

Proyecto de utilización de residuos en una empresa pesquera para la producción de quitosano. Estudio preliminar para la instalación de una unidad de negocios.

Waste utilization project in a fishing company for the production of chitosan. Preliminary study for the installation of a business unit.

Leofanti, Ramiro

ramiroleofanti@gmail.com

Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata

Otegui, Matias

matiasotegui02@gmail.com

Morcela, Antonio (Director)

omorcela2000@gmail.com

Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Basso, Fabricio (Codirector)

fabricio.basso@fi.mdp.edu.ar

Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

RESUMEN

El presente trabajo final de Ingeniería Industrial tiene como objetivo analizar la factibilidad técnico-ambiental y comercial de la implementación de una planta dedicada a la producción de quitosano a partir de residuos de langostino en la provincia de Chubut, Argentina. La propuesta surge a partir del interés de la empresa pesquera Veraz S.A. en valorizar los subproductos generados durante el procesamiento de langostinos, especialmente los exoesqueletos. El quitosano, un biopolímero con múltiples aplicaciones en la industria farmacéutica, alimentaria, agrícola y cosmética, representa una oportunidad estratégica dentro del modelo de economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2013; Stahel, 2016). El trabajo incluye un análisis de mercado nacional e internacional, evaluación de tecnologías de producción, estudio normativo y revisión de impactos socioeconómicos en el conglomerado Rawson-Trelew. Se concluye que el desarrollo de esta unidad de negocios permitiría no solo reducir el impacto ambiental de los residuos pesqueros, sino también abrir una nueva línea productiva de alto valor agregado, contribuyendo al desarrollo regional y a la sostenibilidad de la industria (Berkes & Folke, 1998; Hirschman, 1958; Sen, 1999; Alburquerque, 2004; Boisier, 1999).

Palabras Claves: Quitosano - Economía circular - Residuos pesqueros - Valorización - Sustentabilidad

ABSTRACT

This final project in Industrial Engineering aims to analyze the technical, environmental, and commercial feasibility of implementing a chitosan production plant using shrimp waste in the province of Chubut, Argentina. The initiative is driven by the interest of the fishing company Veraz S.A. in valorizing the by-products generated during shrimp processing, particularly the exoskeletons. Chitosan, a biopolymer with multiple applications in the pharmaceutical, food, agricultural, and cosmetic industries, represents a strategic opportunity within the circular economy model (Ellen MacArthur Foundation, 2013; Stahel, 2016).. The study includes an analysis of domestic and global markets, assessment of available production technologies, regulatory framework, and evaluation of the socio-economic impacts in the Rawson-Trelew area. The findings suggest that developing this business unit would not only reduce the environmental impact of fishing waste but also enable the creation of a new high-value-added product line, fostering regional development and industry sustainability (Berkes & Folke, 1998; Hirschman, 1958; Sen, 1999; Alburquerque, 2004; Boisier, 1999).

Keywords: Chitosan - Circular economy - Fishing waste - Valorization - Sustainability

1. INTRODUCCIÓN

La pesca es una de las principales actividades económicas de la Argentina, tanto por su impacto en las exportaciones como por la generación de empleo. Dentro de este sector, la empresa Veraz S.A., con sede en Mar del Plata, se destaca por su trayectoria en la captura y procesamiento de productos pesqueros. Sin embargo, esta actividad también produce grandes volúmenes de residuos, especialmente en el procesamiento de langostinos, cuyos exoesqueletos pueden representar hasta el 50% de su peso total. Estos desechos, si no son gestionados adecuadamente, pueden generar importantes impactos ambientales.

Este proyecto propone aprovechar esos residuos orgánicos para producir quitosano, un biopolímero de alto valor derivado de la quitina, con aplicaciones en sectores como el farmacéutico, alimentario, agrícola, cosmético y en el tratamiento de aguas. La producción de quitosano a partir de subproductos pesqueros se inscribe dentro de un enfoque de economía circular, transformando un pasivo ambiental en una nueva línea de negocio sustentable.

La propuesta contempla la instalación de una planta en la provincia de Chubut, donde Veraz S.A. posee operaciones logísticas. Además, en caso de ser necesario, se prevé ampliar el abastecimiento de materia prima a través de acuerdos con otras empresas pesqueras de la región. Este trabajo analiza la viabilidad técnica, ambiental y comercial del proyecto, evaluando tecnologías disponibles, regulaciones aplicables y el potencial de impacto territorial. En conjunto, la iniciativa busca aportar a un modelo industrial más responsable, eficiente y comprometido con el desarrollo regional.

