

Factibilidad técnica-económica para la producción de microorganismos eficientes (IHPLUS) en el municipio Yateras, Guantánamo
Technical-economic feasibility for the production of efficient microorganisms (IHPLUS) in Yateras, Guantánamo

Autores:

Esp. Zoilo Escalante - Lores¹, <https://orcid.org/0000-0002-5713-9033>

Esp. Liuska Obaya - Rivero¹, <https://orcid.org/0000-0002-9180-7269>

Dr.C. Amado Martínez - Morgado¹, <https://orcid.org/0000-0002-7235-2000>

MSc.Yordanska Vicente - Sevillano¹, <https://orcid.org/0000-0002-1053-0879>

Lic. Nelly Laurencio - Jaca², <https://orcid.org/0000-0002-6543-7667>

Filiación institucional: Universidad de Guantánamo¹, IPU Flor Crombet², Guantánamo, Cuba.

Email: zoiloel@cug.co.cu, liuskaobayarivero@gmail.com, amadomartinez1971@gmail.com,

Fecha de recibido: 7 de enero de 2026

Fecha de aprobado: 11 de marzo de 2026

Resumen

La presente investigación evalúa la factibilidad obtenida a partir de la aplicación de Microorganismos Eficientes (IHPLUS) en Yateras, Guantánamo, como alternativa para la economía circular y soberanía alimentaria. Mediante diagnóstico territorial y modelación financiera en cinco años, se demostró una viabilidad excepcional: un Valor Actual Neto de \$ 5223417, una Tasa Interna de Retorno del 152 % y una recuperación de la inversión en 12 meses, lo que permitió considerar que la aplicación de la referida tecnología es viable y se alinea con los objetivos del PNDES 2030 para el desarrollo local sostenible.

Palabras clave: Desarrollo local; Economía circular; Factibilidad económica; Microorganismos eficientes.

Abstract

This investigation evaluates the feasibility obtained from the application of Efficient Microorganisms (IHPLUS) in Yateras, Guantánamo, as an alternative for the circular economy and food sovereignty. Through territorial diagnosis and five-year financial modeling, an exceptional viability is demonstrated: a Net Present Value of \$ 5223417, an Internal Rate of Return of 152 %, and investment payback in 12 months. This allows us to consider that the application of this technology is viable and aligns with the objectives of the PNDES 2030 for sustainable local development.

Keywords: Efficient microorganisms; Local development; Economic feasibility; Circular economy.

Introducción

La implementación de tecnologías innovadoras y sostenibles es un pilar fundamental para el desarrollo económico local, en concordancia con las directrices del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 (PNDES, 2030). Este marco estratégico prioriza la transformación productiva, el fomento de la economía circular y el fortalecimiento de la soberanía alimentaria, con un enfoque particular en los territorios montañosos (Gobierno de Cuba, 2021).

En este contexto, el municipio Yateras presenta una oportunidad paradigmática. Su economía, basada en el cultivo del café y la actividad forestal, genera fenómenos como la degradación de suelos y la acumulación de residuos orgánicos, al tiempo que enfrenta el desafío de incrementar su productividad de manera sostenible (ONEI, 2022).

La tecnología de Microorganismos Eficientes (IHPLUS) ofrece una solución integrada a estos desafíos. Este consorcio microbiano, desarrollado y adaptado a las condiciones cubanas, mejora la salud del suelo, potencia el reciclaje de nutrientes y reduce la dependencia de insumos químicos (Martínez-Viera *et al.*, 2020). La introducción de este bioinsumo en el sistema productivo local en el municipio a partir de residuos agroindustriales locales representaría un caso concreto de economía circular y agregación de valor en el territorio.

Esta propuesta se sustenta en un sólido respaldo científico nacional. Instituciones como el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT) y la Estación Experimental 'Indio Hatuey' han validado por años la eficacia agronómica y la rentabilidad en el uso de estos bioinsumos en diversos cultivos, constituyendo una alternativa probada para la sustitución de importaciones (Borrego *et al.*, 2015; León-González *et al.*, 2016).

