

## Alternativas resilientes para la cadena de suministro de suturas quirúrgicas en Cuba

### *Resilient alternatives for the surgical sutures supply chain in Cuba*

Andres Carvajal Elena<sup>1, \*</sup> <https://orcid.org/0009-0000-9855-5634>

Martha I. Gómez Acosta<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0346-5340>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", CUJAE. La Habana. Cuba

\*Autor para la correspondencia: [andrescarvajale98@gmail.com](mailto:andrescarvajale98@gmail.com)

#### RESUMEN

La dependencia de importaciones de suturas quirúrgicas en Cuba ha generado un déficit crítico: en 2022 solo se cubrió 6.7% de la demanda nacional, comprometiendo la continuidad de servicios quirúrgicos y presionando las divisas. Este estudio diagnostica la cadena de suministro y evalúa potencialidades endógenas para elevar su resiliencia. Aplicando el Modelo de Gestión Integrada de Cadenas de Suministro (MGICS), se caracterizó la red actual, se elaboró un DAFO y se compararon alternativas nacionales de biomateriales. Los resultados confirman una vulnerabilidad estructural y posicionan al henequén como la opción prioritaria por su disponibilidad ( $\approx 500$  t/año), antecedentes de I+D y mayor impacto económico (sustitución  $> 2$  MUSD/año), superando al poliéster reciclado ( $\approx 0.67$  MUSD) y la seda ( $\approx 0.87$  MUSD). Se concluye con una hoja de ruta estratégica para transitar de la gestión reactiva de importaciones a encadenamientos productivos locales que fortalezcan la soberanía sanitaria.

**Palabras clave:** modelo de gestión integrada; cadena de suministro; resiliencia; encadenamiento productivo; suturas quirúrgicas.

#### ABSTRACT

Cuba's reliance on imported surgical sutures has caused a critical deficit: in 2022 only 6.7% of national demand was met, disrupting surgical services and stressing foreign currency. This study diagnoses the potential supply chain and assesses endogenous options to enhance resilience. Using the Integrated Supply Chain Management Model (MGICS), we mapped the current network, developed a SWOT analysis, and compared national biomaterial alternatives. Findings confirm structural vulnerability and identify henequen as the priority option given its availability ( $\sim 500$  t/year), R&D track record, and superior

economic impact (substitution >2 MUSD/year), outperforming recycled polyester (~0.67 MUSD) and silk (~0.87 MUSD). We provide an evidence-based roadmap to shift from reactive import management to local productive linkages that strengthen healthcare sovereignty.

**Keywords:** integrated management model; supply chain; resilience; production linkage; surgical sutures.

Enviado: 12/10/25

Recibido: 15/10/25

## **Introducción**

La resiliencia de las cadenas de suministro globales, particularmente en el sector de la salud, ha emergido como un área de estudio crítico, cuya importancia fue drásticamente subrayada por las disrupciones sistémicas de la pandemia de COVID-19 [1, 10]. La literatura internacional ha documentado extensamente estas vulnerabilidades, señalando la necesidad de modelos de abastecimiento más localizados y flexibles para mitigar los riesgos inherentes a la dependencia de fuentes externas [6, 11, 13]. Esta vulnerabilidad intrínseca aumenta en economías sujetas a restricciones estructurales prolongadas [14,15]. Para Cuba, la política coercitiva de bloqueo económico, comercial y financiero impuesta por los Estados Unidos no representa una disrupción temporal, sino una condición crónica que obstaculiza sistemáticamente el acceso a mercados, tecnologías y financiamiento. En este escenario, la búsqueda de una mayor autonomía productiva no es una simple estrategia de optimización, sino una necesidad imperativa para la supervivencia y el desarrollo, tal como se refleja en la Política de Desarrollo Industrial (PDI) del país [16], que promueve la creación de encadenamientos productivos para sustituir importaciones, agregar valor y fortalecer el tejido industrial endógeno.

El caso de las suturas quirúrgicas en Cuba constituye un ejemplo de esta vulnerabilidad estructural. El concepto de resiliencia en este contexto trasciende la mera capacidad de recuperación operativa; abarca múltiples dimensiones de la competitividad —económica, técnica, social y ambiental— que definen la sostenibilidad a largo plazo de un sistema sanitario. Este insumo, de uso transversal en virtualmente todos los procedimientos quirúrgicos, presenta una dependencia casi absoluta del mercado exterior, generando un gasto anual proyectado que asciende a 6.17 millones de dólares estadounidenses. Esta situación presenta una profunda paradoja: mientras la nación sufre de esta carencia, posee al mismo tiempo activos estratégicos significativos, como el Centro de Estudios de Biomateriales (BIOMAT) de la Universidad de La Habana, con una notable trayectoria en la investigación de materiales médicos, y una infraestructura agrícola capaz de proveer

biomateriales de origen natural. La brecha de conocimiento que este estudio se propone cerrar reside, precisamente, en la ausencia de un diagnóstico integral y una hoja de ruta estratégica que conecte estas capacidades científicas y productivas latentes con una solución industrial viable al problema del desabastecimiento.

El presente artículo tiene como objetivo central evaluar alternativas de desarrollo resilientes para la cadena de suministro de suturas quirúrgicas en Cuba. Para ello, se aplica el Modelo de Gestión Integrada de Cadenas de Suministro (MGICS), una herramienta metodológica desarrollada en el contexto cubano por el Laboratorio de Logística y Gestión de Producción (LOGESPRO) que resulta idónea por su enfoque en la intervención y el desarrollo de redes de valor con base nacional [17]. A través de este modelo, se realiza un análisis estratégico que no solo caracteriza el estado de la cadena, sino que también identifica sus riesgos y fortalezas, y evalúa alternativas locales para la sustitución de importaciones. La contribución principal de este estudio es la fundamentación estratégica para priorizar el desarrollo de una cadena de valor basada en el henequén.

