

Análisis de viabilidad económica para la producción de nucleótidos a partir de mucílago residual de cacao: Aplicación del Financial Feasibility Canvas (FFC)

Karmen Sofia Bello Prada

Resumen— Este estudio evalúa la viabilidad financiera de un proyecto biotecnológico enfocado en la producción de nucleótidos para diagnóstico molecular, utilizando mucílago residual de cacao como materia prima. Se emplea el modelo Financial Feasibility Canvas (FFC) para estructurar el análisis financiero en seis etapas: justificación, inversión, supuestos, flujo de caja, retornos financieros y decisión empresarial. El proyecto, constituido como un spin-off de la Universidad Industrial de Santander (UIS), aborda la dependencia regional en insumos importados y propone un modelo sostenible con impacto social, económico y ambiental. Los resultados demuestran la viabilidad financiera del proyecto y sugieren recomendaciones estratégicas para su implementación y gestión de riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

El cacao es uno de los cultivos de mayor relevancia en Colombia, famoso a nivel global por su calidad y sabor, destacando el departamento de Santander como su principal productor (Natura, 2024). Para los agricultores de Santander, el árbol de cacao tiene un gran valor económico, social, ambiental y cultural, dado que su cultivo representa una de las fuentes de ingresos más importantes. De acuerdo con un informe del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, las exportaciones alcanzaron 195,3 millones de dólares entre enero y septiembre de 2024, representando un aumento del 103,7% en comparación con el mismo periodo de 2023 (Pérez, 2024).

El rendimiento promedio por hectárea cosechada se estima en 450 kilogramos de cacao en grano, una cifra considerada bastante baja que está relacionada con cuatro factores principales: la edad avanzada de las plantaciones, el tipo de material de propagación empleado (cacaos híbridos y comunes con bajos grados de resistencia a plagas y enfermedades), la escasa densidad de árboles por hectárea y los obstáculos para que el agricultor implemente las recomendaciones de gestión integral del cultivo.

Ante esta situación, se plantea la necesidad de aprovechar los subproductos generados a partir de la producción de cacao (Sitefedecacao, s.f.). En el proceso de fermentación del cacao se genera el mucílago, un subproducto con alto potencial para la producción de compuestos biotecnológicos debido a su contenido de azúcares fermentables y compuestos bioactivos (Holguín, 2025).

Mediante un proceso de extracción y fermentación, los nucleótidos producidos pueden emplearse en diferentes industrias, proporcionando un uso sostenible y de alto valor agregado para este subproducto de la industria cacaotera. Los nucleótidos son compuestos químicos que se unen para formar los ácidos nucleicos, principalmente ARN y ADN, convirtiéndolos en materia prima importante para la producción de pruebas PCR (reacción en cadena de la polimerasa) (Genome, 2025). Este tipo de pruebas de laboratorio se utilizan para diagnosticar distintas enfermedades infecciosas, algunos tipos de cáncer y ciertos cambios genéticos, buscando pequeñas cantidades de material genético de patógenos o células anormales en muestras de sangre, saliva, mucosidad o tejido (Medlineplus, s.f.).

Este proyecto surge con el objetivo de aprovechar los subproductos del cacao en el contexto del crecimiento del desarrollo biotecnológico en Latinoamérica. Originado como un spin-off de la UIS, busca valorizar el mucílago residual de cacao para producir localmente nucleótidos dNTP con alta especificidad para diagnóstico molecular.

El proyecto está liderado por el grupo de investigación Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (CEIAM), compuesto por profesionales en ciencias naturales, químicos, biólogos y microbiólogos, quienes se encargaron del diseño y formulación técnica del producto. La evaluación de la viabilidad financiera fue asignada a un equipo especializado, dada la complejidad del modelo de negocio y el análisis financiero requerido. En las reuniones de seguimiento se evidenció la necesidad de condensar la información financiera para facilitar su comunicación, evitando que los datos resultaran abrumadores para el equipo técnico. Por ello, la herramienta Financial Feasibility Canvas (FFC) representó una alternativa eficaz para recopilar, estructurar y comunicar la información financiera, los supuestos realizados y las decisiones recomendadas, favoreciendo el entendimiento entre ambos equipos.