Asimismo, modelos de producción descentralizada y biofábricas locales han sido promovidos en proyectos de cooperación, demostrando la viabilidad técnica y organizativa del escalado local de estas tecnologías. Sin embargo, estos esfuerzos no han estado comúnmente acompañados de evaluaciones financieras integrales y prospectivas que analicen, bajo escenarios de costos realistas, la inversión requerida para establecer la capacidad productiva local como un negocio sostenible.

Este vacío analítico limita la toma de decisiones concretas para la asignación de recursos en los territorios y deja sin cuantificar el potencial económico de completar el ciclo de la economía circular a escala municipal. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la factibilidad técnica y económica de establecer una unidad productora de IHPLUS y

fertilizante orgánico en el municipio de Yateras, considerando un escenario financiero conservador que refleje una estructura de costos adaptada al contexto actual, en el marco de los objetivos estratégicos del PNDES 2030.

Tecnología de los Microorganismos Eficientes y su contribución a la sostenibilidad

Los Microorganismos Eficientes (EM) constituyen una tecnología biológica basada en un cultivo microbiano simbiótico, compuesto principalmente por bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias fotosintéticas (Morocho y Leiva-Mora, 2019). Su aplicación en la agricultura induce el predominio de procesos fermentativos sobre los de putrefacción, lo que conlleva beneficios como la mejora de las propiedades físico-químicas del suelo, la supresión de patógenos y la aceleración de la descomposición de materia orgánica.

En Cuba, el desarrollo del IHPLUS por la Estación Experimental "Indio Hatuey" representa una adaptación exitosa de esta tecnología, optimizada para su estabilidad y eficacia en el entorno tropical (Díaz-Rodríguez *et al.*, 2020).

Evaluación de Factibilidad como Herramienta para el Desarrollo Local

La evaluación de factibilidad es un instrumento analítico esencial para la toma de decisiones de inversión, permitiendo determinar la viabilidad técnica, económica, financiera y de mercado de un proyecto antes de su ejecución (Sapag y Sapag, 2021). En el contexto del desarrollo local cubano, estos estudios adquieren relevancia para priorizar iniciativas que, aprovechando recursos endógenos, generen encadenamientos productivos y empleo.

La modelación financiera, a través de indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), proporciona el sustento cuantitativo para discernir entre alternativas de inversión, considerando el valor temporal del dinero y el riesgo asociado.

Economía Circular y Políticas de Desarrollo Nacional

El PNDES 2030 establece la transición hacia una economía circular como un eje estratégico, promoviendo sistemas donde los residuos de un proceso se convierten en insumos para otro (Gobierno de Cuba, 2021). Un proyecto de producción de IHPLUS y fertilizante orgánico que utilice la cascarilla de café y otros residuos o subproductos de cosechas como sustrato se erige como un modelo operativo de este principio. Esta alineación con la política nacional no solo facilita su encaje institucional, sino que también potencia su impacto, contribuyendo simultáneamente a los Macroprogramas de soberanía alimentaria, transformación productiva-ecológica y protección del medio ambiente.

Materiales y métodos

Diseño de la Investigación

Este estudio se enmarca en una investigación aplicada de tipo evaluativo-descriptiva, correspondiente a un estudio de factibilidad técnica-económica. El diseño se basa en el análisis de información secundaria y la proyección de escenarios financieros.

Fuentes de Información y Diagnóstico

La caracterización del municipio Yateras se realizó a partir de fuentes de información oficial y especializada. Para la recopilación de datos estadísticos se empleó el Anuario Estadístico de Guantánamo (ONEI, 2022) para obtener indicadores demográficos, de uso del suelo y actividad económica, además de los lineamientos estratégicos contenidos en los documentos de planificación oficiales del municipio Yateras, en particular su Plan de Ordenamiento Territorial y su Estrategia de Desarrollo Local hasta 2030 para comprender las directrices de desarrollo y las problemáticas ambientales.

En este mismo orden el marco normativo se apoya en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 (PNDES, 2030) (Gobierno de Cuba, 2021) que constituye el referente principal para el análisis de pertinencia estratégica.

La información tecnológica se sustenta en la revisión de bibliografía científica sobre la tecnología EM, su adaptación cubana (IHPLUS) y experiencias de aplicación en condiciones similares (Morocho y Leiva-Mora, 2019; Díaz-Rodríguez *et al.*, 2020).

