación del incremento en la absorción de nutrientes y en la eficiencia en el uso de nutrientes de las plantas con la adición de los nanofertilizantes.

**Actividad 2.3. Efecto de los nanofertilizantes sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo:** Esta actividad se ejecutará en invernaderos y laboratorios de UIS sede Málaga, Colombia. Los análisis se realizarán con base en el diseño experimental descrito en la actividad 2.1. Se captarán muestras de suelo para realizar análisis químico, físicos y biológicos con lo cual se establecerán las condiciones iniciales del suelo y una vez finalizado el proceso experimental (24 meses), se realizarán nuevamente los análisis para verificar el efecto de los tratamientos sobre las características del suelo.

**Producto 6:** Documento de investigación que demuestre el efecto de la aplicación de los nanofertilizantes sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

**Resultado 6:** Evaluación del efecto de los nanofertilizantes sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

**Producto 7:** Redactar y enviar de un (1) artículo científico resultados del proyecto.

**Resultado 7:** Publicación de artículo científico.

**COMPONENTE 3. EFECTO DE LOS NANOFERTILIZANTES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA, RESPUESTA ESPECTRAL DE LOS CULTIVOS Y EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO Y DIÓXIDO DE CARBONO.** El objetivo de este componente es determinar el efecto de los nanofertilizantes en la producción de biomasa, respuesta espectral de los cultivos, y evaluación de las emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono. Para determinar la producción de biomasa y la respuesta espectral de los cultivos se desarrollarán ensayos bajo invernadero en la UIS sede Málaga (Colombia), donde se establecerá un cultivo de *Lolium perenne*, al cual se le tomarán mediciones durante 22 meses con cortes cada 30 días. Asimismo, se determinará el efecto de los nanofertilizantes en cultivos de maíz establecidos en los campos experimentales de la UTM (Ecuador) y de la UIS sede Málaga (Colombia). Se cuantificará la biomasa obtenida en cada uno de los componentes de la planta. Se establecerán 48 parcelas experimentales y demostrativas en 6 predios de productores (3 en Colombia – 3 en el Ecuador). Se cuantificarán las emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono mediante metodologías y estándares internacionales. **Resultado esperado:** Evaluar el incremento en la producción de biomasa con la adición de los nanofertilizantes, cuantificar el incremento en la calidad nutricional de las plantas, establecer los cambios en la respuesta espectral de los cultivos y cuantificar la reducción en las emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono edáfico con la aplicación de los nanofertilizantes; presentación de documentos y fichas técnicas de los resultados obtenidos.

**Actividad 3.1. Efecto de los nanofertilizantes en la producción de biomasa y escalamiento en parcelas demostrativas de productores:** Para cuantificar la producción de biomasa en el diseño de invernadero, las plantas serán cosechadas a 2 cm del suelo, posteriormente pesadas y secadas a 60o C por 48 horas, posteriormente se determinará el contenido en materia seca en horno a 105oC por 24 horas, con lo cual se determinará la producción de biomasa en base fresca y en base seca. Adicionalmente, se tomará una muestra de 200 g del forraje deshidratado para determinar variables bromatológicas. En los ensayos en campo (Componente 2), se tomarán 4 muestras experimentales de vegetación en forma aleatoria, las cuales serán colectadas a ras de suelo, pesadas diferenciadamente (tallos, hojas, mazorcas, granos) y

secadas a 60o C por 48 horas para realizar análisis bromatológicos. Para escalar los resultados en invernadero y campo se establecerán 48 parcelas experimentales y demostrativas en 6 predios de productores agrícolas (3 predios en el Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí en Ecuador y 3 en el Departamento de Santander en Colombia). En cada predio se implementarán 8 parcelas demostrativas, cada una de 200 m<sup>2</sup> (10 x 20 m), y se aplicarán 0 y 50 g de fertilizante por m<sup>2</sup> con y sin aplicación de los nanofertilizantes (dióxido de titanio - óxido de zinc – zeolita), a razón de 0,4 g por m<sup>2</sup>. En cada predio se realizarán análisis de suelo y se formulará la fertilización con base en su interpretación. En el momento de la cosecha se cuantificará la producción de biomasa.

**Producto 8:** Nota técnica que cuantifique el efecto de los nanofertilizantes en la producción de biomasa de los cultivos y en la calidad nutricional de las plantas.

**Resultado 8:** Evaluar el incremento en la producción de biomasa y en la calidad nutricional de las plantas con la adición de los nanofertilizantes.

**Actividad 3.2. Respuesta espectral del cultivo:** Para el caso de los cultivos en bandeja (Componente 2), se medirá el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con el sensor portátil GreenSeeker. Sobre el cultivo de maíz en condiciones de campo se realizarán vuelos fotogramétricos con el DronEBEE SQ instrumentado con la cámara multispectral Sequoia. Con la información levantada se calcularán diferentes índices de vegetación para conocer la respuesta espectral del cultivo y correlacionarlo con los distintos tratamientos.

**Producto 9:** Documento de investigación que valide el efecto de los nanofertilizantes en la respuesta espectral de los cultivos.

**Resultado 7:** Porcentaje de variación en los índices de vegetación en los cultivos experimentales respecto al grupo control.

**Actividad 3.3. Evaluación de las Emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono edáfico:** La cuantificación de las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se realizará instalando cámaras estáticas en las bandejas de producción en invernadero y en las parcelas en campo. Para determinar el N<sub>2</sub>O se coleccionará 50 ml de aire con ayuda de jeringas. Una vez obtenidas las muestras se transportarán al laboratorio y serán analizadas en un cromatógrafo de gases con detector TCD. Para cuantificar el CO<sub>2</sub> se utilizará un equipo portátil (EGM-5, PP Systems) que cuenta con una cámara de respiración para medir el flujo de CO<sub>2</sub> edáfico de manera directa y automatizada.

**Producto 10:** Documento de investigación que evidencie el efecto de la aplicación de los nanofertilizantes sobre las emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono edáfico.

**Resultados 10:** Evaluación de emisiones de óxido nitroso y dióxido de carbono edáfico en experimentos con y sin aplicación de nanofertilizantes.

**COMPONENTE 4. CREACIÓN DE UNA SPIN-OFF PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE NANOFERTILIZANTES.** El objetivo de esta actividad es plantear un *spin off* para la producción y comercialización de nanofertilizantes, la cual será presentada en la UIS - Colombia, aprovechando el acuerdo No. 007 de 2020 del consejo superior de la Universidad, el cual reglamenta la creación de estas empresas. Objeto central del *spin off*: Producir y comercializar nanofertilizantes con base en tecnologías determinadas a partir de los resultados obtenidos en el proyecto. Lo cual busca garantizar el acceso de los productores a estas tecnologías estimulando su aplicación con base en resultados científicos y con un acompañamiento productivo. La comercialización tendrá una distribución inicial en Colombia y el Ecuador. **Resultado esperado:** presentación de un *spin off*, en la cual se establezca la producción y comercialización de nanofertilizantes con sus modelos tecnológicos de aplicación y la creación de redes de difusión para la aplicación de la tecnología.

**Actividad 4.1. Análisis legal y económico para el registro del producto:** Los trámites de creación de la Spin-Off incluirán la definición del tipo de propiedad intelectual, análisis del mercado objetivo e inversiones necesarias y estudios sobre la viabilidad financiera en la comercialización de nanofertilizantes. Estos análisis comenzaran una vez inicie la ejecución del proyecto. Igualmente, se buscará un socio estratégico que permita el rápido crecimiento de la empresa y propicie la apropiación

de estas tecnologías beneficiando a un mayor número de productores. **Resultado esperado:** Documentos que sustentan la viabilidad financiera de la empresa.

**Producto 11:** Nota técnica donde se defina el tipo de propiedad intelectual más adecuada para la creación de la Spin-Off.

**Resultado 11:** Identificación del tipo de propiedad intelectual.

**Producto 12:** Nota técnica donde se presenten los soportes de los análisis de viabilidad financiera de la Spin-Off.

**Resultado 12:** Documentos que soportan la viabilidad financiera según el tipo de Spin-off.

**Actividad 4.2. Creación de la Spin-Off:** Con base en los resultados obtenidos en la actividad 4.1 se procederá a ejecutar los trámites de creación de la Spin Off. Los volúmenes de producción dependerán de los análisis de mercado, de la capacidad instalada y de la demanda de los productos. **Resultado esperado:** Creación de la Spin-off.

**Producto 13:** Propuesta de proyecto de Creación de la Spin-off.

**Resultado 13:** Proyecto de creación de la Spin-off.

- 5.2 El monto total de la operación es por US \$636.634, de los cuales FONTAGRO financiará de sus propios fondos un total de US \$199.899. El resto de los fondos, US\$436.735, corresponde a los aportes de contrapartida en especie de las instituciones participantes.