## **Metodología**

### **Enfoque general y alineación conceptual**

Este estudio adopta un diseño de investigación aplicada con carácter de diagnóstico estratégico, sustentado en métodos mixtos y orientado a la intervención, cuyo propósito es caracterizar y diagnosticar la cadena de suministro de suturas quirúrgicas (SQ) en Cuba e identificar oportunidades endógenas para elevar su resiliencia mediante encadenamientos productivos nacionales. El enfoque se alinea explícitamente con los principios y objetivos de la PDI y con las dimensiones de competitividad de sistemas productivos exitosos en el contexto cubano [17] que en conjunto definen los criterios de sostenibilidad de la cadena en el contexto cubano.

### **Modelo de Gestión Integrada de Cadenas de Suministro (MGICS)**

El diagnóstico se estructuró mediante el Modelo de Gestión Integrada de Cadenas de Suministro (MGICS, versión 3), seleccionado por: i) su orientación a la intervención y al desarrollo progresivo de cadenas de suministros en Cuba; ii) su conexión explícita a los objetivos y principios de la PDI y iii) su capacidad para integrar análisis cualitativos y cuantitativos en fases secuenciales, lo cual ha sido identificado por varios autores como un requisito para abordar los problemas en cadenas de suministro. El procedimiento aplicado comprendió las etapas de Caracterización y Diagnóstico del MGICS, con la aplicación de los pasos: a) inicio y delimitación del objeto de estudio; b) definición y mapeo de la red; c) identificación del indicador de impacto de la cadena; d) caracterización y análisis de datos de desempeño; e) diagnóstico

estratégico mediante matriz DAFO; y f) identificación y evaluación de alternativas endógenas de desarrollo. Cada paso produjo salidas verificables: mapa de actores y flujos, base de datos de importaciones y demanda, matriz DAFO, y fichas comparativas de potencialidades por alternativa.

### **Fuentes de datos y criterios de inclusión/exclusión**

Datos cuantitativos: se utilizó la serie histórica de importaciones contratadas de SQ (2016–2022) provista por MediCuba S.A., incluyendo volúmenes (docenas/unidades) y valores FOB en USD, complementada con información de destino (mercado nacional y colaboración médica) y estructura de demanda por calibre y tipo (absorbible/no absorbible) consolidada a partir de requerimientos del Sistema Nacional de Salud (SNS).

Datos cualitativos: se revisaron documentos normativos y técnicos del sistema regulatorio nacional (CECMED), la infraestructura nacional de calidad, reportes sectoriales, y antecedentes de I+D y propiedad industrial en biomateriales (registros y patentes), además de información institucional sobre capacidades productivas (MINAG, GER, Hilatex, BIOMAT).

Exclusiones: para la proyección de demanda estructural se excluyeron 2019–2020 al ser años atípicos por la crisis económica de finales de 2019 y las alteraciones causadas por la COVID-19 en logística y prestación de servicios, con el fin de evitar sesgos coyunturales en los promedios de demanda y en la estimación de precios unitarios.

### **Proyección de demanda, estimación económica y cobertura alcanzada**

La demanda anual se estimó como el promedio de importaciones contratadas (docenas/unidades) en los años no atípicos, adicionando la participación histórica de la colaboración médica para obtener la demanda interna aparente. La estructura por productos (calibre y absorbibilidad) se consolidó para identificar segmentos críticos de sustitución y se calculó la participación estimada de cada segmento a partir de la cantidad de unidades con esas características con relación al total de unidades de la demanda anual proyectada.

Se calculó el precio promedio por docena anual (importe total/volumen contratado) y se utilizó el valor del último año de referencia como base, bajo el supuesto conservador de no disminución de precios internacionales en el corto plazo. Con ello se obtuvo la proyección de gasto anual en divisas asociado al total de la demanda anual. La cobertura de suturas quirúrgicas alcanzadas se obtuvo a partir del total de unidades entregadas a MediCuba S.A. con relación a la demanda planificada para el periodo evaluado, que es un año.

### **Mapeo y caracterización de la cadena**

Se construyó el mapa gráfico de la cadena de suministro actual con identificación de actores (proveedores internacionales, MediCuba S.A., EMSUMED, SNS, Servicios Médicos Cubanos), flujos de materiales, información y financieros, y puntos de control (inspección y liberación). El mapeo se realizó teniendo en cuenta los resultados presentados en [18] y a través de entrevistas a directivos nacionales del Ministerio de Salud Pública, el director y trabajadores del departamento de compras de la empresa MediCuba S.A.

### **Diagnóstico estratégico (DAFO)**

Se elaboró una matriz DAFO a partir de: i) revisión documental (normativa, regulatoria y sectorial), ii) evidencias de desempeño (brecha de cobertura, volatilidad de precios) obtenidas mediante análisis documental de reportes anuales del MINSAP y MediCuba S.A. iii) capacidades nacionales (I+D, infraestructura y activos productivos) identificadas a través de búsqueda y análisis bibliográfico y entrevistas a directivos del Ministerio de Industrial y iv) tendencias de mercado y tecnológicas, identificadas a través de la búsqueda y análisis bibliográfico y entrevistas a especialistas de la dirección nacional de compras del MINSAP. El resultado permitió identificar posibles soluciones basadas en el aprovechamiento de oportunidades con respaldo en fortalezas internas.

### **Evaluación comparativa de alternativas endógenas**

Se definió un conjunto de alternativas de base nacional para sustitución de importaciones en segmentos específicos de la demanda. Para cada alternativa se elaboró una ficha de potencialidades con los criterios propuestos para el MGICS:

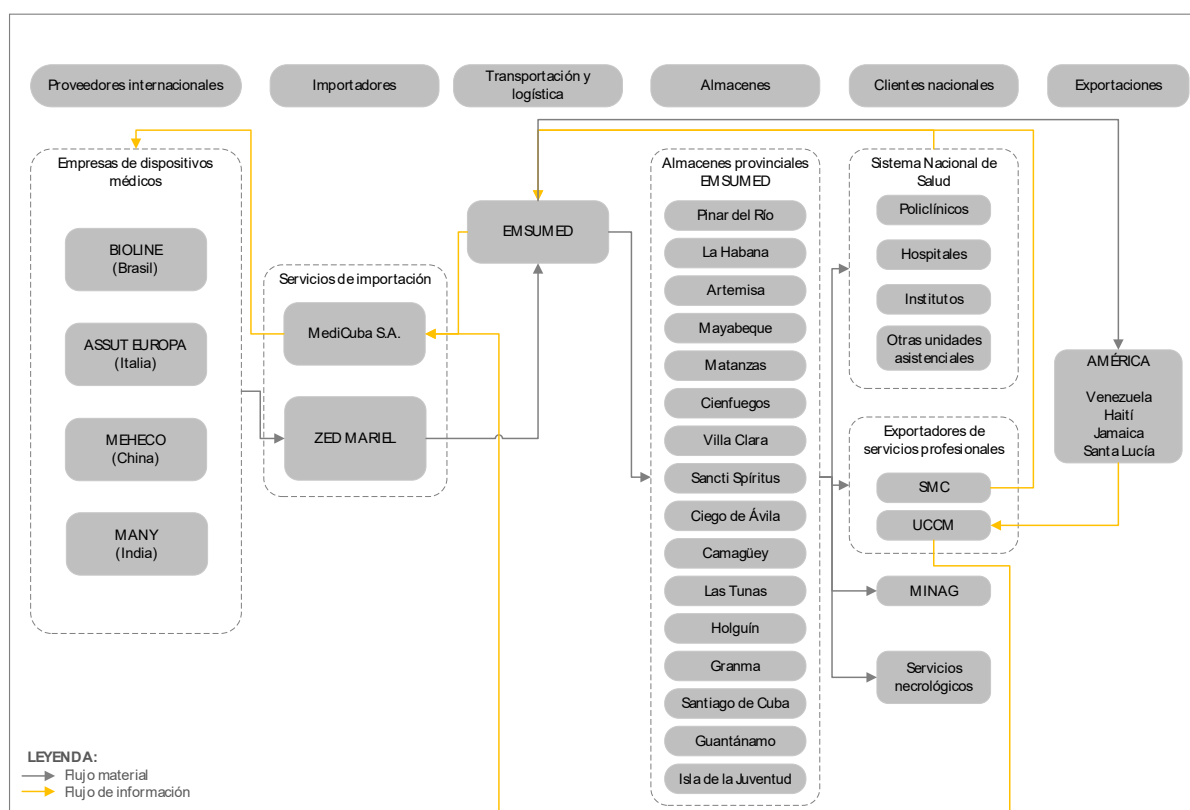
- Potencial productivo nacional: volúmenes anuales disponibles y estabilidad de oferta.
- Antecedentes de I+D y madurez tecnológica: existencia de desarrollos, patentes, uso previo en el SNS y marcas registradas.
- Infraestructura y encadenamientos: capacidades instaladas, actores y sinergias (público-privadas).
- Ajuste a la demanda: cobertura de segmentos mayoritarios por características (calibre/absorbibilidad).
- Impacto económico: valor del mercado a sustituir (USD/año) y ahorro potencial de divisas.
- Factibilidad regulatoria y de calidad: alineación con la infraestructura nacional de calidad y regulaciones aplicables para DM.

Se aplicó un análisis multicriterio de naturaleza descriptiva-comparativa para seleccionar la alternativa prioritaria en función del mayor impacto estratégico integral (cobertura de demanda relevante, reducción de riesgo tecnológico y económico, y viabilidad preliminar de encadenamientos productivos).

## Resultados

### Estructura y desempeño de la cadena de suministro actual

El mapeo de la cadena expuesto en la figura 1 evidencia una configuración simple, centralizada en la importación, sin eslabones productivos nacionales. El flujo parte de proveedores internacionales, pasa por el único importador (MediCuba S.A.) y el operador logístico (EMSUMED), y culmina en los clientes del Sistema Nacional de Salud (SNS) y los Servicios Médicos Cubanos (SMC). No existen procesos de transformación locales ni capacidades industriales para componentes críticos (agujas, materiales poliméricos), lo que concentra el riesgo sistémico en la disponibilidad externa y en la liquidez en divisas para la adquisición. Esta estructura, aun cuando simplifica la gestión de compras, implica una exposición elevada a disrupciones de oferta, logísticas e incrementos de precio, y limita cualquier estrategia de amortiguación mediante inventarios de seguridad o reservas estratégicas de fabricación nacional.



**Fig. 1** - Mapa AS-IS de la cadena de suministro de suturas quirúrgicas en Cuba.

La caracterización cuantitativa confirma la insuficiencia crónica de abastecimiento. Los datos 2016–2022 de importaciones contratadas (docenas/unidades) expuestos en la tabla 1 muestran colapsos severos en 2019–2020 y una recuperación incompleta posterior. La demanda anual

proyectada del SNS asciende a 7,638,938 unidades/año (excluyendo años atípicos), de las cuales 2.1% (160,417 unidades) se destinan a colaboración médica. En 2022, el volumen importado permitió cubrir únicamente 6.7% de la demanda nacional, evidenciando una brecha de cobertura crítica y persistente. El indicador Cobertura, es calculado

**Tabla 1** - Importaciones contratadas vs. demanda nacional proyectada (2016-2022), cobertura y brecha.

Año	Importaciones contratadas (unidades)	Demanda nacional proyectada (unidades)	Cobertura (%)	Brecha (%)
2016	8,239,000	7,638,938	107.8	0
2017	8,744,000	7,638,938	114.5	0
2018	9,596,000	7,638,938	125.6	0
2019 <sup>1</sup>	1,130,000	—	—	—
2020	532,000	—	—	—
2021	6,123,000	7,638,938	80.1	19.9
2022	5,490,000	7,638,938	6.7	93.3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MediCuba S.A.

Adicionalmente, la cadena está expuesta a una presión creciente de costos. El precio promedio de importación por docena mostró una tendencia al alza, tomando como base el valor de 2022, proyectado un requerimiento de 6,174,808 USD/año para satisfacer la demanda total en el corto plazo, bajo el supuesto conservador de no aumento de precios internacionales.