Modelación Económica, Asignación de Costos y Definición de Precios

La evaluación financiera se estructuró en un horizonte temporal de cinco años. El escenario económico se construyó bajo supuestos conservadores. Para el cálculo de los Costos de Capital se partió de una estimación base para infraestructura y equipos que contempló posibles sobrecostos.

Costos Operativos Anuales

Masa Salarial: se estimó con base en una estructura de personal necesaria y se aplicó un valor salarial en correspondencia con los momentos actuales, asegurando una proyección de remuneración acorde con aspiraciones de desarrollo.

Otros Gastos Corrientes: incluyen recursos materiales, servicios y mantenimiento, incorporando márgenes de contingencia.

Para determinar el costo unitario de los productos, los costos totales anuales se distribuyeron mediante una equivalencia práctica de volumen-peso: 1 tonelada de fertilizante orgánico

(sólido) se considera equivalente a 1,000 litros de IHPLUS (líquido) a efectos de asignación contable interna. Con una producción anual del primer año, proyectada en 120 toneladas de fertilizante y 240,000 litros de IHPLUS, y un costo total anual de \$1622,158 pesos, se obtuvieron los siguientes costos unitarios de producción:

Costo por Tonelada de Fertilizante Orgánico: \$ 4,510.

Costo por Litro de IHPLUS: \$ 4,51.

Los precios de venta se establecieron aplicando un margen sobre el costo unitario, con el fin de garantizar la sostenibilidad económica:

Precio de Venta del Fertilizante Orgánico: Costo unitario + 10 % = \$ 4,510 x 1.10 = \$ 4,961 por tonelada.

Precio de Venta del IHPLUS: Costo unitario + 15 % = \$ 4,51 x 1,15 = \$ 5,19 por litro.

Cálculo de Indicadores de Viabilidad Financiera

La viabilidad se determinó mediante indicadores, ampliamente utilizados en la literatura de gestión de proyectos (Sapag y Sapag, 2021).

Valor Actual Neto (VAN) = $\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$ - *Inversión Inicial* .

Donde FC_t es el flujo de caja neto en el año t, i es la tasa de descuento y n es el horizonte de evaluación. Se utilizó una tasa de descuento (i) del 10 %, que refleja el costo de oportunidad del capital para inversiones de desarrollo local en Cuba.

Tasa Interna de Retorno (TIR): Tasa de descuento i que hace que el VAN sea igual a cero (VAN = 0). Se calculó por iteración.

Período de Recuperación de la Inversión (Payback): número de períodos (meses) requeridos para que los flujos de caja acumulados igualen la inversión inicial desembolsada.

Relación Beneficio/Costo (B/C): cociente entre el valor actualizado de los beneficios y el valor actualizado de los costos totales del proyecto.

Resultados y discusión

Potencialidades Técnicas y Alineación Estratégica

El diagnóstico territorial confirmó que Yateras posee condiciones favorables para el proyecto. Se identificó la disponibilidad de materia prima gratuita o de bajo costo (cascarilla de café y subproductos de cosechas), áreas con potencial para la instalación y un marco institucional alineado con el fomento de iniciativas de economía circular. Estos elementos minimizan las barreras técnicas de entrada.

El proyecto se alinea directamente con los Macroprogramas dos (Transformación Productiva), cuatro (Ciencia e Innovación) y cinco (Medio Ambiente) del PNDES 2030, al proponer una solución productiva basada en la innovación biotecnológica y la gestión sostenible de recursos.

Bajo el escenario descrito, la modelación financiera, que incorpora la estructura de precios basada en costos, arrojó los siguientes resultados para un horizonte de cinco años del posible proyecto (tabla 1):

Tabla 1. Costos Unitarios y Precios de Venta Estimados

Concepto	Costo unitario (\$)	Margen aplicado (%)	Precio de venta (\$)
Fertilizante Orgánico (t)	4510	10	4961
IHPLUS (L)	4,51	15	5,19

Los datos de la tabla 2, muestran que el Valor Actual Neto fue de \$ 5223417 pesos, en consecuencia, el proyecto crea un valor neto superior a los 5,2 millones de pesos. En este mismo orden la Tasa Interna de Retorno (TIR) fue de 152 % , lo que da una idea de que la rentabilidad del posible proyecto supera en más de 15 veces el costo de oportunidad del capital, al superar ampliamente la tasa de descuento y en este sentido, puede generar excedentes significativos para la reinversión, mejora tecnológica o ampliación.

