



BIONEXT

Tipo de proyecto.

Categoría y eje temático:

DESAFÍO STEAM

Ingeniería de Materiales

Autores

KEILYN DANIELA DUARTE GARCIA

MONICA YULITZA GODINEZ ALPIZAR

EDUARDO UREÑA BARQUERO

Docente tutor

Carlos Hernández Robles

Centro educativo

CTP Braulio odio Herrera

CORVEC Unidos por la Excelencia

duartegarcia1231@gmail.com

eduardo34urena@gmail.com

godinezmonica800@gmail.com

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción.....	6
Objetivo General del Proyecto	7
Objetivos Específicos	7
Misión	7
Visión.....	7
Antecedentes y justificación del proyecto	8
Marco teórico: BIONEXT	9
METODOLOGÍA	11
2. Fases de Desarrollo del Proyecto	11
Modelo de negocios proyecto bionext.....	13
1. Segmento de Clientes.....	13
2. Propuesta de Valor.....	13
3. Canales de distribución.....	14
4. Relación con los Clientes.....	14
5. Fuentes de Ingresos.....	14
6. Actividades Clave.....	15
7. Recursos Clave	15
8. Socios Clave	15
9. Estructura de Costos.....	16
Tabla Resumen Ejecutiva (¢ CRC).....	17
1. Estudio de mercado	18
1.1 Análisis de la industria.....	18
1.2 Mercado objetivo.....	18
1.3 Análisis de la competencia.....	19
1.4 Pronóstico de demanda.....	20
1.5 Plan de marketing	20
2. Estudio técnico	21
2.1 Requerimientos físicos y costos estimados	21
2.2 Materias primas e insumos	22

2.3 Proceso productivo	22
2.4 Capacidad de producción y distribución del espacio.....	22
3. Estudio de organización.....	23
3.1 Estructura y forma jurídica	23
3.2 Estructura orgánica, cargos y funciones	23
3.3 Requerimiento y gastos de personal	23
3.4 Sistemas de información	24
3.5 Perfil del equipo directivo	24
4. Estudio de inversión y financiamiento.....	25
4.1 Inversión inicial estimada	25
5. Análisis económico: ingresos y egresos	25
5.1 Supuestos de cálculo.....	25
5.2 Presupuesto de ventas del primer año.....	25
5.3 Presupuesto de costos variables y resultado operativo simplificado	26
5.4 Punto de equilibrio	26
5.5 Flujo de caja proyectado simplificado.....	26
6. Análisis financiero y evaluación del proyecto	26
7. Impacto ambiental y de conservación.....	27
7.1 Contaminación por plásticos en el mundo	27
7.2 Situación y respuesta en Costa Rica.....	27
7.3 Impacto ecológico de los envases de un solo uso	27
7.4 Beneficios potenciales de los envases biodegradables	28
7.5 Buenas prácticas de conservación ambiental y producción limpia.....	28
7.6 Conservación y almacenamiento del producto	29
7.7 Plan de pruebas ambientales.....	29
7.8 Indicadores de impacto	30
7.9 Buenas prácticas para el consumidor	30
7.10 Impacto social y comunitario.....	30
Discusión de resultados	31
1. Propiedades Físico-Mecánicas y Proceso de Horneado	31
2. Viabilidad Comercial y Aceptación en el Mercado	31
Conclusiones	32

Recomendaciones.....	32
Bibliografía	34

Introducción

El uso excesivo de plásticos de un solo uso se ha convertido en una crisis ambiental mundial. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se producen más de 300 millones de toneladas de plástico cada año, y al menos 8 millones terminan en los océanos, afectando gravemente la biodiversidad marina y terrestre (PNUMA, 2021). En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles se vuelve urgente.

Costa Rica, reconocida por su compromiso con el medio ambiente, tiene una oportunidad única de liderar soluciones ecológicas desde sus escuelas, comunidades y emprendimientos locales. El desarrollo de envases biodegradables a base de pulpa de yuca se presenta como una alternativa viable, innovadora y educativa. Este proyecto no solo reduce la contaminación plástica, sino que también promueve la reutilización de residuos orgánicos, la economía circular y la conciencia ecológica entre los jóvenes.

Diversos estudios han demostrado que los bioplásticos y materiales naturales tienen un menor impacto ambiental y, en muchos casos, son económicamente viables (European Bioplastics, 2023). Por ello, iniciativas como BioNext son claves para avanzar hacia un modelo de desarrollo más sostenible.

Objetivo General del Proyecto

Desarrollar y comercializar envases 100% biodegradables elaborados a partir de materiales naturales, como la pulpa de yuca, destinados a sustituir empaques plásticos tradicionales en negocios de comida rápida, cafeterías y mercados locales.

Objetivos Específicos

- Investigar y experimentar con materiales biodegradables como la pulpa de yuca para crear prototipos funcionales.
- Diseñar productos resistentes y estéticamente atractivos que compitan con los envases plásticos tradicionales.
- Promover la conciencia ambiental mediante la venta y distribución de los productos en ferias y redes sociales.
- Estimular el emprendimiento juvenil con enfoque en sostenibilidad, innovación y responsabilidad social.

Misión

Desarrollar soluciones ecológicas y funcionales mediante la creación de envases biodegradables elaborados con pulpa de yuca, contribuyendo a la reducción del plástico de un solo uso, promoviendo la conciencia ambiental y fortaleciendo el emprendimiento estudiantil en Costa Rica.

Visión

Ser un referente nacional en innovación ecológica escolar, ofreciendo productos biodegradables de alta calidad que impacten positivamente el medio ambiente y la sociedad, inspirando a futuras generaciones a emprender de forma responsable y sostenible.

Antecedentes y justificación del proyecto

1. Problemática actual

El plástico de un solo uso es uno de los contaminantes más persistentes y dañinos para el planeta. Tarda hasta 500 años en degradarse, contaminando suelos, ríos y océanos, y afectando directamente a la vida silvestre. En Costa Rica, a pesar de los esfuerzos legales por limitar su uso, sigue siendo común en empaques de comida y productos diarios.

2. Justificación

En Costa Rica y el mundo, los residuos plásticos son una amenaza creciente. Este proyecto busca aportar una solución innovadora y sostenible para disminuir el uso del plástico de un solo uso, aprovechando recursos naturales como la yuca y fomentando una cultura ecológica desde la escuela. Además, brinda una alternativa accesible, educativa y funcional para reemplazar productos altamente contaminantes, apoyando a la vez a agricultores y productores locales mediante la utilización de residuos agroindustriales.