### Estructura de la demanda: características técnicas y segmentos críticos

La demanda del SNS no es homogénea; como se puede observar en la tabla 2 se distribuye por características funcionales (absorbibilidad) y por calibres (USP/EP), lo que condiciona las oportunidades de sustitución de importaciones. Las suturas no absorbibles concentran una porción significativa de unidades en calibres 0, 1, 2-0, 3-0 y 4-0. En suturas absorbibles, predominan las de absorción media en calibres 0, 1, 2-0 y 3-0, con volúmenes relevantes. Los calibres finos ( $\geq 5-0$ ) representan una fracción menor de unidades, con mayores exigencias de desempeño clínico.

**Tabla 2** - Estructura resumida de la demanda anual por tipo de absorción (absorbibles/no absorbibles) y calibres predominantes (USP), con participación porcentual estimada por segmento.

Tipo de sutura	Calibres predominantes (USP)	Participación estimada en unidades (%)
Absorbible rápida	0; 1; 2-0; 3-0; 4-0	12.5
Absorbible media	0; 1; 2-0; 3-0; 4-0; 5-0	28.7

<sup>1</sup> 2019 y 2020 se consideran años atípicos y no se usan para cálculo de demanda anual

## ALTERNATIVAS RESILIENTES PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DE SUTURAS QUIRÚRGICAS EN CUBA

Absorbible prolongada	0; 1; 2-0; 3-0; 4-0; 5-0	7.8
No absorbible	0; 1; 2; 2-0; 3-0; 4-0; 5-0	51.0
Total	—	100

Esta desagregación es clave para el encaje tecnológico de alternativas nacionales: i) henequén (absorbible media/prolongada, calibres 5-0 a 1), ii) poliéster reciclado (no absorbible, 4-0 a 2) y iii) seda (no absorbible, 12-0 a 1).

### Diagnóstico estratégico (DAFO) de la cadena

La matriz DAFO sintetiza los factores internos y externos que condicionan la resiliencia de la cadena. Entre las debilidades se destacan la inexistencia de tecnologías nacionales para agujas, polímeros absorbibles y kits de sutura, así como la tendencia internacional al desuso de fibras naturales, aunque es importante señalar que en los últimos años algunos autores han abordado las fibras naturales como soluciones aún viables para países subdesarrollados [19, 20]. Las amenazas más relevantes son la inestabilidad de las cadenas globales y el aumento de precios. En contrapunto, emergen fortalezas significativas: un SNS integrado que facilita introducción y validación de innovaciones, una infraestructura nacional de calidad sólida y capacidades de I+D probadas (BIOMAT). Las oportunidades incluyen disponibilidad de materias primas nacionales (henequén, seda), patentes cubanas previas para suturas de henequén, existencia de productores de polímeros reciclados, capacidad farmacéutica local y el rol del CECMED como autoridad regulatoria en países del ALBA, lo que abre potenciales rutas de internacionalización. En la tabla 3 se presenta el resumen del análisis DAFO realizado.

**Tabla 3** - Matriz DAFO de la cadena de suministro de suturas quirúrgicas en Cuba

Fortalezas	Oportunidades
SNS integrado permite validación e introducción rápida de innovaciones.	Disponibilidad de materias primas nacionales (henequén, seda).
Centro de Estudios de Biomateriales (BIOMAT) con experiencia en I+D.	Patentes cubanas previas para suturas de henequén.
Infraestructura Nacional de Calidad sólida en DM.	Capacidad nacional de producir polímeros reciclados.
Experiencia en internacionalización de DM.	Rol del CECMED como autoridad regulatoria en países del ALBA.
Experiencia en gestión de propiedad industrial.	Posibilidad de articular economía circular en la cadena.
Debilidades	Amenazas
No existe tecnología nacional para agujas quirúrgicas.	Volatilidad de precios internacionales.
No se producen polímeros plásticos absorbibles en el país.	Inestabilidad de cadenas globales.
Ausencia de tecnología para producir kits de suturas completos.	Tendencia internacional a reducir uso de fibras naturales.



Dependencia total de importaciones en todos los segmentos de la demanda.	Elevado costo de insumos importados esenciales para producción.
--	---

Este panorama sugiere que la estrategia de mitigación no debe centrarse en optimizar importaciones, sino en activar encadenamientos productivos endógenos que capitalicen fortalezas y oportunidades identificadas.

### Evaluación comparativa de alternativas nacionales

Se compararon tres alternativas de base nacional para sustitución de importaciones, utilizando para la evaluación los criterios propuestos en el MGICS. Los resultados se sintetizan en la tabla 4.

**Tabla 4** - Evaluación comparativa de potencialidades: henequén, poliéster reciclado y seda.

Producto	Hilo de henequén para SQ	Hilo de poliéster reciclado para SQ	Hilo de seda para SQ
Características	<b>Calibre:</b> 5-0 a 1 <b>Absorción:</b> media o prolongada (21,22)	<b>Calibre:</b> 4-0 a 2 <b>Absorción:</b> No absorbible	<b>Calibre:</b> 12-0 a 1 <b>No absorbible</b>
Potencial productivo	Producción nacional anual de henequén: 500t. Cantidad de hectáreas en el país dedicadas al cultivo: 700 ha. (23) <b>1t. de henequén = 5,376,344 hebras Calibre 1 de 0.75 m de longitud.<sup>2</sup></b>	Producción nacional anual de plástico granulado reciclado: 1000t. 1kg plástico granulado = 1kg de filamento de plástico reciclado = <b>+ 4 mill. unidades de SQ Calibre 0 de 0.75 m de longitud.</b> (24,25)	Producción nacional anual de capullos de seda: 30-35t = 8t de fibra de seda 1kg de fibra de seda = <b>+ 66,000 unidades de SQ Calibre 1 de 0.75 m de longitud<sup>3</sup></b>
Mercados a abastecer	Nacional	Nacional	Nacional
Entorno e impacto social	Las SQ con estas características representan el <b>49 % de la demanda nacional</b> Valor de importación anual de SQ con características similares: <b>+ 2 millones USD</b>	Las SQ con estas características representan el <b>54 % de la demanda nacional</b> Valor de importación anual de SQ con características similares: <b>+ 670,000 USD</b>	Las SQ con estas características representan el <b>58 % de la demanda nacional</b> Valor de importación anual de SQ con características similares: <b>+ 870,000 USD</b>
Acompañamiento de instituciones	MINSAP, GEMPIL, MINAG	MINSAP, GEMPIL, GER	MINSAP, GEMPIL, CIDIL
Disposición para el trabajo asociativo	El MINAG es una de las instituciones más vinculadas a GEMPIL, compartiendo varias	El GER pertenece al MINDUS y dentro de sus misiones como grupo empresarial se encuentra apoyar la sustitución de	La ECTI Sierra Maestra colabora actualmente con GEMPIL en el desarrollo de este y otros productos.