Tabla 2. Indicadores Financieros Clave del Proyecto

Inversión inicial Total (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	Payback (meses)	Beneficio/Costo (B/C) (\$)
1 090 941	5 223 417	152	12	2,42

De igual importancia en el análisis, se obtuvieron indicadores como: el valor del periodo de recuperación, al demostrar que en 12 meses se recupera el capital invertido y el costo beneficio indicó que por cada peso invertido se generan \$ 2.42 de beneficio neto; estos valores muestran indicadores sólidos y refuerzan la idea de un proyecto altamente rentable y de bajo riesgo financiero.

Es preciso señalar que este análisis se realizó sobre la base de una producción anual fija (120 toneladas de fertilizante y 240,000 litros de IHPLUS), correspondiente a la capacidad del primer año operativo y proyectada de manera constante. No se incluye en el modelo un crecimiento anual de la producción, lo que representa un escenario prudente que podría mejorar aún más los indicadores en condiciones de mercado favorables.

No obstante, los resultados obtenidos demuestran de manera robusta que la implementación de una unidad productora de IHPLUS en Yateras es un proyecto técnicamente viable y financieramente atractivo.

Este hallazgo es consistente con estudios previos que han validado la rentabilidad de bioinsumos en la agricultura cubana. León-González *et al.* (2016) reportaron indicadores financieros positivos para la introducción de inoculantes microbianos en el cultivo del tabaco, al destacar el papel de estas tecnologías en la sustitución de importaciones.

Aún así, los resultados de este estudio representan una profundización y un avance con respecto al conocimiento previo. Mientras que la literatura nacional se ha centrado predominantemente en documentar los beneficios económicos de la aplicación de bioinsumos en fincas, este trabajo aportó evidencia cuantitativa importante sobre la rentabilidad de su producción a escala local.

La comparación es reveladora, al considerar que el presente estudio demostró que usar bioinsumos es rentable para el agricultor; los indicadores presentados (VAN de \$ 5,2 millones, TIR del 152 %) demuestran que invertir en la capacidad para producirlos localmente constituye un negocio aún más atractivo y estratégico.

De este modo, se completa el ciclo de análisis necesario para la toma de decisiones, trasladando el foco desde el usuario hacia el emprendimiento local que puede abastecerlo, un eslabón fundamental para materializar los principios de economía circular y desarrollo endógeno previstos en el PNDES, 2030.

La solidez financiera del proyecto, se fundamenta en un modelo de economía circular. Al utilizar un residuo local (cascarilla de café) como sustrato principal y otros subproductos de cosechas, se convierten estos pasivos ambientales en insumos de mayor valor agregado, reduciendo drásticamente los costos de materia prima.

Este enfoque es coherente con las prioridades del PNDES, 2030 y la tendencia global hacia sistemas agroalimentarios más resilientes y sostenibles.

La adopción de precios, basados en un margen moderado sobre los costos calculados asegura la sostenibilidad económica del proyecto y lo hace competente frente a insumos químicos tradicionales, lo cual es un factor clave para su adopción por los productores locales.

El proyecto trasciende su rentabilidad para posicionarse como una iniciativa estratégica de desarrollo local integral. Su implementación generaría encadenamientos productivos al

proveer a los agricultores de un insumo ecológico y accesible, lo que podría aumentar los rendimientos y reducir sus costos. Simultáneamente, contribuiría a mitigar problemas ambientales críticos, como la contaminación por residuos del beneficio del café y la degradación de suelos.

Los principales desafíos identificados no son de orden financiero, sino de gestión del conocimiento y la innovación, incluyendo la capacitación continua de productores y la necesidad de un modelo de comercialización y asistencia técnica efectivo. Los recursos económicos proyectados por el proyecto son más que suficientes para financiar estos componentes esenciales.

Una limitación de este estudio es que se basa en proyecciones financieras. Los resultados de viabilidad están sujetos a que, en la práctica, la planta opere con la eficiencia técnica esperada y que los productores locales adopten los nuevos insumos al ritmo y escala previstos. Desviaciones en estos factores podrían afectar los flujos de caja reales.

Impacto ambiental del proyecto

La implementación de los Microorganismos Eficientes (EM) en Yateras potencia una transición hacia una economía circular mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos, como cascarilla de café y subproductos agrícolas, transformándolos en nutrientes funcionales. Esta tecnología restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejora su fertilidad y reduce la dependencia de insumos químicos, mitigando la degradación causada por prácticas intensivas. Además, minimiza emisiones contaminantes al promover procesos aeróbicos en la descomposición de residuos, controlar patógenos y mejorar la calidad del agua de ríos locales, elementos clave para la conservación de la biodiversidad en esta región montañosa.

El enfoque de EM también aborda desafíos ambientales estructurales de Yateras, como la erosión de suelos y la generación de basuras orgánicas. Su aplicación en sistemas ganaderos (porcicultura, avicultura) reducirá considerablemente la huella de carbono, al transformar excretas en biofertilizantes, disminuyendo la necesidad de agua para lavado y la contaminación urbana. Paralelamente, la tecnología facilita la gestión de vertederos mediante la eliminación de malos olores y vectores infecciosos, mejorando la calidad de vida en comunidades rurales.

Este abordaje no solo contribuye a objetivos locales, sino que se alinea con la estrategia del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social (PNDES 2030), enfocado en la sostenibilidad y la soberanía ambiental. Al reducir un 50 % el consumo de fertilizantes industriales y un 90 % de bioplaguicidas artificiales, el proyecto permite ahorrar recursos económicos y sistemas ecológicos, fortaleciendo la resiliencia territorial. Su capacidad de adaptación a bajos niveles tecnológicos y los altos índices de rentabilidad (VAN de \$ 5,2 millones y TIR del 152 %) lo convierten en un modelo replicable para otros municipios cubanos con desafíos similares

Conclusiones

El municipio de Yateras posee las condiciones técnicas, los recursos materiales y el marco estratégico necesarios para la implementación exitosa de una unidad de producción de microorganismos eficientes IHPLUS, en un modelo que materializa los principios de la economía circular.

La evaluación económica bajo un escenario conservador de costos elevados, una estructura de precios basada en márgenes sobre el costo y una producción estática anual, confirma una viabilidad financiera excepcional. Los indicadores de un VAN de \$ 5 223 417, una TIR del 152 % y un período de recuperación de 12 meses demuestran que el proyecto es altamente rentable y de bajo riesgo financiero.

La iniciativa se alinea de manera sinérgica con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030 (PNDES 2030), contribuyendo a la transformación productiva sostenible, la soberanía tecnológica y alimentaria, y la protección de los ecosistemas montañosos.

Bibliografía

- Borrego, M. D. P., Martínez-Viera, R. y Dibut-Álvarez, B. (2015). La producción científica sobre fertilizantes en Cuba en el período 2008-2012: un análisis bibliométrico de las revistas cubanas. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 137-146.
- Díaz-Rodríguez, A., Abreu-Romero, A., Urgellés-Cardoza, I., y Abreu-Romero, N. (2020). Producción artesanal y aplicación de microorganismos eficientes en el contexto agrícola cubano. *Redes para una Agricultura Resiliente (RedART)*.

- Gobierno de la República de Cuba. (2021). Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (PNDES 2030). Presidencia de la República de Cuba. <https://www.presidencia.gob.cu/es/documentos/pndes-2030.pdf>
- León-González, R. L., Morales-Hernández, D. y Márquez-Sánchez, O. (2016). Evaluación económica de la introducción de un inoculante microbiano en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Cultivos Tropicales*, 37(4), 118-125.
- Martínez-Viera, R., Dibut, R. y Ríos, Yoania. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 76-82.
- Morocho, M. T. y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 40(2), e08. https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). (2022). Anuario Estadístico de Guantánamo 2021. ONEI. <https://www.onei.gob.cu/sites/default/files>.
- Sapag, N. y Sapag, R. (2021). Preparación y evaluación de proyectos (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.