3. Solución propuesta: envases de pulpa de yuca

La pulpa de yuca, subproducto agrícola de fácil acceso en el país, es una excelente materia prima para fabricar envases biodegradables. Su composición permite moldearla, prensarla y endurecerla de forma natural sin añadir químicos tóxicos, y su ciclo de vida es amigable con el ambiente: desde la siembra, pasando por su uso, hasta su descomposición o siembra (si se incluyen semillas).

4. Impacto ecológico

Un envase de pulpa de yuca se degrada en menos de 90 días bajo condiciones normales, sin dejar microplásticos ni residuos dañinos. Además, si se incorpora una semilla en el diseño, el empaque se convierte en un elemento regenerador: tras su uso, puede plantarse para crecer una planta, cerrando el ciclo productivo con un impacto positivo.

5. Prototipo y pruebas

Se realizaron pruebas con pulpa de yuca: rallada, exprimida y prensada en moldes resistentes al calor. Los envases resultantes fueron sometidos a pruebas de resistencia, impermeabilidad y compostabilidad. Se observaron resultados positivos y se ajustaron variables como humedad, presión y tiempo de horneado para mejorar la calidad del producto.

6. Comercialización y canales de venta

BioNext se proyecta como un emprendimiento escolar con impacto real. Sus canales de venta incluyen ferias ecológicas, redes sociales, ventas directas y alianzas con sodas escolares. El empaque se ofrece a un precio competitivo frente al plástico, destacando su valor ambiental y educativo.

Marco teórico: BIONEXT

Bases Teóricas y Enfoque del Estudio: La Teoría de la Economía Circular

El sustento analítico de la presente investigación se fundamenta en la Teoría de la Economía Circular, modelo propuesto conceptualmente por Pearce y Turner (1990) y sistematizado a nivel global por la Fundación Ellen MacArthur (2013). A diferencia del modelo económico lineal tradicional impulsado en la era industrial basado en la extracción de recursos, producción, consumo y desecho indiscriminado, la economía circular propone un circuito cerrado donde los materiales biológicos y técnicos retornan continuamente al ciclo productivo (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

De acuerdo con McDonough y Braungart (2002), pioneros del enfoque *Cradle to Cradle* (De la cuna a la cuna), los productos deben diseñarse desde su origen de tal forma que sus componentes puedan reincorporarse a la naturaleza de manera segura o ser reciclados infinitamente sin perder calidad. En este marco, los nutrientes biológicos tales como las fibras vegetales y almidones deben reintegrarse al ambiente sin generar toxicidad ni microplásticos dañinos (McDonough & Braungart, 2002). La propuesta de BioNext adopta este supuesto teórico al transformar residuos agrícolas de la yuca en un insumo utilitario compostable, cerrando el ciclo de vida del material y regenerando los ecosistemas (PNUMA, 2021).

La crisis ambiental de los plásticos de un solo uso

El impacto ambiental de los polímeros sintéticos derivados del petróleo representa una de las mayores problemáticas globales contemporáneas. A escala mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021) reporta una producción anual superior a las 300 millones de toneladas de plástico, de las cuales al menos 8 millones se vierten directamente en los océanos. La baja degradabilidad de estos materiales, cuya descomposición puede extenderse por más de cuatro siglos, produce fragmentaciones conocidas como microplásticos que contaminan los cuerpos de agua, los suelos y la cadena trófica humana (Geyer et al., 2017).

En la escala nacional, Costa Rica ha impulsado la Política Nacional para la Sustitución del Plástico de un Solo Uso (MINAE, 2022). No obstante, las estadísticas de consumo revelan una persistencia de envases plásticos en servicios de

alimentación rápida y comercio local, lo que exige soluciones de sustitución que combinen factibilidad técnica y baja huella ecológica (MINAE, 2022).

Valorización de residuos agrícolas y matriz biopolimérica de la yuca

Para mitigar la dependencia de plásticos, la investigación contemporánea se encauza hacia el desarrollo de materiales compostables derivados de biopolímeros renovables (European Bioplastics, 2023). La yuca (*Manihot esculenta*) y sus subproductos agroindustriales como la pulpa sobrante tras el procesamiento del almidón representan una materia prima caracterizada por su alta concentración de amilosa y amilopectina (Avérous & Halley, 2009).

Estudios previos sobre la modificación termoplástica de almidones muestran que, al someter las fibras de yuca a procesos térmicos, de prensado y adición de plastificantes naturales (como glicerol o almidones complementarios), se obtiene un material con propiedades biomecánicas aptas para el moldeado de envases rígidos y resistentes al calor (Avérous & Halley, 2009, European Bioplastics, 2023). Asimismo, las pruebas de biodegradabilidad confirman que los bioplásticos basados en almidón de yuca alcanzan su reintegración orgánica en períodos inferiores a 90 días mediante compostaje convencional, eliminando la generación de residuos persistentes (European Bioplastics, 2023).

Emprendimiento escolar, sostenibilidad e innovación local

El desarrollo de materiales sostenibles no solo atañe a la ingeniería de materiales, sino que actúa como catalizador de la educación ambiental y el emprendimiento joven. Según la UNESCO (2021), la integración del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) en proyectos técnicos escolares permite articular contenidos teóricos con el diseño de soluciones a problemas comunitarios reales.

El modelo de emprendimiento circular en las comunidades educativas permite valorizar los desechos de los productores agrícolas locales, dinamizando cadenas cortas de valor (Ellen MacArthur Foundation, 2013). La creación de prototipos funcionales desde la educación técnica no solo promueve competencias operativas y financieras en los estudiantes, sino que consolida un modelo de consumo responsable alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (UNESCO, 2021)



Metodología

1. Enfoque y Tipo de Investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) y un diseño experimental y descriptivo:

- Cuantitativo y experimental: Se analizan y miden variables físicas, tales como el tiempo de horneado, porcentaje de humedad, grado de permeabilidad y resistencia mecánica de las piezas fabricadas a partir de la pulpa de yuca.
- Cualitativo y descriptivo: Se evalúan atributos organolépticos y estéticos textura, apariencia y acabado de las piezas y se documenta la viabilidad del modelo de negocio y comercialización dentro del entorno escolar y comunitario.