<sup>2</sup> El cálculo fue realizado a partir de la densidad de la fibra de henequén de 1.266 g/cm<sup>3</sup> y el volumen de una hebra Calibre 1 de 0.75 m de longitud, que es de aproximadamente 0.147 cm<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Para las conversiones se utilizó la norma promedio de 3000 capullos = 1kg = 250g de fibra de seda

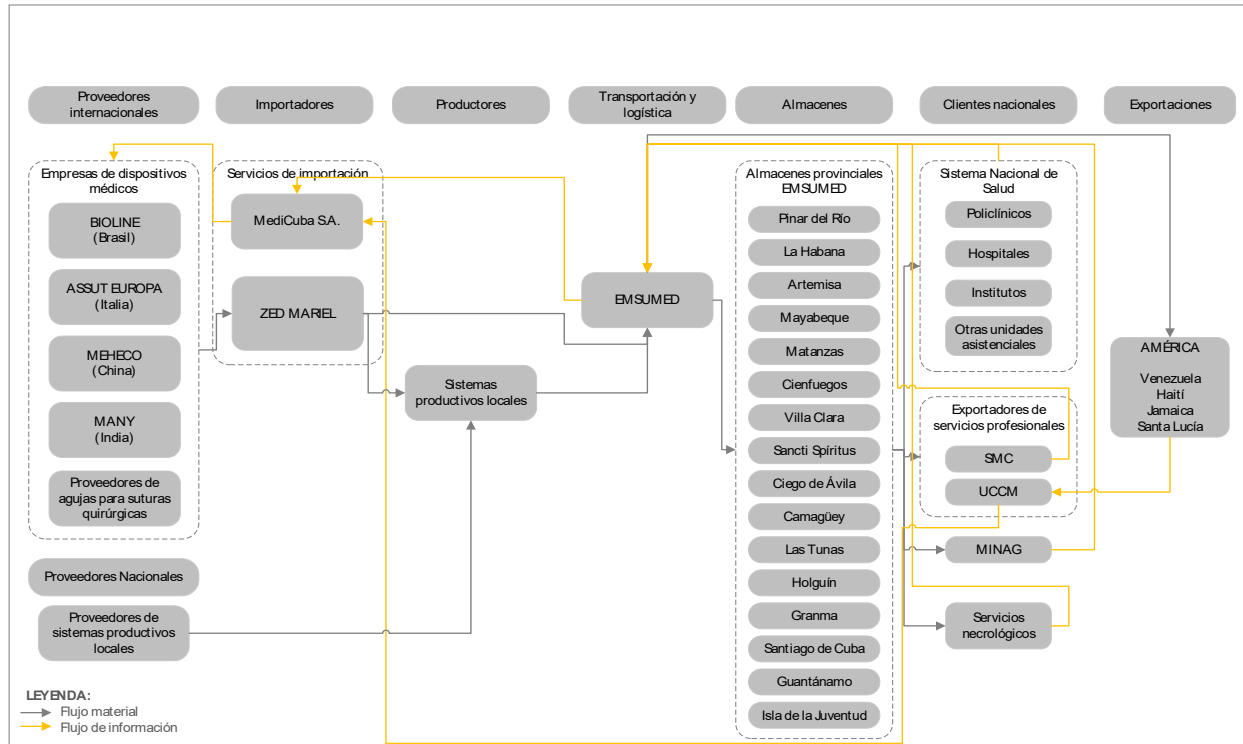
## ALTERNATIVAS RESILIENTES PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DE SUTURAS QUIRÚRGICAS EN CUBA

	cadenas de valor actualmente.	importaciones en la industria cubana.	
<b>Antecedentes y calidad de programas de desarrollo previos</b>	Utilización en la década de los 90' en el país en el SNS 3 productos desarrollados en Cuba a partir de este material en 1992. Uno de ellos con marca registrada en la OCPI ya expirada, Calibres desde 3-0 hasta 1 (21,26,27)	No se encontraron antecedentes de desarrollo de SQ a partir de este material nacional o internacionalmente. La aplicación de la Economía Circular en el sector está siendo estudiada por varios actores y la esterilización de este material tiene muy buenos resultados por la estructura de este. (28-30)	Actualmente existe un proyecto de colaboración Cuba-China para el desarrollo de una Planta Piloto de filamentos de seda. Se han realizado pruebas para el desarrollo de hilo de seda en la empresa Hilatex, pudiendo obtenerse hilo doblado de seda de 180, 810 y 1210 denieros. Un filamento de seda de 180 denieros es equivalente al Calibre 12-0 de la USP.
<b>Calidad de la infraestructura</b>	Existencia de 3 desfibradoras en el país en buen estado y una planta de procesamiento industrial en mal estado. + 700 hectáreas a nivel nacional dedicadas al cultivo	Existen varios productores nacionales de filamentos de poliéster reciclado.	La empresa Hilatex cuenta con tecnología capaz de ajustarse a los requerimientos para la producción de filamentos de seda. La empresa de fabricación de cordones de GEMPIL posee tecnologías capaces de procesar filamentos de 180 denieros para fabricar hilo de seda multifilamento.

En conjunto, la alternativa basada en henequén emerge como la opción con mayor impacto estratégico integral: máxima contribución al ahorro de divisas, menor riesgo tecnológico inicial por antecedentes y alineación con segmentos de demanda relevantes. En la figura 2 se presenta el mapa de la cadena de suministro proyectada con presencia de eslabones nacionales de producción basados en las alternativas endógenas analizadas.

