



ANEXO 3.1

DOCUMENTO TÉCNICO SOPORTE FORMULACIÓN PROYECTO MGA

1 Identificación del proyecto

1.1 *Nombre del Proyecto*

Prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca).

1.2 *Nombre del Centro de Formación*

Centro de Comercio y Servicios, regional Cauca.

Autores: Dora Lucila Troyano Sánchez; Juan Pablo Martínez Idrobo; Juan Diego Otero Sarmiento; Merly Gisela Vidal Morcillo; Willian Castillo; Ingrid Yesenia Reyes; Javier Fernando Rosero Madroñero; Nenyer Yoleider Martínez Ayala; Didier Fabian Tunubalá; Andry Janeth Fernández Hoyos.

1.3 *Nombre de la entidad o entidades aliadas*

- Centro Agropecuario – Regional Cauca
- Programa de biología Universidad del Cauca
- Alcaldía de Toribio
- Resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó. (proyecto NASA)

1.4 *Beneficiados con el proyecto*

- Alcaldía de Toribio
- Resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó. (proyecto NASA)

2 Resumen Ejecutivo

El proyecto liderado por el SENA Regional Cauca busca potenciar el conocimiento y los usos valorativos de la hoja de coca mediante la consolidación de investigaciones previas y el desarrollo/maduración de prototipos de productos. En colaboración con las comunidades indígenas de Toribío, San Francisco y Tacueyó, la iniciativa tiene como objetivos analizar la admisibilidad sanitaria de productos alimenticios derivados de la coca, determinar la funcionalidad de extractos y productos priorizados, y normalizar procesos para la elaboración de abonos orgánicos enriquecidos con hoja de coca. Este esfuerzo no solo fortalece las políticas públicas relacionadas con el aprovechamiento sostenible de este recurso agrícola, sino que también responde a la urgencia de promover iniciativas que impulsen el desarrollo en el Cauca, un departamento profundamente afectado por condiciones socioeconómicas complejas y los impactos del conflicto.

En este sentido, el proyecto “Prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca)” (2025) da continuidad al trabajo realizado en la iniciativa SGPS-13218-2024 “Caracterización de extractos



totales de hojas frescas de *Erythroxylum coca* para fertilizantes naturales agropecuarios en el Cauca”, basados en los resultados alcanzados, este proyecto centra sus esfuerzos en el desarrollo de modelos de productos elaborados con extractos y hoja seca/fresca de coca con características técnicas y funcionales comprobadas científicamente. Para su ejecución se integran las capacidades de I+D de los centros de Comercio y Servicios y Agropecuario del SENA Cauca, articulando a la Universidad del Cauca a través del departamento de biología.

Para alcanzar este propósito, la iniciativa despliega tres frentes de acción complementarios mediante los cuales se i) analizará la admisibilidad sanitaria de productos elaborados con hoja de coca comerciales y de uso tradicional conforme a los requerimientos de la revisión crítica ante Naciones Unidas, en este componente, se priorizarán de forma participativa productos asociados a usos tradicionales, con despliegue en mercado o potencial de aplicación medicinal considerando la modularidad del centro.

De igual forma, se ii) determinará la funcionalidad de los extractos de hoja de coca y los productos priorizados para el desarrollo de prototipos. Para esto se validará la ruta de obtención de los extractos, se afinarán los datos de caracterización tanto para extractos como para los bienes seleccionados y se establecerán las funcionalidades/potencialidades aplicando herramientas de la bioinformática que se complementarán con análisis de toxicidad.

El tercer frente corresponde a la iii) normalización del proceso de elaboración del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (Cocalofa), el cual reconoce y fortalece el trabajo adelantado desde el centro agropecuario, abordando la estandarización de procedimientos, la especificación de los componentes del abono líquido (Cocalofa), las pruebas de laboratorio que comprueben la consistencia del producto y el proceso para realizar el registro de este prototipo ante las autoridades correspondientes (ICA).

Atendiendo lo expuesto, la orientación metodológica está dada por el alcance del objetivo general y sus 3 objetivos específicos, en este sentido se plantean las diferentes fases y subactividades, el diseño metodológico corresponde a una investigación de tipo observacional, longitudinal, analítica y prospectiva (Sampieri, et al, 2014), por ello, la construcción o ajuste de las técnicas e instrumentos de levantamiento de información primaria, se realizará acorde con los contextos y comunidades de estudio. El enfoque de investigación en este proyecto es mixto, se apoya en las fortalezas de los métodos cualitativos y cuantitativos, con fundamento en la triangulación de datos a diferentes niveles y el análisis multicriterio. Todo lo anterior integrando el componente de apropiación social desde y hacia las comunidades de estudio y entre las entidades que realizan esta investigación

3 Palabras Claves

Hoja de coca, Prototipado de productos, Comunidades indígenas, Bioinformática, Citotoxicidad, Apropiación social, Validación y Normalización



4 Introducción

La hoja de coca (*Erythroxylum spp.*) ha sido un elemento central en la cosmovisión y la economía de los pueblos indígenas de Colombia y en especial del departamento del Cauca, representando un legado biocultural con múltiples aplicaciones medicinales, alimenticias y agrícolas. A pesar de su estigmatización, la bioprospección de esta planta ha revelado un gran potencial para el desarrollo de productos innovadores con valor agregado, en línea con estrategias de aprovechamiento sostenible y reconocimiento de saberes ancestrales (Baptiste et al., 2022). En este sentido, se resalta la urgencia de generar prototipos de productos elaborados a partir de extractos y hoja de coca, promoviendo su validación científica y su integración en cadenas productivas sostenibles en zona de tradicional uso, tales como los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó.

Para garantizar la viabilidad de estos productos, es fundamental comprender el marco normativo y los requisitos sanitarios que rigen su comercialización. Por ello, uno de los ejes del proyecto se centra en el análisis de la admisibilidad sanitaria de productos con hoja de coca. La política para el desarrollo comercial de la biotecnología en Colombia ha resaltado la necesidad de estructurar procesos de regulación que permitan el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo especies con potencial de uso industrial y farmacéutico como la hoja de coca (DNP, 2011). Este enfoque permitirá establecer lineamientos claros para la legalización y comercialización de productos derivados de la coca con fines alimenticios, fortaleciendo su aceptación en mercados regulados.

Asimismo, el proyecto abordará la determinación de la funcionalidad de los extractos de hoja de coca y su potencial en el desarrollo de prototipos. Investigaciones previas han identificado la presencia de flavonoides y otros compuestos bioactivos en la hoja de coca, los cuales pueden tener aplicaciones en la industria alimentaria y de la salud (Rubio et al., 2019; Sauvain et al., 1997; Islam, 2011). Mediante estudios de bioactividad y caracterización fisicoquímica, se evaluarán las propiedades nutricionales y farmacológicas de estos extractos, resaltando su potencial para la formulación de alimentos funcionales y productos de bienestar (Jara-Muñoz, 2008). La integración de este conocimiento con el saber tradicional permitirá una aproximación holística al aprovechamiento de la planta, asegurando su uso responsable y ético en beneficio de las comunidades.

En el ámbito agrícola, la normalización del proceso de producción del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (Cocalofa) representa una oportunidad clave para la gestión sostenible de los suelos en el territorio. La bioprospección ha evidenciado que ciertos componentes de la hoja de coca pueden enriquecer bioinsumos agrícolas, mejorando la fertilidad del suelo y/o aportando a la restauración del mismo, promoviendo sistemas agroecológicos eficientes (Elementa, 2018). Este bioinsumo, desarrollado con base en principios agroecológicos y experiencias locales, contribuirá a mejorar la productividad de cultivos, promoviendo modelos de agricultura regenerativa en los resguardos indígenas inicialmente (Farthing y Ledebur, 2015), pero con potencial de aplicación en otros suelos colombianos.

En conjunto, este proyecto busca aportar a la consolidación de alternativas económicas basadas en el uso legal y sostenible de la hoja de coca, empoderando a las comunidades a través de la generación de conocimiento y el desarrollo de productos con alto valor agregado (Baptiste et al., 2022). Mediante la combinación de investigación científica, fortalecimiento productivo y reconocimiento de los derechos territoriales y culturales, se espera contribuir a la transformación



de la narrativa en torno a la coca, consolidando su rol como un recurso estratégico para el desarrollo regional en el Cauca (UNODC, 2019).

5 Alineación con Plan Nacional de Desarrollo, Plan Estratégico Institucional y Línea Tecnológica

5.1 *Alineación con el Plan de Desarrollo Nacional*

El proyecto se alinea con varios pilares estratégicos del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: "Colombia Potencia Mundial de la Vida". A continuación, se presentan los aportes del proyecto a estos pilares:

1. **Seguridad Humana y Justicia Social:** El proyecto contribuye al fortalecimiento de la economía campesina e indígena a través del aprovechamiento sostenible y legal de la hoja de coca. Esto se alinea con el enfoque de seguridad humana, que busca garantizar medios de vida dignos y la protección de derechos fundamentales para las comunidades rurales y étnicas. Al desarrollar prototipos de productos derivados de la coca con valor agregado, el proyecto abre oportunidades de ingresos sostenibles y fomenta la formalización de actividades económicas en territorios históricamente marginados y afectados por el conflicto armado.
2. **Derecho Humano a la Alimentación:** El proyecto también se vincula con este pilar, pues incluye el posible uso de la hoja de coca en productos funcionales con beneficios nutricionales. Esto se conecta con la necesidad de diversificar las fuentes alimenticias y reconocer el potencial de especies autóctonas en la seguridad alimentaria de comunidades rurales y urbanas. Además, el desarrollo de insumos agrícolas como el abono Cocalofa contribuye a la sostenibilidad de la producción de alimentos en los territorios beneficiados en el Departamento del Cauca, con potencial de aplicación en otras zonas colombianas.
3. **Internacionalización, Transformación Productiva para la Vida y Acción Climática:** El componente de normalización de productos derivados de la hoja de coca permite avanzar en la transformación productiva del sector rural mediante procesos de innovación y agregación de valor. Al investigar la admisibilidad sanitaria de estos productos y explorar mercados regulados, el proyecto aporta a la internacionalización de productos derivados de la biodiversidad colombiana. Asimismo, el uso de bioinsumos como el abono líquido Cocalofa fortalece la acción climática, al reducir el impacto ambiental de la agricultura y mejorar la sostenibilidad de los suelos en comunidades indígenas.

En conclusión, este proyecto no solo fortalece el desarrollo económico y social de los territorios indígenas del Cauca, sino que también se alinea con los objetivos nacionales de inclusión productiva, seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental definidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

5.2 *Alineación con el Plan Estratégico Institucional*

El proyecto "Prototipado de productos elaborados con coca" contribuye directamente a la implementación de la estrategia CampeSENA, vinculada con la meta VA-O1-I1 del Plan Estratégico Institucional del SENA 2023-2026. Esta meta busca fortalecer la economía campesina mediante la



capacitación y certificación de productores rurales, lo cual es fundamental para la formalización y sostenibilidad de los emprendimientos basados en el uso responsable de la hoja de coca. A través de este proyecto, se generan conocimientos y capacidades técnicas en las comunidades indígenas para transformar la hoja de coca en productos con valor agregado, fomentando la inclusión económica y social en el territorio.

Asimismo, el proyecto se articula con la meta MI-O4-I25, la cual busca impulsar estrategias de innovación y emprendimiento en la economía verde y la seguridad alimentaria. Al desarrollar prototipos de productos derivados de la hoja de coca, se promueve la diversificación productiva y la generación de alternativas económicas sostenibles para las comunidades. Esto fortalece el enfoque agroecológico y de economía circular, alineándose con los principios de sostenibilidad que el SENA promueve en sus estrategias de formación y desarrollo productivo en el sector rural.

Finalmente, la iniciativa también aporta a la meta MI-O4-I27, que está enfocada en la creación de un plan de articulación de investigación e innovación institucional. La bioprospección de la hoja de coca y la validación científica de sus usos permiten generar evidencia técnica para la normalización de procesos productivos y la regulación de nuevos productos. Esto favorece la integración de conocimientos ancestrales con la investigación aplicada, abriendo espacios para la legalización y comercialización de productos derivados de la coca dentro de un marco normativo y sostenible. De esta manera, el proyecto contribuye a la consolidación de cadenas de valor diferenciadas y a la generación de oportunidades económicas para las comunidades indígenas del Cauca.

5.2.1 Plan estratégico Centro Agropecuario. Regional Cauca

El presente proyecto se articula al plan tecnológico 2024-2034 del Centro Agropecuario – Regional Cauca a partir de las siguientes líneas:

- **Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel):** Se fortalecerá capacidades en CTel en líneas como biotecnología, bioeconomía y desarrollo sostenible permite impulsar investigaciones innovadoras relacionadas con agroecosistemas, biofertilizantes y el aprovechamiento sostenible de recursos, a través del desarrollo de productos sostenibles a partir de la hoja de coca, incorporando herramientas avanzadas (como la bioinformática) y técnicas de validación funcional.
- **Seguridad alimentaria y manejo sostenible:** Estas líneas priorizan cadenas de valor en seguridad alimentaria y tecnologías sostenibles, ya que son esenciales para integrar el desarrollo de prototipos con un enfoque de impacto social, coincidiendo con la propuesta de admisibilidad sanitaria de productos alimenticios derivados de la hoja de coca y el desarrollo de prototipos con enfoque en la sostenibilidad

5.2.2 Plan estratégico Centro de comercio y servicios. Regional Cauca

La propuesta guarda relación dentro de los objetivos estratégicos del SENA a través de su Plan Estratégico Institucional 2023 – 2026 “Sembrando el Cambio” en cuanto pretende potenciar el desarrollo sostenible de los territorios por medio del fortalecimiento de las actividades productivas de la población, las empresas, agremiaciones, asociaciones, cooperativas y demás organizaciones, aportando a la transformación productiva del país.



El SENA busca fortalecer las capacidades de los sectores productivos comunitarios, a través de sus diferentes estrategias para llegar a la ruralidad, en este sentido los usos lícitos de la hoja de coca y el desarrollo de productos con esta materia prima se alinea dentro de este enfoque. Esto se complementa, a través de formación complementaria y técnica que cuenta con diseños formativos que auspician el cambio en el modelo productivo y el aprovechamiento diferencial de las plantaciones de coca para fomentar el desarrollo de emprendimientos y diversificar los renglones productivos de los territorios que han establecido estos cultivos. Es así como el SENA tiene la capacidad de llegar a las comunidades para apoyar la transformación de la hoja de coca para uso gastronómico y agrícola, creando nuevas oportunidades económicas en las regiones vinculando la estrategia CampeSENA que promueve el reconocimiento de la labor de las comunidades rurales, fortaleciendo sus habilidades, conocimientos y competencias que les ayudarán a abrir espacios para nuevas opciones e iniciativas que permitirán mejorar su bienestar y aportar en la resolución de conflictos.

El fortalecimiento de las economías populares y la promoción de la equidad social son también pilares importantes en el plan estratégico institucional. El prototipado e productos a partir de la hoja de coca es una vía alternativa para generar ingresos en las comunidades indígenas o en zonas menos favorecidas, contribuyendo a la inclusión económica y social de estos grupos con un enfoque claro hacia el desarrollo de proyectos que promuevan la generación de empleo y la salvaguarda de los usos ancestrales y tradicionales de esta planta. De igual forma, en el marco de "Sembrando el Cambio", el SENA promueve la inclusión de la población en la economía a través de proyectos productivos sostenibles. Aquí, el fortalecimiento de la economía popular puede ir de la mano con la creación de microempresas que generen empleo e ingresos para grupos poblacionales como jóvenes, mujeres y comunidades indígenas. Adicionalmente, se pone énfasis en empoderar a las comunidades locales, especialmente las más vulnerables, para que puedan asumir roles de liderazgo en sus territorios.