2. Fases de Desarrollo del Proyecto

La ejecución del proyecto se divide en cuatro fases principales:

Fase 1: Recolección y Preparación

Fase 2: Formulación y Prensado

Fase 3: Pruebas de Calidad

Fase 4: Validación y Mercado

Fase 1: Recolección y Acondicionamiento de la Materia Prima

1. Obtención: Se adquiere o recolecta la yuca y subproductos agrícolas mediante alianzas con agricultores y productores locales.
2. Procesamiento previo: Se realiza el lavado, pelado y rallado de la yuca.
3. Extracción y secado parcial: La pulpa se exprime mediante procesos mecánicos/artesanales para reducir el exceso de líquido antes del moldeo.

Fase 2: Formulación, Moldeo y Tratamiento Térmico

1. Mezclado: Se combina la pulpa de yuca con aglutinantes tales como fécula de maíz, aceites naturales y glicerina, para mejorar la cohesión y maleabilidad de la masa.
2. Prensado y Moldeo: La masa se deposita en moldes resistentes al calor de silicona, metal o madera ajustando la presión para lograr un grosor uniforme.
3. Deshidratación y Horneado: Los moldes se someten a horneado controlado. Se monitorean y ajustan tres variables clave: temperatura, tiempo de horneado y presión aplicada.

Fase 3: Pruebas de Calidad

Los prototipos obtenidos se someten a tres pruebas estandarizadas de rendimiento:

- Prueba de Resistencia Mecánica: Evaluación de la capacidad del envase para soportar peso y manipulación sin fracturarse.
- Prueba de Impermeabilidad y Humedad: Medición de la tolerancia del material al contacto directo con alimentos calientes y líquidos durante periodos definidos de tiempo.
- Prueba de Compostabilidad: Colocación del envase en condiciones de sustrato o compost orgánico normal para contabilizar los días exactos hasta su desintegración total verificando que sea menor a 90 días.

Fase 4: Estrategia de Comercialización y Evaluación Económica

1. Análisis de Costos de Producción: Determinación de los costos fijos y variables materia prima, energía, empaque y mano de obra.
2. Validación con Clientes: Presentación de prototipos en sodas escolares, ferias ecológicas y redes sociales para medir la aceptación de los clientes y recolectar retroalimentación mediante encuestas.

4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- Encuestas de opinión: Cuestionarios aplicados a dueños de sodas, clientes de ferias locales y estudiantes para evaluar el diseño, funcionalidad y precio del producto.
- Fichas de observación directa: Evaluación cualitativa sobre el acabado, textura y estética de cada prototipo fabricado.

Modelo de negocios proyecto Bionext

1. Segmento de Clientes

¿Para quién creamos valor? ¿Quiénes son nuestros clientes más importantes?

BioNext está dirigido a consumidores y negocios que valoran la sostenibilidad ambiental. Nuestro enfoque principal es:

- Restaurantes locales, sodas y cafeterías escolares, interesados en reducir su impacto ambiental sustituyendo plásticos.
- Ferias ecológicas, estudiantiles y comunitarias, donde se promuevan alternativas sostenibles.
- Negocios verdes que desean reforzar su imagen ecológica.
- Consumidores conscientes que buscan soluciones biodegradables y responsables.

Este segmento incluye tanto empresas como personas que entienden la urgencia de combatir la contaminación por plásticos de un solo uso.

2. Propuesta de Valor

¿Qué problema resolvemos? ¿Qué nos hace únicos?

Ofrecemos envases 100% biodegradables, elaborados localmente a base de pulpa de yuca, que se descomponen en menos de 90 días y no dañan el ambiente.

Nuestra propuesta se basa en:

Producto 100% biodegradable y compostable: se descompone naturalmente en menos de 90 días sin contaminar el ambiente.

Resistente y funcional: soporta líquidos, calor y peso, ideal para alimentos.

Personalizable: se pueden añadir mensajes ecológicos, logos o diseños educativos a cada empaque.

Alternativa real al plástico de un solo uso, perfecta para negocios, ferias y consumidores conscientes.

Producción local y artesanal, impulsada por jóvenes emprendedoras comprometidas con el ambiente.

3. Canales de distribución

¿Cómo entregamos el producto a nuestros clientes? ¿Cómo llegamos a ellos?

Nuestros productos se distribuirán a través de:

- Ferias estudiantiles y ecológicas, donde el público objetivo puede ver y comprar directamente.
- Redes sociales, principalmente Instagram y Facebook, para mostrar el producto, sus beneficios y puntos de venta.
- Ventas puerta a puerta, especialmente a comercios pequeños locales.
- Alianzas con sodas escolares o negocios sostenibles, para ofrecer productos directamente en puntos de consumo.

4. Relación con los Clientes

¿Qué tipo de relación esperan tener nuestros clientes con nosotros?

Fomentamos relaciones cercanas y educativas mediante:

- Trato personalizado en ferias o ventas directas.
- Contenido educativo en redes, donde se explican los beneficios ambientales.
- Demostraciones prácticas de como darles un buen uso a los envases en pro del medio ambiente.
- Encuestas y retroalimentación en línea para mejorar el producto.
- Campañas visuales que comparan los efectos del plástico con nuestras alternativas biodegradables.

Esto crea fidelidad emocional y refuerza la identidad ecológica del cliente.

5. Fuentes de Ingresos

¿Cómo ganamos dinero?

Las principales fuentes de ingresos del proyecto incluyen:

- Venta directa de los productos biodegradables a consumidores o negocios.
- Paquetes personalizados para negocios que deseen branding ecológico.
- Ediciones especiales con mensajes o temáticas ambientales.
- A futuro, se podría incluir una suscripción ecológica con entregas mensuales de productos.

Los precios serán competitivos con los empaques de plástico, pero destacando el valor ecológico adicional.

6. Actividades Clave

¿Qué actividades son necesarias para que el negocio funcione?

- Producción artesanal de envases biodegradables, usando moldes y materia prima natural.
- Investigación y pruebas de resistencia, impermeabilidad y biodegradación.
- Diseño de marca: logo, presentación, redes sociales.
- Gestión de alianzas con productores agrícolas y puntos de venta.
- Marketing ecológico a través de redes, ferias y campañas educativas.

Estas actividades combinan ciencia, arte y conciencia ambiental.

7. Recursos Clave

¿Qué necesitamos para crear valor?

- Materia prima natural: yuca, pulpas, aceite de coco, fécula de maíz.
- Moldes resistentes al calor: silicona, madera, metal.
- Herramientas tecnológicas: Canva, redes sociales, celular con cámara, horno/prensa.
- Talento humano: estudiantes, profesores, colaboradores.
- Aliados locales: agricultores, negocios, instituciones.