### Síntesis operativa del diagnóstico

La articulación de los resultados produce tres evidencias: i) la cadena actual, dependiente de importaciones, es estructuralmente vulnerable (cobertura 6.7% en 2022) y financieramente exigente (proyección 6.17 MUSD/año); ii) el entorno nacional ofrece fortalezas y oportunidades concretas para construir resiliencia endógena; iii) entre las alternativas evaluadas, el henequén es la opción prioritaria para iniciar la sustitución de importaciones en un segmento de demanda de elevado valor de adquisición.



**Fig. 2** - Mapa TO-BE de la cadena de suministro de suturas quirúrgicas en Cuba.

## Discusión

Los resultados demuestran que la insuficiencia crónica de abastecimiento (cobertura del 6.7% en 2022) y la presión creciente de costos son manifestaciones de una falla estructural de la cadena, derivada del modelo de dependencia absoluta de importaciones y de la ausencia de eslabones productivos locales. Este hallazgo confirma que la vulnerabilidad no es coyuntural, sino sistémica, y que, por tanto, las soluciones basadas exclusivamente en optimización logística o negociación comercial no modificarán el riesgo de base. La matriz DAFO sintetiza esta situación al coexistir debilidades internas críticas (inexistencia de tecnologías para agujas, polímeros absorbibles y kits) y amenazas externas persistentes (volatilidad de precios e inestabilidad de cadenas globales), con fortalezas y oportunidades nacionales subutilizadas (SNS integrado, infraestructura de calidad, capacidades de I+D en biomateriales, disponibilidad de henequén y seda, rol del CECMED). En consecuencia, el vector estratégico más robusto no es perfeccionar la importación, sino activar encadenamientos productivos endógenos, siendo coherente con objetivos de la Política de Desarrollo Industrial (PDI) como: i) Reducir las brechas de consumo y de importación de productos industriales y ii) Promover mayor integración de los actores industriales, incrementar el uso de materias primas nacionales y garantizar un mayor rendimiento de los recursos financieros invertidos; trasladando el centro de gravedad de la cadena hacia capacidades nacionales y disminuyendo la exposición a choques exógenos.

La evaluación comparativa de alternativas confirma que el henequén constituye un activo estratégico para catalizar esa transición. Si bien la selección del henequén podría presentarse en un inicio como una preferencia ex ante, derivada de la evaluación preliminar, no responde únicamente a este factor. De hecho, su consideración como preferencia ex post resulta más pertinente, dado el peso de la evidencia reunida en tres dimensiones. Primero, la seguridad de oferta: una producción nacional aproximada de 500 t/año frente a un requerimiento estimado de 0.7 t/año para suturas, lo que garantiza holgura de suministro con mínimo costo de oportunidad. Segundo, la reducción del riesgo tecnológico por antecedentes: desarrollos y uso previo en el SNS en los años noventa, con patentes y marcas registradas, lo que acorta la curva de aprendizaje respecto de alternativas sin trayectoria nacional. Tercero, el impacto económico: el segmento sustituible asociado al henequén supera los 2 millones USD/año, cifra casi tres veces superior al potencial del poliéster (~670 mil USD) y más del doble que el de la seda (~870 mil USD), maximizando el ahorro de divisas por unidad de capacidad instalada. Este trinomio (seguridad de oferta, menor riesgo tecnológico e impacto económico) alinea la propuesta con las dimensiones de competitividad identificadas por [17]: económica (ahorro de divisas, potencial de VAM), técnica (madurez relativa y capacidad de escalamiento inicial), mercado (cobertura de segmentos de alto peso), ambiental (uso de materia prima natural, potencial de economía circular), social (empleo y encadenamientos con el sector agrícola) y financiera (disminución de presión de caja en divisas).

Un posible contraargumento es la tendencia internacional hacia el desuso de fibras naturales frente a polímeros sintéticos absorbibles para suturas de mayor valor agregado. Esta tendencia es real y responde a ventajas técnicas (modulación fina de propiedades, combinación con fármacos, desempeño clínico específico) [19, 31]. No obstante, su validez no invalida la estrategia propuesta por tres razones. Primero, el objetivo inmediato es la resiliencia del abastecimiento bajo restricciones severas de importación; en este contexto, reaprovechar una tecnología conocida y validada históricamente (henequén) constituye un caso de innovación frugal orientada a misión, que prioriza continuidad de servicios esenciales y reducción de vulnerabilidad sistémica. Segundo, la sustitución propuesta se focaliza en segmentos de demanda coherentes con el desempeño del material, evitando solaparse con indicaciones clínicas que exigen polímeros avanzados. Tercero, la alternativa del henequén no implica un límite tecnológico insuperable: se conecta con líneas de evolución plausibles identificadas en la literatura [33], como el desarrollo futuro de nanocompuestos celulósicos a partir de fibras naturales, que podrían elevar el desempeño y ampliar el espectro de aplicaciones sin renunciar al anclaje en recursos endógenos.

### **Limitaciones y próximos pasos.**

Este trabajo es un diagnóstico estratégico sustentado en métodos mixtos. No incluye validación clínica contemporánea del desempeño del henequén bajo estándares actuales, ni análisis de factibilidad técnico-económica a nivel de proceso. Por ello, se sugiere estructurar en dos frentes complementarios los pasos siguientes. En el frente tecnológico-regulatorio: i) producción de lotes piloto con control de proceso; ii) caracterización fisicomecánica comparativa (resistencia a la tracción en hilo y nudo, coeficiente de fricción, memoria, capilaridad) conforme a protocolos aplicables; iii) evaluación preclínica/biocompatibilidad y reacción tisular bajo guías pertinentes; y iv) diseño de la ruta regulatoria con la autoridad nacional, alineada con los comités ISO relevantes (por ejemplo, ISO/TC 150 para implantes quirúrgicos e ISO/TC 198 para esterilización y sistemas de aseguramiento). En el frente ingenieril-económico: un estudio de prefactibilidad que dimensione capacidad, defina ciclo de operaciones, estime inversiones y gastos operativos, y cuantifique valor agregado manufacturero, ahorro de divisas y sensibilidad a precios de insumos no sustituibles (e.g., agujas). Esta secuencia operativa es indispensable para traducir la oportunidad estratégica en un plan de implementación verificable.