5.3 Líneas Tecnológicas

- Línea de Diseño de Productos
- Línea de Producción y Transformación
- Línea de economía popular y campesina
- Línea de Materiales y Biotecnología
- Línea de sociedad, cultura y pedagogía

6 Identificación y descripción del problema

6.1 Definición del Problema Central

El problema que aborda esta propuesta es el Bajo aprovechamiento de productos elaborados a partir de la hoja de coca limitando su potencial económico, social y ambiental en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca).



6.2 Descripción del problema y la situación existente

La hoja de coca, históricamente valorada por sus propiedades energéticas y medicinales en diversas culturas andinas, enfrenta una fuerte estigmatización debido a su asociación con la producción de drogas ilícitas (Díaz Escobar and Sánchez Torres 2004, Martínez and Zuleta 2019). En el Cauca, la hoja de coca tiene un uso tradicional profundamente arraigado en la cultura indígena, pero su aprovechamiento para la elaboración de productos legales es limitado por restricciones regulatorias y la falta de evidencia científica que respalde su seguridad. Según Minjusticia (2024) entre los años 2022 y 2023 el área sembrada con coca aumentó el 10%, alcanzando las 253.000 hectáreas en el territorio nacional y entre los municipios con mayor tendencia al incremento estuvo el departamento del Cauca, ubicado entre los cuatro departamentos que presentan más de 30.000 hectáreas en su territorio, con enclaves definidos: 1) Argelia-El Tambo, 2) El Naya, 3) Timbiqui-Saija y Timba-Jamundí-Buenos Aires, este último definido luego de 2022 (UNODC, 2022).

A pesar de esta disponibilidad, los productores enfrentan grandes desafíos no solo por la connotación de ilícito, sino además que por el camino hacia los usos lícitos implican cumplir con normativas sanitarias establecidas por organismos como el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) o el INVIMA, entidades que ven limitadas sus funciones para productos con restricciones como es el caso de los bienes generados con hoja de coca. Esto impide que productos derivados, como alimentos funcionales, infusiones, biofertilizantes y extractos medicinales, accedan a mercados regulados y diversifiquen las fuentes de ingreso de las comunidades.

La ausencia de procesos que conlleven a la admisibilidad sanitaria de los productos derivados de la hoja de coca constituye una de las principales barreras que enfrentan los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó en el departamento del Cauca para aprovechar su potencial cultural, económico, social y ambiental. Este problema radica en la falta de certificaciones y estándares técnicos que garanticen la seguridad e inocuidad de estos productos, indispensables para su acceso a mercados legales y competitivos tanto a nivel nacional como internacional.

La ausencia de estos requisitos no solo obstaculiza la comercialización de productos innovadores, sino que también perpetúa la dependencia de los cultivos categorizados como ilícitos en estas comunidades, restringiendo su desarrollo socioeconómico y cultural. De igual forma, la falta de análisis técnicos rigurosos que validen la inocuidad y funcionalidad de los productos derivados de la hoja de coca. Actualmente, no existen suficientes estudios que documenten su cumplimiento con los estándares internacionales en términos de contaminantes, toxicidad, calidad microbiológica y trazabilidad. Esta carencia de datos dificulta el proceso de admisibilidad, limitando la confianza del mercado en productos legales elaborados con hoja de coca.

Sumado a lo anterior, estas situaciones han limitado la investigación científica necesaria para evaluar adecuadamente la seguridad y efectividad de sus extractos, generando un vacío de conocimiento sobre sus posibles beneficios terapéuticos y posiblemente alimenticios. Así, la falta de estudios que analicen la citotoxicidad y genotoxicidad de los compuestos fitoquímicos en estas hojas dificulta la comprensión de sus interacciones moleculares con proteínas críticas en procesos metabólicos y patológicos (Lv, Tian et al. 2022, Syed, Unavane et al. 2024). Por lo tanto, es esencial llevar a cabo una investigación sistemática que no solo ilumine el potencial biológico de los extractos de hoja de coca, sino que también promueva su consideración como un recurso legítimo en el



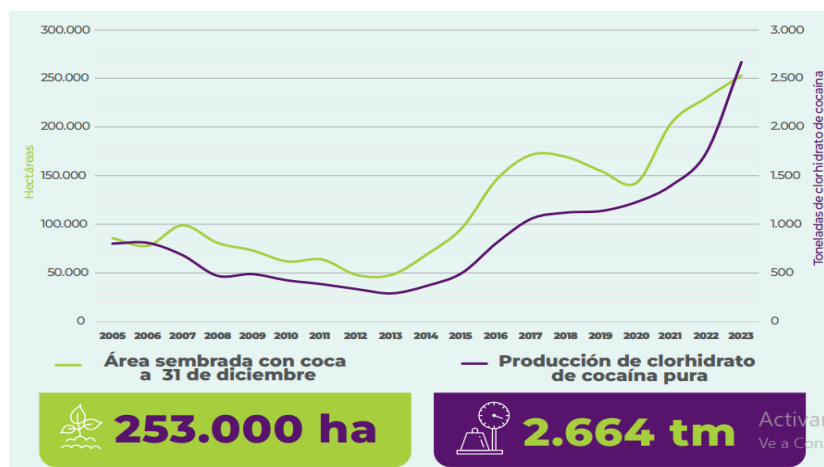
desarrollo de nuevas terapias, contribuyendo así a una comprensión más equilibrada y científica de la planta (Novak, Salemink et al. 1984, Lv, Tian et al. 2022).

Como se ha indicado previamente, no existe una política pública que genere alternativas para el uso lícito de la hoja de coca, excepto para las comunidades indígenas quienes pueden usar la planta sagrada como medicina y alimento, entre otros. Esto es consecuencia del paradigma existente a nivel mundial que genera la significación “*la coca es cocaína*”, desconociendo a nivel global y en nuestros entornos que esta planta andina posee un gran valor cultural, medicinal y nutricional, constriñendo la posibilidad de aprovechar la hoja de coca fresca o en harina como la materia prima para la producción tecnificada de abonos orgánicos como una alternativa económica, rentable, eficiente en la producción más limpia, orgánica, agroecológica. Las comunidades rurales que cultivan la hoja de coca de forma ilícita están inmersas en un dilema sobre la rentabilidad y la seguridad de sus familias, igualmente en la seguridad alimentaria porque han disminuido el ingreso económico por el bajo precio de la hoja de coca.

Esto influye en la baja disponibilidad de insumos para la fertilización de sus cultivos de pancoger, desconociendo que la hoja de coca es la materia prima para la producción tecnificada de abonos orgánicos como se explicó. La disponibilidad de insumos para la fertilización de los cultivos es un problema que se presenta en la producción agrícola. Los altos costos de los insumos químicos pueden representar entre un 30% y 40% del costo de producción, lo que genera que muchos productos agrícolas no sean rentables. Sumado a esto el uso inadecuado o indiscriminado de los productos de síntesis química, agroquímicos generan problemas de salud, contaminación y deterioro de los recursos agua, suelo, aire, fauna, flora. (Anaya, 2025).

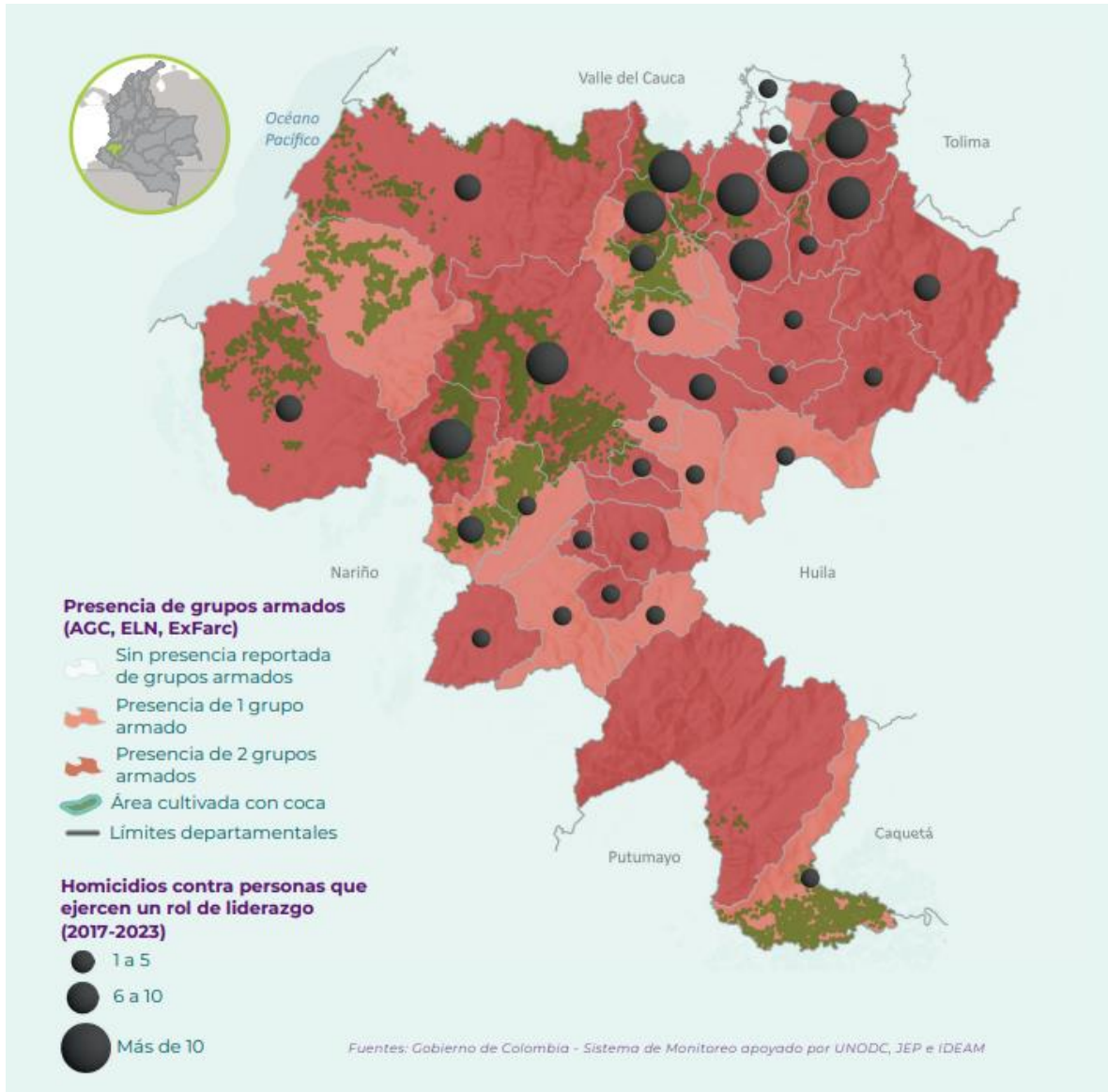
6.3 Magnitud actual del problema indicadores de referencia.

Según datos del informe mundial de drogas elaborado por la UNODC, en Colombia existen registradas 253.000 ha. de tierra dedicados a cultivos a la hoja de coca, cuyo principal fin es proveer el negocio del narcotráfico, los cuales vinculan más de 150.000 familias, el Cauca es uno de los departamentos con mayor producción para este mercado y Popayán es la capital metropolitana más cercana al 59% del procesado resultante de esta labor ilícita.





Una de las consecuencias directas de este cultivo en el departamento es la violencia asociada al tráfico ilegal, no solo del producto final, sino de las armas y personas utilizadas para este mercado, como se observa en la siguiente gráfica que forma parte del mismo documento citado en el párrafo anterior.



Específicamente para el municipio de Toribío, una gran cantidad de los pobladores está vinculado a la producción de hoja de coca en el modelo productivo del Tul Nasa y de Cannabis con fines medicinales es así como de los casi 38.000 habitantes del municipio distribuidos en los tres cabildos: San Francisco, Toribío y Tacueyó, cerca de 15.000 tienen como único ingreso el mercado ilegal alrededor de estas plantas.



Por lo anterior y de acuerdo con esta problemática se considera de importancia establecer nuevas narrativas en torno a la hoja de coca y proponer alternativas de usos para la materia prima generada en la zona, como se observa en el siguiente árbol de problemas.

6.4 Árbol del Problema

Efectos indirectos	Limitada diversificación de ingresos en los resguardos. Baja valorización de los conocimientos tradicionales asociados al uso de la hoja de coca.	Barreras legales y regulatorias que afectan la circulación de productos en mercados locales, nacionales e internacionales	Escasa transferencia de conocimiento hacia las comunidades locales Baja participación de las comunidades en procesos de innovación y validación.
Efectos	Pérdida de oportunidades para el desarrollo económico y social de comunidades indígenas	Restricciones en la implementación de políticas públicas para el aprovechamiento sostenible de la hoja de coca	Débil apropiación social de tecnologías y productos innovadores en comunidades rurales del Cauca
Problema	Bajo aprovechamiento de productos elaborados a partir de la hoja de coca limitando su potencial económico, social y ambiental en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca).		
Causas	Admisibilidad sanitaria limitada para productos derivados de la hoja de coca	Falta de caracterización y validación funcional de los extractos y productos priorizados	Procesos no estandarizados para la elaboración de abonos orgánicos enriquecidos con hoja de coca
Causas Indirectas	Poca articulación de actores para priorizar productos con alto potencial de mercado Limitada caracterización de los modelos de producción de cultivos con coca Falta de análisis técnico para cumplir	Limitados procesos optimizados para la obtención de extractos. Insuficiente información sobre la funcionalidad y toxicidad de los productos derivados. Escasa aplicación de herramientas	Falta de normalización en la producción de abonos líquidos enriquecidos con hoja de coca. Insuficiencia de pruebas de laboratorio para garantizar la consistencia del producto.



	con los requisitos nacionales e internacionales.	avanzadas (e.g., bioinformática) para evaluar potencialidades.	Procesos de registro técnico-administrativo incompletos frente a instituciones competentes
--	--	--	--

7 Antecedentes

Las plantas del género *Erythroxylum spp.* son originarias de Sudamérica y han sido utilizadas históricamente por las poblaciones indígenas de la región por sus propiedades nutricionales, medicinales y culturales. Los primeros reportes del uso de la coca se remontan a la cultura Chavín (900-200 a.C.), donde se han encontrado representaciones iconográficas de la planta que sugieren su importancia. En la era del imperio Inca (1400-1532 d.C.) la coca adquirió un rol central dentro de las prácticas religiosas y económicas. El cronista español Pedro Cieza de León reportó que los Incas consideraban a la hoja de coca un regalo de los dioses y la empleaban en rituales para hacer ofrendas (Cieza de León, 1553/1984). Por otro lado, la coca era también ampliamente aceptada como forma de pago y moneda de intercambio, y como un estimulante para soportar el arduo trabajo.

Tras la conquista española en el siglo XVI, las autoridades coloniales introdujeron una serie de prohibiciones y restricciones al consumo de coca. Sin embargo, la Iglesia permitía su uso entre los indígenas convertidos al cristianismo, como sustituto de sus antiguas prácticas paganas. Ya en épocas modernas, durante el siglo XIX la cocaína (el principal alcaloide psicoactivo derivado de las hojas de coca) empezó a ser estudiada por la medicina occidental, destacando los trabajos del farmacéutico alemán Albert Niemann quien logró aislar la molécula de cocaína en 1860 (Niemann, 1860). En los años posteriores diversos médicos y científicos comenzaron a investigar los efectos y posibles aplicaciones terapéuticas de este compuesto, considerándolo inicialmente una “panacea” para una amplia variedad de malestares y enfermedades (Grinspoon & Bakalar, 1981).