Todos estos recursos permiten fabricar, promocionar y vender los productos de forma sostenible.

8. Socios Clave

¿Con quién debemos aliarnos para lograr el éxito?

- Agricultores y productores que puedan donar o vender residuos orgánicos.
- Docentes de ciencias, contabilidad y emprendimiento, que apoyan el desarrollo de prototipos y materiales.
- El CTP Braulio Odio Herrera, que facilita el espacio, la orientación y la visibilidad del proyecto.
- Negocios aliados o puntos de venta, que apoyen la distribución de los productos.

- Organizaciones ambientales o municipales, que podrían apoyar con capacitaciones o visibilidad.

Estas alianzas aumentan el alcance y sostenibilidad del proyecto.

9. Estructura de Costos

¿Qué gastos tendrá el proyecto?

- Adquisición o recolección de materia prima.
- Materiales y herramientas: moldes, horno, coladores, aceite, etc.
- Costos de producción: electricidad, tiempo de secado, empaques finales.
- Diseño gráfico y materiales promocionales.
- Transporte y logística para asistir a ferias o entregar pedidos.

Se busca que los costos sean bajos al aprovechar recursos locales y reciclados.

Estructura de Precios y Margen de Utilidad Objetivo

En Costa Rica, los envases biodegradables importados de bagazo de caña o PLA se comercializan entre ₡75 y ₡180 al por mayor en grandes volúmenes importados de China. Sin embargo, los empaques artesanales ecológicos locales o personalizados para nichos verdes cotizan entre ₡450 y ₡650 por unidad.



Escenario: Venta al Por Mayor (Sodas, Cafeterías, Restaurantes)

- Costo Total: ₡366
- Margen de Utilidad (25%): ₡91.5
- Precio de Venta al Mayorista (Sin IVA): ₡457.5 (Aprox. ₡460)
- Precio Final con IVA (13%): ₡517

Escenario 2: Venta Directa al Detalle / Eventos / Ferias Ecológicas

- Costo Total: ₡366
- Margen de Utilidad (40%): ₡146.4
- Precio de Venta al Detalle (Sin IVA): ₡512.4 (Aprox. ₡515)
- Precio Final con IVA (13%): ₡582

Tabla Resumen Ejecutiva (₡ CRC)

Rubro	Costo por Unidad (₡)	% del Costo Total
Materia Prima Directa	₡81	22.1%
Mano de Obra Directa (con Cargas Sociales)	₡140	38.3%
Electricidad y Depreciación (CIF)	₡98	26.8%
Empaque, Logística y Venta	₡47	12.8%
COSTO TOTAL UNITARIO	₡366	100.0%
Utilidad Objetivo (Mayorista ~25%)	₡91.5	Margen bruto
PRECIO MAYORISTA RECOMENDADO (+IVA)	₡517	

1. Estudio de mercado

1.1 Análisis de la industria

BioNext se ubica en el sector de empaques para alimentos y, de forma más específica, en el segmento de alternativas renovables y compostables frente a productos plásticos de corta vida útil. La oportunidad comercial se relaciona con tres cambios que se observan simultáneamente: mayor regulación sobre artículos de un solo uso, interés de comercios por reducir residuos visibles y una demanda creciente de soluciones que permitan comunicar compromisos ambientales de manera verificable.

En Costa Rica, la Ley N.º 9786 y su reglamentación han introducido restricciones y obligaciones relacionadas con plásticos de un solo uso. Desde 2024 se aplican medidas sobre pajillas, bolsas y planes de cumplimiento para determinados productos plásticos. Para BioNext, este entorno no garantiza ventas por sí mismo, pero sí crea condiciones para que restaurantes, sodas, cafeterías, ferias y emprendimientos evalúen sustitutos cuando estos cumplen funcionalidad, inocuidad y precio razonable.

A escala mundial, el PNUMA advierte que el consumo de plásticos supera cientos de millones de toneladas por año y que una parte importante se convierte rápidamente en residuo. El sector de empaques es especialmente relevante porque el tiempo de utilización suele ser muy inferior al tiempo que permanece el material como residuo. Por esta razón, la sustitución selectiva de artículos de corta vida útil forma parte de las estrategias internacionales de economía circular.

1.2 Mercado objetivo

El mercado inicial de BioNext debe concentrarse en clientes que puedan probar el producto en cantidades pequeñas o medianas y que valoren el componente ambiental. La prioridad no sería competir desde el primer momento con fabricantes industriales de empaques convencionales, sino ingresar en nichos donde la diferenciación, la producción local y la historia del proyecto tengan valor.

Segmento	Necesidad principal	Propuesta de BioNext
Sodas y cafeterías escolares	Reducir desechables y comunicar educación ambiental	Envases para alimentos secos o de consumo inmediato, con mensaje ecológico.
Cafeterías y restaurantes locales	Alternativas de presentación y reducción de plástico	Lotes pequeños y personalización para eventos o productos seleccionados.
Ferias, ExpoTécnica y eventos	Envases diferenciados de corta duración	Venta directa, demostración del producto y educación ambiental.
Emprendimientos verdes	Empaque coherente con una marca sostenible	Personalización y abastecimiento local.
Consumidor final	Producto práctico con menor persistencia ambiental	Compra en ferias o paquetes para actividades y celebraciones.

1.3 Análisis de la competencia

La competencia de BioNext puede dividirse en tres grupos. El primero corresponde a empaques plásticos y de poliestireno, que normalmente compiten con costos bajos, amplia disponibilidad y desempeño conocido. El segundo incluye empaques de papel o cartón, cuya aceptación es alta, aunque algunos requieren recubrimientos para resistir grasa o humedad. El tercero corresponde a productos de bagazo de caña, PLA y otros materiales compostables, que ofrecen atributos ambientales pero suelen depender de producción industrial e importación.

Alternativa	Fortaleza	Limitación frente a BioNext
Plástico convencional	Precio y resistencia	Residuo persistente y mayor presión regulatoria.
Papel/cartón	Disponibilidad y familiaridad	Puede requerir recubrimientos y no siempre es apto para líquidos.
Bagazo de caña	Buen desempeño y apariencia comercial	Competencia industrial con economías de escala.
PLA/bioplásticos comerciales	Imagen moderna y variedad	Algunos requieren condiciones industriales de compostaje.