2. DESARROLLO

Análisis de mercado

El proyecto de producción de quitosano a partir de residuos de langostino se sustenta en un análisis integral del entorno externo, las capacidades internas, la competencia y la normativa aplicable, con el fin de evaluar su viabilidad técnica, económica y ambiental.

Se identificaron diversos factores que impactan en el desarrollo del emprendimiento. Se utilizó un análisis PESTEL para tener un entendimiento más preciso del contexto de la implantación de la planta (Porter, 1985) (ver Figura 1).

Se analizaron las fortalezas internas, como la disponibilidad gratuita y constante de materia prima proveniente de sus propias operaciones, y la infraestructura ya instalada. También se reconocieron oportunidades significativas, como la valorización de residuos con potencial económico, la mejora en la imagen ambiental de la empresa y la posibilidad de ampliar la cartera de productos hacia sectores como farmacéutico, cosmético y agrícola. Entre las debilidades se identificó la falta de conocimiento específico en producción de biopolímeros y una limitada capacidad para investigación y desarrollo. Las amenazas principales incluyen la inflación creciente y eventuales aumentos impositivos que podrían afectar la competitividad. (Hirschman, 1958).

Se evaluó el entorno competitivo, observándose que los clientes, especialmente en sectores exigentes como farmacéutico y cosmético, demandan altos estándares de calidad y certificación, lo que les otorga un poder de negociación considerable. La competencia nacional es moderada debido a la escasa producción local de quitosano, mientras que a nivel internacional la rivalidad es intensa, con empresas consolidadas y mayor experiencia. Las barreras de entrada al mercado son elevadas por la inversión inicial requerida y la necesidad de personal capacitado, lo que limita la aparición de nuevos competidores. La empresa posee acceso directo

Proyecto de utilización de residuos en una empresa pesquera para la producción de quitosano.
Estudio preliminar para la instalación de una unidad de negocios
Leofanti, R.; Otegui, M.

a su materia prima, disminuyendo la dependencia de proveedores externos. Finalmente, la existencia de productos sustitutos depende del uso específico, aunque el quitosano se destaca por sus propiedades biodegradables y sostenibles.

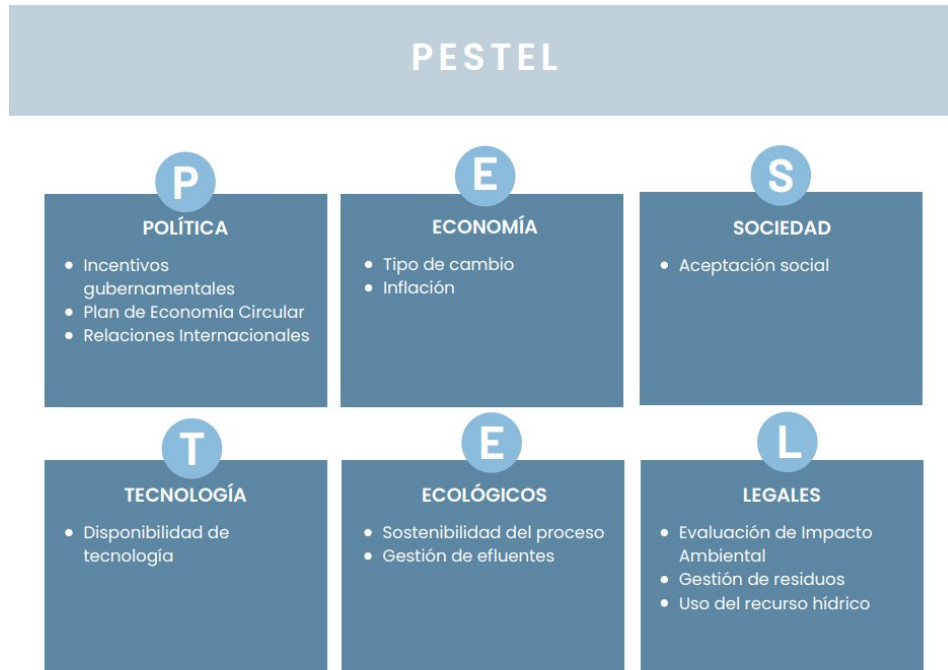


Figura 1: Análisis PESTEL, elaboración propia.