## **Conclusiones**

El estudio ofrece el primer diagnóstico integral de la cadena de suministro de suturas quirúrgicas en Cuba desde una perspectiva sistémica alineada con la PDI, demostrando que la dependencia absoluta de importaciones configura una vulnerabilidad estructural con impacto sanitario y financiero. La evidencia empírica y el diagnóstico estratégico sustentan la priorización del henequén como alternativa endógena con mayor impacto estratégico. Desde la perspectiva de la PDI, la propuesta activa múltiples elementos enumerados en sus principios y objetivos: mayor integración nacional, sustitución selectiva de importaciones, creación de valor y empleo, articulación con la infraestructura de calidad y la regulación. La activación de estos elementos asistiría el posible uso de mecanismos de financiamiento plasmados en la PDI como el Fondo para el Desarrollo Industrial del Ministerio de Industrias. Desde el ángulo sanitario, la reducción del riesgo de desabastecimiento de un insumo transversal contribuye a la continuidad operativa del sistema quirúrgico y a la planificación presupuestaria en divisas. Adicionalmente, el rol del CECMED como autoridad de referencia para países del ALBA, señalado en el DAFO, sugiere, una vez superadas las etapas de validación clínica, la posibilidad de trayectorias de internacionalización en nichos específicos, especialmente a través de servicios médicos en el exterior y acuerdos institucionales, lo que retroalimenta la sostenibilidad financiera de la cadena.

## **Referencias**

1. Aljuneidi T, Bhat SA, Boulaksil Y. A comprehensive systematic review of the literature on the impact of the COVID-19 pandemic on supply chains.

- Supply Chain Anal [Internet]. 2023 Sept [cited 2025 Jan 2];3:100025. ISSN: 29498635. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2949863523000249>
2. Ivanov D. Transformation of supply chain resilience research through the COVID-19 pandemic. *Int J Prod Res* [Internet]. 2024 Mar 30 [cited 2024 June 17];1–22. ISSN: 0020-7543, 1366-588X. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2024.2334420>
  3. Abaku E, Odimarha A. SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN THE MEDICAL INDUSTRY: A THEORETICAL AND PRACTICAL EXAMINATION. *Int Med Sci Res J* [Internet]. 2024 Mar 22;4(3):319–40. ISSN: 2707-3394. Available from: <https://doi.org/10.51594/imsrj.v4i3.931>
  4. Kalantari Khalil Abad AR, Barzinpour F, Pishvae MS. Green and reliable medical device supply chain network design under deep dynamic uncertainty: A novel approach in the context of COVID-19 outbreak. *Appl Soft Comput* [Internet]. 2023;149. ISSN: 15684946 (ISSN). Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85176129950&doi=10.1016%2fj.asoc.2023.110964&partnerID=40&md5=0c8cb27cfd95dd2e707143f17d016a9c>
  5. Bai Y, Liu Y, Han S, Song W. Enhancing sustainability in medical product supply chains: The role of remanufacturing and government subsidies. *Heliyon* [Internet]. 2024 July 1;10(14):e33963–e33963. ISSN: 2405-8440. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33963>
  6. Begum H, Abbas K, Alam A, Song H, Chowdhury M, Ghani A. Impact of the COVID-19 pandemic on the environment and socioeconomic viability: a sustainable production chain alternative. *foresight* [Internet]. 2022 Jan 24;24(3/4):456–75. ISSN: 1463-6689. Available from: <https://doi.org/10.1108/fs-02-2021-0053>
  7. Caggia G, Fondrevelle J, Cagliano A. Viability and Resilience in the Personal Protective Equipment Supply Chain. The Impacts of Covid-19. *IFAC-Pap* [Internet]. 2024 Jan 1;58(19):1132–7. ISSN: 2405-8963. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.115>
  8. Dmitry Ivanov, Alexandre Dolgui, Jennifer Blackhurst, Tsan-Ming Choi. Toward supply chain viability theory: from lessons learned through COVID-19 pandemic to viable ecosystems. *Int J Prod Res*. 2023 Mar 14;61(8):2402–15. ISSN: 0020-7543.
  9. Dmitry Ivanov, Ivanov D. Supply Chain Viability and the COVID-19 pandemic: a conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. *Int J Prod Res*. 2021;59(12):3535–52. ISSN: 0020-7543.
  10. Gehrie E, Frank S, Goobie S. Balancing Supply and Demand for Blood during the COVID-19 Pandemic. *Anesthesiology* [Internet]. 2020 Apr 13;133(1):16–8. ISSN: 0003-3022. Available from: <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000003341>
  11. Alkahtani M, Omair M, Khalid Q, Hussain G, Ahmad I, Pruncu C. A COVID-19 Supply Chain Management Strategy Based on Variable

- Production under Uncertain Environment Conditions. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Feb 9;18(4):1662–1662. ISSN: 1660-4601. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041662>
12. Sawik T. Economically viable reshoring of supply chains under ripple effect. *Omega* [Internet]. 2024 Nov 12;131:103228–103228. ISSN: 0305-0483. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103228>
  13. Dmitry Ivanov, Ivanov D. Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives-lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic. *Ann Oper Res*. 2020 May 22;1–21. ISSN: 1572-9338.
  14. Ivanov D, Dolgui A. The shortage economy and its implications for supply chain and operations management. *Int J Prod Res* [Internet]. 2022;60(24):7141–54. ISSN: 00207543 (ISSN). Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85138437171&doi=10.1080%2f00207543.2022.2118889&partnerID=40&md5=cd2b565b1e205d6c60e88837dc75f480>
  15. Miradas a la economía Cubana: elementos claves para la sostenibilidad. Panamá, [La Habana], [Santo Domingo]: Ruth Casa Editorial Centro de Estudios para la Economía Cubana Friedrich-Ebert-Stiftung, Fundación Friedrich Ebert, Oficina para Cuba; 2021. ISBN: 978-9962-703-82-2.
  16. GOC-2021-1098-O142. 59 2021.
  17. Acevedo-Suárez J, Gómez Acosta MI, Joy T, Acevedo Urquiaga A. LOGESPRO. TEMAS SELECCIONADOS (VII) Modelo de Gestión Integrada de la Cadena de Suministros (MGICS). 2023. ISBN: 978-959-261-622-6.
  18. López-Joy T, Gómez-Acosta MI, Neira-Mugercia AN, Acevedo-Suárez JA, Peña-García C, Acevedo-Urquiaga AJ. Medicines Value Chain Management Level in Cuban Health System. *Ing Univ* [Internet]. 2020 Feb 24 [cited 2022 Nov 15];24(1). ISSN: 2011-2769, 0123-2126. Available from: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/25158>
  19. Guambo MPR, Spencer L, Vispo NS, Vizuete K, Debut A, Whitehead DC, et al. Natural Cellulose Fibers for Surgical Suture Applications. *Polymers* [Internet]. 2020 Dec 18 [cited 2022 Nov 30];12(12):3042. ISSN: 2073-4360. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/12/3042>
  20. Zhukovskii VA. Problems and prospects for development and production of surgical suture materials. *Fibre Chem* [Internet]. 2008 May [cited 2022 Nov 15];40(3):208–16. ISSN: 0015-0541, 1573-8493. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10692-008-9039-0>
  21. Ferrer CSM. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS HILOS AGASUT COMO MATERIALES DE SUTURA. 2003;2. ISSN: 1561-3046.
  22. USP32–NF27 Page 3644 [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 2]. Available from: [http://www.uspbpep.com/usp32/pub/data/v32270/usp32nf27s0\\_m80190.html](http://www.uspbpep.com/usp32/pub/data/v32270/usp32nf27s0_m80190.html)