BioNext – pulpa de yuca	Materia vegetal, producción local y valor educativo	Escala artesanal, capacidad limitada y necesidad de validar barrera e inocuidad.
-------------------------	---	--

1.4 Pronóstico de demanda

Para la fase piloto se propone trabajar con una demanda prudente. El objetivo es validar repetición de compra antes de aumentar capacidad. Un escenario razonable es iniciar con 1 000 unidades mensuales, crecer a 1 500 unidades durante el segundo trimestre, 2 000 en el tercero y 2 500 en el cuarto. Esto representa 21 000 unidades durante el primer año. La proyección no debe interpretarse como demanda garantizada, es una meta operativa para evaluar costos, capacidad y flujo de efectivo.

Periodo	Unidades/mes	Meses	Unidades del periodo
Trimestre 1	1 000	3	3 000
Trimestre 2	1 500	3	4 500
Trimestre 3	2 000	3	6 000
Trimestre 4	2 500	3	7 500
TOTAL AÑO 1			21 000

1.5 Plan de marketing

Variable	Estrategia propuesta
Producto	Envase de pulpa de yuca para usos previamente validados, tamaños sencillos, etiqueta con instrucciones de disposición, opción de personalización.
Precio	Introducción cercana a ₡500 por unidad sin IVA en venta directa, descuentos por volumen cuando la eficiencia productiva permita reducir el costo unitario.
Plaza	Ferias estudiantiles, ventas directas a comercios de Aserrí y comunidades cercanas, pedidos por redes sociales y alianzas con sodas/cafeterías.
Promoción	Demostraciones, contenido educativo, comparación del ciclo de vida, muestras para comercios, encuestas y publicaciones del proceso productivo.
Posicionamiento	Emprendimiento estudiantil costarricense que transforma materia

	vegetal en una alternativa de empaque y utiliza datos de prueba para sustentar sus beneficios.
--	--

2. Estudio técnico

2.1 Requerimientos físicos y costos estimados

La fase piloto puede funcionar con equipo de pequeña escala. Los valores siguientes son presupuestos de referencia para planificación y deben sustituirse por cotizaciones formales al momento de comprar.

Requerimiento	Cantidad	Costo estimado (C\$)	Uso
Horno eléctrico de convección o equipo térmico piloto	1	220 000	Secado y tratamiento térmico.
Prensa manual/hidráulica pequeña	1	185 000	Compactación y uniformidad.
Moldes resistentes al calor	6	120 000	Formación de envases.
Balanza digital	1	18 000	Control de formulación y peso.
Procesador/rallador y utensilios	1 lote	65 000	Preparación de materia prima.
Mesas, recipientes y bandejas	1 lote	90 000	Preparación, secado y manejo.
Equipo básico de seguridad e higiene	1 lote	45 000	Guantes, delantales, protección y limpieza.
Estantería y almacenamiento seco	1	55 000	Materia prima y producto terminado.
Material de empaque y rotulación inicial	1 lote	40 000	Presentación y trazabilidad.
TOTAL ESTIMADO		838 000	Inversión técnica piloto.

2.2 Materias primas e insumos

La formulación debe estandarizarse por peso y no solamente por medidas caseras. La pulpa de yuca constituye la base, la fécula o almidón complementario puede mejorar cohesión, la glicerina actúa como plastificante, y cualquier aceite o recubrimiento debe evaluarse para evitar que reduzca la compostabilidad. El aprovechamiento de subproductos agrícolas limpios puede disminuir el costo, pero se requiere control de procedencia, humedad y contaminación.

2.3 Proceso productivo

- Recepción y selección de yuca o subproducto limpio.
- Lavado, acondicionamiento, rallado y extracción parcial de humedad.
- Pesaje de ingredientes y preparación de la mezcla estandarizada.
- Colocación en molde y prensado para obtener grosor uniforme.
- Tratamiento térmico y secado controlado.
- Enfriamiento y desmolde.
- Control de calidad: peso, dimensiones, rigidez, humedad, apariencia y prueba funcional.
- Identificación del lote y almacenamiento en lugar seco.

Empaque, despacho y registro de venta.

El control de calidad debe registrar lote, fecha, formulación, temperatura, tiempo, cantidad producida, cantidad rechazada y observaciones. La trazabilidad permitirá relacionar fallas con cambios de proceso y evitar que el desarrollo dependa solamente de apreciaciones visuales.

2.4 Capacidad de producción y distribución del espacio

Para una etapa artesanal mejorada se plantea una capacidad inicial de 100 a 150 unidades por jornada de producción, dependiendo del número de moldes, tiempo térmico y porcentaje de rechazo. Con dos jornadas semanales, la capacidad mensual podría ubicarse entre 800 y 1 200 unidades, la ampliación hacia 2 000 o más unidades requeriría más moldes, ciclos simultáneos y posiblemente una prensa térmica o sistema de mayor productividad.

El área de trabajo debe dividirse, aunque sea mediante zonas señalizadas, en: recepción y lavado, preparación de mezcla, moldeo/prensado, tratamiento térmico, enfriamiento y control, almacenamiento, y empaque. El flujo debe avanzar en una sola dirección para reducir cruces entre materia prima húmeda y producto terminado.

3. Estudio de organización

3.1 Estructura y forma jurídica

Durante la etapa educativa BioNext funciona como un proyecto de emprendimiento estudiantil. Si evoluciona hacia una actividad comercial permanente, deberá definirse la figura jurídica más conveniente en Costa Rica, valorar inscripción tributaria, permisos municipales, obligaciones sanitarias, seguridad social y protección de marca. Para una eventual sociedad, la decisión debe tomarse con asesoría legal y contable según el tamaño real de la operación y la participación de sus integrantes.

3.2 Estructura orgánica, cargos y funciones

Área / cargo	Responsabilidades principales
Coordinación general	Planificar producción, alianzas, metas y seguimiento del proyecto.
Producción y calidad	Preparar materia prima, fabricar, registrar lotes, controlar calidad y seguridad.
Administración y finanzas	Costos, inventarios, compras, ventas, caja, presupuestos y estados financieros.
Mercadeo y ventas	Redes sociales, ferias, clientes, encuestas, pedidos y servicio posventa.
Investigación y sostenibilidad	Pruebas de materiales, compostabilidad, indicadores ambientales y documentación técnica.

En la fase escolar, las funciones pueden distribuirse entre los integrantes del equipo sin crear una planilla completa. En una fase comercial, conviene separar funciones críticas de caja, compras, inventario y aprobación de pagos para fortalecer el control interno.

3.3 Requerimiento y gastos de personal

Como referencia para una operación formal, el salario mínimo 2026 para una ocupación no calificada genérica en el sector privado costarricense es de aproximadamente ₡373 092 mensuales, mientras que un técnico medio tiene una referencia superior. Para el piloto escolar no se registra salario a estudiantes, sin embargo, el análisis empresarial debe reconocer que la mano de obra tiene valor económico y que una futura empresa debe presupuestar salario, cargas sociales y demás obligaciones laborales.

Puesto futuro	Cantidad	Referencia mensual base (¢)	Observación
Operario de producción	1	373 092	Referencia mínima genérica, más cargas sociales.
Asistente administrativo/ventas	1 medio tiempo	210 000	Estimación proporcional para planeación, verificar categoría aplicable.
Coordinación	Asumida por socios	—	Remuneración según crecimiento y flujo de caja.

3.4 Sistemas de información

BioNext debe llevar registros sencillos pero suficientes: órdenes de compra, entradas de materia prima, hoja de formulación por lote, unidades buenas y rechazadas, consumo de energía, inventario de producto terminado, pedidos, facturas o comprobantes, cuentas por cobrar, gastos, caja y resultados mensuales. Una hoja de cálculo compartida puede ser suficiente al inicio, con respaldo periódico y permisos diferenciados. Cada venta debe vincularse con el lote para facilitar trazabilidad y atención de reclamos.

3.5 Perfil del equipo directivo

El equipo está conformado por estudiantes del CTP Braulio Odio Herrera con acompañamiento docente. Su principal fortaleza es la integración de conocimientos de emprendimiento, contabilidad, investigación, diseño y experimentación. Para la fase de crecimiento será importante complementar estas capacidades con asesoría en ciencia de materiales, inocuidad de empaques para alimentos, legislación sanitaria, propiedad intelectual y producción industrial.

4. Estudio de inversión y financiamiento

4.1 Inversión inicial estimada

Rubro	Monto estimado (₡)
Equipo y herramientas técnicas	838 000
Investigación, pruebas y prototipos	120 000
Diseño, identidad y material promocional	75 000
Permisos, registros y asesoría inicial	150 000
Materia prima y empaque para primer ciclo	160 000
Capital de trabajo inicial	250 000
Imprevistos APROXIMADO	160 000
INVERSIÓN INICIAL ESTIMADA	1 753 000

El financiamiento puede combinar aportes de los integrantes, apoyo institucional, actividades de recaudación, patrocinio local, premios de ferias de emprendimiento y, en una fase posterior, crédito o capital semilla. Para el proyecto escolar se recomienda evitar endeudamiento significativo hasta contar con datos de ventas repetidas, costo real por unidad y pruebas técnicas concluyentes.

5. Análisis económico: ingresos y egresos

5.1 Supuestos de cálculo

Para mantener coherencia con el costo ya trabajado en BioNext, se utiliza como referencia un costo unitario de ₡366. Para el escenario de venta directa se adopta un precio de ₡515 sin IVA. El margen de contribución estimado es de ₡149 por unidad. Estos valores deben actualizarse con mediciones reales de energía, desperdicio, horas de trabajo y compras.

5.2 Presupuesto de ventas del primer año

Periodo	Unidades	Precio sin IVA (₡)	Ingresos (₡)
Trimestre 1	3 000	515	1 545 000
Trimestre 2	4 500	515	2 317 500
Trimestre 3	6 000	515	3 090 000
Trimestre 4	7 500	515	3 862 500
TOTAL	21 000		10 815 000

5.3 Presupuesto de costos variables y resultado operativo simplificado

Con 21 000 unidades el costo variable anual estimado sería de ¢7 686 000 generando una contribución aproximada de ¢3 129 000. Si se reserva un presupuesto anual de ¢720 000 para promoción transporte mantenimiento comunicaciones y otros gastos fijos del piloto el resultado operativo simplificado antes de impuestos y antes de remunerar plenamente a los socios sería cercano a ¢2 409 000. Esta cifra es un escenario de planificación y no sustituye estados financieros basados en transacciones reales.

Concepto	Monto anual estimado (¢)
Ventas	10 815 000
Costos variables	7 686 000
Margen de contribución	3 129 000
Gastos fijos operativos estimados	720 000
Resultado operativo simplificado	2 409 000

5.4 Punto de equilibrio

Con un precio de ¢515 y costo variable unitario de ¢366, el margen de contribución es ¢149 por unidad. Si los gastos fijos mensuales del piloto se estiman en ¢60 000, el punto de equilibrio operativo sería aproximadamente 403 unidades mensuales ($\text{¢60 000} / \text{¢149}$). Este cálculo no incorpora una planilla comercial completa, al contratar personal formal, el punto de equilibrio aumentaría de manera importante.

5.5 Flujo de caja proyectado simplificado

Trimestre	Ingresos (¢)	Costos variables (¢)	Gastos fijos (¢)	Flujo operativo (¢)
T1	1 545 000	1 098 000	180 000	267 000
T2	2 317 500	1 647 000	180 000	490 500
T3	3 090 000	2 196 000	180 000	714 000
T4	3 862 500	2 745 000	180 000	937 500
TOTAL	10 815 000	7 686 000	720 000	2 409 000

6. Análisis financiero y evaluación del proyecto

Bajo el escenario piloto, la inversión inicial estimada de ¢1 753 000 podría recuperarse con el flujo operativo acumulado del primer año si se cumplen las ventas proyectadas y no aparecen costos mayores a los presupuestados. Dividiendo la inversión entre un flujo operativo promedio mensual cercano a ¢200 750, la recuperación teórica ronda 8,7 meses. Este resultado es sensible al volumen vendido, porcentaje de rechazo, consumo de electricidad y costo de mano de obra.

La evaluación financiera debe interpretarse con prudencia. El proyecto todavía requiere validación técnica y comercial. Antes de escalar, se recomienda construir tres escenarios —conservador, base y favorable— y realizar una prueba piloto de varios meses. El criterio de éxito no debe limitarse a obtener utilidad: también debe demostrarse que el producto cumple su función, que el proceso puede repetirse y que el beneficio ambiental es verificable.

7. Impacto ambiental y de conservación

7.1 Contaminación por plásticos en el mundo

La contaminación plástica es un problema de escala global. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente señala que en 2024 la humanidad esperaba consumir más de 500 millones de toneladas de plásticos y generar alrededor de 400 millones de toneladas de residuos plásticos. Si las tendencias continúan sin cambios suficientes, el residuo plástico mundial podría acercarse a 1 200 millones de toneladas anuales hacia 2060. El problema no se limita a la basura visible: incluye emisiones asociadas con materias primas fósiles, sustancias químicas, fragmentación en microplásticos y costos de limpieza y gestión.

El PNUMA estima que alrededor del 36% del plástico producido se destina a empaques y que una proporción elevada de botellas, recipientes y envases de un solo uso termina en rellenos o es manejada de forma inadecuada. Esto convierte al empaque en un área prioritaria para aplicar prevención, reutilización, reciclaje y sustitución cuidadosa por materiales alternativos.

7.2 Situación y respuesta en Costa Rica

Costa Rica ha fortalecido su marco para combatir la contaminación por plásticos. La Ley N.º 9786 y el Decreto 43985-S regulan productos de un solo uso y establecen obligaciones específicas. Desde abril y agosto de 2024 entraron en aplicación disposiciones sobre pajillas, bolsas y planes de cumplimiento para botellas plásticas de un solo uso. Estas medidas buscan reducir el desperdicio, aumentar la responsabilidad de los actores de la cadena y avanzar hacia modelos de economía circular.

Para BioNext, este contexto representa una oportunidad y también una responsabilidad. No basta con sustituir un material por otro: el nuevo envase debe demostrar seguridad, desempeño y una ruta de disposición final clara. El producto debe evitar mensajes ambiguos que hagan creer al consumidor que puede abandonarlo en cualquier lugar por ser biodegradable.

7.3 Impacto ecológico de los envases de un solo uso

Un envase de un solo uso concentra recursos y energía para prestar una función que puede durar minutos. Cuando está fabricado con un polímero persistente y no

se recupera correctamente, puede permanecer en el ambiente, fragmentarse y llegar a suelos, alcantarillas, ríos y mares. Los residuos grandes pueden provocar obstrucciones o interacción física con fauna, las partículas pequeñas son más difíciles de retirar y amplían la dispersión de la contaminación.

También existe un impacto climático. La fabricación de plásticos depende en gran medida de materias primas fósiles y requiere energía a lo largo de extracción, transformación y transporte. Por ello, la reducción del consumo innecesario y el rediseño de productos deben acompañar cualquier estrategia de gestión de residuos.

7.4 Beneficios potenciales de los envases biodegradables

Los materiales biodegradables de origen vegetal pueden aportar beneficios cuando sustituyen aplicaciones apropiadas y cuentan con un sistema de fin de vida compatible. En BioNext, la pulpa de yuca ofrece la posibilidad de utilizar una materia renovable y, especialmente si se incorporan subproductos o descartes agrícolas limpios, aprovechar recursos que de otro modo tendrían poco valor.

Menor persistencia potencial del residuo bajo condiciones adecuadas de biodegradación o compostaje.

Posibilidad de aprovechar subproductos agrícolas y fortalecer cadenas locales.

Reducción de dependencia de polímeros fósiles en aplicaciones seleccionadas.

Valor educativo para explicar economía circular, consumo responsable y diseño de materiales.

Oportunidad de diferenciar comercios y eventos que desean reducir artículos plásticos de corta vida útil.

Sin embargo, “biodegradable” no significa impacto cero. La producción agrícola usa suelo, agua y energía, el procesamiento requiere calor, y la degradación depende de las condiciones ambientales. BioNext debe medir estos factores y evitar afirmaciones absolutas hasta contar con pruebas normalizadas.

7.5 Buenas prácticas de conservación ambiental y producción limpia

Priorizar subproductos, pulpa residual o materia de segunda calidad antes que yuca apta para alimentación, siempre que cumpla condiciones de limpieza.

Medir el consumo de electricidad por lote y aumentar el número de unidades por ciclo térmico para reducir energía por envase.

Separar residuos orgánicos limpios del proceso y destinarlos a compostaje o aprovechamiento cuando sea viable.

Evitar recubrimientos sintéticos que impidan la biodegradación, cualquier barrera contra agua o grasa debe documentarse y probarse.

Mantener control de agua de lavado y evitar vertidos con alta carga orgánica sin manejo adecuado.

Aplicar producción por lotes para reducir sobrantes de mezcla y productos rechazados.

Usar empaques secundarios mínimos, reciclables o reutilizables.

Educar al cliente sobre disposición correcta y no promover el abandono del envase en espacios naturales.

7.6 Conservación y almacenamiento del producto

Por tratarse de un material con base vegetal y almidón, el control de humedad es esencial. El producto terminado debe conservarse en un lugar seco, limpio, ventilado y protegido de lluvia, condensación, plagas y contacto directo con el suelo. Se recomienda aplicar rotación PEPS, identificar fecha y lote, y retirar cualquier unidad con manchas, olor anormal, deformación o señales de humedad. La vida útil comercial debe definirse mediante pruebas y no por estimación visual.

7.7 Plan de pruebas ambientales

Prueba	Método piloto	Indicador
Desintegración	Enterrar muestras control y pesar periódicamente	Pérdida de masa y cambios físicos.
Humedad	Almacenar en condiciones definidas y registrar cambios	Deformación, hongos y variación de masa.
Resistencia a líquidos	Contacto durante tiempos de 15, 30 y 45 min	Fugas, ablandamiento y pérdida de forma.
Resistencia térmica	Exposición a alimentos a distintas temperaturas	Deformación y estabilidad.
Carga	Incrementar peso de forma gradual	Peso máximo antes de deformación.
Consumo energético	Registrar kWh por ciclo	kWh por unidad conforme.

7.8 Indicadores de impacto

Indicador	Cálculo sugerido
Aprovechamiento de subproducto	$\text{kg de subproducto} / \text{kg total de materia prima} \times 100$
Producto conforme	$\text{unidades aprobadas} / \text{unidades producidas} \times 100$
Desperdicio	$\text{kg de residuo de proceso} / \text{unidades producidas}$
Energía unitaria	$\text{kWh del lote} / \text{unidades conformes}$
Sustitución estimada	número de envases BioNext utilizados en lugar de desechables convencionales
Aceptación del cliente	$\text{respuestas favorables} / \text{encuestas válidas} \times 100$

7.9 Buenas prácticas para el consumidor

Utilizar el envase únicamente para los alimentos y tiempos de contacto validados por el proyecto.

No reutilizar para alimentos si perdió rigidez, se humedeció o presenta contaminación.