A partir de una revisión de literatura sobre modelos de negocio biotecnológicos y viabilidad financiera en este tipo de proyectos, este artículo presenta el uso del Financial Feasibility Canvas como metodología para evaluar la viabilidad del proyecto. Se muestra cómo esta herramienta permite realizar una evaluación financiera rigurosa que fundamenta la toma de decisiones y contribuye a asegurar la sostenibilidad del negocio biotecnológico.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

Análisis bibliométrico

Antes de desarrollar un análisis de viabilidad financiera es fundamental plantear el modelo de negocio biotecnológico, por esto, es de vital importancia iniciar con una exhaustiva revisión de la literatura académica relacionada con la temática. En este proceso investigativo, se establecieron cuatro ejes principales de análisis, en un primer momento, la consulta de artículos o documentos se enfocó en los relacionados con modelos de negocio de nucleótidos para diagnóstico por biología molecular, luego, un análisis de los documentos centrados en la viabilidad financiera de la comercialización de nucleótidos para diagnóstico por biología molecular. Para una exploración más general, se analizan los diversos modelos de negocio aplicables al sector biotecnológico y el estudio de la viabilidad financiera de proyectos específicos en este campo. Para garantizar la calidad y relevancia de la información recopilada, se realizó una búsqueda sistemática de artículos científicos en las bases de datos SCOPUS y ELSEVIER, reconocidas por su rigor académico y amplia cobertura en el ámbito científico.

Modelos de negocio de nucleótidos en diagnóstico molecular.

Al realizar un análisis de documentos en la base de datos SCOPUS, se utilizó una ecuación de búsqueda que vinculaba los términos "modelo de negocio", "comercialización de nucleótidos", "diagnóstico molecular" y "aplicaciones comerciales". Por otro lado, se realizó la búsqueda de términos relacionados como "viabilidad financiera", "comercialización de nucleótidos" y "diagnóstico molecular". En ambos casos no se encontraron documentos relevantes con títulos que abarcaran específicamente esta temática. La falta de resultados en los títulos de los documentos indica una notable escasez en la literatura académica que se concentre específicamente en los modelos empresariales y la factibilidad financiera en este sector.

Modelos de negocio en biotecnología.

Un eje fundamental para realizar un plan de negocios corresponde a la determinación del modelo de negocios. En consecuencia, la búsqueda de literatura se enfocó principalmente en artículos científicos que abordaran específicamente la temática de modelos de negocio en el sector biotecnológico, considerando que este sector tiene características únicas en temas de financiamiento y establecimiento empresarial. Para este apartado, se generó una ecuación de búsqueda relacionando palabras clave en inglés que vinculaban conceptos como emprendimiento y modelo de negocio, junto con el término biotecnología. A través de la base de datos ELSEVIER, se realizó la búsqueda de esta ecuación en las palabras clave, resumen y en el título, obteniendo como resultado 53 documentos. En la producción de documentos el año con mayor actividad resultó ser 2020, con una mayor relevancia en el área de Negocios, Gestión y

Contabilidad. La revista que reporta un número mayor de publicaciones es Research Policy, con un Cite Score de 12.8 y un factor de impacto de 7.5 esta revista se enfoca en estudios de política, gestión y economía relacionados con ciencia, tecnología e innovación. Tras un análisis detallado de los títulos y resúmenes de los artículos más pertinentes, se identificó un artículo de especial relevancia para la investigación, titulado "Vías de financiación, gobernanza de las empresas y emprendimiento corporativo: acceso y aplicación de recursos operantes y operandos en empresas de biotecnología", publicado en la revista Technological Forecasting and Social Change. Esta revista presenta un factor de impacto de 12.9, lo cual subraya su alta tasa de citación y su significativo impacto dentro de su campo de investigación. El artículo seleccionado presenta 25 menciones en los índices de citación de ELSEVIER, lo que sugiere que ha sido referenciado por otros trabajos académicos dentro del campo. En cuanto a los autores, Calin Gurau y Léo-Paul Dana, su afiliación a la Montpellier Business School y su participación en la cátedra de Emprendimiento e Innovación son elementos relevantes. Esto indica una base académica sólida y una especialización en el área temática del artículo, lo cual podría influir en la credibilidad y el rigor del trabajo.

Utilizando la base de datos Scopus, se realizó una búsqueda con una ecuación más extensa, que incluía términos como comercialización, emprendimiento, modelos de negocio, estrategia, empresa emergente y administración, acompañados por la palabra biotecnología. Se especificó que la búsqueda de estos conceptos se llevara a cabo en el resumen, las palabras clave y el título de los documentos, además de limitar los resultados solamente a artículos. Con estas restricciones, se obtuvieron en total 609 documentos. Realizando un análisis de los resultados obtenidos, el año con mayor número de documentos resultó ser 2004, luego decayó hasta tener otro pico de artículos en el año 2023. Los artículos en su mayoría corresponden a Estados Unidos, Reino Unido y China, aspecto muy interesante considerando que los líderes del mercado de nucleótidos son empresas de China y de Estados Unidos, evidenciando así el gran conocimiento biotecnológico que poseen estos países (Mordor Intelligence, 2024). Las temáticas abordadas se reparten en distintas áreas, principalmente los resultados se centran en Bioquímica, Genética y Biología Molecular, así como en Negocios, Gestión y Contabilidad.

Viabilidad financiera proyectos de biotecnología.

Con la finalidad de conocer la metodología y los aspectos relacionados con las evaluaciones de viabilidad financiera de proyectos biotecnológicos, se realizó la búsqueda de los conceptos finanzas, economía, viabilidad y proyectos vinculados con la biotecnología. Esta búsqueda se llevó a cabo en la base de datos SCOPUS, especificando que se realizara en el resumen, título y palabras clave, obteniendo como resultado 212 artículos. El análisis de los resultados muestra que la producción de artículos presenta dos picos significativos: uno en el año 2015 y otro en el 2024, con un crecimiento notable a

partir del 2020. En cuanto a la distribución geográfica, Estados Unidos y China destacan como los países con mayor producción de artículos en este campo. Al segmentar los documentos por área de conocimiento, se observa que la mayoría corresponde a ciencias ambientales e ingeniería química, lo que refleja la orientación interdisciplinaria de estos estudios. Entre los investigadores más relevantes sobresale Jo-Shu Chang, un científico altamente citado en el ámbito de la bioenergía y el tratamiento de contaminantes, quien cuenta con un índice h de 84 y más de 39,000 citas, evidenciando la importancia de sus contribuciones a este campo de investigación. A partir de esta búsqueda, se encontraron dos artículos aplicables a la investigación realizada, la metodología Startup Lean y el lienzo de viabilidad financiera Financial Feasibility Canvas (FFC).

Startup Lean.

Un modelo de negocio representa una decisión estratégica que constituye la definición de la operación de la empresa, considerando las actividades que se realizan, los actores principales y los mecanismos que vinculan estas actividades. Como parte de su metodología, lean startup incorpora una herramienta denominada lienzo de modelo de negocio propuesta por Osterwalder y Pigneur (2010), que ayuda a traducir una idea en un plan de negocios completo. En su investigación sobre modelos de negocio y lean startup, Zott y Amit (2024) proponen como complemento a esta herramienta, el uso del método startup lean, este se basa en evitar recursos innecesarios y desperdicios consecuentemente generando una reducción de los gastos de capital (CAPEX) y las necesidades de financiación inicial. Esta metodología plantea la necesidad de validación del modelo de negocio con los primeros clientes por medio de entrevistas con la finalidad de redefinir el modelo de negocio y disminuir el riesgo en el mercado por medio de la retroalimentación constante. Este modelo, a pesar de proponer la validación del Canvas del negocio con los principales clientes, no se pudo aplicar en el proyecto de producción de nucleótidos a partir de mucilago residual del cacao, debido a la imposibilidad de contactar con empresas productoras de pruebas PCR en países latinoamericanos, a pesar de esto, fue una idea que llamó la atención del equipo técnico y se consideró su implementación en futuras fases del proyecto.

Financial Feasibility Canvas (FFC)

Considerando la utilidad del modelo de negocio CANVAS planteado por Osterwalder & Pigneur (2010) como herramienta visual que permite observar claramente la conexión entre distintos componentes del negocio, Keeratiyutisest y Promsiri (2021) proponen el análisis de 6 pasos a través del "Financial Feasibility Canvas (FFC)" como herramienta complementaria. Los autores parten de la necesidad de visualizar la información que sirve como base para realizar el análisis de viabilidad financiera del negocio y de integrar la viabilidad financiera con la creación del modelo de negocios. Keeratiyutisest y Promsiri (2021) ampliaron los

componentes de la estructura de costos y el flujo de ingresos del CANVAS a seis componentes que representan el enfoque de análisis de viabilidad financiera de seis pasos para el modelo de negocio, incluyendo la justificación de la inversión, inversión de capital, supuestos, flujo de caja, rendimientos financieros y decisión final. Al estructurar la información en seis pasos, se obtiene una visión más clara de la estructura financiera del modelo de negocio propuesto. Al emplear esta herramienta en el estudio de viabilidad financiera, se presentan los datos de manera visual y ordenada, lo que facilita su comprensión incluso para quienes no son especialistas en el área. De ese modo, tanto los fundadores como los socios e inversionistas pueden evaluar con mayor rapidez y precisión las proyecciones y tomar decisiones clave. Este enfoque resulta especialmente útil en el ámbito de las empresas biotecnológicas, donde el equipo suele estar formado por profesionales dedicados principalmente a la investigación y al desarrollo de productos, y no necesariamente al análisis financiero.

3. MARCO TEÓRICO

Biomasa

A partir de la Directiva del año 2018/2001, emitida por el Parlamento Europeo y del Consejo, se define la biomasa considerándola "la parte biodegradable de los productos, desechos y residuos derivados de actividades agrarias, incluyendo componentes de origen vegetal y animal, además de la parte biodegradable de los desechos, incluyendo los residuos industriales y municipales de procedencia biológica".

Mucilago de cacao

El mucilago de cacao es conocido como un subproducto agroindustrial que se deriva del proceso de fermentación del cacao, usualmente este material es utilizado para la fabricación de bebidas y alimentos como se evidencia en la investigación de Santana et al. (2018), donde se utiliza el mucilago de cacao con el fin de transformarlo en un aditivo para una bebida hidratante. Este subproducto se caracteriza por ser un material gelatinoso y viscoso que envuelve las semillas de cacao en las vainas. Este se ubica entre la pulpa y las semillas, y está compuesto principalmente por azúcares, pectinas y otras sustancias orgánicas. El mucilago es una parte fundamental del proceso de fermentación del cacao, ya que posee diferentes componentes físicos, químicos, enzimáticos y nutricionales. Estas características lo convierten en una biomasa útil para diversas industrias, incluyendo la alimentaria, cosmética y medicinal, así como para la obtención de compuestos bioactivos (Holguín, 2025).

Nucleótidos trifosfato.

Según Hollenstein (2012) los nucleótidos trifosfato se definen como entidades moldeables que pueden ser utilizadas fácilmente en varias ubicaciones (p.1). Existen cuatro clases de dNTP, también conocidos como desoxinucleótido trifosfato, que emplean una base de ADN distinta: 20 adenina

(dATP), citosina (dCTP), guanina (dGTP) y timina (dTTP). Durante la etapa de extensión, la utilización de dNTP ofrece bases individuales preparadas para ser incorporadas al ADN y duplicarlo, su importancia principal radica en que los (d)NTPs naturales sirven como bloques de construcción fundamentales para la síntesis de ácidos nucleicos mediada por polimerasas, tanto *in vitro* como *in vivo*.

Esta mezcla se utiliza como el componente básico en experimentos de biología molecular que implican la síntesis de ADN, como las pruebas de diagnóstico molecular. La mezcla de dNTPs es un reactivo fundamental en el proceso de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y otros métodos que se enfocan en la replicación del ADN. (BioChain Institute Inc., 2023)

Análisis Financiero.

Según Duarte et al. (2007), el análisis financiero de un proyecto se lleva a cabo para establecer su impacto en los precios del mercado o en los precios económicos. Además, expone que el propósito de la evaluación de un proyecto es establecer los efectos que este generará para diversas personas o entidades, que son las interesadas en su implementación y funcionamiento. Este análisis no solo aborda los estados financieros o la situación de la caja. Es necesario establecer la rentabilidad de la inversión que se va a realizar en el proyecto, por esto, se incorpora la estimación del valor actual neto en un año específico y la rentabilidad anual de la inversión sugerida, contrastando al inversionista con un ahorrador. (Duarte et al., 2007)

4. METODOLOGÍA

El Financial Feasibility Canvas (FFC) es un método propuesto por Keeratiyutisest y Promsiri (2021) para ayudar a los emprendedores emergentes a entender de manera efectiva cómo llevar a cabo el análisis de viabilidad financiera. Este análisis tiene como objetivo cubrir el vacío asociado a los elementos financieros del Business Model Canvas. El FFC se fundamenta en el marco del BMC, utilizando su gran popularidad entre académicos y estudiantes para simplificar su adopción debido a su familiaridad. Este método emplea el mismo estilo visual de iconografía para ayudar a los emprendedores en establecer una conexión conceptual con el BMC ya existente, al mismo tiempo que les facilita expandir sus ideas, particularmente en la sección del análisis de viabilidad financiera. El FFC sugiere un análisis de 6 etapas:

Primera etapa: Justificación de la inversión, en esta etapa se responde a la pregunta "¿Cuál es la oportunidad para esta nueva empresa comercial?". Antes de efectuar cálculos financieros, se investigan razones para justificar la inversión.

Segunda etapa: Inversión de capital, en esta etapa se cuestiona "¿Cuánto realmente requieres para comenzar este negocio?". El empresario necesita saber el volumen de la inversión para calcular su inversión inicial.

Tercera etapa: Supuestos, en esta etapa se responde a la pregunta "¿Cuáles son los costos, los ingresos y las cifras de este negocio?". Las estimaciones del proyecto, la estimación de las ventas y el costo proyectado del producto/servicio son datos relevantes.

Cuarta etapa: Flujo de caja, en esta etapa se responde a la pregunta "¿Cuál es el flujo de caja libre de esta empresa?". Se elabora un estado de flujo de caja proyectado.

Quinta etapa: Retornos financieros, en esta etapa se responde a la pregunta "¿Cuáles son los beneficios del proyecto y los principales problemas de riesgo para esta compañía?". Se centra la atención en la utilidad neta y el flujo de caja libre.

Sexta etapa: Decisión empresarial, en esta etapa se responde a la pregunta "¿Lo harás o no?". La evaluación de viabilidad demuestra si un proyecto es factible, práctico y beneficioso antes de realizar la inversión.

5. APLICACIÓN DEL MODELO

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de viabilidad financiera, se realiza una recopilación de los aspectos financieros fundamentales para facilitar la toma de decisiones por parte de los inversionistas.

Justificación de la inversión.

El proyecto justifica su inversión al abordar tres factores estratégicos clave:

Aprovechamiento del mucilago del cacao.

El mucilago de cacao es un subproducto de la agroindustria cacaotera de Santander que actualmente se desecha en el proceso de transformación del cacao. Esta biomasa residual, rica en polisacáridos y compuestos funcionales, se transforma en materia prima de alto valor para la producción de nucleótidos dNTP, insumos esenciales para el diagnóstico molecular PCR, por esto, su aprovechamiento resulta beneficioso no solo para los agricultores, sino que también, representa la oportunidad de obtener una materia prima muy valiosa a precios competitivos.

Mercado en expansión acelerada.

El sector de nucleótidos en Latinoamérica crece a una tasa anual compuesta (CAGR) del 9%, impulsado por el auge de la biotecnología y la creciente demanda de diagnósticos *in vitro*. Esta tendencia de crecimiento garantiza una demanda sostenida y creciente para la comercialización del producto.

Respaldo institucional sólido

Como spin-off de la Universidad Industrial de Santander (UIS), el proyecto combina rigor académico, acceso a tecnología de punta y talento especializado, reduciendo

significativamente los riesgos técnicos y operativos de la inversión.

Considerando estos factores, se propone una propuesta de valor enfocada en la producción de nucleótidos altamente especializados para aplicaciones ultra específicas en diagnóstico molecular y terapias genéticas emergentes con la capacidad de responder de forma más dinámica a las necesidades de los clientes en Latinoamérica, creando así una ventaja competitiva regional.

Inversión de capital.

Para materializar esta oportunidad, se requiere una inversión inicial total de USD 627.961. Esta inversión se desglosa en:

CAPEX (Activos Fijos)

Con un valor total de \$445.913 USD incluye la adecuación de una planta de 134 m² en Bucaramanga, la adquisición de maquinaria de laboratorio y equipos industriales (biorreactores, HPLC, centrífugas) para una capacidad de producción de 400 gramos anuales y la adquisición de los equipos de oficina necesarios para desarrollar las tareas administrativas.

Capital de Trabajo.

El capital de trabajo requiere una inversión de \$156.359 USD, valor diseñado para cubrir los costos operativos de los primeros dos meses de operación (nómina, materias primas, gastos administrativos y de mercadeo), garantizando la liquidez durante la puesta en marcha.

Costos de constitución legal.

Costos iniciales de constitución de la empresa de \$89,9 USD, estos costos se componen de la expedición de documentos necesarios para constituir la empresa de manera legal, obtener certificados para la venta y exportación del producto.

Propuesta de mercadeo.

Inversión inicial de mercado de \$25.598 USD, destinado a financiar las estrategias de marketing necesarias para el posicionamiento estratégico de la marca y facilitar la penetración efectiva en el mercado objetivo.

Supuestos.

En este apartado se presentan los supuestos financieros realizados a partir de datos económicos del sector y de reuniones con el equipo líder del proyecto:

Se propone una cuota de mercado inicial del 1% del mercado de nucleótidos latinoamericano para el primer año de operación, asumiendo una tasa de cambio de pesos colombianos a dólares de \$3891.19 pesos. El crecimiento anual en la venta por gramo se establece en 18% para los años 2 y 3, y del 9% desde el año 4 hasta el 10. El precio inicial por gramo de nucleótidos se fija en USD 5,600.81 con un ajuste anual del 2.5%, siguiendo el índice de precios al productor para sustancias de diagnóstico in vitro.

Considerando una capacidad de producción de 63 gramos a nivel laboratorio, se propone un aumento en la producción a 400 gramos para cumplir con la demanda proyectada a 10 años. La maquinaria específica necesaria para cada etapa, desde la producción de biomasa hasta la obtención de nucleótidos, se define a partir del informe presentado por el equipo técnico. Con base en esto, se propone la compra de otros equipos especializados con la finalidad de aumentar la producción a 400 gramos al año.

La estructura organizacional propuesta se basa en los requerimientos operativos del laboratorio, contemplando la incorporación de personal especializado para incrementar la producción anual a 400 gramos, con proyecciones de aumentos salariales del 9.5% anual. La estructura de costos y gastos operativos mensuales se fundamenta en las necesidades específicas de producción y recursos humanos del proyecto, considerando un aumento anual correspondiente a la inflación y al crecimiento del sector. Los costos detallados por etapa para producir 400 gr de nucleótidos se determinan partiendo de una producción base de 63 gramos al año a nivel laboratorio.

Flujo de caja.

El proyecto presenta un perfil de flujo de caja característico de los emprendimientos biotecnológicos: una fase inicial de inversión y gasto, seguida de una recuperación y generación de valor a mediano plazo.

El EBITDA se vuelve positivo a partir del segundo año, alcanzando USD 249.090 en el año 3. Por su parte, el flujo de caja libre del periodo muestra un valor negativo de \$55.671 USD en el primer año como resultado de la alta inversión inicial, pero se torna positivo y creciente a partir del año 2. Esta tendencia positiva permite que el proyecto comience a generar un retorno favorable a partir de los 5 años y 3 meses, momento en el que se recupera totalmente la inversión inicial.

Retornos financieros.

Los indicadores financieros clave confirman la viabilidad y el atractivo de la inversión:

Valor Presente Neto \$ 201.781 USD

Este valor positivo indica que el proyecto genera valor por encima del costo de capital, creando ganancias para los inversionistas.

Tasa Interna de Retorno (TIR) del 24%

Este TIR supera significativamente a la tasa de oportunidad establecida por los inversionistas de 18.87%, lo que señala una rentabilidad atractiva.

Análisis de sensibilidad

El proyecto es sensible a variaciones en la cuota de mercado y el precio. Mantener una participación mínima del 0.95% y un precio superior a \$5.332 USD por gramo es crucial para la viabilidad. Escenarios optimistas con una cuota de mercado

inicial del 1.5% o con un precio de venta por gramo de \$5.800 USD, elevan el VPN por encima de los \$350.000 USD, demostrando un alto potencial de escalabilidad del proyecto.

A pesar de los resultados prometedores del proyecto, en el sector biotecnológico es crucial considerar los riesgos inherentes como las aprobaciones regulatorias, los tiempos de desarrollo que pueden extenderse, los costos de investigación y desarrollo que podrían incrementarse, y la volatilidad característica del mercado biotecnológico.

Decisión empresarial.

Considerando los resultados obtenidos en el pronóstico de flujo de caja y el análisis de los indicadores financieros, se determina que el proyecto es financieramente viable y se recomienda su implementación. La evaluación demuestra que, bajo supuestos realistas, la inversión no solo se recupera en un plazo razonable para el sector biotecnológico, sino que genera un retorno superior al costo de oportunidad del capital.

No obstante, a pesar de los resultados favorables del análisis de viabilidad financiera que evidencian un proyecto atractivo, en el sector biotecnológico es crucial considerar los riesgos inherentes a la volatilidad característica del mercado biotecnológico.

6. RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES.

Los resultados financieros evidencian la factibilidad económica para la producción local de nucleótidos en Latinoamérica, donde la demanda del sector diagnóstico molecular es creciente y la dependencia de insumos importados genera oportunidades de mercado. A pesar de estos resultados, es fundamental realizar un monitoreo financiero periódico considerando que se utilizaron varios supuestos al plantear el funcionamiento del negocio al no tener información certera de algunas etapas de producción, además, se hicieron supuestos al escalar la producción anual de 63 g a 400 g, costos que podrían variar al llevarlos a la realidad.

El uso de la herramienta Financial Feasibility Canvas (FFC) facilitó la organización de factores fundamentales para exponerlos ante el grupo de investigación Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (CEIAM) por lo tanto, se puede afirmar que la aplicación de este modelo permitió facilitar el entendimiento de los inversores del negocio para poder tomar decisiones informadas. A pesar de esto, esta herramienta solamente fue utilizada con el director del grupo de investigación y con el equipo técnico vinculado al proyecto, por lo que se recomienda aplicar un estudio para evaluar el impacto de la aplicación de este modelo en el entendimiento de factores clave que determinan la viabilidad financiera en proyectos biotecnológicos, para poder realizar una afirmación respaldada que permita evidenciar los beneficios positivos de la aplicación de la herramienta.

7. CONCLUSIONES

El análisis basado en el Financial Feasibility Canvas permite detallar aspectos fundamentales para tomar una decisión financiera informada por parte del equipo líder del proyecto, con esta herramienta se confirma la viabilidad y rentabilidad del proyecto para la producción de nucleótidos a partir de mucílago de cacao residual, con una inversión propuesta que permite establecer una planta competitiva, sostenible y adaptable al mercado latinoamericano en expansión, además, se enfatiza la importancia de estrategias de precio, penetración de mercado y gestión de riesgos para maximizar el éxito empresarial. Este estudio representa un avance en los estudios relacionados con el aprovechamiento de la biomasa para la producción de un producto biotecnológico, fomentando la creación de proyectos biotecnológicos que favorezcan el crecimiento de la región y que permitan la autonomía sanitaria tanto del país como de la región. Como se observa en el anexo A, este estudio presenta el uso de la herramienta Financial Feasibility Canvas (FFC) que permite observar de forma ilustrada y condensada la información relevante del análisis financiero que permite tomar una decisión empresarial con respecto a la realización del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] BioChain Institute Inc. (2021). Using DNTP in polymerase chain reaction (PCR). <https://www.biochain.com/blog/using-dntp-in-polymerase-chain-reaction-pcr/>
- [2] DUARTE, T., JIMENEZ ARIAS, R. E., & RUIZ TIBANÁ, M. (2007). ANÁLISIS ECONÓMICO DE PROYECTOS DE INVERSIÓN. Scientia Et Technica, 1(35). <https://ojs2.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/5429>
- [3] Hollenstein, M. (2012). Nucleoside Triphosphates — Building Blocks for the Modification of Nucleic Acids. Molecules, 17(11), 13569-13591. <https://doi.org/10.3390/molecules171113569>
- [4] Holguín, J. S. (2025). Alternativas biotecnológicas para el aprovechamiento del mucílago de cacao en el oriente caldense, mediante recopilación de información bibliográfica. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67682>
- [5] IDOM-ECOSIMPLE (2024). Uso de biomasa para sustitución parcial o total de carbón para aplicaciones en la industria manufacturera colombiana. Colombia Productiva, Productividad Verde 2 (fase 2). Bogotá, Colombia.
- [6] Investigación | sitefedecacao. (s.f.). Sitefedecacao. <https://www.fedecacao.com.co/investigacion>
- [7] Keeratitvutiset, V., & Promsiri, T. (2021). FINANCIAL FEASIBILITY CANVAS (FFC): EXTENDING THE BUSINESS MODEL CANVAS AS A METHOD TO TEACH FINANCIAL FEASIBILITY STUDY IN ENTREPRENEURIAL FINANCE. Academy of Entrepreneurship Journal, 27(Special Issue 3), 1-14.
- [8] Medlineplus, Pruebas de PCR. (s.f.). <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/pruebas-de-pcr/>
- [9] Mordor Intelligence. (2023, July 11). Tamaño del mercado de servicios de laboratorio clínico, tendencias y participación en la industria. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/clinical-laboratory-services-market>
- [10] Natura, F. (2024, August 29). Cultura cacaotera: un legado con impacto socioeconómico en Santander - Fundación Natura Colombia. Fundación Natura Colombia. <https://natura.org.co/cultura-cacaotera-un-legado-con-impacto-socioeconomico-en-santander/>
- [11] Nucleótido. (2025). Genome.gov. <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Nucleotidos>

- [12]Pérez, D. (2024, November 23). Santander aporta crecimiento a las exportaciones de cacao. El Frente. <https://elfrente.com.co/santander-aporta-crecimiento-a-las-exportaciones-de-cacao/>
- [13]Los avances que dejó el COVID-19 para mejorar el diagnóstico molecular de enfermedades infecciosas en Colombia | Universidad del Rosario. (2025). Universidad Del Rosario. <https://urosario.edu.co/periodico-nova-et-vetera/investigacion/los-avances-que-dejo-el-covid-19>
- [14]Santana, P., Vera, J., Vallejo, C., & Alvarez, A. (2019). MUCÍLAGO DE CACAO, NACIONAL Y TRINITARIO PARA LA OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA HIDRATANTE. Universidad Ciencia Y Tecnología, (4). <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/24>
- [15]Zott, C., & Amit, R. (2024). Business Models and Lean Startup. *Journal of Management*, 50(8), 3183-3201. <https://doi.org/10.1177/01492063241228245>
- [16]Admin. (2022, December 15). *MBS Faculty*. MBS School of Business. <https://www.mbs-education.com/international/faculty-and-research/faculty-departments/>
- [17]Gurão, C., & Dana, L. (2020). Financing paths, firms' governance and corporate entrepreneurship: Accessing and applying operant and operand resources in biotechnology firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119935. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119935>

Anexo A. Lienzo de Viabilidad Financiera



1. Justificación de la inversión

- Aprovechamiento de mucílago del cacao como materia prima valiosa y competitiva.
- Mercado de nucleótidos en Latinoamérica crece 9% anual, asegurando demanda creciente.
- Respaldo institucional sólido (UIS) que reduce riesgos técnicos y operativos.



2. Capital Invertido

Inversión total inicial de
\$627.961 USD
CAPEX (activos fijos): \$445.913 USD
Capital de trabajo: \$156.359 USD
Costos legales: \$89,9 USD
Inversión en marketing: \$25.598 USD



3. Supuestos

- Cuota de mercado inicial: 1%
- Tasa de cambio: 3.891,19 COP/USD.
- Crecimiento ventas: 18% (años 2-3), 9% (años 4-10).
- Precio inicial nucleótidos: USD 5.600,81 por gramo, ajustado 2.5% anual.
- Capacidad de producción: aumento de 63 g a 400 g anuales.
- Costos de maquinarias adquiridas para el aumento de producción.



6. Decisión empresarial

- Proyecto financieramente viable, con recuperación de inversión en plazo razonable.
- Genera retorno superior al costo de capital bajo supuestos realistas.
- Riesgos clave: aprobaciones regulatorias, tiempos de desarrollo, costos I+D y volatilidad mercado biotecnológico.



5. Retornos financieros

VPN positivo: USD 201.781, valor genera ganancias por encima costo capital.

TIR: 24%, superior a tasa oportunidad de 18.87%, indica alta rentabilidad.

Escenarios optimistas: aumento cuota mercado a 1.5% o precio a USD 5.800/g, VPN > USD 350.000.



4. Flujo de caja

EBITDA positivo desde el año 2; USD 249.090 en año 3.

Flujo de caja libre negativo en primer año (-USD 55.671), positivo y creciente desde año 2.

Recuperación total de inversión en 5 años y 3 meses.

Nota. Adaptado del modelo planteado por Keerativutisest y Promsiri.