23. Granma.cu [Internet]. 2022 [cited 2022 Dec 12]. El henequén se quitó la soga del cuello. Available from: <https://www.granma.cu/cuba/2022-03-01/el-henequen-se-quito-la-soga-del-cuello-01-03-2022-00-03-28>
24. Cubadebate [Internet]. 2021 [cited 2022 Dec 13]. Industria del reciclaje en Cuba: Recuperar valores y diseñar nuevos caminos hacia el desarrollo (+ Video). Available from: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2021/05/25/industria-del-reciclaje-en-cuba-recuperar-valores-y-disenar-nuevos-caminos-hacia-el-desarrollo-video/>
25. Mercado Yavar V. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de hilo de poliéster reciclado a partir de envases (botellas) PET [Diploma]. [Perú]: Universidad de Lima; 2022.
26. Argüelles W, González-Quevedo Rodríguez MO, Montero Ferrer S. Ensayos clínicos de los hilos quirúrgicos Agasut-Q y Agasut-QE. Rev Cuba Med Mil. 1995; ISSN: 1561-3046.
27. Base de Datos Cubana de Propiedad Industrial Agasut-S [Internet]. 2022 [cited 2022 Nov 28]. Available from: <https://wiposearch.ocpi.cu/wopublish-search/public/detail/trademarks?id=CUM1991000113>
28. Castro LC de, Castilho V. The cost of waste of consumable materials in a surgical center. Rev Lat Am Enfermagem [Internet]. 2013 Dec [cited 2022 Dec 11];21(6):1228–34. ISSN: 0104-1169. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-11692013000601228&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692013000601228&lng=en&tlng=en)
29. Collier R. The ethics of reusing single-use devices. Can Med Assoc J [Internet]. 2011 Aug 9 [cited 2022 Dec 11];183(11):1245–1245. ISSN: 0820-3946, 1488-2329. Available from: <http://www.cmaj.ca/cgi/doi/10.1503/cmaj.109-3907>
30. Harding C, Van Loon J, Moons I, De Win G, Du Bois E. Design Opportunities to Reduce Waste in Operating Rooms. Sustainability [Internet]. 2021 Feb 18 [cited 2022 Dec 11];13(4):2207. ISSN: 2071-1050. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/2207>
31. Chellamani KP, Veerasubramanian D, Balaji RSV. Surgical Sutures: An overview. J Acad Ind Res. 2013;1:5. ISSN: 2278-5213.
32. Serrano C, García-Fernández L, Fernández-Blázquez JP, Barbeck M, Ghanaati S, Unger R, et al. Nanostructured medical sutures with antibacterial properties. Biomaterials [Internet]. 2015 June [cited 2022 Dec 11];52:291–300. ISSN: 01429612. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142961215001556>
33. Norizan MN, Shazleen SS, Alias AH, Sabaruddin FA, Asyraf MRM, Zainudin ES, et al. Nanocellulose-Based Nanocomposites for Sustainable Applications: A Review. Nanomaterials [Internet]. 2022 Oct 5 [cited 2022 Dec 11];12(19):3483. ISSN: 2079-4991. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-4991/12/19/3483>



34. Zhukovskii VA. Problems and prospects for development and production of surgical suture materials. Fibre Chem [Internet]. 2008 May [cited 2022 Nov 15];40(3):208–16. ISSN: 0015-0541, 1573-8493. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10692-008-9039-0>

### **Sobre los autores:**

**Andres Carvajal Elena:** Ingeniero Industrial (2023). Profesor Instructor de la Universidad Tecnológica de La Habana, CUJAE. Premio al Mérito Científico (2023). Graduado Integral de la Universidad Tecnológica de La Habana, CUJAE (2023).

**Rol:** Autor principal

**Martha Inés Gómez Acosta:** Ingeniera Industrial (1980). Doctora en ciencias Técnicas. Profesora Titular de la Universidad Tecnológica de La Habana, CUJAE. Coordinadora Ejecutiva del Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO) de la Facultad de Ingeniería Industrial de la CUJAE y consultora de empresas. Coordinadora en Cuba del Centro Europeo Latinoamericano de Logística y Proyectos Ecológicos desde su fundación en 1999. Autora de más de 10 libros y 80 artículos. Ha obtenido varios premios, entre los que se encuentran el Premio de Economía Raúl León Torras (2007). Premio Provincial de Innovación Tecnológica (2012) y Premio de la Academia de Ciencias de Cuba (2003 y 20014). Distinción Especial del Ministro de Educación Superior por el trabajo en la enseñanza de postgrado (2014) y por los Resultados Relevantes en el Trabajo de Ciencia y Técnica (2016)

**Rol:** Idea original y revisión del artículo