El producto se encuentra en una etapa inicial de desarrollo y producción en el país, con altos costos y necesidad de validación técnica y certificaciones, mientras que en el plano internacional experimenta un crecimiento acelerado impulsado por la demanda en diversas industrias que valoran la sostenibilidad y funcionalidad del quitosano.

Se identificaron las múltiples aplicaciones del quitosano, que incluyen usos en la industria médica (sistemas de liberación controlada de fármacos, apósitos, implantes), agrícola (biofertilizantes, fungicidas, recubrimientos poscosecha), alimentaria (aditivos, películas comestibles), cosmética (productos para cuidado de la piel y cabello) y tratamiento de aguas (coagulantes naturales). A nivel global, la demanda está en crecimiento exponencial, con estimaciones que superan los 47.000 millones de dólares para 2030. En Argentina, investigaciones y desarrollos tecnológicos avalan su uso y hay avances en la incorporación industrial, especialmente en sectores como farmacéutico, agroindustrial, alimentario y cosmético.

La producción local aún es limitada, con pocas empresas enfocadas principalmente en aplicaciones agrícolas y enológicas. Destacan algunos startups con modelos innovadores basados en biorrefinerías que buscan aprovechar integralmente los subproductos pesqueros. A nivel internacional, el mercado está dominado por compañías especializadas que cubren distintos sectores con productos diferenciados en pureza y aplicación.

Marco normativo

El análisis normativo permitió identificar los requisitos legales y sanitarios asociados a la producción de biopolímeros derivados de residuos pesqueros, considerando tanto la quitina como el quitosano. (Etzkowitz, 2008).

Se observó que la exigencia regulatoria varía según el grado de transformación del producto y su uso final. La quitina, al tratarse de un producto intermedio sin aplicación directa, presenta un marco regulatorio más simple, principalmente centrado en la gestión ambiental del residuo y las condiciones de seguridad del proceso. En cambio, el quitosano, especialmente cuando se orienta a usos alimentarios, cosméticos o farmacéuticos, requiere cumplir con normas de inocuidad, trazabilidad y control sanitario mucho más estrictas, que implican mayores tiempos y costos de habilitación.

Esta comparación fue clave para la toma de decisiones, ya que permitió evaluar el nivel de complejidad normativa y los costos asociados a cada alternativa. El análisis mostró que iniciar la producción con quitosano de uso agrícola resulta más viable, al demandar estándares técnicos moderados y un proceso de registro más accesible que los sectores alimentario, cosmético o farmacéutico.

Alternativas de procesos

El quitosano es un biopolímero natural que se obtiene a partir de la quitina, presente mayormente en los exoesqueletos de crustáceos como langostinos, camarones y cangrejos (Tran et al., 2023). Los residuos de procesamiento de mariscos son la materia prima más común a nivel mundial, debido a su alta disponibilidad y bajo costo.

El proceso general para obtener quitosano (Figura 2) comienza con la extracción de quitina, eliminando proteínas, minerales y pigmentos de los caparazones. Posteriormente, la quitina se desacetila para transformarse en quitosano, proceso que puede realizarse por distintos métodos: químicos, enzimáticos, microbiológicos o asistidos por ultrasonido. Cada método varía en costo, sostenibilidad, pureza del producto final y condiciones operativas.

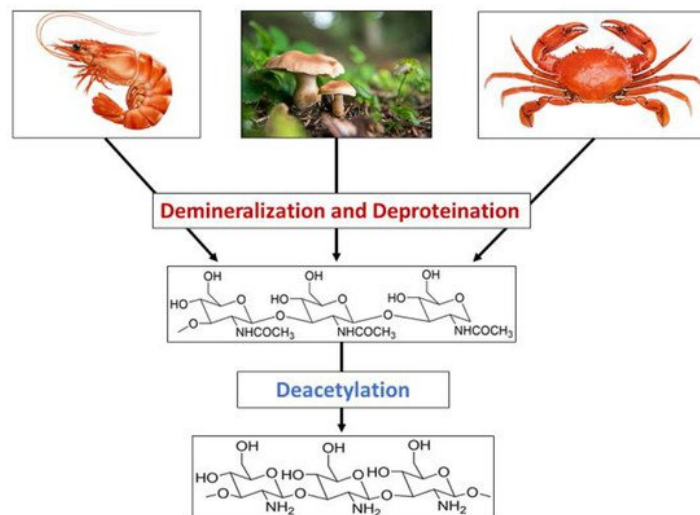


Figura 2: Síntesis de un biopolímero de quitosano a partir de quitina de origen natural. Fuente: Tran, H. T. T., Tran, T. H., Truong, D. H., Nguyen, T. H., Vo, T. T., & Nguyen, H. C. (2023).