#### Presupuesto Consolidado (en US\$)

Recursos financiados por:	FONTAGRO				CONTRAPARTIDA (en especie)					TOTAL
	IICA	UIS	UTM	Subtotal	UIS	UTM	SAS	ASOMOSLOM	Subtotal	
01. Consultores	-	68,172	3,840	<b>72,012</b>	109,800	27,000	1,000		<b>137,800</b>	<b>209,812</b>
02. Bienes y servicios	-	26,720	14,500	<b>41,220</b>	282,435		1,000	1,000	<b>284,435</b>	<b>325,655</b>
03. Materiales e insumos	-	35,200	3,500	<b>38,700</b>		3,000		1,000	<b>4,000</b>	<b>42,700</b>
04. Viajes y viáticos	-	4,000	2,000	<b>6,000</b>					-	<b>6,000</b>
05. Capacitación	-	8,922	-	<b>8,922</b>	7,500		1,000		<b>8,500</b>	<b>17,422</b>
06. Gestión del conocimiento y Comunicaciones	-	3,600	-	<b>3,600</b>			1,000		<b>1,000</b>	<b>4,600</b>
07. Gastos Administrativos	17,045	-	-	<b>17,045</b>			1,000		<b>1,000</b>	<b>18,045</b>
08. Imprevistos	4,400	-	-	<b>4,400</b>					-	<b>4,400</b>
09. Auditoría Externa	8,000	-	-	<b>8,000</b>					-	<b>8,000</b>
Total	<b>29,445</b>	<b>146,614</b>	<b>23,840</b>	<b>199,899</b>	<b>399,735</b>	<b>30,000</b>	<b>5,000</b>	<b>2,000</b>	<b>436,735</b>	<b>636,634</b>

Nota: El IICA actúa como organismo ejecutor en calidad de administrador de los fondos del proyecto.

Cuadro de Montos Máximos Admitidos por Categoría de Gasto

Categoría de Gasto	Hasta:	Maximo Admitido	Monto del Proyecto
Consultores y personal	60%	119,939	72,012
Bienes y servicios	30%	59,970	41,220
Viajes y viáticos	30%	59,970	38,700
Materiales e insumos	40%	79,960	6,000
Gestión del conocimiento	30%	59,970	8,922
Capacitación	30%	59,970	3,600
Gastos administrativos	10%	19,990	17,045
Imprevistos	5%	9,995	4,400
Auditoría Externa	5%	9,995	8,000

## VI. AGENCIA EJECUTORA Y ESTRUCTURA DE EJECUCIÓN

- 6.1 **Agencia ejecutora.** El organismo ejecutor (OE) será el [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura \(IICA\)](#). El IICA es un organismo internacional, adscrito de la Organización de los Estados Americanos (OEA). El IICA, a través de un Acuerdo firmado con el BID en apoyo a FONTAGRO el 18 de diciembre de 2020, está autorizado por el Consejo Directivo (CD) de FONTAGRO para ejecutar proyectos autorizados por este último para financiamiento.
- 6.2 **Gestión Administrativa y Financiera.** El OE será responsable de la gestión administrativa y financiera de los fondos del proyecto, mientras que el resto de las instituciones co-ejecutoras serán responsables de la implementación de las actividades técnicas y la entrega de productos y resultados previstos en el proyecto. La información de cada institución participante se detalla en el Anexo I. El OE administrará los fondos otorgados por el BID, en representación de FONTAGRO, y remitirá las partidas necesarias, en efectivo o en especie, a las organizaciones co-ejecutoras para que estas últimas cumplan con las actividades previstas en su plan de trabajo anual. La gestión administrativa y financiera del proyecto será llevada delante de acuerdo con las políticas del Banco y del Manual de Operaciones (MOP) de FONTAGRO. El responsable técnico del proyecto participará anualmente de los Talleres de Seguimiento Técnico de FONTAGRO, en donde presentará los avances técnicos anuales.
- 6.3 Durante la ejecución del Proyecto también podrán participar nuevas entidades, siempre y cuando el Organismo Ejecutor obtenga la no-objeción escrita de FONTAGRO y confirme que la nueva entidad tiene capacidad legal y financiera para participar en el Proyecto. La nueva entidad podrá participar en el Proyecto como: (i) Organización Co-ejecutora, en cuyo supuesto el Organismo Ejecutor deberá suscribir con la nueva entidad un Convenio de Co-ejecución conforme lo establecido, incluyendo las actividades y responsabilidades que asumirá la nueva entidad durante la ejecución del Proyecto y, en caso corresponda, las disposiciones para asegurar el aporte que efectuará al Proyecto; o (ii) Organización Asociada, en cuyo supuesto el Organismo Ejecutor deberá comunicar por escrito a la nueva entidad los principales términos y condiciones del Convenio, y, en caso corresponda, las indicaciones para asegurar el aporte que efectuará al Proyecto. El OE se compromete a llevar a cabo las gestiones necesarias y que estén a su alcance a fin de que las nuevas entidades cumplan con las disposiciones del Convenio.
- 6.4 **Adquisiciones.** El OE deberá realizar la adquisición de bienes y servicios, observando la Política de Adquisiciones de Bienes y Obras financiadas por el BID (GN-2349-15). Para la contratación de consultores se aplicará la Política para la Selección y Contratación de consultores financiados por el BID (GN-2350-15).
- 6.5 **Sistema de control interno.** El OE deberá mantener la gestión y controles internos tendientes para asegurar que: i) los recursos del Proyecto sean utilizados para los propósitos acordados, con especial atención a los principios de economía y eficiencia; ii) las transacciones, decisiones y actividades del Proyecto son debidamente autorizadas y ejecutadas de acuerdo a la normativa y reglamentos aplicables; y iii) las transacciones son apropiadamente documentadas y registradas de forma que puedan producirse informes y reportes oportunos y confiables. La gestión financiera se regirá por lo establecido en la Guía de Gestión Financiera para Proyectos Financiados por el BID (OP-273-12) y el Manual de Operaciones (MOP) de FONTAGRO.

- 6.6 **Informe de auditoría financiera externa y otros informes.** El OE deberá contratar la auditoría externa del proyecto con base a términos de referencia remitidos por la Secretaría Técnica Administrativa (STA) de FONTAGRO. La auditoría abarcará al monto total de la operación (incluyendo el financiamiento y la contrapartida local). Durante la vigencia del proyecto, el OE deberá presentar al Banco y a través de la STA, los productos y resultados comprometidos como también el Informe Técnico de Seguimiento Anual (ISTA) e informes financieros anuales auditados durante la vigencia del proyecto. Al finalizar el proyecto, el OE presentará al Banco, a través de la STA, un Informe Financiero Final Auditado. La auditoría se contratará con cargo a la contribución y de conformidad con lo establecido en la política OP-273-12. El informe final de auditoría deberá ser presentado al Banco en un plazo no mayor a 90 días posteriores a la fecha convenida de último desembolso de la contribución. Los mismos serán revisados y aprobados por el Banco, a través de la STA.
- 6.7 **Desembolsos.** En cumplimiento de las normas de FONTAGRO, el período de ejecución técnica del proyecto será de 42 meses y el período de desembolsos será de 48 meses. El primer desembolso se realizará una vez se cumpla con los procedimientos establecidos en el Manual de Operaciones de FONTAGRO, los siguientes desembolsos se realizarán semestralmente una vez se haya justificado al Banco al menos el 80% de los gastos ejecutados sobre el saldo total acumulado pendiente de justificación de los anticipos realizados con anterioridad. Los desembolsos podrán ser autorizados conforme se hayan entregado los productos comprometidos del periodo inmediato anterior. Los productos, previo a remitirse a la STA, deberán haber pasado un control interno de revisión de pares y venir acompañados de una nota oficial que certifique que tal proceso se ha llevado a cabo con transparencia y robustez científico-técnica.
- 6.8 **Tasa de cambio.** Para efectos de lo estipulado en el Artículo 9 de las Normas Generales, la tasa de cambio aplicable será la indicada en el inciso (b)(i) de dicho Artículo. Para efectos de determinar la equivalencia de gastos incurridos en moneda local con cargo al aporte local o del reembolso de gastos con cargo a la contribución de FONTAGRO, la tasa de cambio acordada será la tasa de cambio efectiva en la fecha de conversión de la moneda del desembolso a la moneda local del país del Beneficiario.
- 6.9 **Gestión, monitoreo y reporte de actividades técnicas.** El OE realizará la supervisión y monitoreo del avance técnico del proyecto durante la vigencia de éste. Todos los informes y productos deberán ser presentados de conformidad con las indicaciones del Manual de Operaciones (MOP) y del Manual de Gestión de Conocimiento y Comunicación. Los productos finales deberán ser sometidos a una revisión de pares internos del OE, y ser remitidos al BID a través de la STA, acompañados de una carta aval oficial del cumplimiento, provista por el representante legal del OE. El OE deberá presentar al Banco, a través de la STA, los siguientes informes:
- (i) Informes de Seguimiento Técnico Anual (ISTA) dentro de los treinta (30) días siguientes a la finalización de cada semestre calendario. Estos informes serán preparados conforme las indicaciones del Manual de Operaciones (MOP) de FONTAGRO y contemplarán sugerencias realizadas oportunamente por la STA;
  - (ii) Los productos y resultados comprometidos en la matriz de marco lógico y matriz de productos;
  - (iii) La cumplimentación de la base de datos técnicos digital; y
  - (iv) Un informe técnico final, dentro de los noventa (90) días contados a partir de la fecha final de ejecución del Proyecto, a fin de determinar el nivel de cumplimiento de los objetivos del mismo.
- 6.10 **Eventos no presenciales durante la COVID-19.** Como mecanismo de contingencia en relación con los potenciales impactos en la salud humana y en cualquier otro riesgo asociado, que pueda generar el brote de la COVID-19, declarada pandemia el 11 de marzo de 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), y con el propósito de precautelar la salud de los investigadores, de los beneficiarios y de toda persona que se encuentre directa o indirectamente involucrada en la ejecución y desarrollo del Proyecto, el Organismo Ejecutor se compromete a limitar todas las reuniones o eventos de carácter presencial a las mínimas imprescindibles. Se recomienda el uso de tecnologías de comunicación digital para las reuniones de coordinación y arranque del Proyecto, reuniones de seguimiento, talleres, seminarios, conversatorios, foros, congresos o cualquier otro tipo de reunión o evento. Cualquier reunión o evento imprescindible que se realice de manera presencial deberá cumplir con las disposiciones sanitarias emitidas por las autoridades correspondientes del país anfitrión. Esta medida tendrá vigencia durante el plazo de ejecución del Proyecto. El Organismo Ejecutor se compromete a solicitar que las Organizaciones Co-ejecutoras y las Organizaciones Asociadas cumplan con lo establecido en el presente párrafo.

- 6.11 FONTAGRO, como mecanismo de cooperación regional, fomenta que las operaciones se ejecutan a través de plataformas regionales, con el objetivo que los beneficios derivados de ella impacten positivamente en todos los países participantes. En esta oportunidad, la plataforma regional y por tanto los beneficios que esta genere, serán extensivos a las instituciones y países que a continuación se describen:

**Como organizaciones co-ejecutoras:**

- i. La **Universidad Industrial de Santander (UIS) de Colombia**. La UIS es una institución pública de Educación Superior, creada en el año 1947, con el propósito de formar integralmente personas de la más alta calidad ética, política y profesional que lideren procesos reflexivos y participativos para el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad en el cumplimiento de su Misión Institucional. En esta década, la UIS continúa consolidándose con la adscripción del Parque Tecnológico Guatiguará, reservado para la investigación. La UIS por su infraestructura y talento humano, tiene convenios internacionales de colaboración con más de 100 universidades y centros de investigación de diferentes partes del mundo. Asimismo, la UIS cuenta con personal, laboratorios y equipamientos para abordar investigaciones desde una perspectiva multidisciplinar de la ciencia. Especialmente en los últimos años se ha fortalecido el área de nanomateriales, contratando profesores-investigadores en estas áreas y adquiriendo nuevos equipos para la síntesis y caracterización de los mismos. En el área específica de la investigación presentada en esta propuesta, la UIS está financiando el proyecto titulado “Nanofertilizantes en la producción intensiva de forrajes bajo invernadero”, aprobado en la convocatoria del programa de investigación Santander Científico, este proyecto comenzó a ejecutarse en octubre de 2019 y se está desarrollando por los investigadores colombianos que presentan esta propuesta.
- ii. **Universidad Técnica de Manabí (UTM) de Ecuador**: Es una entidad pública fundada el 29 de octubre de 1952 en el gobierno presidencial del Dr. José María Velasco Ibarra. La UTM posee una gran infraestructura de investigación y amplia presencia geográfica considerando sus 4 Sedes (Portoviejo, Lodana, Chone y Bahía), cada una de las cuales, cuenta con terrenos de experimentación, laboratorios, invernaderos, piscinas, equipamiento y personal técnico especializado que será aprovechado en el presente proyecto. Los Doctores Pacheco y Zamora como coordinadores, ponen a disposición de la plataforma sus grupos de investigación “Uso Eficiente del Agua y Suelo en la Agricultura” y “Funcionamiento de Agroecosistemas e implicaciones agrícolas frente al cambio climático”, respectivamente. La UTM y los investigadores que participan en el proyecto cuentan con experiencia y experiencia tanto en las ciencias agropecuarias como en nanotecnología. Esta fortaleza se puede evidenciar por las redes y proyectos nacionales e internacionales, programas de posgrado, convenios interinstitucionales, participación en congresos internacionales y publicaciones que tributan a ambos ejes nanotecnología y agricultura sostenible. De igual manera se han organizado una serie de jornadas y eventos en torno a nanotecnología y aplicaciones agrícolas: a) Jornada Científica de Nanotecnología aplicada a Ciencias de Materiales, Biotecnologías y Ciencias Agrícolas, b) Jornada para la difusión de resultados del Proyecto de investigación “Electrospinning de Fibras Submicrométricas de fibroína de seda y quitosano: Biopolímeros producidos en el Ecuador, c) Ciclo de Conferencias en Nanotecnología Aplicada.

**Como organizaciones Asociadas:**

- i. **Sociedad de Agricultores de Santander (SAS) de Colombia**. La Sociedad de Agricultores de Santander, SAS, fue fundada en 1912 con la intención de representar a los agricultores, campesinos y ganaderos santandereanos en la búsqueda de mejores condiciones para el desarrollo del campo en el Departamento de Santander. Este departamento cuenta con 1216 asociados que en conjunto manejan y disponen de infraestructura para el mantenimiento y cultivo de un total de 3.678.851 árboles en alrededor de unas 9917 Ha. Esta asociación supone por tanto un importante conglomerado que le genera significativos ingresos y producción de alimentos para el mencionado Departamento. La SAS tiene un rol importante en el proyecto, debido a la caracterización e influencia en los agricultores del departamento, conociendo de cerca las falencias y fortalezas en cada zona, situando las experimentaciones de campo en el lugar adecuado para tener mayor probabilidad de éxito. El principal objetivo es de la asociación de agricultores de Santander es apoyar en las siguientes actividades a) Identificar los productores agrícolas que demuestren liderazgo en la comunidad. b) Identificar los predios en los cuales se van a hacer las pruebas de los nanofertilizantes. c) Apoyar con los resultados y su análisis para establecer la eficiencia en el uso de los nanofertilizantes en

la producción agrícola. d) Organizar productores para realizar actividades de capacitación, divulgación de resultados y socialización de las tecnologías.

- ii. **Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue (ASOMOSLOM)** de Ecuador es una entidad de organización comunal entre pequeños productores la cual está conformada actualmente por 174 socios, residentes de la comunidad Mapasingue, parroquia Colon, cantón Portoviejo, Provincia de Manabí, dedicados a la producción agropecuaria. ASOMOSLOM fue creada con 10 socios en 1978 y desde esa fecha se dedica a la organización de actividades que velen por el bienestar económico, social, cultural y agrícola de sus socios y moradores, con el fin de impulsar el desarrollo y la prosperidad del sector agropecuario de su entorno. Como fortaleza de la asociación es importante destacar el trabajo mancomunado para la producción y comercialización de sus productos, lo que permite un rango de acción más eficiente al momento de afrontar cualquier imprevisto, aprovechando la experiencia, de más de 20 años, en este tipo de actividades de varios de sus socios. Se desarrollan cultivos permanentes como cacao y limón, principalmente. Los cultivos de ciclo corto son variados con rubros como hortalizas y leguminosas, pero su actividad estrella la constituye el cultivo de maíz, cosechando alrededor de 1000 ha al año, por parte de los miembros de la asociación. El rol de la Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue será impulsar el proceso participativo de sus integrantes en las actividades del proyecto, articulando sinergias para la promoción del empoderamiento de las familias campesinas en la práctica de actividades agrícolas rentables económica y ambientalmente hablando. La ventaja de la participación de estas asociaciones en el proyecto se refleja en la posibilidad de consolidar un esfuerzo conjunto y colectivo, generando distintos saberes que nacen desde la práctica de los diferentes participantes, cumpliendo roles variados que coadyuvaran con la implementación de las recomendaciones generadas en el marco de este proyecto.

- 6.12 **Estimación de impacto económico ex ante, ambiental y social:** Mediante la ejecución de este proyecto se validarán, desarrollarán y aplicarán tecnologías para la utilización de nanofertilizantes, los cuales han demostrado su capacidad para incrementar la eficiencia en el uso de nutrientes en el suelo, lo que se traduce en una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, lixiviación de nutrientes, contaminación de las aguas, menores costos y mayor eficiencia en la producción de alimentos, pastos y forrajes, plantaciones forestales y otras materias primas de origen vegetal. Se esperan incrementos en la producción de biomasa y calidad nutricional de los cultivos, y por tanto, mayores ingresos para los agricultores generando una mejor calidad de vida y garantizando el sostenimiento de la producción. La realización de capacitaciones virtuales o presenciales sobre manejo de suelos y aplicación de fertilizantes favorecerán la interacción entre los agricultores e integrantes del proyecto y la creación de redes de colaboración. El análisis del impacto económico ex ante expresado en un horizonte anual de 5 años, con un crecimiento de ingresos del sector agro promedio del PIB nominal del 1,47%, inflación de largo plazo del 2,5% con un costo variable asociado a la utilización de nanofertilizantes en el suelo representado por un valor US\$ 13,15 adicionales para una producción terminada de 9,12 toneladas, incrementando la productividad de 8 toneladas (14%). La diferencia generada por incremento en productividad mediante la aplicación del nanofertilizante impacta en la generación de 1,12 toneladas adicionales de producción con una inversión marginal de US\$ 13,15 por cada 9,12 toneladas. Conforme a lo anterior, en el escenario abordado con una inversión inicial de US\$ 3,947 por concepto de gastos preoperativos del proyecto, inversión en activos fijos y capital de trabajo necesario para implementar la tecnología, el valor presente neto (VPN) indica la conveniencia en la inversión, dado que los flujos de caja compensan la tasa de rendimiento mínima esperada del inversionista establecida en un 12%, recupera la inversión inicial del proyecto y genera una ganancia económica adicional de US\$ 5,923.61. El indicador de evaluación financiera ex ante TIR (tasa interna de retorno) es del 62.7% debido a la inversión inicial baja comparada con el crecimiento de dichos flujos de caja libre, asumiendo el incremento de los ingresos por la producción adicional.

- 6.13 **Plan de gestión del conocimiento:** Se realizarán varias estrategias de difusión, comunicación y socialización de acuerdo a los resultados obtenidos, tales como a) Los investigadores y profesionales vinculados al proyecto realizaran Webinar, congresos presenciales o virtuales para los estudiantes y agricultores de las regiones de influencia del proyecto, b) La socialización de resultados a cargo de los investigadores a través de redes sociales, radio, prensa y medios de comunicación de cada una de las instituciones (UIS/UTM), c) Conversatorios y/o asambleas con las asociaciones (Sociedad de Agricultores de Santander y Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue), d) Se creará una red

de comunicaciones, e) Los resultados del proyecto se presentarán en eventos académicos f) Se publicarán los resultados en revistas indexadas de alto impacto y g) Los investigadores diseñarán cartillas de divulgación, formación e ilustración de la tecnología que ayudarán a los agricultores tanto en la caracterización del suelo como en la aplicación de la tecnología. Todas estas acciones estarán basadas en el instructivo de Gestión del Conocimiento, Comunicación y Visibilidad de FONTAGRO.

- 6.14 **Capacidad técnica de la plataforma:** Los investigadores Julián M. Botero y Mónica A. Botero han venido trabajando en proyectos de investigación desde hace aproximadamente cuatro años generando algunos productos de investigación que se encuentran listados en el Anexo. Asimismo, los investigadores de la UIS se encuentran ejecutando un proyecto de investigación titulado "Nanofertilizantes en la producción intensiva de forrajes bajo invernadero", el cual es financiado por la UIS y se constituye en la primera etapa del proyecto. En esta segunda etapa los investigadores UIS realizaron una alianza estratégica con los investigadores de la UTM, Henry Pacheco y Ezequiel Zamora Ledezma quienes cuentan experiencia en análisis de cultivos mediante análisis espectral y en el área de evaluaciones ecotoxicológicas y mediciones de GEI edáficos, respectivamente. Además, los investigadores UTM también desde hace más de dos años trabajan conjuntamente en varios proyectos como: a) Evaluaciones ecotoxicológicas de materiales con potencial uso agrícola y ambiental, Convenio con la Universidad YachayTech, y b) Estandarización de metodologías y sistemas de monitoreo de ODS ambientales en la Provincia de Manabí, financiado por el Grupo FARO y FFLA de Ecuador. Estos proyectos han permitido generar importantes productos científicos entre los que se destacan artículos indexados y capítulos de libros. Esta nueva alianza permitirá realizar investigaciones de mayor confiabilidad y complementar los análisis que se hacen en nanofertilizantes, suelos y producción vegetal. El investigador principal del proyecto es Rogelio Ospina de la UIS, y además de ello, será la persona encargada de liderar la síntesis y caracterización de las nanopartículas, Mónica Botero se encargará de los análisis estadísticos e interpretación de resultados en análisis de suelos, Jorge Quintero será el profesor encargado de la caracterización de los nanomateriales, Mauricio Botero tendrá a cargo los tratamientos de fertilización, análisis de suelos e impacto de gases de efecto invernadero, Henry Pacheco se encargará de los análisis espectrales y Ezequiel Zamora de los análisis de fitotoxicidad de los nanofertilizantes y el análisis de suelos e impacto de gases de efecto invernadero en el experimento de Ecuador.
- 6.15 **Contribución a la formación de recursos humanos:** Durante la ejecución del Proyecto se prevé: a) El desarrollo de seis tesis de pregrado y dos de posgrado en la IUS Colombia, para un total de 8 estudiantes; b) Desarrollo de seis tesis de pregrado y dos de posgrado en la UTM Ecuador, para un total de 8 estudiantes, c) La organización de al menos 1 evento de divulgación, y d) la realización de al menos cuatro conversatorios o asambleas con los productores involucrados en el proyecto y e) la publicación de cuatro artículos en revistas indexadas.
- 6.16 **Mecanismo de gestión y presupuesto:** El IICA será el OE, quien realizará la gestión administrativa y financiera del proyecto, remitiendo a los co-ejecutores las partidas necesarias. La UIS y la UTM, co-ejecutores, realizarán las actividades técnicas del proyecto y tendrán un responsable o punto focal que coordinará las actividades e interactuará con el resto de los puntos focales del IICA y de la UTM.
- 6.17 **Plan de sostenibilidad:** Como estrategia de sostenibilidad, aplicación de las tecnologías y resultados obtenidos en el proyecto, se constituirá una *spin-off* para la producción y comercialización de los nanofertilizantes que propicie el acceso de la tecnología por parte de los productores con un acompañamiento técnico de alta calidad. Se formularán y presentarán en convocatorias nuevos proyectos de investigación y extensión que involucren éstos y nuevos nanofertilizantes, buscando cuantificar su impacto en la producción. Se propondrán nuevos estudios empleando cultivos alternativos, en modelos bajo invernadero y en sistemas en campo, involucrando estudiantes de pre y posgrado que puedan realizar sus tesis correspondientes en el marco de la plataforma conjunta. Adicionalmente, la creación de la *spin-off* podría promover la obtención de recursos que propicien en primer lugar la autogestión del emprendimiento, y también el desarrollo de nuevas investigaciones y garanticen su aplicación. Asimismo, la realización del proyecto fortalecerá la red de colaboración binacional entre ambos países y se implementarán estrategias para expandir la red a otros países y organizaciones públicas y privadas relacionadas con tema.
- 6.18 **Bienes públicos regionales:** En este proyecto los co-ejecutores son universidades de carácter público, por tanto, los equipos que se adquieran se constituirán como bienes públicos para el beneficio de la



comunidad universitaria y de la sociedad en general.

- 6.19 **Estrategia de escalamiento:** La creación de la *spin -off* permitirá llegar a un mayor número de productores con precios competitivos. El *spin off* plantea una producción inicial de 20.000 kg mensuales, sin embargo, con base en la aplicación y divulgación de la tecnología se prevé un incremento progresivo, no obstante, esto obedecerá a un estudio de mercado y un estudio técnico económico que garantice la sostenibilidad de la empresa.
- 6.20 **Plan de propiedad intelectual:** El proyecto se regirá por las políticas, condiciones y disposiciones planteadas en el Manual de Operaciones 2020-2025 de FONTAGRO y el BID.

## VII. RIESGOS IMPORTANTES

- 6.1 Los riesgos y los planes de contingencia identificados para el presente proyecto son los siguientes: i) Efectos negativos de los nanofertilizantes sobre el recurso suelo, en este caso se realizarán estudios en laboratorio, bajo invernadero y en campo que permitirán identificar los efectos de los nanofertilizantes utilizados sobre la características químicas, físicas y biológicas del suelo; ii) Problemas climáticos que afecten los cultivos en campo, para esto se instalarán estaciones meteorológicas en cada uno de los cultivos con el fin de monitorear las condiciones climáticas y si es posible tomar correctivos; iii) Plagas o enfermedades que afecten los cultivos, se realizará un continuo seguimiento de la salud de las plantas y se tomaran correctivos con base en las buenas prácticas agrícolas para subsanar cualquier afectación; en caso de afectaciones severas la fase experimental sería repetida en el cultivo afectado; iv) Baja apropiación de la tecnología por parte de los productores, con el fin de lograr una mayor apropiación por parte de los productores se realizará la socialización de la tecnología con los productores y se presentarán conferencias tanto en eventos científicos como comerciales del sector agropecuario.

## VIII. EXCEPCIONES A LAS POLÍTICAS DEL BANCO

- 8.1. No se identifican excepciones a las políticas del Banco.

## IX. SALVAGUARDIAS AMBIENTALES

- 9.1. El proyecto no presenta impactos ambientales negativos, y por tanto es “Categoría C”.

## X. ANEXOS REQUERIDOS

- Anexo I. Organizaciones participantes
- Anexo II. Marco Lógico
- Anexo III. Matriz de Resultados
- Anexo IV. Cronograma
- Anexo V. Representación legal y trayectoria de las instituciones participantes
- Anexo VI. Curriculum Vitae resumido
- Anexo VII. Plan de Adquisiciones.
- Anexo VIII. Cartas de Compromiso del aporte de contrapartida local.
- Anexo IX. Referencias Bibliográficas

### Anexo I. Organizaciones participantes

#### Agencia Ejecutora

Organización: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Nombre y Apellido: Braulio Heinze Cargo: Director de Servicios Corporativos Dirección: 600 m. noreste del Cruce Ipís-Coronado, Correo Postal: Apdo 55-2200 San José, Vásquez de Coronado, San Isidro 11101. País: Costa Rica Email: <a href="mailto:braulio.heinze@iica.int">braulio.heinze@iica.int</a>	
<b>Administración y Finanzas</b>	<b>Dirección de Cooperación Técnica</b>
Organización: IICA Nombre y Apellido: Nathalia Coto Cargo: Dirección: 600 m. noreste del Cruce Ipís País: Costa Rica Email: <a href="mailto:nathalia.coto@iica.int">nathalia.coto@iica.int</a>	Organización: IICA Nombre y Apellido: Federico Villareal Cargo: Director de Cooperación Técnica Dirección: 600 m. noreste del Cruce Ipís País: Costa Rica Email: <a href="mailto:federico.villarreal@iica.int">federico.villarreal@iica.int</a>

#### Agencia co-ejecutora

Organización: <b>Universidad Industrial de Santander (UIS)</b> Nombre y Apellido: Hernán Porras Díaz Cargo: Rector Dirección: Burcaramanga – Colombia Cra 27 calle 9 País: Colombia Tel.: 7-6344000 Email: <a href="mailto:rectoria@uis.edu.co">rectoria@uis.edu.co</a>	
<b>Investigador</b>	<b>Co-investigador</b>
Organización: UIS Nombre y Apellido: Rogelio Ospina Cargo: Profesor - Investigador Dirección: Cra. 27 calle 9 País: Colombia Tel. directo:7-6344000 ext. 2540 Email: <a href="mailto:rospinao@saber.uis.edu.co">rospinao@saber.uis.edu.co</a>	Organización: UIS Nombre y Apellido: Mónica Andrea Botero Londoño Cargo: Profesora - Investigadora Dirección: Cra. 27 calle 9 País: Colombia Tel. directo:7-6344000 ext. 1320 Email: <a href="mailto:mabotero@saber.uis.edu.co">mabotero@saber.uis.edu.co</a>

#### Agencia co-ejecutora

Organización: <b>Universidad Técnica de Manabí (UTM)</b> Persona de contacto: Henry Antonio Pacheco Posición o título: Profesor- Co-Investigador Dirección: Av. Urbina con Che Guevara, Portoviejo. País: Ecuador Tel.: +593-996779613 Email: <a href="mailto:henrypacheco@gmail.com">henrypacheco@gmail.com</a>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Organizaciones Asociadas

<b>Organización 1:</b> Sociedad de Agricultores de Santander Persona de contacto: Hernán Guillermo Hernández Posición o título: Presidente y Representante Legal Dirección: Calle 55 No. 31-46 País: Colombia Tel.:7- 643 27 76 Email: <a href="mailto:hernanhernandez@msn.com">hernanhernandez@msn.com</a>
<b>Organización 2:</b> Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue. Persona de contacto: Ángel Heriberto Mera. Presidente. Posición o título: Productor Agropecuario Dirección: Comunidad San Lorenzo de Mapasingue País: Ecuador Tel.: +593 967288534

Anexo II. Marco Lógico

Resumen Narrativo	Indicadores Objetivamente Verificables (IOV)	Medios de verificación (MDV)	Supuestos relevantes
<b>Objetivo principal</b>	Cuantificar el efecto del uso de nanofertilizantes en la eficiencia de fertilización y en la mitigación de emisiones de óxido nítrico. sintetizarán y caracterizarán tres formulaciones de nanofertilizantes a base de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita, como propuesta alternativa y más eficiente, en comparación con la fertilización convencional.		
<b>Objetivos Específicos</b>			
OE 1	Sintetizar y caracterizar nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita		
OE 2	Determinar la toxicidad potencial de los nanofertilizantes a escala de laboratorio y evaluar el efecto de la adición de nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes y las características físicas, químicas y biológicas del suelo		
OE 3	Determinar el efecto de los nanofertilizantes en la producción de biomasa, respuesta espectral de los cultivos, y evaluación de las emisiones de óxido nítrico y dióxido de carbono		
OE 4	Crear un <i>spin off</i> para la producción y comercialización de nanofertilizantes		
<b>COMPONENTE I.</b>			
<b>Actividad 1.1</b>	Documento de investigación que evidencie la producción de nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita utilizando el método de molienda con molino planetario o aleación mecánica.	Producto 1	Continuidad en la estabilidad de la plataforma y en las condiciones del proyecto
<b>Actividad 1.2</b>	Publicación de artículo científico	Producto 2	
	Documento de investigación con la caracterización de los nanofertilizantes obtenidos mediante el método de molienda con molino planetario o aleación mecánica.	Producto 3	
<b>COMPONENTE II.</b>			
<b>Actividad 2.1</b>	Documento de investigación que demuestre la respuesta fisiológica de organismos bioindicadores terrestres frente a la exposición aguda a los nanofertilizantes.	Producto 4	Continuidad en la estabilidad de la plataforma y en las condiciones del proyecto
<b>Actividad 2.2</b>	Nota técnica que valide el efecto de aplicación de los nanofertilizantes en la absorción y concentración de nutrientes en la planta y el porcentaje en la eficiencia de uso de los nutrientes.	Producto 5	
<b>Actividad 2.3</b>	Documento de investigación que demuestre el efecto de la aplicación de los nanofertilizantes sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.	Producto 6	
	Publicación de artículo científico.	Producto 7	
<b>COMPONENTE III.</b>			
<b>Actividad 3.1</b>	Nota técnica que cuantifique el efecto de los nanofertilizantes en la producción de biomasa de los cultivos y en la calidad nutricional de las plantas.	Producto 8	Continuidad en la estabilidad de la plataforma y en las condiciones del proyecto
<b>Actividad 3.2</b>	Documento de investigación que valide el efecto de los nanofertilizantes en la respuesta espectral de los cultivos.	Producto 9	
<b>Actividad 3.3</b>	Documento de investigación que evidencie el efecto de la aplicación de los nanofertilizantes sobre las emisiones de óxido nítrico y dióxido de carbono edáfico.	Producto 10	
<b>COMPONENTE IV.</b>			
<b>Actividad 4.1</b>	Nota técnica donde se defina el tipo de propiedad intelectual más adecuada para la creación de la Spin-Off.	Producto 11	Continuidad en la estabilidad de la plataforma y en las condiciones del proyecto
	Nota técnica donde se presenten los soportes de los análisis de viabilidad financiera de la Spin-Off.	Producto 12	
<b>Actividad 4.2</b>	Propuesta de proyecto de creación de la Spin-off.	Producto 13	

Anexo III. Matriz de Resultados Indicativa

Resultado	Unidad de Medida	Línea Base	Año Base	P	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Fin	Medios de Verificación
<b>Resultados</b>										
Resultado 1	cantidad	0	2021	P	1	0	0	0	1	Producto 1
Resultado 2	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 2
Resultado 3	cantidad	0	2021	P	0	1	0	0	1	Producto 3
Resultado 4	cantidad	0	2021	P	0	1	0	0	1	Producto 4
Resultado 5	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 5
Resultado 6	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 6
Resultado 7	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 7
Resultado 8	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 8
Resultado 9	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 9
Resultado 10	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 10
Resultado 11	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 11
Resultado 12	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 12
Resultado 13	cantidad	0	2021	P	0	0	1	0	1	Producto 13

Componentes															Progreso Financiero:					
Producto	Tema	Grupo Producto Estándar	Indicador Producto Estándar		Indicador de Fondo (Indicador)		Año Base	Línea Base	P	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Fin	Medio de Verificación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Costo Total
			Indicador	Unidad Medida	Indicador	Unidad de Medida														
							[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[6]	[5]	[15]					
<b>COMPONENTE 1.</b>																				
Producto 1	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de documentos de investigación creados	Cantidad	2021	0	P	1	0	0	0	1	Producto 1 finalizado	51,030				51,030
Producto 2	SAS	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de Artículos científicos publicados	Cantidad	2022	0	P	-	1	0	0	1	Producto 2 finalizado		1,800			1,800
Producto 3	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de documentos de investigación creados	Cantidad	2021	0	P	0	1	0	0	1	Producto 3 finalizado	10,650				10,650
<b>COMPONENTE 2.</b>																				
Producto 4	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de documentos de investigación preparados	Cantidad	2021	0	P	0	1	0	0	1	Producto 4 finalizado	15,644	15,644			31,287.5
Producto 5	SAA	Productos de conocimiento	Notas técnicas creadas (#)	Notas (#)	Número de notas técnicas creadas	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 5 finalizado	6,823	6,823			13,645
Producto 6	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de documentos de trabajo preparados	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 6 finalizado	6,494	6,494			12,987.5
Producto 7	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de Artículos científicos publicados	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 7 finalizado		1,800			1,800
<b>COMPONENTE 3.</b>																				
Producto 8	SAA	Productos de conocimiento	Notas técnicas creadas (#)	Notas (#)	Número de notas técnicas creadas	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 8 finalizado	7,566	7,566			15,132
Producto 9	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de documentos de trabajo preparados	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 9 finalizado	3,556	3,556			7,111
Producto 10	SAA	Productos de conocimiento	Documentos de trabajos preparados (#)	Documento de investigación (#)	Número de documentos de trabajo preparados	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 10 finalizado	2,281	2,281			4,561
<b>COMPONENTE 4.</b>																				
Producto 11	SAA	Productos de conocimiento	Notas técnicas creadas (#)	Notas (#)	Número de notas técnicas creadas	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 11 finalizado	2,613	2,613			5,225
Producto 12	SAA	Productos de conocimiento	Notas técnicas creadas (#)	Notas (#)	Número de notas técnicas creadas	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 12 finalizado	2,613	2,613			5,225
Producto 13	SAA	Estudios de proyecto y propuestas	Propuesta de proyecto desarrollada (#)	Propuestas (#)	Número de propuestas preparadas	Cantidad	2021	0	P	0	0	1	0	1	Producto 13 finalizado			10,000		10,000
															<b>Gastos Administrativos</b>					17,445
															<b>Imprevistos</b>					4,000
															<b>Auditoría Externa</b>					8,000
															<b>Costo Total</b>					<b>199,899</b>

Anexo IV. Cronograma

Componente	Actividad	Año I				Año II				Año III				Año IV				Sitio	Institución
		Trim I	Trim II	Trim III	Trim IV	Trim I	Trim II	Trim III	Trim IV	Trim I	Trim II	Trim III	Trim IV	Trim I	Trim II	Trim III	Trim IV		
Componente 1	Actividad 1.1.	X	X	X	X	X	X											Colombia	UIS
	Actividad 1.2.			X	X	X	X	X	X									Colombia	UIS
Componente 2	Actividad 2.1.		X	X	X	X	X											Ecuador	UTM
	Actividad 2.2.			X	X	X	X	X	X									Colombia-Ecuador	UIS/UTM
	Actividad 2.3.				X	X	X	X	X	X								Colombia-Ecuador	UIS/UTM / ASOMOSLOM / SAS
Componente 3	Actividad 3.1.					X	X	X	X	X	X							Colombia	UIS UIS/UTM / ASOMOSLOM / SAS
	Actividad 3.2.					X	X	X	X	X	X							Colombia-Ecuador	UIS/UTM / ASOMOSLOM / SAS
	Actividad 3.3							X	X	X	X							Colombia-Ecuador	UIS/UTM / ASOMOSLOM / SAS
Componente 4	Actividad 4.1.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					Colombia	UIS
	Actividad 4.2.									X	X	X	X					Colombia	UIS

**Anexo V. Evidencias de representación legal y trayectoria de las instituciones participantes**

<b>Institución /País</b>	<b>Representante Legal</b>	<b>Responsable del Proyecto</b>	<b>Rol</b>	<b>Dedicación en % al proyecto</b>	<b>Tareas principales a realizar</b>
Universidad Industrial de Santander, Colombia	Hernán Porras	Rogelio Ospina	Investigador Principal	70	Liderar el proyecto: a) Producción de nanofertilizantes de dióxido de titanio, óxido de zinc y zeolita utilizando el método de molienda con molino planetario o aleación mecánica.
		Jorge H. Quintero	Investigador	50	Caracterizar los nanofertilizantes obtenidos con el método de molienda con molino planetario o aleación mecánica.
		Julián Mauricio Botero Londoño	Investigador	50	Coordinar en la UIS (Málaga) – Colombia: a) Evaluar el efecto de la adición de nanofertilizantes sobre la eficiencia en el uso de nutrientes, las características físicas, químicas y biológicas del suelo y b) Crear un <i>spin off</i> para la producción y comercialización de nanofertilizantes.
		Mónica Andrea Botero Londoño	Investigador	50	Coordinar en la UIS (Bucaramanga) – Colombia: a) Realizar análisis estadísticos, b) Crear un <i>spin off</i> para la producción y comercialización de nanofertilizantes.
IICA Colombia			Administrador	100	Llevar a cabo todas las actividades contables y financieras, realizar los procesos de compras, informes y estados financieros.
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador	Vicente Véliz Briones (Rector)	Henry A. Pacheco	Investigador	50	Coordinar en la UTM – Ecuador: a) Medición del NDVI de los cultivos experimentales en invernadero con el sensor portátil GreenSeeker, b) Ejecución de vuelos fotogramétricos para la captura de la respuesta espectral del cultivo en condiciones experimentales de campo, c) Cálculos de índices espectrales sobre los cultivos experimentales, y d) Análisis e interpretación de la respuesta espectral de cultivo bajo las diferentes condiciones experimentales.
		Ezequiel Zamora-Ledezma	Investigador	50	Coordinar en la UTM – Ecuador: a) Evaluaciones ecotoxicológicas y las mediciones del CO <sub>2</sub> edáfico; b) Montaje, seguimiento y monitoreo del experimento en campo en la UTM-Ecuador; c) Análisis interpretaciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del suelo, y d) Organización y sistematización de datos. Realización de análisis estadísticos.
IICA Ecuador			Administrador	100	Realizar actividades relacionadas con la ejecución del presupuesto.
Sociedad de Agricultores de Santander	Hernán Guillermo Hernández	Hernán Guillermo Hernández	Organización asociada	30	Coordinar las actividades de la asociación en el departamento de Santander - Colombia: a) Identificar los productores agrícolas que demuestren liderazgo en la comunidad. b) Identificar los predios en los

					cuales se van a hacer las pruebas de los nanofertilizantes. c) Apoyar con los resultados y su análisis para establecer la eficiencia en el uso de los nanofertilizantes en la producción agrícola. d) Organizar productores para realizar actividades de capacitación, divulgación de resultados y socialización de las tecnologías.
Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue.	Ángel Heriberto Mera	Ángel Heriberto Mera	Organización asociada	30	Coordinar las actividades de la asociación en la comunidad de Mapasingue - Ecuador: a) Identificar los productores agrícolas que demuestren liderazgo en la comunidad. b) Identificar los predios en los cuales se van a hacer las pruebas de los nanofertilizantes. c) Apoyar con los resultados y su análisis para establecer la eficiencia en el uso de los nanofertilizantes en la producción agrícola. d) Organizar productores para realizar actividades de capacitación, divulgación de resultados y socialización de las tecnologías.



## Anexo VI. Curriculum Vitae resumido

**Rogelio Ospina Ospina (UIS-Colombia)** Posdoctor (2011-2015 Centro Brasileiro de pesquisas físicas), PhD en Ciencia y Tecnología de Materiales (2011/Universidad Nacional de Colombia-Colombia), pasantía doctoral en el Instituto de física de Plasma de la Universidad de Buenos Aires, Maestría en Ciencias física (2006/Universidad Nacional de Colombia-Colombia) Ingeniero Físico (2005/ Universidad Nacional de Colombia – Colombia. Profesor Asociado a la escuela de física de la Universidad Industrial de Santander e Investigador Junior y par evaluador del ministerio de Ciencia y tecnología, Asesor de la Sociedad Colombiana de Ingeniería Física, Autor de 72 publicaciones científicas arbitradas (como se corrobora en Scopus), en áreas como: nanotecnología, recubrimientos, fenómenos de superficie, nanocatálisis, nanoestructuración de materiales, diseño de reactores, entre otros. Ponente en más de 40 eventos nacionales e internacionales. Actualmente director del Centro de Materiales y Nanociencias CMN de la Universidad Industrial de Santander, Coordinador de los laboratorios de física y director del grupo CIMBIOS/UIS, catalogado A1 en Minciencias (máxima categoría). Director de tesis terminadas de pregrado, Maestría y Doctorado.

### Publicaciones del 2020

- Cadmium selenide by XPS Surface Science Spectra 27 (1), 014021
- Incorporation of a dioxo-molybdenum (VI) complex into a titanium-functionalized Zr (IV)-Based metal-organic framework Microporous and Mesoporous Materials, 11035
- Thermal Treatment of (TiZr)N Coatings on CO<sub>2</sub> Controlled Atmosphere Surface and Interface Analysis
- Electrical transport through two-dimensional DNA nanostructure Journal of Physics: Conference Series 1448, 012018
- Octahedral distortion and electronic properties of the antiperovskite oxide Ba<sub>3</sub>SiO: First principles study Journal of Physics and Chemistry of Solids 136, 109126

### Publicaciones de Interés.

- Gold nanoparticles size distribution by pulsed laser varying the wavelength  
Journal of Physics: Conference Series 1418 (1), 012019
- Obtaining ZrN, ZrO, ZrC powder in a nitrogen atmosphere by means of a Ball Mill  
Journal of Physics: Conference Series 1247 (1), 012040

**LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/in/rogelio-ospina-204008143/>

**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Rogelio\\_Ospina2](https://www.researchgate.net/profile/Rogelio_Ospina2)

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9394-4515>

**Julián Mauricio Botero Londoño (UIS-Colombia)**, Dr. en ciencias agrarias, énfasis en manejo de suelos y aguas (2017/ Universidad Nacional de Colombia sede Palmira - Colombia), Magíster en Ciencias Agrarias, énfasis en producción animal tropical. (2004/ Universidad Nacional de Colombia sede Palmira - Colombia), Zootecnista (2001/ Corporación Universitaria De Santa Rosa De Cabal, Unisarc, Colombia). Profesor en la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga. Integrante del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica – GISEL de la Universidad Industrial de Santander.

(<https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=0000000008215>)

Investigador Junior en el Ministerio de Ciencia de Colombia

([https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0000243884](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000243884)). Más de 6

publicaciones científicas arbitradas en revistas nacionales e internacionales. **LinkedIn:**

<https://co.linkedin.com/in/juli%C3%A1n-mauricio-botero-londo%C3%B1o-5208a31b3>.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4318-8221>

**Jorge H. Quintero-Orozco (UIS – Colombia)**, PhD en Ciencia y Tecnología de Materiales (2011/Universidad Nacional de Colombia-Colombia), Ingeniero Físico (2005/ Universidad Nacional de Colombia – Colombia. Profesor Asociado de la Universidad Industrial de Santander e Investigador Junior de Minciencias/Colombia. Autor de 31 publicaciones científicas arbitradas (como se corrobora en Scopus), en áreas superficiales como: nanotecnología, recubrimientos, nanofertilizantes y nanotubos de carbono, entre otros. Ponente en más de 40 eventos nacionales e internacionales. Actualmente investigador del grupo CIMBIOS/UIS, catalogado A1 en Minciencias (máxima categoría). Director de tesis terminadas de pregrado, Maestría y Doctorado. Investigador invitado en universidades internacionales como Newcastle University (Inglaterra) o el Centro de Investigaciones de Pesquisas Física (Brasil).  
**LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/in/jorge-hern%C3%A1n-quintero-orozco-51b5381b3/>  
**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Jorge\\_Quintero3](https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Quintero3)  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9394-4515>

**Mónica Andrea Botero Londoño (UIS-Colombia)**, Dra. en Ciencias-Física (2008/ Universidad Nacional de Colombia - Colombia), Magíster en Física (2004/ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales - Colombia), Ingeniera Electricista (1999/ Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” – Colombia). Profesora Titular en la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander. Directora del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica – GISEL de la Universidad Industrial de Santander con categoría A en Minciencias.  
(<https://scienti.minciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000008215>)  
Investigadora Asociada en el Ministerio de Ciencia de Colombia  
([https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0000018368](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000018368)). Par evaluador reconocido por Minciencias (Colombia). Más de 15 artículos publicados en revistas nacionales e internacionales. Una (1) patente otorgada.  
**LinkedIn:** [https://co.linkedin.com/in/m%C3%B3nica-andrea-botero-londo%C3%B1o-b285b150?trk=people-guest\\_people\\_search-card](https://co.linkedin.com/in/m%C3%B3nica-andrea-botero-londo%C3%B1o-b285b150?trk=people-guest_people_search-card)  
**Google scholar:** <https://scholar.google.com/citations?user=VX17eBYAAAAJ&hl=es>.  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1706-3182>

**Ezequiel Zamora-Ledezma (UTM-Ecuador)**, PhD en Ecosistemas y Ciencias Agrónomas (2013/ Université de Montpellier-Francia), Magíster Ciencias Biológicas (2008/ Universidad Simón Bolívar - Venezuela), Biólogo (2002/ Universidad de Los Andes – Venezuela). Investigador y Tutor de Pericia de Restauración de Ecosistemas Terrestres de (INTEVEP – Venezuela, 2004-2018). Director del Instituto de Formación e Investigación en Salud y Ambiente, Coordinador y Docente de la Maestría en Ecología e Hidrocarburos (UVH-Venezuela, 2014-2018). Docente de la Facultad de Ingeniería Agrícola y Coordinador del Grupo de investigación Funcionamiento de Agroecosistemas y Cambio Climático (UTM-Ecuador, desde 2018). Coordinador y docente de la Maestría de Investigación en Agroecología y Cambio climático (UTM-Ecuador, 2019-actualidad). Coordinador de proyectos ambientales y de cambio climático nacionales e internacionales (Venezuela, Francia, España, Canadá). Acreditado como investigador ante la SENESCYT-Ecuador desde 2018. Responsable de la Comisión de Investigación de la Red de Desarrollo Urbano Sostenible de Manabí – ReDUS (desde 2020). Profesor invitado en varias universidades nacionales e internacionales (Venezuela, Ecuador, Francia). Más de 20 publicaciones científicas arbitradas en revistas nacionales e internacionales incluyendo 1 libro y 3 Capítulos. Ponente en más de 40 eventos nacionales e internacionales.  
**LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/in/ezequiel-zamora-ledezma-979b402a>  
**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Ezequiel\\_Zamora\\_Ledezma3](https://www.researchgate.net/profile/Ezequiel_Zamora_Ledezma3)  
**ORCID:** [0000-0002-5315-2708](https://orcid.org/0000-0002-5315-2708).

**Henry Antonio Pacheco Gil (UTM-Ecuador)**, PhD en Ciencias de la Ingeniería (2011/ Universidad Central de Venezuela), Magíster en Geografía Física (2001/ Universidad Pedagógica Experimental Libertador, UPEL), Profesor en Ciencias de la Tierra (1994/ UPEL). Formó parte del personal académico ordinario de la UPEL (Caracas, Venezuela), desempeñándose en calidad de docente / investigador adscrito al Departamento de Ciencias de la Tierra (DCT) y al Centro de Investigación Estudios del Medio Físico

Venezolano (CIEMEFIVE) del IPC, institución en la que prestó servicios durante 20 años ininterrumpidos (1995-2015). Alcanzó la categoría de Profesor Asociado a Dedicación Exclusiva y ejerció los cargos de jefe de la Cátedra de Geodesia, Coordinador del Programa Académico de Ciencias de la Tierra, jefe del DCT y Coordinador de la maestría en geografía Física. En Venezuela fue Miembro del Programa Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII) del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación (MPPCTI) durante 14 años (2000-2014). Investigador vinculado al programa PROMETEO de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT) (Ecuador), desde agosto 2014 hasta septiembre 2015. A partir de 2015 es Profesor Principal 1 e Investigador ordinario a Tiempo Completo de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) en Portoviejo (Ecuador), adscrito a la facultad de Ingeniería Agrícola. En esta institución ejerce funciones como Miembro del Consejo Científico, Coordinador de Investigación y Miembro del Consejo de Publicaciones. En 2016 fue reconocido, acreditado y categorizado por la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT) (Ecuador) como Investigador en la Categoría Agregado II. Ha sido tutor de varios trabajos de investigación de pregrado y de tesis de postgrado (Maestría y Doctorado). Autor y coautor de diversos artículos científicos publicados en revistas especializadas y de capítulos de libros, así como investigador responsable, director, participante y/o consultor en múltiples proyectos de investigación desde 1994.

**LinkedIn:** <https://www.linkedin.com/in/henry-pacheco-61b4b399/?originalSubdomain=ec>

**ResearchGate:** [https://www.researchgate.net/profile/Henry\\_Pacheco\\_Gil](https://www.researchgate.net/profile/Henry_Pacheco_Gil)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9997-9591>

### Anexo VII. Plan de Adquisiciones

PLAN DE ADQUISICIONES DE COOPERACIONES TECNICAS NO REEMBOLSABLES										
País: Colombia y Ecuador			Agencia Ejecutora (AE): UIS			Sector Público				
Número del Proyecto: ID475			Nombre del Proyecto: Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nítrico							
Período del Plan: 2021- 2025										
Monto límite para revisión ex post de adquisiciones:			Bienes y servicios (monto en US\$): <u>127.887</u>				Consultorías (monto en US\$): 72.012			
N° Item	Ref. POA	Descripción de las adquisiciones (1)	Costo estimado de la Adquisición (US\$)	Método de Adquisición (2)	Revisión de adquisiciones (3)	Fuente de Financiamiento y porcentaje		Fecha estimada del Anuncio de Adquisición o del Inicio de la contratación	Revisión técnica del JEP (4)	Comentarios
						BID/MIF %	Local / Otro %			
		<b>Consultores:</b>						jul-21		
		Consultores:	72.012	CD	Ex Post	100%				
		<b>Subtotal</b>	<b>72.012</b>							
		<b>Bienes:</b>						jul-21		
		Compra de Molino planetario de bolas	15.000	CP	Ex Post	100%		jul-21		
		Digestor de Microondas	11.720	CP	Ex Post	100%		jul-21		
		EGM-5 Portable CO2 Gas Analyzer, SRC-2 Soil Respiration Chamber - Closed System, STP-2 Soil Temperature Probe, HydraProbe Soil, Moisture and Soil, Quantum Sensor, Leveling Unit for ACS038 Quantum Sensor, Temperature Sensor, Rugged Transport Case, EGM-5	13.000	CP	Ex Post	100%		jul-21		
		Programa Pix4Dfields, Educational - Perpetual license	1.500	CP	Ex Post	100%		jul-21		
		<b>Subtotal</b>	<b>41.220</b>							
		<b>Materiales e insumos</b>						jul-21		
		Materiales e insumos	38.700	CP	Ex Post	100%				
		<b>Subtotal</b>	<b>38.700</b>					jul-21		
		<b>Servicios:</b>						jul-21		
		Viajes y viáticos	6.000	CD				jul-21		
		Publicación de artículos	3.600	CD	Ex Post	100%		jul-21		
		Capitaciones	8.922	SBPF	Ex Post	100%		jul-21		
		Gastos Administrativos	17.445	SN	Ex Post	100%				
		imprevistos	4.000							
		Auditoría Externa	8.000	SBMC	Ex Post	100%				
		<b>Subtotal</b>	<b>47.967</b>							
		<b>TOTAL</b>	<b>199.899</b>	<b>Preparado por: Rogelio Ospina</b>						

## Anexo VIII. Cartas de Compromiso del aporte de contrapartida local



RADICADO UIS:

D20-03337

22/JULIO/2020

1110

Bucaramanga,

Doctora

EUGENIA SAINI

Atn. Secretaría Técnica Administrativa

**FONDO REGIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA - FONTAGRO**

Washington, D.C.

**Asunto:** Aval de Aporte de Contrapartida al proyecto "Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nitroso".

Estimada doctora Eugenia Saini:

Nos es grato confirmar la participación de la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER** como organismo ejecutor del proyecto "Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nitroso", con título corto "Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nitroso", cuyo tema de investigación está incluido en el plan de trabajo de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Asimismo, informamos que en calidad de rector de la universidad no tengo objeción a la participación en la plataforma.

La institución se compromete a un aporte de contrapartida en especie de TRESCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y CINCO DÓLARES AMERICANOS (USD\$399.735), cuantificados a una TRM de \$4.000 el dólar, desglosada de acuerdo al siguiente detalle:

Categorías de Gasto	Descripción de la categoría de Gasto	Valor USD
01. Consultores	Horas hombre de investigadores UIS	USD \$ 109.800
02. Bienes y servicios	Uso de equipos	USD \$ 282.435
03. Materiales e insumos	-	USD \$ 0
04. Viajes y viáticos	-	USD \$ 0

Rectoría  
Ciudad Universitaria, Calle 9  
PBX: 6344000, ext. 2425. Telefax + (57-7) 6350541  
Correo electrónico: [rectoria@uis.edu.co](mailto:rectoria@uis.edu.co), Portal web: [www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)  
Carrera 27 con calle 9, ciudad universitaria. Bucaramanga, Colombia





Categorías de Gasto	Descripción de la categoría de Gasto	Valor USD
05. Capacitación	Material Bibliográfico y bases de datos	USD \$ 7.500
06. Gestión del conocimiento y Comunicaciones	-	USD \$ 0
07. Gastos Administrativos	-	USD \$ 0
08. Imprevistos	-	USD \$ 0
09. Auditoría Externa	-	USD \$ 0
<b>Total</b>		<b>USD \$ 399.735</b>

Cordial saludo,



**HERNÁN PORRÁS DÍAZ**  
Rector, Universidad Industrial de Santander

Correo electrónico: [rectoria@uis.edu.co](mailto:rectoria@uis.edu.co)

**HERNÁN PORRÁS DÍAZ**  
CC 13.843.619 de Bucaramanga  
Rector y Representante Legal  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
Carrera 27, Calle 9. Ciudad Universitaria, Bucaramanga, Santander, Colombia.  
PBX: 6344000 ext. 2425



Rectoría  
Ciudad Universitaria, Calle 9  
PBX: 6344000, ext. 2425. Telefax + (57-7) 6350541  
Correo electrónico: [rectoria@uis.edu.co](mailto:rectoria@uis.edu.co). Portal web: [www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)  
Carrera 27 con calle 9, ciudad universitaria. Bucaramanga, Colombia





**UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE MANABÍ**

**RECTORADO**  
Portoviejo-Manabí-Ecuador

Portoviejo, 06 de julio de 2020  
Oficio No.2280-R-UTM

Asunto: Carta de Aporte de Contrapartida. Proyecto *Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nítrico*

Doctora  
Eugenia Saini  
Secretaria Ejecutiva, FONTAGRO

Estimada Dra. Eugenia:

Nos es grato confirmar la participación de la Universidad Técnica de Manabí como organismo co-ejecutor del proyecto *Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nítrico*, con título corto *Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nítrico*, cuyo tema de investigación está incluido en el plan de trabajo de la Universidad Técnica de Manabí. Asimismo, informamos que el suscrito Vicente Véliz Briones, Rector, no tiene objeción a la participación en la plataforma.

La institución se compromete a un aporte de contrapartida en especie, de 30000 dólares americanos, desglosada de acuerdo al siguiente detalle:

Categorías de Gasto	
01. Consultores	27000
02. Bienes y servicios	0
03. Materiales e insumos	3000
04. Viajes y viáticos	0
05. Capacitación	0
06. Gestión del conocimiento y Comunicaciones	0
07. Gastos Administrativos	0
08. Imprevistos	0
09. Auditoria Externa	0
<b>Total</b>	<b>30000</b>

Atentamente,



Presente a la acreditación por:

**VICENTE  
FELIX VELIZ**

Ing. Vicente Véliz Briones, Ph.D

**RECTOR**

[www.utm.edu.ec](http://www.utm.edu.ec)

**LA ACREDITACION ES  
COMPROMISO DE  
TODOS**

DIR: Av. Urbina y Che Guevara  
RUC:1360002090001  
APARTADO: 82 TELEF: (05) 2635-61  
FAX: (05) 2651-569 EXT. 111-115  
E-MAIL: rectorado@utm.edu.ec



Bucaramanga, Julio 13 de 2020

Doctora  
EUGENIA SAINI  
Secretaria Ejecutiva, FONTAGRO

Asunto: Carta de Aporte de Contrapartida. Proyecto *Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nitroso*

Estimada Dra. Eugenia Saini,

Nos es grato confirmar la participación de la *Sociedad de Agricultores de Santander* como organización asociada del proyecto *Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nitroso*, con título corto *Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nitroso*, cuyo tema de investigación está incluido en el plan de trabajo de la *Sociedad de Agricultores de Santander*. Asimismo, informamos que el señor HERNAN GUILLERMO HERNANDEZ, Presidente y Representante Legal de la institución no tiene objeción a la participación en la plataforma.

La institución se compromete a un aporte de contrapartida en especie, de US\$5.000 desglosada de acuerdo al siguiente detalle:

Categorías de Gasto	
01. Consultores	US\$1.000
02. Bienes y servicios	US\$1.000
03. Materiales e insumos	
04. Viajes y viáticos	
05. Capacitación	US\$1.000
06. Gestión del conocimiento y Comunicaciones	US\$1.000
07. Gastos Administrativos	US\$1.000
08. Imprevistos	
09. Auditoria Externa	
<b>Total</b>	<b>US\$5.000</b>

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "H. G. Hernández".

**HERNÁN GUILLERMO HERNÁNDEZ**  
Presidente  
Sociedad de Agricultores de Santander

Calle 55 No. 31-46 – Teléfono: (7) 643 27 76 – Celular: 315-3711620 Bucaramanga – Colombia  
E-mail: [sociedadagricultoresantander@gmail.com](mailto:sociedadagricultoresantander@gmail.com)



[Mapasingue, 14 de Julio de 2020]

Asunto: Carta de Aporte de Interés. Proyecto *Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nítrico*

Doctora  
Eugenia Saini  
Secretaría Ejecutiva, FONTAGRO  
Estimada Dra. Eugenia,

Nos es grato confirmar la participación de la Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue, como organización asociada del proyecto *Uso de nanofertilizantes para incrementar la eficiencia en la fertilización y mitigar las emisiones de óxido nítrico*, con título corto *Nanofertilizantes en el suelo y emisiones de óxido nítrico*, cuyo tema de investigación es de mucho interés para los objetivos y planes de trabajo de La Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue. Asimismo, informamos que el señor Sr. Ángel Heriberto Mera Mera, como presidente, no tiene objeción a la participación en la plataforma.

La institución se compromete a un aporte de contrapartida en especie, basada en la disposición de pequeñas parcelas dentro de los cultivos de la Asociación para el desarrollo de algunos de los experimentos del proyecto. Estos experimentos consisten en la aplicación diferenciada de nanofertilizantes para evaluar sus efectos sobre el cultivo y el suelo. El aporte de contraparte queda desglosado de acuerdo al siguiente detalle:

Categorías de Gasto	
01. Consultores	
02. Bienes y servicios	1.000
03. Materiales e insumos	1.000
04. Viajes y viáticos	
05. Capacitación	
06. Gestión del conocimiento y Comunicaciones	
07. Gastos Administrativos	
08. Imprevistos	
09. Auditoria Externa	
<b>Total</b>	<b>2.000</b>

Atentamente,



Firma

Sr. Ángel Edilberto Mera Mera  
C.I. 130511868-7  
Presidente.

Asociación de Moradores San Lorenzo de Mapasingue