Retirar residuos de comida antes de destinarlo a la ruta de compostaje definida.

No arrojarlo a calles, ríos, playas o zonas verdes.

Seguir la etiqueta de disposición, la biodegradación depende de condiciones adecuadas.

7.10 Impacto social y comunitario

BioNext puede generar un efecto que supera la venta del envase. El proyecto permite conectar educación técnica, contabilidad, investigación y conservación, puede crear alianzas con agricultores, comercios y gestores ambientales, y ofrece a los estudiantes una experiencia de toma de decisiones basada en costos, pruebas y datos. En una fase de crecimiento también podría crear empleo local y demanda de subproductos agrícolas, siempre que el modelo mantenga criterios de compra responsable.

Discusión de resultados

En esta sección se interpretan y contrastan las variables clave analizadas durante la fase experimental y de validación comercial del proyecto BioNext:

1. Propiedades Físico-Mecánicas y Proceso de Horneado

Las pruebas realizadas demostraron que la combinación de pulpa de yuca con aglutinantes y tratamiento térmico genera una base con rigidez suficiente para soportar alimentos secos y de peso moderado de hasta 500g sin deformación.

- Humedad y temperatura: Se determinó que una temperatura de horneado en el rango de 140 °C a 160 °C reduce el contenido de humedad a niveles óptimos, lo cual previene la aparición de hongos durante el almacenamiento en seco.
- Resistencia a líquidos: La principal limitante encontrada en los prototipos es el ablandamiento de la estructura tras la exposición prolongada, superior a 45 minutos a alimentos líquidos o grasos calientes. Esto se debe a la naturaleza hidrofílica propia del almidón de yuca y sus fibras.

2. Viabilidad Comercial y Aceptación en el Mercado

- Los resultados obtenidos en las encuestas de validación con consumidores y encargados de soda escolar en la comunidad del CTP Braulio Odio Herrera reflejan un alto interés en sustituir envases sintéticos por la alternativa de pulpa de yuca.
- Estrategia de precio: La principal barrera percibida es el costo por unidad, el cual en la etapa artesanal resulta ligeramente superior al del poliestireno expandido o plástico convencional. Sin embargo, los clientes valoran positivamente la personalización del diseño y el compromiso socioambiental como un atributo diferenciador clave.

Conclusiones

- El desarrollo de envases biodegradables con pulpa de yuca es una solución real y sostenible ante la crisis del plástico de un solo uso.
- El proyecto es económicamente viable, dado que utiliza residuos agrícolas accesibles y procesos artesanales.
- Representa una excelente forma de educar, emprender e innovar desde la escuela, integrando ciencia, arte y conciencia ambiental.
- Es una propuesta con potencial de escalar a nivel local o nacional, contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible.
- BioNext es más que un producto: es una herramienta de cambio social y ambiental impulsada por jóvenes comprometidos.

Recomendaciones

Con el propósito de optimizar los prototipos, mejorar los procesos de producción y escalar el impacto del proyecto BioNext, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. Optimización de Recubrimientos Impermeabilizantes Naturales:

Desarrollar e incorporar recubrimientos biodegradables de origen vegetal o apícola, como cera de abejas, aceites vegetalmente procesados o pectina de frutas para mejorar la barrera contra el agua y grasas sin comprometer su compostabilidad.

2. Estandarización y Tecnificación del Proceso Productivo:

Migrar progresivamente de un moldeo manual-artesanal a un sistema de prensado termo-hidráulico o moldes industriales que permitan estandarizar el grosor, la densidad y la estética final de los envases, reduciendo los tiempos de horneado y los costos de energía.

3. Ampliar la Red de Proveedores de Residuos Agroindustriales:

Establecer alianzas estratégicas con cooperativas agrícolas y plantas procesadoras locales de yuca para obtener bagazo o pulpa de desecho a muy bajo costo, fortaleciendo el esquema de economía circular y reduciendo el costo unitario del producto.

4. Certificación y Pruebas de Calidad Bajo Normas Estándar:

Tramitar la caracterización técnica de los prototipos bajo normas de biodegradabilidad e inocuidad alimentaria (como la ISO 17088 o equivalentes nacionales del INTECO), lo cual permitirá comercializar los envases en cadenas de supermercados, restaurantes verdes y sodas institucionales a mayor escala.

5. Fortalecimiento del Plan de Marketing Educativo:

Diseñar campañas en redes sociales y talleres en la comunidad escolar que resalten la historia de origen, el impacto social del emprendimiento juvenil y las instrucciones para compostar el empaque en casa.

Bibliografía

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2026). Intergovernmental Negotiating Committee on Plastic Pollution: Plastic pollution crisis.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2026). Lista de salarios mínimos por ocupación, sector privado costarricense, año 2026.
- OpenAI. (2026). ChatGPT (modelo GPT-5.5) Modelo de lenguaje de inteligencia artificial. <https://chatgpt.com>, Se utilizó ChatGPT (OpenAI), Google Gemini como apoyo para la revisión de la redacción, formato y organización del documento, datos globales y extracción de ideas. Todo el contenido fue revisado y verificado por los autores y el docente tutor.
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2024). Salud aclara dudas con respecto al plástico de un solo uso.
- Ministerio de Salud de Costa Rica. (2024). Salud informa sobre nuevas obligaciones para importadores de botellas plásticas.
- European Bioplastics. (2023). *Bioplastics market data 2023*. <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2023). Cerrar el grifo: cómo el mundo puede poner fin a la contaminación por plásticos y crear una economía circular.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2023). Chemicals in Plastics: A Technical Report.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2019). *INTE/ISO 14040: Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia*. INTECO.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. (2022). *Política Nacional para la Sustitución del Plástico de un Solo Uso*. <https://www.minae.go.cr>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocio: Un manual para visionarios, revolucionarios y retadores*. Deusto.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Aprovechamiento de subproductos agrícolas y la yuca en la industria alimentaria y de empaques*. FAO.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). *Plastic pollution: Key facts and figures*. <https://www.unep.org>
- Sevilla, R., & Vargas, M. (2021). Bioplásticos a partir de almidones nativos: Propiedades mecánicas y biodegradabilidad. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 22(3), 115-128.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2019). Ley N.º 9786, Ley para combatir la contaminación por plástico y proteger el ambiente.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2019). *INTE/ISO 14040: Gestión ambiental – Evaluación del ciclo de vida – Principios y marco de referencia*.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocio*.