El quitosano obtenido presenta características variables (grado de desacetilación, peso molecular, viscosidad y solubilidad) que determinan sus aplicaciones industriales. Por ejemplo, grados de desacetilación entre 70% y 75% se emplean en agricultura; entre 75% y 85% en cosmética, alimentos y biomédicos; y superiores a 85%

para aplicaciones farmacéuticas. El peso molecular también influye en la utilidad, siendo los pesos altos adecuados para tratamiento de aguas y encapsulantes, y los bajos preferidos en farmacéutica.

Es importante considerar que la materia prima es un residuo orgánico heterogéneo, lo que implica variabilidad que debe ser manejada durante el proceso.

Se evaluaron distintos métodos de extracción:

- **Método químico tradicional:** Consiste en varias etapas estandarizadas: limpieza y secado del material, desmineralización con ácido clorhídrico, desproteización con hidróxido de sodio a altas temperaturas, y finalmente desacetilación con NaOH concentrado a temperaturas superiores a 100 °C. Este método es el más conocido y estandarizado, lo que facilita su operación y capacitación. Sin embargo, genera residuos contaminantes, lo que puede afectar el impacto ambiental del proyecto.
- **Método directo:** Propone obtener quitosano sin separar previamente la quitina, reduciendo tiempos y uso de químicos. Incluye secado, molienda, desmineralización y desproteización con soluciones ácidas y alcalinas, además de un agente reductor. Esta alternativa puede disminuir residuos y costos, pero la información disponible es limitada y existen contradicciones respecto a la necesidad de la etapa de desacetilación aparte.
- **Métodos microbiológicos y enzimáticos:** Emplean bacterias o enzimas para desmineralizar y desproteizar, ofreciendo una alternativa más sostenible y con menor generación de residuos. Sin embargo, requieren fermentación controlada durante varios días y condiciones precisas de temperatura, pH y nutrientes. La operación es más compleja, el rendimiento puede ser variable y necesitan personal especializado en microbiología y biotecnología, dificultando su estandarización y comercialización.
- **Método asistido por ultrasonido:** Utiliza ondas de alta frecuencia durante las etapas químicas para mejorar la eficiencia, reducir tiempos y el uso de reactivos. La cavitación generada por el ultrasonido facilita la ruptura de enlaces y la remoción de minerales y proteínas a menores concentraciones químicas y temperaturas. Esto puede resultar en un producto de mayor pureza y mejor rendimiento, con un proceso más amigable con el ambiente. La desventaja es la necesidad de equipos especializados y capacitación técnica, así como una mayor inversión inicial.

Selección de tecnología adecuada

Para determinar el método más adecuado para llevar adelante la producción de quitosano dentro del marco de un proyecto de economía circular, se evaluaron distintas alternativas disponibles, considerando su viabilidad técnica, disponibilidad de insumos, impacto ambiental, calidad del producto obtenido y la posibilidad de implementación a escala industrial.

El análisis contempló tanto aspectos operativos como tecnológicos, incluyendo la complejidad de los equipos necesarios, el grado de especialización del personal, la facilidad para conseguir repuestos y servicios técnicos, y la inversión inicial estimada.

A partir de este enfoque, se concluye que el método químico tradicional representa la opción más conveniente (Tran et al., 2023). Este método, además de contar con un sólido respaldo técnico y práctico, permite una implementación más sencilla con equipamiento accesible y fácilmente reemplazable. Asimismo, su proceso ha demostrado ser confiable, con resultados consistentes en términos de calidad del producto final y con una buena capacidad de adaptación a escalas industriales.

**Proyecto de utilización de residuos en una empresa pesquera para la producción de quitosano.
Estudio preliminar para la instalación de una unidad de negocios**
Leofanti, R.; Otegui, M.

Si bien el método asistido por ultrasonido también mostró resultados promisorios desde el punto de vista técnico, presenta mayores desafíos en cuanto a la adquisición del equipamiento especializado y a los costos asociados, lo que lo posiciona como una alternativa interesante para futuras etapas de innovación, pero menos conveniente para una primera implementación.