El interés farmacéutico en la cocaína llevó a un boom en el comercio internacional de hoja de coca a finales del siglo XIX, con un marcado incremento de las exportaciones desde Perú y Bolivia a Europa y Norteamérica (Gootenberg, 2008). Compañías como la alemana Merck acapararon gran parte del mercado de importación de hoja de coca para la producción de extractos de cocaína, convirtiendo a la planta andina en un recurso globalizado y altamente valorado. A medida que aumentaba la conciencia sobre los importantes efectos negativos y el potencial adictivo de la cocaína, su uso recreativo empezó a ser condenado en las primeras décadas del siglo XX. Esto llevó a una marcada reducción de la demanda médica por extractos de coca (Musto, 1999). Sin embargo, en los países andinos productores se mantuvo un consumo tradicional de las hojas en sí, especialmente como un apoyo nutricional y para el aguante físico de los trabajadores agrícolas y mineros en condiciones duras de labor.



En tiempos recientes se ha retomado la investigación sobre los compuestos químicos presentes en las hojas de coca con el objetivo de encontrar usos farmacéuticos potenciales. Por ejemplo, un estudio ha explorado la utilidad de aplicar extractos de hoja de coca para el tratamiento tópico de úlceras dérmicas (Muñoz et al., 2018). Asimismo, se ha propuesto el uso oral de extractos de coca en solución para el tratamiento de la inflamación intestinal por la presencia de compuestos antiinflamatorios (Santos et al., 2018). Otros autores han sugerido que los flavonoides y compuestos fenólicos en las hojas de coca podrían tener un efecto protector contra enfermedades neurodegenerativas (Sainz et al., 2020).

Históricamente, los estudios sobre la hoja de coca han sido escasos, lo que ha generado un vacío de conocimiento sobre sus compuestos fitoquímicos y sus interacciones moleculares. Investigaciones previas han indicado que los extractos de hoja de coca contienen diversos alcaloides y otros compuestos bioactivos que podrían tener efectos positivos en la salud, incluyendo propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y neuroprotectoras (Lv, Tian et al 2022, Khan and Chaudhary 2024), Syed Unavane et al.2025). Sin embargo, la falta de estudios sistemáticos que analicen la citotoxicidad y genotoxicidad de estos compuestos ha dificultado la comprensión de sus efectos en organismos vivos. Investigaciones recientes han comenzado a abordar esta problemática, enfatizando la necesidad de realizar un análisis exhaustivo sobre la seguridad y viabilidad de los productos elaborados con hoja de coca.

Además, la farmacología computacional ha emergido como una herramienta valiosa en la investigación farmacéutica, permitiendo simular interacciones entre compuestos y proteínas, así como predecir la toxicidad y eficacia de nuevos fármacos (Dhudum, Ganeshpurkar et al. 2024). Esta metodología se presenta como un enfoque prometedor para explorar el potencial biológico de los extractos de hoja de coca, facilitando la generación de hipótesis que pueden ser validadas mediante estudios in vitro. En este contexto, el presente proyecto busca no solo describir el potencial biológico de los extractos de hoja de coca, sino también promover su consideración como un recurso legítimo en el desarrollo de nuevas terapias, contribuyendo a una comprensión más equilibrada y científica de la planta.

Estudios realizados por Duke y Plowman (2000-2006) revelan que la hoja de coca contiene nutrientes, como proteínas, carbohidratos, fibra, calcio, hierro, fósforo, vitamina A y riboflavina, que pueden ayudar a satisfacer los requerimientos dietéticos del ser humano y porque no de los cultivos. El manejo tradicional de cultivos en Colombia y en el departamento del Cauca, está basado en el uso de fertilizantes de síntesis química, con aplicaciones calendario, lo que ha llevado a tener efectos ambientales negativos y altos costos de producción. Teniendo en cuenta que la fertilización constituye cerca del 20% del costo total. (P. Vázquez, et al., 2015).

Así mismo los abonos orgánicos con diferentes materias primas, se han utilizado desde hace mucho tiempo con la intención de aumentar la fertilidad de los suelos, y siendo una fuente alternativa de nutrición, además de mejorar sus características en beneficio del adecuado desarrollo de los cultivos. Su uso es de gran importancia, pues han demostrado ser efectivos en el incremento de rendimientos y mejora de la calidad de los productos.



El F.N.E. le otorga en el año 2017 un permiso para realizar investigación con hoja al SENA regional Cauca, centro agropecuario. A partir de la fecha se desarrollaron protocolos para la producción tecnificada de abono orgánico sólido y líquido con la hoja y harina de coca. Se obtuvo un abono líquido mineralizado denominado COCALOFA. Este abono ha sido evaluado en cultivos transitorios como hortalizas, gramíneas, leguminosas, flores de corte, entre otros. Este abono líquido fermentado aeróbicamente aporta los elementos esenciales para la nutrición de las plantas, siendo un suplemento eficiente, económico y amigable con el medio ambiente (Camayo et al., 2021).

Antecedentes Jurídicos

En materia normativa, no se ha desarrollado ampliamente una regulación de la hoja de coca que fomenta un uso lícito y comercial, pero sí se ha buscado la conservación y protección de prácticas ancestrales de las comunidades indígenas referente al uso de esta.

Ley 11 de 1920 artículo 1: Nos señala una limitación en la venta de sustancias como la cocaína, heroína, opio, codeína y morfina, etc. Bajo una receta escrita por: *“médico o licenciado en medicina, dentista o veterinario graduados en Facultades aceptadas por el Gobierno”* en este caso no se menciona una prohibición sobre la hoja de coca y su consumo. Con el tiempo se expide la ley 118 de 1928 la cual incluye las drogas nombradas en el artículo 1 de la ley 11 de 1920 *“como preparaciones que pueden generar un hábito pernicioso”* regulando la preparación de la cocaína y demás drogas que generen su uso continuo y nocivo únicamente para laboratorios designados por el gobierno. Además, de establecer condiciones para la importación de estas sustancias.

Ley 95 de 1936 código penal en su artículo 271 y 272 tipifica la *“elaboración, venta y distribución de narcóticos”*, adicionalmente, sanciona al que *“destine casa, local o establecimiento, para que allí se haga uso de drogas narcóticas”* dentro de la normatividad no hay una regulación sobre el consumo, ni cultivo de hojas de coca. En 1946, se expidió ley 45 la cual modifica el artículo 270 del código penal sancionando al cultivo y conservación de plantas de las cuales se pueda extraer alguna sustancia.

Mediante la Convención única de 1961 sobre estupefacientes se adoptan medidas sobre la fiscalización del cultivo de hojas de coca cuando el objeto sea producir estupefacientes, se autoriza su uso bajo ciertas condiciones, por ejemplo, para la preparación de un agente saporífero. en la Convención de las Naciones Unidas contra el Tráfico Ilícito de Estupefacientes: Se toman medidas adecuadas para evitar y erradicar el cultivo ilícito de plantas que contengan estupefacientes o sustancias psicotrópicas. Lo anterior debe respetar los derechos fundamentales de las comunidades.

En Colombia, Ley 30 de 1986 por el cual reglamenta el estatuto nacional de estupefacientes: tipifica el cultivo, conservación o financiación de plantaciones de plantas del cual puedan producirse sustancias psicoactivas siempre y cuando no tengan autorización del organismo competente.

En la Constitución política 1991 artículo 7 se establece la protección de la diversidad étnica y cultural del territorio. La Ley 599 de 2000: Regula las sanciones para quien cultive o realice el financiamiento de plantaciones de las cuales se puedan producir alguna sustancia psicotrópica, sin permiso de autoridad competente.



Resolución 001 de 2002 asociación de cabildos Juan Tama Municipio de Inzá Cauca: Se otorga el permiso para el uso y cultivo de la hoja de coca en sus territorios para la producción de aromáticas. El resguardo busca mantener el uso tradicional de la planta mediante procesos de comercialización que benefician cultural y económicamente a sus pueblos.

En la Circular INVIMA V.C.M-601-0294-07 se informa que los productos derivados de hoja de coca debían ser retirados del mercado, de acuerdo con esta circular, estos productos sólo podían ser comercializados dentro de los resguardos. Por su parte la Resolución 940 de 2007: modifica el artículo 6 de la resolución 1478 de 2006 donde establecía la hoja de coca como monopolio del estado, reemplazándola por la *“cocaína con fines terapéuticos”*.

Alerta sanitaria 001 de 23 de febrero de 2010 expedida por el Invima solicita a la población en general abstenerse de consumir productos derivados de la hoja de coca como: *“productos de té, aromáticas, galletas o cualquier alimento que contenga entre sus ingredientes hoja de coca”* restringiendo la comercialización de esos productos. Finalmente, el consejo de estado declaró la nulidad de la alerta sanitaria por ir en contravía de la constitución, tratados internacionales y de los derechos fundamentales de la comunidad indígena.

8 Justificación

El análisis de la admisibilidad sanitaria de los productos elaborados con hoja de coca es una necesidad urgente en el contexto colombiano, no solamente en territorios como los resguardos indígenas de Toribío, San Francisco y Tacueyó en el Departamento del Cauca, sino en todos los espacios donde la hoja de coca hace parte de sus tradiciones y formas de vida. Históricamente, la hoja de coca ha sido parte fundamental de la cultura y la economía de los pueblos indígenas, pero su aprovechamiento ha sido limitado por restricciones normativas y políticas internacionales que asocian su uso exclusivamente con el narcotráfico. Sin embargo, múltiples estudios (Zuleta y Daza, 2018; IDPC, 2024; Castro, 2023; Valencia y Courtheyn, 2023; Trigo, 2018; Cordero, 2002) han demostrado su potencial como ingrediente funcional en la industria alimentaria, gracias a su composición rica en nutrientes, antioxidantes y alcaloides beneficiosos para la salud. En este sentido, este objetivo busca generar conocimiento técnico y normativo que permita avanzar en el reconocimiento legal de los productos derivados de la hoja de coca en mercados regulados, alineándose con las iniciativas de bioeconomía y los objetivos de desarrollo sostenible.

Uno de los principales desafíos que aborda el proyecto en el primer objetivo específico es la falta de un marco regulatorio claro en Colombia que diferencie entre los usos tradicionales y comerciales de la hoja de coca. Actualmente, la legislación nacional e internacional impone barreras significativas para la producción y comercialización de productos derivados de esta planta, lo que impide su valoración dentro de una economía legal. La revisión crítica de Naciones Unidas es un proceso fundamental en este contexto, pues representa una oportunidad para argumentar, con base en evidencia científica y estudios sanitarios, la viabilidad del uso o del consumo de productos de coca sin riesgo de abuso o afectaciones a la salud pública. Este análisis permitirá estructurar una hoja de ruta para los lineamientos normativos que respaldan la legalización y promoción de productos alimenticios derivados de la hoja de coca en el país.



La viabilidad del análisis de admisibilidad sanitaria es alta, considerando los avances en bioprospección y las experiencias de otros países en la regulación de productos a base de hoja de coca. En Bolivia y Perú, por ejemplo, la coca ha sido incorporada exitosamente en diversas presentaciones comerciales, desde infusiones hasta harinas y energizantes, lo que demuestra que su regulación es posible si se implementan estándares claros de calidad y control. En este sentido, el proyecto genera una oportunidad única para que Colombia avance en este mismo camino, consolidando un sector productivo emergente con potencial para impactar positivamente la economía rural y la soberanía alimentaria de los territorios especialmente indígenas.

En este sentido, con esta iniciativa se aportará en el reconocimiento de los productos de coca en mercados regulados, beneficiando directamente a comunidades indígenas productoras, pequeños emprendedores y consumidores alternativos interesados en productos naturales y funcionales. Además, al generar evidencia científica sobre la seguridad y beneficios del consumo de estos productos, se podrá influir en políticas públicas que favorezcan el desarrollo de nuevas cadenas de valor alrededor de la hoja de coca. Con esto, el proyecto no solo contribuirá a la transformación productiva del Cauca, sino que también aportará a la desestigmatización de la coca como un recurso estratégico para el desarrollo sostenible.

Por su parte, en relación con el segundo objetivo específico, se puede plantear que el descubrimiento de fármacos y el análisis de bioseguridad son cruciales en medicina y farmacología para desarrollar nuevas terapias que mejoren la calidad de vida. Este proceso implica la identificación de compuestos, su síntesis química y pruebas *in vitro* e *in vivo*, pero es largo, costoso y presenta desafíos, con bajas tasas de éxito y costos que pueden alcanzar miles de millones de dólares (Zhang, Wu et al. 2022). Para abordar estos retos, ha surgido la farmacología computacional, que utiliza algoritmos, aprendizaje automático, inteligencia artificial y simulaciones para predecir interacciones entre fármacos y sus blancos biológicos, optimizando las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas. La accesibilidad a grandes volúmenes de datos permite acelerar y reducir costos en el descubrimiento de fármacos, utilizando modelos *in silico* para simular la dinámica de compuestos y predecir su eficacia y seguridad antes de los ensayos clínicos (Barakat, Munro et al. 2024).

Los modelos *in silico* son herramientas clave en la investigación farmacéutica, abarcando desde el diseño de moléculas hasta la simulación de su comportamiento en sistemas biológicos. Permiten predecir aspectos críticos como absorción, distribución, metabolismo, excreción y toxicidad (ADMET). Su capacidad para combinar tecnología informática y ciencias biológicas a través de algoritmos complejos, aprendizaje de máquinas e inteligencia artificial (IA) facilita la simulación de procesos farmacológicos, utilizando fórmulas matemáticas y datos experimentales (Dhudum, Ganeshpurkar et al. 2024). Estos modelos son especialmente valiosos en las etapas iniciales de investigación, permitiendo simular experimentos que serían inviables o éticamente cuestionables.

Por ello, la farmacología computacional emplea técnicas como el diseño de fármacos asistido por computadora (CADD), modelización de docking y dinámica molecular; además de los análisis de redes biológicas para identificar y optimizar nuevos compuestos, promoviendo un enfoque más racional en el diseño de fármacos (Barakat, Munro et al. 2024, Vicidomini, Fontanella et al. 2024). En este contexto, los estudios *in silico* se convierten en la primera fase de la investigación, cuyos hallazgos permiten generar hipótesis que pueden ser validadas a través de los abordajes *in vitro*, y



de esta manera, validar a aquellos hallazgos obtenidos in silico (Castillo, Aristizabal-Pachon et al. 2018, Castillo Ordoñez, Aristizabal-Pachon et al. 2023). Considerando lo anterior, el proyecto también busca evaluar el posible potencial y mecanismos de acción ejercido por los compuestos fitoquímicos de la coca frente a proteínas implicadas en el metabolismo bioenergético, y aquellas asociadas a procesos neurodegenerativos como en la enfermedad de Alzheimer.

Adicionalmente, complementando las alternativas enunciadas previamente y guardando relación con el tercer objetivo específico, se reconoce que el uso alternativo de la hoja de coca para elaborar abonos orgánicos disminuye los efectos adversos al ambiente generados por el uso de productos de síntesis química como los fertilizantes. Entonces, estos abonos son una posibilidad para el aprovechamiento de un cultivo cuya erradicación causa grandes problemas de contaminación, erosión y pérdida de biodiversidad.

Teniendo en cuenta que un fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, que suministra a las plantas uno o más de los elementos nutricionales necesarios para su normal crecimiento, los abonos orgánicos líquidos y sólidos que ha desarrollado el SENA regional Cauca, centro agropecuario, se definen como biopreparados que son una alternativa para la fertilización de cultivos orgánicos o agroecológicos, entre las ventajas que ofrecen los biopreparados están que permiten una producción a bajo costo, protección del medio ambiente y ayudan a la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad. Los biopreparados aportan nutrientes al suelo para ser aprovechados por las plantas y también mejoran las condiciones físicas y químicas de este haciendo disponibles los nutrientes que se encuentran almacenados en él.

La composición química de la hoja de coca varía dependiendo de la edad de la planta, la variedad, el estado de las hojas, la zona geográfica de cultivo, la forma de cultivo y el medio ambiente principalmente. La hoja de coca contiene metabolitos primarios como proteínas, carbohidratos y lípidos; y metabolitos secundarios como alcaloides, taninos, glicósidos y aceites esenciales. Los componentes principales son los siguientes alcaloides, cocaína, benzoína, reserpina, inulina, globulina, higrina, pectina, ecgnonina, quinolina, papaina, cocamina, piridina, atropina y conina (Galindo et al, 2009). El contenido nutricional y los alcaloides existentes en la hoja de coca la convierten en uno de los alimentos naturales más completos debido a su abundancia en minerales (especialmente calcio), su gran aporte proteico, vitaminas A y B, y aminoácidos (Muñoz de la torre et al., 2015). Teniendo en cuenta la composición química de la coca y que, en la descomposición o degradación de la materia orgánica, los cultivos devuelven al suelo sus nutrientes, es posible recuperar estos nutrientes a través de la producción de abono orgánico líquido mineralizado COCALOFA.

9 Marco Conceptual

La coca como patrimonio cultural y fuente de innovación en el contexto de la estigmatización.

La planta de coca tiene una historia rica y fascinante en la cultura andina, ha sido utilizada por las poblaciones indígenas de los Andes durante siglos, mucho antes de la llegada de los europeos a América. Las hojas de coca eran consideradas sagradas por culturas como los Incas y los Aymaras, y se empleaban en rituales religiosos. Al menos 112 pueblos indígenas en Colombia cultivan la planta



y de ellos por lo menos 85 son usuarios cotidianos o rituales de la hoja ya que esta juega un papel importante dentro de la construcción de la identidad de algunos colectivos rurales de Colombia, pues sus usos se remontan a saberes ancestrales. Además de su significado espiritual, las hojas de coca eran masticadas (mambeo) para ayudar a los nativos a adaptarse a las altas altitudes, donde el aire es más delgado, y para mitigar el hambre y el cansancio en las duras condiciones de las montañas, es importante destacar que el mambeo de hojas de coca es muy diferente y dista del consumo de cocaína pura, además, esta forma tradicional de uso tiene efectos mucho menos intensos y adictivos.

La hoja de coca pertenece a la familia Erythroxylaceae, y es un arbusto nativo del oeste de América del Sur. La especie de la que se utilizan sus hojas recibe el nombre de *Erythroxylum novogranatense* var *novogranatense* (pajarita caucana), común en la región andina, especialmente en los andes amazónicos de Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia. En su forma natural es un estimulante ligero, como el café o el té; sin embargo, uno de sus catorce alcaloides es esencial para la producción de cocaína. El arbusto crece fácilmente en áreas tropicales. Alcanza hasta 2-3 metros de altura y es una mata baja y espesa, las ramas son delgadas con hojas de color oscuro y las flores, pequeñas, crecen en racimos en tallos cortos. Las hojas se cortan cuatro veces en catorce meses, los cultivadores las secan al sol, para después ponerlas en la sombra y que de esta forma continúen el proceso de secado sin que pierdan su color.

Uno de los aspectos más polémicos relacionados con *Erythroxylum spp.* es su contenido de cocaína, un alcaloide altamente estimulante y adictivo. La extracción y la síntesis de la cocaína a partir de las hojas de coca han sido un problema significativo en la historia de la planta, la cocaína se convirtió en una de las drogas ilegales más ampliamente consumidas en el mundo y ha causado problemas de salud pública y social en muchas regiones. Las políticas internacionales y la guerra contra la producción de drogas exacerbaron la estigmatización de la planta a medida que la demanda de la droga creció a nivel global, de forma paralela, la implementación de restricciones asociadas a la producción de cocaína generó en los países andinos, como Colombia, Perú y Bolivia, presiones y financiamiento para erradicar los cultivos de coca como parte del cumplimiento de estas políticas.

A pesar de los desafíos relacionados con el uso ilícito de la planta para obtener la cocaína, la investigación científica ha arrojado luz sobre los compuestos presentes en diferentes especies del género *Erythroxylum* y su posible uso en medicina. Por ejemplo, se ha estudiado el potencial de los alcaloides de la planta para tratar afecciones como el mal de altura, la fatiga crónica y el dolor, además, se han explorado otras aplicaciones médicas potenciales que podrían aprovechar las propiedades estimulantes de los alcaloides de la coca en un contexto controlado y terapéutico.

También se han adelantado investigaciones en el campo de la etnobotánica y la industria alimentaria considerando que, en algunas regiones de América del Sur, las hojas de coca se utilizan como un ingrediente tradicional en preparaciones culinarias. Se han explorado sus posibles aplicaciones como saborizante natural y estimulante en bebidas y alimentos, ya que las hojas de coca se emplean en productos como té, dulces y refrescos en la región andina. Dada la presión sobre los ecosistemas andinos y la amenaza de la erradicación de cultivos, es esencial encontrar un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad, incorporando las prácticas culturales y económicas de las comunidades locales las cuales guardan estrecha relación con su uso como alimento, en este contexto, se están desarrollando proyectos que buscan promover una agricultura sostenible y diversificada en arreglos tipo policultivos que incluyan las plantas de coca.



Beneficios y potencialidades para el desarrollo de prototipos a partir de la hoja de coca.

La hoja de coca ha sido utilizada durante siglos en diversas culturas andinas debido a sus propiedades nutritivas y medicinales, a pesar de la estigmatización asociada con la producción de cocaína, el interés científico ha resurgido por sus potenciales beneficios terapéuticos y bioquímicos, de hecho, los compuestos fitoquímicos presentes en las hojas de coca, incluyendo alcaloides como la cocaína, son objeto de estudio por su capacidad para interactuar con diferentes vías bioquímicas y su posible aplicación en tratamientos para desórdenes metabólicos y neurodegenerativos.

En este sentido, el análisis de la citotoxicidad y genotoxicidad de los extractos de hoja de coca es fundamental para evaluar su seguridad y viabilidad como recursos terapéuticos. La citotoxicidad se refiere a los efectos nocivos que un compuesto puede tener sobre las células, mientras que la genotoxicidad implica el potencial para dañar la estructura del ADN (Bolognesi and Cirillo 2014, Esazadeh, Ezzati Nazhad Dolatabadi et al. 2024). Evaluar estos parámetros es esencial para entender las implicaciones de la utilización de los extractos, asegurando que no provoquen efectos adversos significativos en organismos vivos.

Por ejemplo, los compuestos fitoquímicos derivados de la hoja de coca se han asociado con diversas propiedades biológicas, incluyendo actividades antioxidantes, antiinflamatorias y neuroprotectoras. El análisis de la viabilidad terapéutica de estos compuestos implica el estudio de sus propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas, así como su capacidad para interactuar con blancos biológicos, como proteínas implicadas en procesos patológicos (Fielden, Matthews et al. 2002, Zhang, Wu et al. 2022) y esto puede llevar al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas en el manejo de enfermedades metabólicas y neurodegenerativas, tales como el Alzheimer.

Para comprender las interacciones entre los compuestos fitoquímicos y sus blancos biológicos, se utiliza el docking molecular, una técnica de farmacología computacional que permite predecir cómo se incorporan los ligandos en el sitio activo de las proteínas (Bian and Xie 2018, Ouma, Ngari et al. 2024). Esto, combinado con estudios de dinámicas moleculares, ayuda a proporcionar una visión detallada de cómo los compuestos de la coca pueden influir en la actividad biológica y los cambios conformacionales en las proteínas. La combinación de estudios *in silico* e *in vitro* es crucial para validar los hallazgos sobre la eficacia y la seguridad de los extractos de hojas de coca, los modelos *in silico* permiten simular interacciones y predecir resultados antes de realizar experimentos en condiciones biológicas reales, lo cual es esencial para optimizar recursos y reducir riesgos (Pelkonen, Turpeinen et al. 2011, Agamah, Mazandu et al. 2020), a través de esta integración, es posible generar hipótesis sobre el potencial terapéutico de los compuestos, que pueden ser luego corroboradas con experimentos biológicos.

Finalmente, es importante recalcar que el material vegetal disponible en las zonas con presencia de coca, es aprovechado por las comunidades como materia prima para los procesos de elaboración de abonos orgánicos sólidos y líquidos, aprovechando sus bondades nutricionales a través del compostaje y la fermentación.



10 Población

10.1 Población afectada:

La población del municipio de Toribío se encuentra localizada en el departamento del Cauca. Según las proyecciones del DANE para el año 2025, a partir de su censo realizado en el 2018, cuenta con un total de 38.367 habitantes.

10.2 Población objetivo:

Para la identificación de la población objetivo, quienes serían los beneficiarios directos se toman las estadísticas del documento Revitalización del plan de vida del pueblo Nasa del año 2017, censados en 2015, proveniente de la asociación de Cabildos Indígenas de Tacueyó, Toribío y San Francisco “Proyecto NASA”, donde el 96,1% de los habitantes se reconoce como indígena nasa, significando un total de 32.537 habitantes.

Dentro de los rasgos importantes encontrados, se identificó que el 52% de las familias se encuentran integradas y cuidadas. El 87,9% de las familias considera que la tulpá es un medio importante para la unión de sus familias; sin embargo, solo el 18,9% de las familias cuentan con tulpá. El 60,2% de las familias permanecen completas y el 55,8% se sienten adecuadamente cuidadas (Encuesta Plan de Vida Toribío, 2016)

También se encontró que 62,2% de las familias permanecen en el territorio. Es decir, que en cerca del 38% de las familias, al menos uno de sus integrantes ha tenido que salir del territorio, las causas principales son: la falta de condiciones de vida, la falta de tierras, el conflicto armado, la pérdida de identidad entre otros factores (Encuesta Plan de Vida Toribío, 2016).

10.3 Características demográficas de la población objetivo:

Las distribuciones de las comunidades en el municipio de Toribío se pueden evidenciar en la siguiente tabla, en donde se detallan sus características según grupos etarios, étnicos y otros aspectos, para una proyección del año 2025 (DANE, 2018).

Tabla. Datos poblacionales municipio de Toribío

Departamento	Cauca		
Municipio	Toribío		
Grupos de edad (Proyección año 2025)	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
00-04	3.336	1.729	1.607
05-09	3.436	1.751	1.685
10-14	3.536	1.770	1.766
15-19	3.722	1.851	1.871
20-24	3.965	1.979	1.986
25-29	3.834	1.917	1.917
30-34	3.283	1.645	1.638
35-39	2.733	1.379	1.354
40-44	2.368	1.196	1.172



45-49	1.879	944	935
50-54	1.423	715	708
55-59	1.197	596	601
60-64	1.077	525	552
65-69	898	440	458
70-74	673	336	337
75-79	475	238	237
80-84	297	146	151
85-89	148	68	80
90-94	58	26	32
95-99	21	12	9
100 AÑOS Y MÁS	8	5	3
Total	38.367	19.268	19.099
Total Urbano	1.927	951	976
Total Rural Disperso	36.440	18.317	18.123
Total Indígena	37.940	99%	
Total Gitano(a) o Rom	3	0%	
Total Raizal	0	0%	
Total Palenquero	0	0%	
Total Afrodescendiente	25	0%	
Ningún grupo étnico-racial	399	1%	

10.4 Enfoque diferencial:

En este proyecto se incorporan diferentes estrategias las cuales en su conjunto aportan solución a la problemática asociada a enfoques de género, étnico y cultural y/o situación de discapacidad como se describen a continuación:

- Vinculación de talento humano enfocado a perfiles exclusivamente para mujeres.
- Realización de actividades científicas y de apropiación social vinculando activamente a pueblos indígenas.
- Realización de actividades de apropiación social del conocimiento para niñas, niños y adolescentes para el fomento de vocaciones científicas.
- Garantizar transparencia en todos los procesos de selección enfatizando en el talento científico y capacidades académicas que apoyen al proyecto
- Priorizar en los procesos de vinculación de los equipos departamentales jóvenes (hombres y mujeres) técnicos y tecnólogos egresados del SENA, originarios o integrantes de comunidades campesinas e indígenas de las zonas rurales con presencia de conflicto armado.
- Trabajo en zonas vulnerables por presencia de grupos armados ilegales y que por ende afectan la integridad física y mental de las comunidades.



11 Objetivos

Fines indirectos	Diversificar ingresos en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó. Valorar y fortalecer los conocimientos tradicionales sobre el uso de la hoja de coca.	Reducir barreras legales y regulatorias para la circulación de productos en mercados locales, nacionales e internacionales	Transferir conocimiento hacia las comunidades locales. Incrementar la participación comunitaria en procesos de innovación y validación
Fines directos	Generar oportunidades para el desarrollo económico y social de comunidades indígenas	Facilitar la implementación de políticas públicas sostenibles en el Cauca.	Fortalecer la apropiación social de tecnologías en comunidades rurales del Cauca
Objetivo general	Promover el desarrollo de modelos de productos elaborados con extractos y hoja seca/fresca de coca con características técnicas y funcionales comprobadas científicamente, vinculando los Resguardos Indígenas de Toribío (Cauca).		
Objetivos específicos	Analizar la admisibilidad sanitaria de productos elaborados con hoja de coca comerciales y de uso tradicional conforme a los requerimientos de la revisión crítica ante Naciones Unidas (foco Alimentos).	Determinar la funcionalidad de los extractos de hoja de coca y los productos priorizados para el desarrollo de prototipos.	Normalizar el proceso de elaboración del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (Cocalofa).
Actividades	Mapear y priorizar participativamente productos elaborados a partir de la hoja de coca Caracterizar del modelo de producción de la HC seca/fresca	Ajustar los protocolos de obtención de extractos de Hoja de Coca. Evaluar la funcionalidad para desarrollo de prototipos (productos potenciales)	Estandarizar los procedimientos para la obtención de abono líquido Caracterizar el abono líquido (Cocalofa). Proyectar los requisitos para



	<p>Analizar la admisibilidad sanitaria (Recuperabilidad e inocuidad para consumo).</p> <p>Sistematizar y generar recomendaciones.</p>	<p>empleando Bioinformática.</p> <p>Analizar la toxicidad de los extractos y productos priorizados (Cito, hepato y hemo).</p>	registro según la norma vigente
--	---	---	---------------------------------

12 Análisis de las alternativas

Nombre de la alternativa	Descripción de la evaluación: Rentabilidad/costo - Eficiencia	Breve justificación de la Alternativa seleccionada
Promover el desarrollo de modelos de productos elaborados con extractos y hoja seca/fresca de coca con características técnicas y funcionales comprobadas científicamente, vinculando los Resguardos Indígenas de Toribío (Cauca).	<p>Rentabilidad: Sí. (Social, ambiental, conocimiento y producción sostenible)</p> <p>Costo-eficiencia: Si</p>	Viable y suficiente para obtener desarrollo economico en torno al uso valorativo de la hoja de coca en la zona de trabajo.
Articulación de los actores locales y regionales para la gestión y desarrollo de productos con hoja de coca	<p>Rentabilidad: Si</p> <p>Costo-eficiencia: No</p>	Viable pero insuficiente, es necesario que los acuerdos estén basados en análisis técnicos de admisibilidad y de funcionalidad para establecer las mejores condiciones del desarrollo de productos, así como también la viabilidad de acceso al mercado.
Fortalecer las políticas de interdicción para asegurar la erradicación de los cultivos de coca de la región	<p>Rentabilidad: NO</p> <p>Costo Beneficio: NO</p>	Durante los últimos 60 años esta es la alternativa que se ha impuesto y los datos de hectáreas de siembra y costo



		social muestran que no es efectiva.
Diseñar un plan de negocios verdes para la generación de economías locales basadas en productos a partir de la hoja de coca	Rentabilidad: No Costo - Eficiencia: No	No viable, el diseño de un plan de negocios verdes, por sí mismo, no necesariamente implica un proceso de aprobación comunitaria, ni la priorización de productos que puedan tener alto impacto en los resguardos indígenas. Además es necesario que luego de los acuerdos se inicie un proceso de formalización / legalización de los productos de hoja de coca frente al gobierno nacional.

Durante décadas, Colombia ha enfrentado el reto de promover el desarrollo y la paz en sus regiones cocaleras y detener el flujo de coca para fines ilícitos. En todo este tiempo, el país rara vez ha considerado la posibilidad de promover el desarrollo con coca, en parte porque el discurso nacional e internacional indica al cocalero como uno de los causantes del narcotráfico.

Frente a las alternativas posibles se presenta en el extremo más conservador, la interacción y prohibición como la que efectivamente ha promovido la política mundial de lucha contra las drogas y que en Colombia se refleja en la ley 30 de 1986, es frente a esta opción que la propuesta de revisar los usos de la hoja de coca cobra relevancia ya que es una estrategia que tiene una aceptación amplia en los sectores productivos y se está afianzando en los usuarios finales. A esta alternativa le damos una oportunidad a través de este proyecto de investigación. Aunque el equipo de trabajo es realista en términos de saber que el alcance de este trabajo no es resolver el problema de las áreas sembradas con coca en Colombia o en la región andina, es una contribución a la revalorización de la hoja de coca por medio del diseño y análisis de los productos elaborados con ella como materia prima.

12.1 *Alternativa*

Promover el desarrollo de modelos de productos elaborados con extractos y hoja seca/fresca de coca con características técnicas y funcionales comprobadas científicamente, vinculando los Resguardos Indígenas de Toribío (Cauca).



12.2 Breve justificación de la alternativa

Este proyecto pretende aportar elementos que permitan romper el paradigma sobre la perversión de la coca, estigma construido por algunos integrantes de nuestra sociedad que desconocen los usos ancestrales y potenciales de la hoja de coca como alternativa del desarrollo de una sociedad alternativa e incluyente. Se han diseñado por lo tanto estrategias didácticas dirigidas a los diferentes actores y participantes del proceso de investigación: niños, adolescentes, adultos campesinos, docentes, técnicos y adultos mayores. El uso de herramientas didácticas, cartillas técnicas, conversatorios para compartir las experiencias previas y actuales de su vida cotidiana fortalecen el “Aprender a Aprender” y favorecen la participación de los aprendices y el aprendizaje significativo. El “Aprender a Hacer” se evidencia con la metodología “El Instructor hace y el aprendiz repite”, incorporando la lúdica para fortalecer los lazos de confianza, amistad, respeto por el pensamiento divergente, vecindad y las relaciones personales que generan sinergia, motivación del grupo, crecimiento personal mejorando habilidades y destrezas.

Por otra parte, al observar los desarrollos que sobre productos con coca se realizan en los otros países productores como Bolivia y Perú, se considera que esta opción puede ser viable como una alternativa válida que ofrece una oportunidad financiera para las familias productoras de hoja de coca en el territorio del Municipio de Toribio ya que en estos países se cuenta con más de 150 productos elaborados con coca y más de 2.500 familias asociadas a esta producción legal.

12.3 Descripción de la evaluación: Rentabilidad/Costo-Eficiencia/ Costo Mínimo.

La política de interdicción conocida como la “Lucha contra las drogas”, excluyendo el gasto en seguridad y defensa, el Estado colombiano gastó en 2020 al año 970.480 millones de pesos en la lucha contra las drogas. En 2021 esa cifra fue de 970.480 millones de pesos en la lucha contra las drogas. En 2023 esa cifra fue de 1.174.651 millones y en 2024 de 1.140.019 millones (Observatorio de lucha contra las drogas).

La opción de diseñar, promover el uso y estandarizar productos no alcaloides elaborados con coca siempre va a ser mucho más rentable, tanto por los estados, como por los productores locales, de esta forma se propone realizar una inversión relativamente baja en los testeos de los productos y en la identificación de la viabilidad solitaria de los mismos. Se considera más rentable esta opción ya que si la información se publica desde el SENA las iniciativas a nivel nacional contarán con el respaldo para diseñar sus productos de manera independiente.

12.4 Análisis técnico de la alternativa seleccionada

A pesar de las disposiciones de Naciones Unidas, ejecutadas fuertemente por los estados miembros, la realidad es que los usos de la hoja de coca van mucho más allá de la producción de la cocaína. Durante milenios se ha empleado como artefacto cultural, símbolo de soberanía, ingrediente nutricional, y medicina esencial. El Acuerdo de Paz entre las FARC y el Gobierno colombiano trata de menoscabar la visión distorsionada sobre la hoja de coca, y la violencia que creció por la producción de cocaína, al dedicarle uno de seis capítulos del Acuerdo a la “Solución al Problema de las Drogas Ilícitas”. Este proyecto observa el fenómeno de las drogas en Colombia a



través del lente del desarrollo humano. Con esta perspectiva las comunidades cultivadoras de coca pueden participar activamente en reducir su dependencia en el cultivo de coca y pueden potencialmente diseñar sus propios planes locales de desarrollo rural. Más aún, el acuerdo crea una oportunidad para restablecer los derechos de las comunidades por medio de políticas que busquen “mantener el reconocimiento de los usos ancestrales y tradicionales de la hoja de coca, como parte de la identidad cultural de la comunidad indígena y la posibilidad de la utilización de cultivos de uso ilícito, para fines médicos y científicos y otros usos lícitos que se establezcan”.

Por lo anterior se considera que abrir los espacios de investigación para el desarrollo de productos con coca es la alternativa más favorable para el desarrollo rural en las zonas cocaleras, el trabajo se circunscribe al municipio de Toribio respetando la Resolución otorgada por el Fondo Nacional de estupefacientes, que autoriza al SENA para este tipo de trabajos.

13 Metodología para desarrollar la alternativa seleccionada

El enfoque de investigación en este proyecto es mixto, se apoya en las fortalezas de los métodos cualitativos y cuantitativos, con fundamento en la triangulación de datos a diferentes niveles y el análisis multicriterio. Todo lo anterior integrando el componente de apropiación social desde y hacia las comunidades de estudio y entre las entidades que realizan esta investigación. La construcción o ajuste de los instrumentos de levantamiento de información primaria se realizará acorde con los contextos y comunidades de estudio. Se consideran como actividades transversales permanentes al desarrollo de todos los procesos de la investigación las siguientes:

A) Planeación y Coordinación: Acorde con el objetivo del proyecto y el plan de acción, se conformará e integrará el equipo de trabajo de acuerdo con los requerimientos de los objetivos específicos, al igual que se revisarán y definirán las actividades según los recursos disponibles y los plazos establecidos, construyendo así la ruta de trabajo actualizada, que considera los posibles riesgos internos o externos al desarrollo del programa de investigación. Acciones claves en esta etapa son:

- Revisión y sistematización de información secundaria
- Selección de las zonas representativas de trabajo.
- Mecanismo de articulación y participación de actores.
- Sistema de seguimiento y monitoreo plan de trabajo: Reuniones de coordinación y seguimiento, elaboración de informes (Técnica, administrativa, operativa y logística).
- Estrategia de apropiación social y construcción conjunta del conocimiento

B) Articulación y Apropiación Social: Se efectuará considerando procesos abiertos de innovación que propicien espacios de diálogo franco y abierto con y entre los actores. Así mismo, para integrar a los diferentes actores en el prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca), para ello se conformará un núcleo de trabajo conjunto con representantes de las entidades y/o organizaciones que participan en el proyecto.



C) Capacitación y formación: La iniciativa considera diferentes mecanismos de apoyo a la formación y vinculación de talento humano para involucrar i) investigadores formados en diferentes niveles de pregrado (técnicos, tecnólogos y profesionales) y posgrado, y a la vez, se adelantarán ii) estrategias de cualificación complementaria mediante cursos complementarios certificados (uso gastronómico de la hoja de coca y preparación de bioabonos con coca) ofertados por el SENA que involucren actores sociales con diferentes niveles de escolaridad. Estas acciones se consideran precursoras de programas de formación titulada. En este sentido, se explorará la posibilidad de integrar la oferta de la TECNOACADEMIA para vincular niños, niñas y jóvenes en formaciones relacionadas con el proyecto.

D) Aprendizaje (Seguimiento, monitoreo y evaluación): Esta fase proporcionará un proceso continuo de mejora y calidad, de esta forma el proyecto busca generar lecciones aprendidas que permitan compartir, socializar y apropiar la información y los datos generados a través de la construcción de capacidades en la comunidad para consolidar las estrategias propuestas. De igual forma, se contemplan seguimientos técnicos y administrativos mensuales de conformidad con los lineamientos SENNOVA y la presentación de informes de avance ante la subdirección del centro y la regional.

D) Comunicación, sistematización y divulgación: Consiste en el diseño e implementación de una estrategia comunicacional que permita el uso de un lenguaje común, el posicionamiento de las acciones del proyecto y el fortalecimiento de las capacidades locales promoviendo la desestigmatización de los productos derivados de la coca. También se contempla la elaboración de documentos, material audiovisual, informes y sometimiento de artículos en revistas indexadas. También incluye la preparación, realización y sistematización de actividades divulgativas, de transferencia y apropiación con diversos actores relacionados con el proyecto.

13.1 OE1. Analizar la admisibilidad sanitaria de productos elaborados con hoja de coca comerciales y de uso tradicional conforme a los requerimientos de la revisión crítica ante Naciones Unidas (foco Alimentos).

Para el desarrollo del presente objetivos se tendrá en cuentas las siguientes fases metodológicas:

- **Mapear y priorizar participativamente productos elaborados a partir de la hoja de coca**

Revisión documental y digital: Se iniciará con una identificación de los productos que actualmente se encuentran en el mercado

Talleres participativos: Se desarrollarán talleres con la comunidad para identificar productos tradicionales con potencial de comercialización vinculando grupos de interés y actores clave del territorio.

Análisis multicriterio: De manera participativa a través de una matriz de priorización se escogerán los productos de interés para la comunidad teniendo en cuenta criterios de selección que permitan viabilidad técnica, cultural, económica, social y ambiental.



Validación comunitaria de productos: a través de mesas de trabajo se validarán los productos priorizados teniendo en cuenta las recomendaciones y observaciones de los asistentes.

- **Caracterizar del modelo de producción de la HC seca/fresca**

Diagnóstico inicial: Junto a la comunidad de los 3 resguardos del municipio de Toribío, se seleccionarán unas parcelas experimentales, que permitan la identificación de prácticas agrícolas tradicionales, actuales y técnicas desarrolladas en los diferentes estadios de los cultivos, así como también procesos de recolección y almacenamiento.

Entrevistas semiestructuradas: Permitirán la recolección de información cualitativa sobre el manejo tradicional del cultivo de coca con líderes indígenas y otros agricultores vinculados al proyecto.

Descripción técnica de usos: se realizará la documentación de variables tales como productividad, calidad de la hoja, tiempos secados, plagas, enfermedades, fertilidad del suelo entre otras que puedan tener injerencia en la calidad de los productos priorizados y a su vez pueda establecer patrones de producción.

- **Analizar la admisibilidad sanitaria (Recuperabilidad e inocuidad para consumo).**

Normatividad nacional e internacional: se realizará la revisión de los estándares propuestos por Naciones Unidas, y entes nacionales como el ICA sobre la recuperabilidad e inocuidad de productos derivados de la coca y que fueron priorizados en una fase anterior.

Pruebas de laboratorio: realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar inocuidad y calidad de los productos priorizados. Así como también análisis fisicoquímicos de suelos para evaluaciones de fertilidad (antes y después del cultivo).

Escenarios de regulación: a través de los resultados encontrados se identificarán y documentarán algunos retos para los procesos de aprobación en los mercados nacionales e internacionales.

- **Sistematizar y generar recomendaciones**

Organización y sistematización de la información: se recopilarán los datos generados en las actividades anteriores y se clasificarán por categorías.

Análisis de resultados: a partir de los datos recolectados se elaborarán recomendaciones que permitan el diseño de propuestas técnicas para el mejoramiento del modelo de producción.

Propuesta de divulgación: Presentación de resultados a las comunidades y demás actores interesados, a través de una propuesta construida con el equipo de comunicaciones que permita la apropiación de los resultados obtenidos.



13.2 OE2. Determinar la funcionalidad de los extractos de hoja de coca y los productos priorizados para el desarrollo de prototipos.

Evaluación de Citotoxicidad mediante el kit XTT.

Se realizarán cultivos de linfocitos en placas de 96 pozos, los cuales serán tratados durante 24 h con diferentes concentraciones del extracto y un control positivo. Posteriormente, se añade el reagente XTT y su activador, y se deja incubar por 2 a 4 horas. Finalmente, se mide la absorbancia a 450 nm con un espectrofotómetro. La viabilidad celular se calcula comparando la absorbancia del tratamiento con la del control, utilizando la fórmula correspondiente. Se realizarán dos experimentos por triplicado incluyendo el respectivo control positivo (Castillo, Aristizabal-Pachon et al. 2018).

Evaluación de genotoxicidad.

Analizada la curva de citotoxicidad se escogerán tres concentraciones del extracto, en la cual la viabilidad se ve afectada. Concentración no tóxica: una concentración que muestre una viabilidad celular cercana al 100%. Concentración Moderadamente Tóxica: Escoge una concentración que reduzca la viabilidad celular entre el 50% y el 70%. Esta concentración es útil para observar efectos genotóxicos sin que la citotoxicidad sea excesiva. Concentración Altamente Tóxica: Elige una concentración que cause una reducción significativa en la viabilidad celular, por ejemplo, alrededor del 30% o menos. Esto permitirá evaluar el efecto genotóxico en un contexto donde la toxicidad es evidente (Ansari, Parchur et al. 2024). El estudio de genotoxicidad se realizará a través del biomarcador de alteraciones cromosómicas. Primero, se aislarán y se cultivarán linfocitos humanos, y se tratan con tres concentraciones del extracto durante un periodo de 24 a 48 horas. Para detener la mitosis en metafase, se añadirá colchicina en las últimas dos horas de incubación.

Luego, se prepara una suspensión celular mediante un lavado con solución salina y un tratamiento con solución hipotónica, seguido de la lisis celular. Los cromosomas se extienden sobre un portaobjetos y se fijan con una mezcla de metanol y ácido acético. Después, se tiñen con Giemsa para facilitar su visualización bajo un microscopio. El análisis consiste en contar el número de células con alteraciones cromosómicas, como fragmentos o aneuploidías, en al menos 100 células por muestra. Se compara el porcentaje de alteraciones con controles negativos y positivos para interpretar los resultados. Este enfoque permite determinar el potencial genotóxico del compuesto evaluado, proporcionando información crucial sobre su seguridad, principalmente permite considerar su potencial para dañar la estructura del ADN (Vargas-Rondón, Villegas et al. 2017, Magnus, Anagboso et al. 2024).

Análisis del efecto antioxidante de los extractos.

- Ensayo de inhibición de radicales de óxido nítrico.

La mezcla de reacción que contiene nitroprusiato de sodio (10 mM, 70 µL), solución salina tampón fosfato (1 mM, 20 µL) y extracto o solución estándar (0,1 ml) se incubará a 25 °C durante 90 minutos



en un recipiente de 96 pocillos. placas de microtitulación. La absorbancia de estas soluciones se medirá a 570 nm frente a las correspondientes soluciones en blanco utilizando un espectrofotómetro. Los resultados se expresan como porcentajes en comparación con el control negativo y se calcula la CI50 correspondiente. Se utilizará ácido ascórbico como control positivo.

- Ensayo de eliminación de radicales DPPH (hidrato de 2,2-difenil-2-picrilhidrazilo)

La actividad eliminadora de radicales de las diferentes dosis contra DPPH estable (hidrato de 2,2-difenil-2-picrilhidrazilo, Sigma-Aldrich) será determinada espectrofotométricamente. Las soluciones de extracto se prepararán disolviendo 1 mg/ml del extracto crudo en 1 ml de DMSO. La concentración de DPPH se mantendrá a 300 mM con concentraciones variables de muestra. La solución de DPPH en etanol se preparará diariamente y antes de las mediciones de UV. Se disuelven 10 µl de cada muestra en DMSO y se mezclan con 95 µl de DPPH en etanol.

Estudios In silico: Análisis de viabilidad terapéutica y docking molecular

La predicción de las propiedades farmacocinéticas de los ligandos alcaloides se realizará mediante la plataforma SwissADME (Daina, Michielin et al. 2017) y ProTox-III (Banerjee, Eckert et al. 2018).

- Preparación de proteínas y obtención de ligandos.

Las estructuras cristalográficas de rayos X de las proteínas diana se descargarán del Protein Data Bank (PDB) [31]. Se añadieron átomos de hidrógeno a la proteína y se eliminaron del sitio de unión las moléculas de agua innecesarias y los ligandos cocrystalizados. La preparación de proteínas se llevará a cabo utilizando el protocolo GOLD[®] (V 5.1) (Berman, Westbrook et al. 2000).

Las moléculas de interés presentes en los extractos de la hoja de coca serán descargados del repositorio público PubChem (Kim, Thiessen et al. 2016). Los sitios de unión, que incluían los ligandos cocrystalizados se utilizarán para definir el sitio activo de cada proteína diana.

- Docking Molecular.

Preparadas las estructuras tanto de las proteínas como de los ligandos serán convertidas a un formato adecuado utilizando softwares libres. Posteriormente, se definirán la caja de búsqueda estableciendo coordenadas y tamaño, y establecerán los parámetros de docking en un archivo de configuración, para ejecutar posteriormente AutoDock Vina especificando el receptor, el ligando, las coordenadas de la caja y el archivo de salida. Después de completar el docking, los resultados serán analizados utilizando software de visualización como PyMOL o Chimera, evaluando las poses generadas según la energía de unión.

- Dinámica molecular.

Las mejores puntuaciones de interacción entre proteínas y ligandos (moléculas presentes en el extracto de la hoja de coca) serán sometidos a un campo de dinámica molecular. Para las simulaciones de dinámica molecular de los complejos se utilizará el paquete GROMACS versión 2019.3 (Van Der Spoel, Lindahl et al. 2005). Se aplicará el campo de fuerza CHARMM36 (Huang,



Rauscher et al. 2017). Se añadirán hidrógenos a cada ligando en función del estado de protonación a pH 7,4 mediante el software Avogadro (Hanwell, Curtis et al. 2012). Los parámetros del ligando se obtendrán mediante el servidor CGennFF (Vanommeslaeghe, Hatcher et al. 2010). Los complejos se centrarán en una caja con una distancia de 10 Å desde el borde y se solvataron en una caja cúbica que contendrá moléculas de agua TIP3P. El sistema se neutralizará añadiendo la cantidad adecuada de iones de sodio (Na⁺) y cloruro (Cl⁻) para lograr una concentración iónica de 0,15 M. La minimización de la energía se llevará a cabo utilizando el método de descenso más pronunciado con una fuerza máxima de 1000 kJ/mol-1 nm durante 50 000 pasos. Después de la minimización, el sistema se equilibrará en dos pasos: primero en un conjunto NVT canónico (número de partículas, volumen y temperatura) seguido de un conjunto NPT isotérmico-isobárico (número de partículas, presión y temperatura). La equilibración NVT se llevará a cabo a una temperatura constante de 300 K durante 500 ps, mientras que la equilibración NPT se realizará a una presión constante de 1 bar y una temperatura de 300 K durante 500 ps. La fase de producción se llevará a cabo a 300 K durante 100 ns. Se utilizará un paso de tiempo de integración de 2 fs para todas las simulaciones, con trayectorias guardadas cada 0,5 ns. Evaluar la estabilidad del complejo mediante el cálculo del RMSD, RMSF y radio de giro.

13.3 OE3. Normalizar el proceso de elaboración del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (Cocalofa).

Estandarización de la elaboración de abonos líquidos a partir de la hoja de coca (cocalofa)

- **Alistamiento:** alistamiento del laboratorio donde se tendrán en cuenta factores como lo es infraestructura, materiales (sulfatos), balanzas analíticas, entre otros.
- **Reconocimiento del procedimiento:** se llevarán a cabo ensayos los cuales permitan realizar un análisis del producto, en donde se determinará sus beneficios.
- **Aplicación de los protocolos:** se trabajará en los procedimientos de elaboración del producto, esto se realizará siguiendo unos protocolos de bioseguridad como también de sanidad.

Diseño de las rutas metodológicas

- **grado de seguridad:** análisis de los materiales, realizar una respectiva desinfección de las materias primas, análisis físicos y químicos o microbiológicos, muestras realizadas por laboratorios autorizados por el ICA.
- **Evaluación variables y estabilización del producto:** Evaluar la estabilidad del producto/ tiempo almacenamiento y eficacia.
- **Plan de acción:** actividades y talleres correspondientes a la cocalofa, se harán muestras de suelo, se determinará su eficacia mediante tareas agrícolas, se determinará la calidad del cultivo como lo es el tiempo de cosecha, la calidad de la hoja, las plagas y enfermedades. Esto se realizará en conjunto con los resguardos de Toribio, Tacueyó y San Francisco.



- **Lista de chequeo:** realizar un análisis en el cual se determine las necesidades o modificaciones correspondientes a los insumos e infraestructura en donde se va a trabajar.
- **Entrevistas semi estructuradas:** Permitirá obtener información de la manera en que las comunidades indígenas le dan manejo al cultivo de la hoja de coca, en cuanto a su forma de acondicionar los suelos, control de plagas y enfermedades.
- **propuesta de divulgación:** divulgar los resultados de la investigación aplicada a las comunidades indígenas, elaborar contenido impreso para divulgación científica de los resultados como material didáctico para transferencia de conocimiento con la comunidad en general.
- **Control técnico:** se trabajará acorde a lo estipulado en la resolución del ICA 150, y la norma técnica colombiana NTC 40 (Etiquetado), NTC 1927 (Fertilizante orgánico), NTC 5527(Análisis físicos)

ACTIVIDAD	MÉTODOS	FUNCIONES	RESPONSABLES	NECESIDAD
1.CONCERTACIÓN ACTIVIDADES: reuniones de trabajo, análisis de lineamientos institucionales, ruta y ajuste de metodología para la ejecución del proyecto	<p>Conversatorio</p> <p>Reuniones técnico - administrativas y ejecutivas</p> <p>Toma de evidencias audiovisuales – comunicadora del centro agropecuario/ regional</p>	<p>Ejecutar el proyecto de interés nacional</p> <p>Liderar el proyecto, interpretar, ejecutar y socializar lineamientos institucionales</p> <p>Aportar sugerencias, ideas, propuestas para el desarrollo del proyecto</p>	<p>EQUIPO DE TRABAJO:</p> <p>Líder proyecto, dinamizadores SENNOVA. Instructora centro agropecuario asignada</p> <p>Contratistas: profesional y tecnólogo</p>	<p>Registrar los aspectos tratados en cada reunión en formato acta: temas, compromisos y responsables, entre otros</p> <p>Contrato en ejecución.</p> <p>Contrato de aprendizaje. Integrantes semillero BIOAGRO, ECOBIOS y grupo GEITA</p>
2.ALISTAMIENTO: Contrato proveedores. Adquisición de materiales, insumos, maquinaria y equipo. Adecuación de infraestructura:	<p>Procedimientos administrativos conforme con lineamientos institucionales</p> <p>Trabajo en equipo regional</p>	<p>Autorizar procesos administrativos</p> <p>Poner a punto el laboratorio de</p>	<p>Equipo administrativo: director regional, subdirectores.</p> <p>Equipo operativo, líder</p>	<p>Disponibilidad de personal de mantenimiento, servicios generales; materiales, insumos, equipos, maquinaria para ejecutar la obra de mantenimiento y adecuación.</p>



mantenimiento de techo, paredes, piso, sistema eléctrico del laboratorio de bioensayos		bioensayos para la normalización del abono COCALOFA.	proyecto, ingeniera civil, equipo de trabajadores oficiales de mantenimiento de la regional y contrato por servicios generales	
3. ESTRATEGIA HOLAD (hábito orden, limpieza, aseo, desinfección): implementación en el laboratorio bioensayos, ambiente de formación	Estrategia H.O.L.A.D. / 5 SOLES Lineamientos de SST	Implementar protocolo de bioseguridad, B.P.L.	Equipo de trabajo: líder objetivo 3, tecnólogo contratado, apoyo personal de mantenimiento y de servicios generales	E.P.P., productos de desinfección como amonio cuaternario de 5 generación. Implementos y materiales para el aseo y limpieza.
4. PROCESO NORMALIZACIÓN COCALOFA: ajuste protocolo, preparación 50 L (concentrado). Evaluación variables y estabilización del producto	Protocolo elaboración de abono orgánico líquido mineralizado - COCALOFA	Producir abono líquido COCALOFA (400 L – concentrados), de acuerdo con protocolo ajustado. Evaluar la estabilidad del producto/ tiempo almacenamiento y eficacia	Equipo técnico – administrativo. Experta biopreparados – COCALOFA. Tecnólogo, ingeniero agrónomo o afín contratado	Disponer de equipos básicos: gramera, estufa, pH metro calibrado Que el laboratorio de bioensayos esté a punto. Los materiales, insumos disponibles
5. ENSAYO EFICACIA COCALOFA: diseño experimental, implementación de labores culturales en unidad experimental. Toma de datos, manejo y evaluación agronómica	EJERCICIO DE INVESTIGACIÓN APLICADA	Proyectar la implementación del diseño experimental en la granja del centro agropecuario SENA y en el lote seleccionado en territorio NASA. Registrar y analizar la información en formatos diseñados. Presentar informes técnicos	Equipo técnico: líder proyecto, líder objetivo 3, ingeniero agrónomo / afines. Comunidad beneficiada, aprendices SENA, centro agropecuario Ingeniero agrónomo/	Disponibilidad de guadaña, motocultor, bombas espalderas, herramientas Adecuación sistema de riego Equipo de cómputo, formatos en físico



			afines contratados	
6.PRUEBAS DE LABORATORIO REGISTRADO ANTE EL ICA: toma y envío de muestras de suelo, abono líquido COCALOFA a la empresa. Contenido de N, Zn, Fe en muestras de 100 g de semilla de frijol / tratamiento	Limo, arcilla, Arena A% % - NTC-6299-2018 pH - NTC 5264-2018 Humedad pW % - NTC 1495 2013 Materia Orgánica MO % - NTC 5526-2007 Carbono Orgánico CO % - NTC 5403-2013 Nitrógeno Total N % - Soil Survey Laboratory Methods Manual (Versión 03, 1996):2A1,6B Método kjeldhal Magnesio Mg cmol(+)/kg - NTC 5349-2016 Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva CICE cmol(+)/kg - NTC 5268-2014 Potasio K cmol(+)/kg - NTC 5349-2016 Calcio Ca cmol(+)/kg - NTC 5349-2016 Acidez Intercambiable (Aluminio) Al cmol(+)/kg - NTC 5263-2017 Fósforo P mg/kg - Método interno Azufre S mg/kg - NTC 5402-2006 Nitratos N-NO3	Seleccionar las muestras para enviar al laboratorio. Analizar la información de los análisis físico – químico y biológicos y proponer los ajustes para la normalización - COCALOFA Cumplir parámetros microbiológicos conforme con la normatividad	Ingeniero agrónomo/afines contratados P.D. química, docente UNICAUCA y estudiantes.	Análisis físico – químico y biológico de 4 muestras de suelo, 8 muestras de abono líquido COCALOFA Reactivos analíticos para pruebas requeridas (18). Laboratorio de química UNICAUCA



	<p>- mg/kg - Serie Agronomic (9). Methods of soil analysis. Second edition 33-6.3.</p> <p>Amonio N-NH₄ + mg/kg - FOSS. Aplicación 5226 (Rev4)</p> <p>Hierro Fe mg/kg - NTC 5526-2007</p> <p>Manganeso Mn mg/kg - NTC 5526-2007</p> <p>Cobre Cu mg/kg - NTC 5526-2007</p> <p>Zinc Zn mg/kg - NTC 5526-2007</p> <p>Boro B mg/kg - Método interno</p> <p>Pruebas de laboratorio para suelo y COCALOFA</p> <p>NTC 5167. Análisis de microorganismos abono líquido COCALOFA</p> <p>Método Kjendahl</p> <p>Cuantificación por Absorción atómica</p>			
7.EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO: análisis de resultados de laboratorio. Proyección del registro productor ante el ICA. Socialización de resultados. Informes	<p>Registro en formatos SENNOVA</p>	<p>Realizar informes técnicos mensualmente conforme con lineamientos institucionales.</p> <p>Divulgar los resultados a la comunidad educativa SENA, entre otros</p>	<p>Equipo técnico del proyecto</p>	<p>Ingeniero agrónomo / afines.</p> <p>Contratación del experto en resolución ICA 150, NTC 5167, ruta registro productor.</p>



14 Cadena de Valor

La cadena de valor que permite, entre otras, visibilizar la coherencia desde el planteamiento del problema hasta las soluciones identificadas. Se propone se maneje de la siguiente propuesta:

13. CADENA DE VALOR				
Objetivo específico	Producto	Medido a través de	Cantidad / Meta	Actividades asociadas al producto
Objetivo específico 1 (OE1): Analizar la admisibilidad sanitaria de productos elaborados con hoja de coca comerciales y de uso tradicional conforme a los requerimientos de la revisión crítica ante Naciones Unidas (foco Alimentos).	Informe técnico de admisibilidad sanitaria (recuperabilidad e inocuidad) para los productos priorizados	Número de documentos	1	1.1 Mapeo y priorización de productos.
				1.2 Caracterización del modelo de producción de la HC seca/fresca
	Ponencia - Trabajo en evento científico o Apropiación social del Conocimiento	# de Ponencias Trabajo en evento científico o Apropiación social del Conocimiento	1	1.3 Estudios de admisibilidad sanitaria (revisión y definición de alcance Recuperabilidad e inocuidad para consumo). 1,4 sistematización y recomendaciones.
Objetivo específico 2 (OE2): Determinar la funcionalidad de los extractos de hoja de coca y los productos priorizados para el desarrollo de prototipos.	Documento de trabajo (Working paper)	Número de documentos	1	2.1 Revisión y ajuste de los protocolos de obtención de extractos de Hoja de Coca.
				2.2 Evaluación de funcionalidad para desarrollo de prototipos (productos potenciales) empleando Bioinformática.



	Artículo científico sometido	Número de Artículos científicos sometidos	1	2.3 Análisis de la toxicidad de los extractos y productos priorizados (Cito, hepato y hemo).
Objetivo específico 3 (OE3): Normalizar el proceso de elaboración del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (CocALOFA).	Informe técnico de proceso de producción del abono líquido	Número de documentos	1	3.1 Estandarización de procedimientos
	Artículo científico sometido	Número de Artículos científicos sometidos	1	3.2 Caracterización del abono líquido (Cocalofa)
	Cartilla divulgativa/manual no especializado	Número de Cartillas	1	3.3 Validación cumplimiento de requisitos para registro
	Informe Viabilidad registro ante ICA	Número de documentos	1	3.4 Acondicionamiento de infraestructura y Diseño de etiqueta

15 Impactos

Cada impacto debe ser evaluado y descrito en términos de sus beneficios concretos y medibles, con el fin de demostrar cómo el proyecto no solo cumple con sus objetivos, sino también contribuye de manera positiva a la sociedad, la formación de aprendices y la sostenibilidad del entorno.

15.1 Impacto a la formación profesional integral

El proyecto fortalece la formación profesional integral de los aprendices al desarrollar competencias técnicas en transformación agroindustrial, control de calidad y desarrollo de productos innovadores a partir de la hoja de coca. Con la implementación de metodologías prácticas y participativas, los aprendices adquieren conocimientos sobre procesos de extracción y diseño de productos, lo que incrementa sus oportunidades de inserción en el mercado laboral y en la creación de emprendimientos sostenibles. Esta formación no solo contribuye al aprovechamiento legal y sostenible de la hoja de coca, sino que también impulsa el reconocimiento del conocimiento ancestral y la valorización de los saberes tradicionales en el territorio. Así, el proyecto no solo amplía las perspectivas profesionales de los beneficiarios y aprendices, sino que también impulsa el desarrollo local y la equidad social a través del conocimiento y la innovación.



Más allá de las habilidades técnicas mencionadas, el proyecto promueve el desarrollo de habilidades blandas fundamentales para una formación integral. Los aprendices e instructores vinculados, fortalecen su capacidad de trabajo en equipo, liderazgo y gestión de proyectos, al tiempo que interiorizan principios de sostenibilidad, responsabilidad social y ética en la producción.

15.2 Impacto social generado:

El proyecto representa una estrategia innovadora para fortalecer el bienestar general no solo de los resguardos indígenas del norte del Cauca, sino de todas las comunidades indígenas de latinoamérica, promoviendo la autonomía económica y el reconocimiento cultural de los usos tradicionales de la planta de coca dentro de un marco legal y sostenible.

Con el desarrollo de prototipos, el proyecto fomenta la inclusión social al generar hojas de ruta para posibilitar oportunidades de emprendimiento para familias productoras, jóvenes y mujeres indígenas, quienes históricamente han enfrentado limitaciones en el acceso a mercados formales y fuentes de ingresos alternativas y dignas. Además, al transformar la coca en productos con valor agregado, se impulsa un modelo de bioeconomía que contribuye a la diversificación de actividades productivas locales, transformando la dependencia de economías ilícitas y mejorando las condiciones de vida de la población.

Asimismo, el impacto del proyecto fortalece el tejido social de los resguardos beneficiarios al promover el diálogo intergeneracional y el rescate de conocimientos ancestrales sobre el uso de la hoja de coca y llevarlo hacia un prototipado. Este proceso no sólo visibiliza la importancia cultural y medicinal de la planta, sino que también fomenta la equidad, la autogestión, y la justicia social al posicionar a las comunidades indígenas como actores clave y coinvestigadores en la generación de soluciones productivas sostenibles, que fortalezcan su identidad y su capacidad de incidencia en políticas públicas respetuosas con su cosmovisión.

15.3 Impacto ambiental:

El proyecto tiene un impacto ambiental positivo al promover el uso sostenible de la planta de coca, evitando su destinación a mercados ilícitos y fomentando su aprovechamiento dentro de un enfoque bioeconómico y ancestral. La iniciativa incentiva la agricultura regenerativa y la conservación de los ecosistemas locales, a partir del entendimiento de prácticas agroecológicas que minimizan la degradación del suelo, reducen la dependencia de agroquímicos y optimizan el uso del agua en cultivos tradicionales. Asimismo, al impulsar el valor agregado de la materia prima, se disminuye la presión sobre los ecosistemas al evitar la expansión descontrolada de la frontera agrícola y se fomenta la agrobiodiversidad en los territorios indígenas.

A través de estrategias de educación ambiental, se empodera a las comunidades indígenas en el uso sostenible de los recursos naturales, fomentando la conservación de la biodiversidad y la reducción de la huella de carbono en la producción y transformación. En términos globales, las buenas prácticas que resulten de este modelo de aprovechamiento sostenible podrían replicarse en otras comunidades indígenas, campesinas del entorno rural, haciendo sus entornos más sostenibles y resilientes.



16 Resultados esperados para el Centro de Formación la regional y/o el departamento

Los resultados esperados del proyecto de prototipado de productos elaborados con hoja de coca y sus extractos en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca) permitirán avanzar en la caracterización sanitaria, funcional y productiva de estos prototipos para su integración en cadenas productivas formales.

Como primer resultado, se espera la generación de un informe técnico de admisibilidad sanitaria con criterios de recuperabilidad e inocuidad de los productos priorizados, permitiendo su alineación con los requisitos de organismos nacionales e internacionales. Este informe será socializado en un evento científico y con comunidades, que facilitará la apropiación social del conocimiento generado por parte de actores estratégicos de la región.

En el ámbito del desarrollo de prototipos, el proyecto sistematiza los protocolos de obtención de extractos de hoja de coca, evaluando su funcionalidad mediante herramientas de bioinformática. Asimismo, se detalla el análisis de toxicidad de los extractos y productos priorizados, incluyendo estudios de citotoxicidad, hepatotoxicidad y hemotoxicidad. Estos resultados permitirán identificar aplicaciones seguras en gastronomía y agroindustria, consolidando una base científica para la producción y comercialización de estos productos.

Para el sector agropecuario, se logrará la normalización del proceso de producción del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (CocALOFA), lo que permitirá obtener una estandarización del proceso, la caracterización físico-química del producto, y su viabilidad para registro ante el ICA. Adicionalmente, se contempla el desarrollo de elementos de divulgación con enfoque no especializado como cartillas con un enfoque más fuerte en lo pedagógico, dirigida a productores y comunidades indígenas interesados en su implementación. Estos insumos contribuirán a fortalecer las capacidades productivas de los instructores del Centro Agropecuario del SENA Regional Cauca y los productores locales, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles y eficientes, así como la generación de bases técnicas para la creación de diseños curriculares centrados en abonos y entre otros, resaltando que a la fecha ya se cuenta con el diseño 96151558 de Elaboración de harina de coca para productos alimenticios.

A corto plazo, el impacto del proyecto se refleja en el fortalecimiento de las capacidades técnicas y científicas de los aprendices, instructores, investigadores y comunidad indígena beneficiaria, en la generación de productos innovadores con valor agregado a nivel agrícola, de transformación de productos y gastronómico. A mediano y largo plazo, se proyecta una mayor aceptación de los productos derivados de la hoja de coca y mercados regulados, lo que impulsará el desarrollo económico de las comunidades involucradas.



enriquecido con hoja de coca (CocALOFA).	- Viabilidad registro ante ICA	3.4 Acondicionamiento de infraestructura y Diseño de etiqueta	X	X								X	X	X
--	--------------------------------	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	---	---	---

18 Presupuesto

Actividad	Líneas de inversión	Cant	Tiempo (meses)	Valor unitario	Valor línea de inversión	Valor de la actividad
Coordinación y transversales	Servicios personales indirectos	1	11	6.000.000	66.000.000	326.350.000
	Servicios personales indirectos	1	11	2.500.000	27.500.000	
	Servicios personales indirectos	1	8	6.000.000	48.000.000	
	Servicios personales indirectos	1	9,5	3.300.000	31.350.000	
	Servicios personales indirectos	3	9	2.500.000	67.500.000	
	Viáticos gastos de viaje al interior área administrativa	1	10	4.000.000	40.000.000	
	Comunicaciones; y, otros gastos por impresos y publicaciones	1	1	10.000.000	10.000.000	
	Equipo de sistemas	3	1	12.000.000	36.000.000	
Actividades OE-1	Servicios personales indirectos	1	8	6.000.000	48.000.000	170.800.000
	Servicios personales indirectos	1	10,5	3.300.000	34.650.000	
	Servicios personales indirectos	1	7,35	2.500.000	18.450.000	
	Servicios personales indirectos	1	9	2.500.000	22.500.000	
	Viáticos gastos de viaje al interior área administrativa	1	10	3.000.000	30.000.000	
	Materiales para formación profesional	1	1	12.200.000	12.200.000	
	Materiales para formación profesional	1	1	5.000.000	5.000.000	
Actividades OE-2	Servicios personales indirectos	1	9,5	3.300.000	31.350.000	138.850.000
	Servicios personales indirectos	1	9	2.500.000	22.500.000	
	Materiales para formación profesional	1	1	40.000.000	40.000.000	



	Servicios personales indirectos	1	1	40.000.000	40.000.000	
	Comunicaciones; y, otros gastos por impresos y publicaciones	1	1	5.000.000	5.000.000	
Actividades OE-3	Servicios personales indirectos	1	9	3.300.000	29.700.000	164.000.000
	Servicios personales indirectos	1	9	2.500.000	22.500.000	
	Materiales para formación profesional	1	1	17.800.000	17.800.000	
	Materiales para formación profesional	1	1	5.000.000	5.000.000	
	Viáticos gastos de viaje al interior área administrativa	1	10	3.000.000	30.000.000	
	Servicios personales indirectos	1	1	10.000.000	10.000.000	
	Comunicaciones; y, otros gastos por impresos y publicaciones	1	1	5.000.000	5.000.000	
	Otras compras de equipos	1	1	44.000.000	44.000.000	

19 Análisis de Riesgos

Este apartado se enfoca en identificar los riesgos que podrían afectar el diseño y desarrollo del proyecto, así como los posibles riesgos que el proyecto mismo podría generar en su entorno. Los riesgos se clasifican en diferentes tipos (operacionales, administrativos y legales) y se detallan de la siguiente manera:

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Efectos	Mitigación
Legales	Problemas o retrasos en la contratación de personal para los procesos de Investigación	Posible	Alto	No cumplimiento de objetivos	Gestionar con suficiente antelación ante la oficina jurídica los temas contractuales del personal.
Operacional	Defectos en los equipos o software adquiridos, o	Probable	Moderado	Retrasos en los procesos de investigación	Solicitar apoyo del equipo técnico para realizar pruebas de



	con los que se cuenta actualmente en laboratorios.			n	funcionamiento con los proveedores. Uso de equipos y espacios con los aliados.
Operacional	Incumplimiento en entrega de actividades y productos	Probable	Moderado	Retraso en el cumplimiento de productos	Planeación aprobada por supervisión con procesos detallados de actividad/producto /tiempo que permitan hacer un seguimiento oportuno de las falencias e incumplimientos que se puedan presentar.
Operacional	Limitaciones en la movilidad por conflicto armado y alteraciones del orden público	Probable	Moderado	Dificultad de acceso a información primaria y demoras en la priorización y el desarrollo de productos con la comunidad	Monitoreo de las alteraciones de orden público, paros entre otros, para buscar mecanismos que aminoren los efectos del riesgo. Articulación con los enlaces que habitan en la zona
Administrativos	Demoras en los desembolsos del proyecto que limiten la contratación de personal, insumos, desplazamientos	Probable	Alto	Mínimos procesos de ejecución y contratación en el proyecto.	Sincronización entre el Centro y la dirección general, a través de enlaces para lograr un flujo financiero estable y a tiempo para cada una de las actividades



	tos entre otros elementos básicos para la ejecución del proyecto.				planeadas.
Administrativo	Renuncia del equipo técnico	Posible	leve	Demoras en la ejecución del proyecto de investigación.	Banco de hojas de vida con perfiles idóneos, y coordinación con el ordenador del gasto
Administrativo	Comunidad poco comprometida con el proyecto	Posible	Moderado	Poco convocatoria y disposición de trabajo en talleres y encuentros	Articulaciones tempranas y proceso de formalización y acuerdos con los actores clave y entes territoriales

20 Sostenibilidad

- **Aspectos ambientales:** La sostenibilidad ambiental se garantiza por medio del arreglo agrícola que se conoce como tul nasa, el cual está determinado por la diversidad de especies asociadas al cultivo y que genera un espacio donde no se utilizan insumos externos a los producidos en la finca y tampoco se utilizan herbicidas o fungicidas en la producción local de la hoja, que normalmente se consume seca al sol. Por lo anterior se garantiza la producción limpia de los productos agrícolas que se originan en este espacio.
- **Aspectos sociales:** El tul nasa está considerado como la despensa del pueblo nasa, que considera la biodiversidad como la base de su cultura, la sostenibilidad social del proyecto se garantiza por la participación de actores económicos y sociales como el proyecto Nasa que permite la divulgación de los resultados, el conocimiento local de los productos elaborados y el fomento a la formación profesional integral que oferta el SENA en este espacio. Se considera que la sostenibilidad social está garantizada en la medida que los pobladores de los cabildos apropien las técnicas desarrolladas en conjunto y se motiven a generar emprendimiento asociados a la producción de la hoja de coca.
- **Capacidades y recursos:** La comunidad Nasa de Toribio y sus resguardos cuenta con capacidades profesionales, humanos y financieros que permiten garantizar la sustentabilidad del proyecto a mediano y largo plazo.



21 Ponderables:

Este apartado evalúa diversos criterios para priorizar el proyecto y su alineación con diferentes necesidades y enfoques. Cada criterio se evalúa según si aplica o no al proyecto. Los criterios incluyen:

- **Oferta de programas agropecuarios:** El proyecto se relaciona con programas destinados al sector agropecuario, particularmente en la producción de bioinsumos y el fortalecimiento de prácticas agrícolas sostenibles. La elaboración del abono líquido CocALOFA se alinea con los programas de agroecología y biotecnología aplicada al sector agrícola, promoviendo el uso eficiente de residuos vegetales y su transformación en insumos de alto valor para la producción agrícola. Además, el desarrollo de este bioabono respalda la estrategia de formación en producción limpia y manejo sostenible de suelos, fortaleciendo la transferencia de tecnología y la capacitación de los productores locales en técnicas con impacto ambiental positivo.
- **Atención a la economía campesina:** El proyecto si está orientado a apoyar la economía campesina, en consonancia con la estrategia CampeSENA del SENA. Esta iniciativa busca reconocer y fortalecer la labor del campesinado colombiano, facilitando su acceso a programas y servicios que promuevan justicia social, ambiental y económica. Al desarrollar productos innovadores a partir de la hoja de coca, el proyecto impulsa la diversificación de la producción local y la generación de valor agregado, mejorando los ingresos y la calidad de vida de las comunidades campesinas e indígenas involucradas. Además, al fomentar prácticas agrícolas sostenibles y la transformación de recursos locales, se contribuye al fortalecimiento de modelos asociativos y al desarrollo integral del campo en el departamento del Cauca, alineándose con los objetivos de CampeSENA.
- **Atención a la economía popular:** El proyecto busca capacitar a las comunidades indígenas en la producción y comercialización de productos derivados de la hoja de coca, promoviendo la creación y fortalecimiento de unidades productivas y micronegocios locales. Al proporcionar formación y recursos para el desarrollo de estos productos, el proyecto contribuye a la inclusión económica y al mejoramiento de las condiciones de vida de estas poblaciones, en concordancia con la estrategia nacional 'Full Popular'.
- **Alineación con el Plan Nacional de Desarrollo:** El proyecto si está claramente alineado con los objetivos y prioridades del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia Potencia Mundial de la Vida. En el pilar de Seguridad Humana y Justicia Social, el proyecto impulsa la economía campesina e indígena mediante el uso sostenible y legal de la hoja de coca, promoviendo el desarrollo de actividades productivas con valor agregado en territorios históricamente marginados. Esto contribuye a la formalización de medios de vida dignos, reduciendo la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades y promoviendo la equidad en el acceso a oportunidades económicas. Asimismo, en el ámbito del Derecho Humano a la Alimentación, el desarrollo de productos funcionales y bioinsumos como el abono líquido Cocalofa fortalece la producción agrícola sostenible, diversifica la oferta alimentaria y mejora la seguridad alimentaria en la región.



Además, el proyecto responde a las prioridades de Internacionalización, Transformación Productiva para la Vida y Acción Climática al incorporar procesos de normalización sanitaria y exploración de mercados regulados para productos derivados de la biodiversidad colombiana. Esto facilita su inclusión en cadenas de valor sostenibles con potencial de exportación y promueve la innovación en el sector agroindustrial. El uso de bioinsumos, como el abono Cocalofa, también aporta a la acción climática al reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y mejorar la calidad del suelo, alineándose con estrategias de sostenibilidad ambiental.

- **Alineación con la oferta de programas del centro de formación:** El proyecto si está en concordancia con la oferta educativa y formativa del centro de formación, teniendo en cuenta que uno de los ejecutores es el Centro Agropecuario que tiene impacto en los 42 municipios del departamento, llevando formación técnica y tecnológica, cursos complementarios, Programas como Campesena, donde se desarrollan formaciones orientadas al sector productivo. Dentro de los programas relacionados que actualmente mantiene en oferta el Centro Agropecuario de la Regional Cauca, y que serán beneficiados el proyecto son los siguientes:
 - Tecnólogo en gestión de empresas agropecuarias
 - Tecnólogo en gestión de recursos naturales
 - Técnico en sistemas agropecuarios ecológicos
 - Técnico en proyectos agropecuarios
 - Técnico en conservación de recursos naturales

Presentación de proyectos en fases: El proyecto no está estructurado en fases, debido a que se permite realizar el proceso completo de investigación y desarrollo tecnológico, así como el cumplimiento de sus objetivos dentro del tiempo establecido para la presente vigencia 2025. Sin embargo se puede plantear en una siguiente fase, evaluar el escalamiento y comercialización de alguno de los productos derivados de la Hoja de Coca; la implementación de pruebas de mercado para evaluar la aceptación de los productos y ajustar su presentación, empaque y valor agregado según las tendencias de consumo; La creación de diseños curriculares y programa de formación, o bien certificación de competencias laborales para los productores en áreas como agroindustria y emprendimiento.

Cobertura en la territorialidad: Si, el proyecto cuenta con una cobertura territorial estratégica, ya que se desarrolla en los resguardos indígenas de Toribío, San Francisco y Tacueyó, ubicados en el norte del Cauca, una región con una fuerte tradición en el uso ancestral de la hoja de coca y con un alto potencial para la transformación productiva. Estos territorios han sido históricamente afectados por conflictos socioeconómicos y limitaciones en el acceso a mercados formales, por lo que el proyecto no solo impulsa el desarrollo local, sino que también fortalece la autonomía económica de las comunidades indígenas.

Además, su alcance se amplía a los Centros de Formación del SENA en la Regional Cauca, donde se articularán acciones de formación técnica y productiva en gastronomía (Centro de Comercio y Servicios) y bioinsumos (Centro agropecuario), asegurando que los conocimientos generados sean replicables en otros contextos rurales del departamento. Esta cobertura permite una transferencia efectiva de tecnología y conocimiento, promoviendo la sostenibilidad y la escalabilidad del modelo a nivel regional y nacional.



22 Aceptación de condiciones habilitantes de la propuesta

El desarrollo de la propuesta cumple las condiciones necesarias para la correcta ejecución del proyecto, es así que se garantiza que se cuentan con los documentos, permisos o certificaciones necesarias para ejecutar la propuesta de proyecto. Por otra parte, se adjunta los anexos de cartas de intención y propiedad intelectual de los aliados vinculados a la propuesta, en las cuales los aliados y beneficiarios se responsabilizan de apoyar en las actividades en las cuales están asociados.

CONDICIÓN	SI/NO
Garantizo que cuento con los certificados, soportes y procesos de vinculación para la ejecución de la propuesta	SI
Presento anexos del proyecto que describa las responsabilidades con aliados	SI

23 Aceptación de condiciones habilitantes de la propuesta

- Se adjuntan los anexos requeridos para la propuesta:

Anexo 3.1. Documento técnico soporte de formulación proyecto MGA.
Anexo 3. Proyecto MGA Prototipado productos HC y extractos 2025
Anexo 3.2. Estudios de mercado
Anexo 3.3. Cotizaciones
Anexo 3.4. Cartas de Intención de Alianza.
Anexo 3.5. Carta de propiedad intelectual.

24 Bibliografía

Baptiste, B., Vergara, H., Becking, M., Posada, V., León, J., & Troyano, D. (2022). *Estrategia de investigación regional sobre los usos y potencialidades de la hoja de coca: Un instrumento para incidir en las políticas públicas agrícolas, alimenticias y farmacéuticas en Colombia*. Ediciones EAN.

Departamento Nacional de Planeación – DNP (2011). *Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a través del uso sostenible de la biodiversidad en Colombia*. Documento CONPES 3697.

Elementa (2018). *Cultivos de coca en Colombia: Impactos socioambientales y política de erradicación*.

Farthing, L., & Ledebur, K. (2015). *Hacia una política de drogas en Bolivia: Coca, conflicto y reducción de daños*.

Islam, M. (2011). *Phylogenetic analysis of the genus Erythroxylum: Origin and biogeographical distribution*.



Jara-Muñoz, J. (2008). *Erythroxylum spp. en Colombia: Diversidad y usos tradicionales*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

Rubio, C., et al. (2019). *Discriminación entre consumo de hoja de coca y cocaína a través de biomarcadores en cabello*.

Sauvain, M., et al. (1997). *Propiedades medicinales de los extractos de Erythroxylum coca y su aplicación en la industria farmacéutica*.

Troyano D. y Restrepo D. (2018) La industrialización de la hoja de coca: Un camino de desarrollo y paz en Colombia. Open Society Foundations. New York.

UNODC (2019). *Informe de monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos*. Naciones Unidas.

Agamah, F. E., G. K. Mazandu, R. Hassan, C. D. Bope, N. E. Thomford, A. Ghansah and E. R. Chimusa (2020). "Computational/in silico methods in drug target and lead prediction." *Briefings in bioinformatics* **21**(5): 1663-1675.

Ansari, A. A., A. K. Parchur, Y. Li, T. Jia, R. Lv, Y. Wang and G. Chen (2024). "Cytotoxicity and genotoxicity evaluation of chemically synthesized and functionalized upconversion nanoparticles." *Coordination Chemistry Reviews* **504**: 215672.

Banerjee, P., A. O. Eckert, A. K. Schrey and R. Preissner (2018). "ProTox-II: a webserver for the prediction of toxicity of chemicals." *Nucleic acids research* **46**(W1): W257-W263.

Barakat, A., G. Munro and A.-M. Heegaard (2024). "Finding new analgesics: Computational pharmacology faces drug discovery challenges." *Biochemical pharmacology*: 116091.

Berman, H. M., J. Westbrook, Z. Feng, G. Gilliland, T. N. Bhat, H. Weissig, I. N. Shindyalov and P. E. Bourne (2000). "The protein data bank." *Nucleic acids research* **28**(1): 235-242.

Bian, Y. and X.-Q. Xie (2018). "Computational fragment-based drug design: current trends, strategies, and applications." *The AAPS journal* **20**: 1-11.

Bolognesi, C. and S. Cirillo (2014). "Genotoxicity biomarkers in aquatic bioindicators." *Current Zoology* **60**(2): 273-284.

Castillo Ordoñez, W. O., A. F. Aristizabal-Pachon, L. B. Alves and S. Giuliani (2023). "Epigenetic regulation exerted by *Caliphuria subdentata* and galantamine: an in vitro and in silico approach for mimic Alzheimer's disease." *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*: 1-16.

Castillo, W. O., A. F. Aristizabal-Pachon, E. Sakamoto-Hojo, C. A. Gasca, F. A. Cabezas-Fajardo, C. J. M. R. G. T. Takahashi and E. Mutagenesis (2018). "*Caliphuria subdentata* (Amaryllidaceae) decreases genotoxicity and cell death induced by β -amyloid peptide in SH-SY5Y cell line." **836**: 54-61.

Daina, A., O. Michielin and V. Zoete (2017). "SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules." *Scientific reports* **7**(1): 42717.

Dhudum, R., A. Ganeshpurkar and A. Pawar (2024). "Revolutionizing Drug Discovery: A Comprehensive Review of AI Applications." *Drugs and Drug Candidates* **3**(1): 148-171.

Díaz Escobar, A. M. and F. J. Sánchez Torres (2004). "A geography of illicit crops (coca leaf) and armed conflict in Colombia."



Esazadeh, K., J. Ezzati Nazhad Dolatabadi, H. Andishmand, H. Mohammadzadeh-Aghdash, M. Mahmoudpour, M. Naemi Kermanshahi and Y. Roosta (2024). "Cytotoxic and genotoxic effects of tert-butylhydroquinone, butylated hydroxyanisole and propyl gallate as synthetic food antioxidants." Food Science & Nutrition **12**(10): 7004-7016.

Fielden, M. R., J. B. Matthews, K. C. Fertuck, R. G. Halgren and T. R. Zacharewski (2002). "In silico approaches to mechanistic and predictive toxicology: an introduction to bioinformatics for toxicologists." Critical reviews in toxicology **32**(2): 67-112.

Hanwell, M. D., D. E. Curtis, D. C. Lonie, T. Vandermeersch, E. Zurek and G. R. Hutchison (2012). "Avogadro: an advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform." Journal of cheminformatics **4**: 1-17.

Huang, J., S. Rauscher, G. Nawrocki, T. Ran, M. Feig, B. L. De Groot, H. Grubmüller and A. D. Mackerell Jr (2017). "CHARMM36m: an improved force field for folded and intrinsically disordered proteins." Nature methods **14**(1): 71-73.

Khan, S. A., & Chaudhary, M. (2024). Introduction to extraction and antioxidant activity of alkaloids. Jabirian Journal of Biointerface Research in Pharmaceutics and Applied Chemistry, 1(01), 08-17.

Kim, S., P. A. Thiessen, E. E. Bolton, J. Chen, G. Fu, A. Gindulyte, L. Han, J. He, S. He and B. A. Shoemaker (2016). "PubChem substance and compound databases." Nucleic acids research **44**(D1): D1202-D1213.

Lv, Y., T. Tian, Y.-J. Wang, J.-P. Huang and S.-X. Huang (2022). "Advances in chemistry and bioactivity of the genus *Erythroxylum*." Natural products and bioprospecting **12**(1): 15.

Magnus, S. P., M. O. Anagboso, I. I. Johnny, U. P. Ise and J. E. Okokon (2024). "Evaluation of genotoxic and cytotoxic activities of leaf and seed extracts of *Telfairia occidentalis*." Journal of Complementary and Alternative Medical Research **25**(3): 7-16.

Martínez, T. and H. Zuleta (2019). "Cultivos de Coca y Violencia: El cambio después de iniciados los diálogos de paz (Coca Crops and Violence: The Change After Initiated the Peace Dialogs)." Documento CEDE(2019-26).

Novak, M., C. Salemink and I. Khan (1984). "Biological activity of the alkaloids of *Erythroxylum coca* and *Erythroxylum novogranatense*." Journal of Ethnopharmacology **10**(3): 261-274.

Ouma, R. B., S. M. Ngari and J. K. Kibet (2024). "A review of the current trends in computational approaches in drug design and metabolism." Discover Public Health **21**(1): 108.

Pelkonen, O., M. Turpeinen and H. Raunio (2011). "In vivo-in vitro-in silico pharmacokinetic modelling in drug development: current status and future directions." Clinical pharmacokinetics **50**: 483-491.

Syed, S. H., S. Unavane, P. Taru, A. Thakur, N. Rai, L. Sajimon, S. Deore and M. Shah (2024). "Ethnobotanical, Phytochemical and Pharmacological Activities of Genus *Erythroxylum*." Journal of Natural Remedies: 1653-1671.

Van Der Spoel, D., E. Lindahl, B. Hess, G. Groenhof, A. E. Mark and H. J. Berendsen (2005). "GROMACS: fast, flexible, and free." Journal of computational chemistry **26**(16): 1701-1718.

Vanommeslaeghe, K., E. Hatcher, C. Acharya, S. Kundu, S. Zhong, J. Shim, E. Darian, O. Guvench, P. Lopes and I. Vorobyov (2010). "CHARMM general force field: A force field for drug-like molecules compatible with the CHARMM all-atom additive biological force fields." Journal of computational chemistry **31**(4): 671-690.

Vargas-Rondón, N., V. E. Villegas and M. Rondón-Lagos (2017). "The role of chromosomal instability in cancer and therapeutic responses." Cancers **10**(1): 4.



Vicidomini, C., F. Fontanella, T. D'Alessandro and G. N. Roviello (2024). "A Survey on Computational Methods in Drug Discovery for Neurodegenerative Diseases." *Biomolecules* **14**(10): 1330.

Zhang, X., F. Wu, N. Yang, X. Zhan, J. Liao, S. Mai and Z. Huang (2022). "In silico methods for identification of potential therapeutic targets." *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*: 1-26

Ambulia N, Anaya S, Córdoba E, Montes C. Efecto del abono a base de hoja de coca en *Pisum sativum* L. en el Cauca, Colombia. *Revista Biotecnología en el Sector agropecuario y Agroindustrial*, v. 20, n. 1, 2022, p. 124-135. Doi: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v.n.2022.1840124>

Anaya S, Troyano D. 2017. Producción tecnificada de abonos orgánicos sólidos y líquidos a partir de la hoja de coca para fertilización de cultivos transitorios. SENA Regional Cauca. Cartilla didáctica.

Montes, C. (2017). Evaluación del efecto de la aplicación del abono orgánico líquido y sólido producido a partir de hojas de coca en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Popayán. Informe técnico.

Muñoz De la Torre, R.J., Arroyo A., J.L.; Cisneros H., C.B. Hierro y calcio en extractos etanólicos de *Erythroxylum coca* "hoja de coca" y *Medicago sativa* L. "alfalfa". Conocimiento para el Desarrollo, julio-diciembre, 2015, 6(2): 105-112

Restrepo D, Troyano D, (2018) la industrialización de la hoja de coca, un camino de innovación desarrollo y paz en Colombia. ISBN: 978-1-940983-81-3, 2018, pg. 16 - 17

<https://www.minjusticia.gov.co/Sala-de-prensa/Paginas/Resultados-monitoreo-cultivos-2023-no-son-ajenos-a-presion-global-por-aumento-de-demanda.aspx>