En función de este análisis integral, se recomienda avanzar con la adopción del método químico tradicional como base tecnológica del proyecto.

Estrategia de comercialización del quitosano

La estrategia de comercialización se orienta inicialmente al segmento agrícola, dado que representa la aplicación más viable del quitosano por sus menores exigencias normativas y mayor potencial de adopción en Argentina (Porter, 1985; Kotler & Keller, 2016). Se definieron canales de venta directos a empresas de insumos agropecuarios y acuerdos B2B, priorizando clientes que operan en cultivos de alto valor como vid, fruticultura y horticultura (Hutt & Speh, 2012; Anderson & Narus, 2004).

La propuesta comercial se estructura en tres etapas:

- Corto plazo (0-12 meses): producción a pequeña escala destinada a validar el producto y generar los primeros vínculos comerciales.
- Mediano plazo (1-3 años): consolidación en el mercado agrícola nacional mediante certificaciones básicas y acuerdos con distribuidores.
- Largo plazo (3-5 años): expansión hacia mercados internacionales de la región y diversificación hacia otros sectores (alimentario, cosmético o biomateriales), en función de la evolución de la demanda y la capacidad productiva.

El esquema de comercialización se basa en dos canales principales:

1. Canal nacional directo: venta a empresas y distribuidores del sector agrícola.
2. Canal internacional indirecto: exportaciones a través de distribuidores especializados en bioproductos.

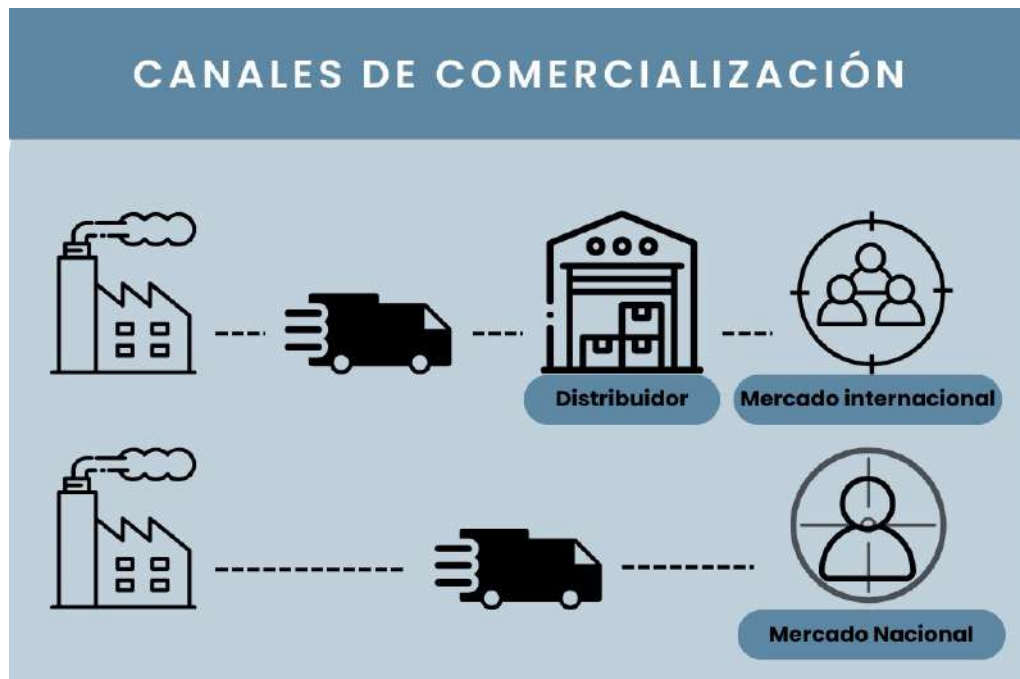


Figura 3: Diagrama de comercialización. Elaboración propia

El esquema mostrado en la Figura 3 permite mantener flexibilidad operativa y escalabilidad, iniciando con una red de distribución nacional para luego avanzar hacia mercados externos (Nagle, Hogan & Zale, 2016). La participación de intermediarios estratégicos reduce los costos logísticos y facilita el acceso a clientes consolidados, mientras que la venta directa en el país refuerza el vínculo con el usuario final y la retroalimentación técnica sobre el producto (Peattie & Crane, 2005; Camp, 1989; Bendell, Boulter & Kelly, 1998; Watson, 1993).

Impacto socio-económico local

En este apartado se evaluó el impacto que tendría el proyecto en la región de Trelew–Rawson. Se analizaron indicadores sociales y económicos locales, identificando oportunidades de empleo, fortalecimiento del entramado productivo y valorización de residuos (Boisier, 1999; Albuquerque, 2004; Sachs, 2004). Además, se construyó una matriz de impacto socioeconómico-ambiental que permitió clasificar los efectos del proyecto según su intensidad y alcance, considerando aspectos como empleo, medio ambiente, innovación y desarrollo territorial.

3. CONCLUSIONES

El estudio confirmó la viabilidad técnica, ambiental y comercial de producir quitosano a partir de residuos de langostino, posicionando al proyecto como una oportunidad concreta de reconversión productiva bajo criterios de economía circular.

La orientación al quitosano para uso agrícola responde a un cálculo estratégico de riesgo y recompensa: se trata del segmento con menores barreras de entrada normativas y tecnológicas, sin competencia industrial en Argentina, y con un mercado en crecimiento impulsado por la demanda de insumos biológicos. Este enfoque permite a Veraz S.A. iniciar una nueva línea de negocio con bajo riesgo operativo y alto potencial de expansión, evitando las exigentes certificaciones GMP y las inversiones elevadas que requieren los sectores farmacéutico o cosmético.

**Proyecto de utilización de residuos en una empresa pesquera para la producción de quitosano.
Estudio preliminar para la instalación de una unidad de negocios**
Leofanti, R.; Otegui, M.

Desde el punto de vista socioeconómico, el proyecto actúa como una herramienta de desarrollo regional para la zona Trelew-Rawson, al contribuir a diversificar la matriz productiva y generar empleo formal en biotecnología. Esto cobra especial relevancia en un contexto local marcado por la alta dependencia del empleo estacional y niveles de pobreza del 36,8% en 2024, ofreciendo una alternativa sostenible para agregar valor en origen.

Finalmente, la viabilidad del proyecto trasciende el abastecimiento propio de Veraz S.A., ya que la empresa procesa aproximadamente 9.600 toneladas anuales de langostino, apenas el 19% de la captura regional. (Stahel, 2016).

Esto demuestra un alto potencial de escalabilidad, al existir disponibilidad suficiente de materia prima proveniente del 81% restante de la producción local. Así, la unidad de negocios podría crecer mediante acuerdos con otras plantas pesqueras, ampliando su impacto positivo en la gestión de residuos y en la sostenibilidad de toda la cadena.

4. REFERENCIAS

Hutt, M., & Speh, T. (2012). *Business Marketing Management: B2B*. Cengage Learning.

Porter, M. (1985). *Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior*.

Peattie, K., & Crane, A. (2005). "Green marketing: legend, myth, farce or prophesy?" *Qualitative Market Research*, 8(4).

Kotler & Keller (2016) *Marketing Management* (15ª ed., Pearson).

Anderson & Narus (2004), *Business Market Management*.

Camp, R. C. (1989). *Benchmarking: The search for industry best practices that lead to superior performance*. ASQC Quality Press.

Bendell, T., Boulter, L., & Kelly, J. (1998). *Benchmarking for competitive advantage*. Financial Times Management.

Watson, G. H. (1993). *Strategic benchmarking: How to rate your company's performance against the world's best*. Wiley.

Nagle, T. T., Hogan, J. E., & Zale, J. (2016). *The strategy and tactics of pricing: A guide to growing more profitably* (5th ed.). Routledge.

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

Stahel, W. R. (2016). *The circular economy*.

Berkes, F., & Folke, C. (1998). *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press.

Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press.

Albuquerque, F. (2004). *Desarrollo económico local y descentralización en América Latina: Un enfoque territorial*. CEPAL.

Boisier, S. (1999). *Desarrollo local: ¿de qué estamos hablando?*. ILPES - CEPAL.

Sen, A. (1999). *Development as freedom*. Oxford University Press.

Sachs, I. (2004). *Inclusão social pelo trabalho decente: o papel do desenvolvimento sustentável*.

***Proyecto de utilización de residuos en una empresa pesquera para la producción de quitosano.
Estudio preliminar para la instalación de una unidad de negocios***
Leofanti, R.; Otegui, M.

Etzkowitz, H. (2008). *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge.