

Análisis del potencial de industrialización de residuos cítricos en Colombia

Industrialization potential analysis of citrus waste in Colombia

Gloria H. González-Blair ¹ 

¹Ingeniera Química, UNIAGRARIA. Bogotá Colombia.

Resumen

La producción de cítricos en Colombia se divide en seis núcleos productivos con una producción en 2021, de 1450 mil toneladas. Se destaca mayor empresarización en el Occidente y menor nivel en el Sur, lo que genera 230 mil toneladas por año de residuos cítricos, planteando desafíos de contaminación y gestión de desechos húmedos/semi-sólidos. El presente estudio evalúa el potencial industrial de estos residuos para el fortalecimiento de la industria cítrica nacional, considerando tres aspectos: disponibilidad de materia prima, oportunidades tecnológicas y oportunidades de mercado. Los resultados indican que Colombia tiene una sólida producción de cítricos, con énfasis en naranjas, mandarinas y limones, y un potencial significativo en la industrialización de la cáscara, que constituye entre el 40% y el 60% del total de la fruta. Se identifican seis áreas clave de investigación para la industrialización de residuos cítricos en términos de oportunidades tecnológicas. En cuanto a las oportunidades de mercado, se observa un crecimiento tanto a nivel nacional como internacional en productos derivados de residuos cítricos, que incluyen aceites esenciales, terpenos, fibra dietética, pectina, ácido cítrico y biocombustibles. Colombia se considera un país con un gran potencial para la industrialización de residuos cítricos, respaldado por su abundante materia prima, prometedoras oportunidades tecnológicas y un mercado en crecimiento. Sin embargo, se requiere mejorar la infraestructura, invertir en investigación y desarrollo, y promover la cultura empresarial en el sector cítrico para aprovechar al máximo esta oportunidad.

Abstract

Citrus production in Colombia is divided into six productive centers, with a total production of 1,450 thousand tons in 2021. The greater entrepreneurial activity stands out in the West and a lower level in the South, which generates 230 thousand tons per year of citrus waste, posing challenges in terms of pollution and wet/semi-solid waste management. This study evaluates the industrial potential of these waste products for strengthening the national citrus industry, considering three aspects: raw materials availability, technological opportunities, and market opportunities. The results indicate that Colombia has a robust citrus production, with an emphasis on oranges, mandarins, and lemons, and significant potential in the industrialization of the peel, which constitutes between 40% and 60% of the total fruit. To industrialization were identified six key research areas of citrus waste in terms of technological opportunities. Regarding market opportunities, there is observed growth both nationally and internationally in products derived from citrus waste, including essential oils, terpenes, dietary fiber, pectin, citric acid, and biofuels. Colombia is considered a country with great potential for the industrialization of citrus waste, supported by its abundant raw materials, promising technological opportunities, and a growing market. However, improvements in infrastructure, investment in research and development, and the promotion of entrepreneurial culture in the citrus sector are needed to fully capitalize on this opportunity.

Keywords: biorefinery, Bioactive Compounds, Dietary Fiber, Market Opportunities, Technological Opportunities.

Palabras clave: biorefinería, Compuestos bioactivos, Fibra dietaria, Oportunidades de mercado, Oportunidades tecnológicas.

¿Cómo citar?

González-Blair, G.H. Análisis del potencial de industrialización de residuos cítricos en Colombia. Ingeniería y Competitividad, 2024, 26(2) e-20513475.

<https://doi.org/10.25100/iyv.26i2.13475>

Recibido: 30-09-23

Aceptado: 26-04-24

Correspondence:

gloria_blair@yahoo.com

Este trabajo está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual4.0.



Conflicto de intereses: ninguno declarado

OPEN  ACCESS

¿Por qué se llevó a cabo?

El estudio se realizó para evaluar el potencial industrial de los residuos de cítricos en Colombia con el objetivo de fortalecer la industria cítrica nacional. Se consideraron tres aspectos principales: disponibilidad de materia prima, oportunidades tecnológicas y oportunidades de mercado.

¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Colombia tiene una sólida producción de cítricos, con énfasis en naranjas, mandarinas y limones.

Existe un importante potencial para industrializar la cáscara de los cítricos, que constituye entre el 40% y el 60% del total de la fruta.

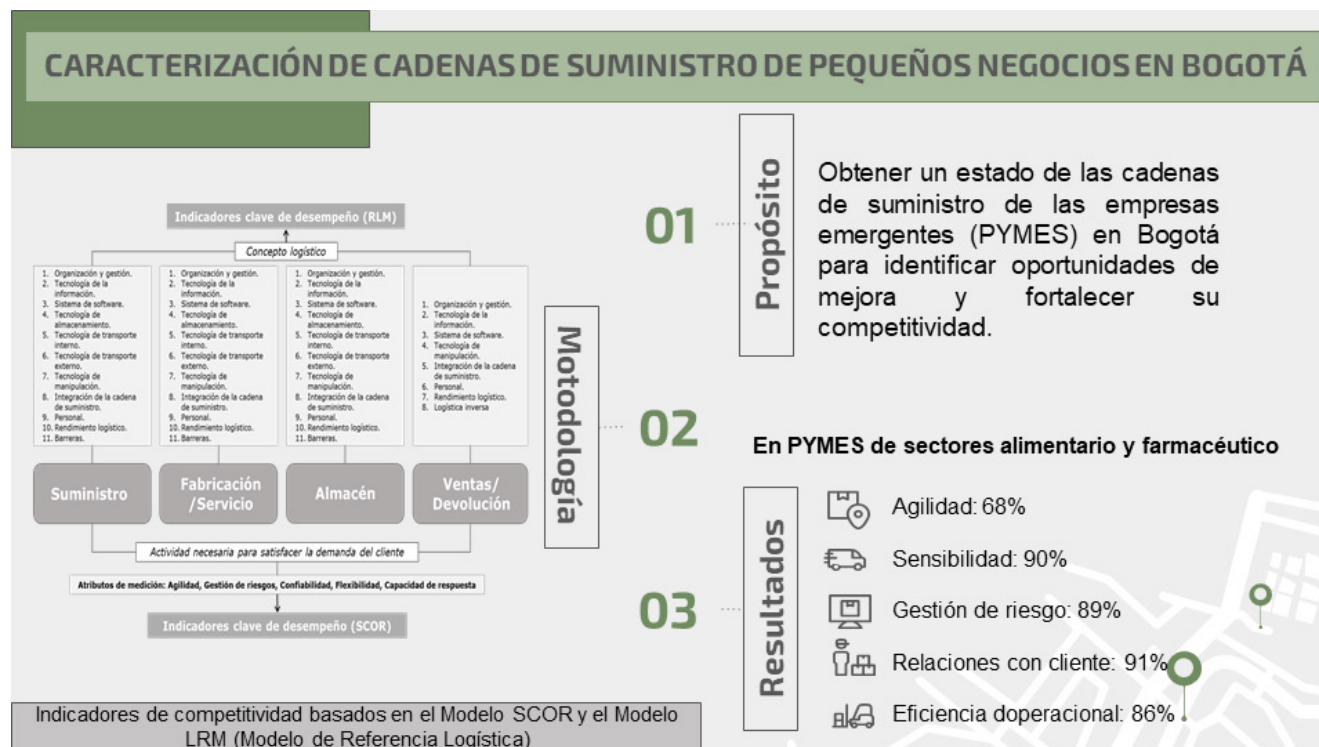
Se identificaron seis áreas de investigación clave para la industrialización de residuos de cítricos en términos de oportunidades tecnológicas.

Se observa un crecimiento tanto a nivel nacional como internacional en productos derivados de residuos de cítricos, como aceites esenciales, terpenos, fibra dietética, pectina, ácido cítrico y biocombustibles.

¿Qué aportan estos resultados?

Los resultados indican que Colombia tiene un gran potencial para la industrialización de residuos de cítricos, respaldado por sus abundantes materias primas, oportunidades tecnológicas prometedoras y un mercado en crecimiento. Estos resultados ofrecen una oportunidad para fortalecer la citricultura nacional, generar valor agregado a través de la industrialización de residuos y contribuir al desarrollo económico y ambiental del país.

Graphical Abstract



Introducción

Potencias económicas mundiales como Japón, Estados Unidos y Alemania sustentan su crecimiento económico y alto nivel de empleo en la relevancia del sector manufacturero; tienen claro que una disminución del tamaño de este sector implica una disminución en el crecimiento económico, un aumento en el desempleo y un menor saldo exterior de bienes y servicios en la economía (1). Este pilar es tan sensible, que, durante el primer semestre de 2019, al mantenerse la debilidad de la dinámica económica mundial se disminuyó la producción industrial y en consecuencia, se redujo la actividad manufacturera (2). A este respecto, en Colombia, el crecimiento industrial está rezagado, creció en promedio entre 2015 y 2019, 1.4%, mientras que el PIB subió 2.4% y el peso de la industria en la economía pasó del 15% del PIB total en 2005 al 12.1% en 2019 (3). Además, en dicho periodo se observa que la producción fue inferior a la demanda nacional, déficit que se canalizó a través de importaciones (4).

De otro lado, el sector citrícola en Colombia presenta entre otros retos la necesidad de generar volúmenes de oferta constante con la calidad requerida y en las variedades demandadas por el mercado internacional y la agroindustria (5); así como la necesidad de fomentar procesos de generación de valor y de desarrollar subproductos en la etapa de transformación (6). Lo anterior ha llevado a la exploración de diversos procesos para la obtención de productos químicos provenientes de los residuos cítricos, oportunidad que tiene sentido si se considera que cada colombiano consume anualmente 27 kg de cítricos y que, tras su consumo, entre el 40 y el 60% de la fruta se desecha como residuo, generando además enormes desafíos con respecto a la contaminación (7). En consecuencia, el presente artículo analiza el potencial de industrialización de residuos cítricos en Colombia, teniendo en cuenta que ciertos subproductos obtenidos a partir de la elaboración de zumos cítricos (aceites esenciales, terpenos y hollejo deshidratado, entre otros) disponen de un mercado en desarrollo (8) capaz de fortalecer la bioeconomía nacional y de reducir impactos ambientales negativos (9).

Metodología

Para analizar el potencial de industrialización de los residuos cítricos en el país se evaluaron tres aspectos: disponibilidad de materia prima, oportunidades tecnológicas y oportunidades de mercado. La disponibilidad de materia prima se estableció a través de fuentes secundarias (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Fedesarrollo, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Asociaciones de cítricos y Departamento Nacional de Planeación). Las oportunidades tecnológicas se definieron mediante la revisión de bases de datos de literatura científica (*Scopus*, *Sciencedirect* y *PubMed*) y de patentes (*patentscope-wipo*) con ayuda respectiva de los programas *VOSviewer* y *Gephi*, siguiendo el procedimiento descrito por Guzmán (10) y utilizando conjuntamente las palabras clave *citrus waste* para mejorar la dinámica del campo de estudio y facilitar la visualización de redes de conocimiento. Las oportunidades de mercado contemplaron tamaño de importaciones, definición de principales actores y tendencias de los diferentes productos, tomando como referentes bases de datos e informes de firmas consultoras, tales como: *Trade Statistics for Business Development; Markets and Markets*, *Precedence Research* y *Research and Markets*, acorde con los principios metodológicos

descritos por Meléndez (11). El análisis de los aspectos previos se integró con la matriz de la tabla 1, creada para evaluar el potencial de industrialización en los seis núcleos cítricos del país, utilizando fuentes secundarias y cinco escalas de intervalos definidas por el DANE (12), acorde con lo propuesto por Posada (13) y siguiendo el método cualitativo por puntos (14) para identificar áreas de fortaleza y oportunidad, así como posibles desafíos y áreas de mejora en cada una de las zonas analizadas.

Tabla 1. Parámetros de evaluación

Parámetro regional de evaluación		Criterios para la asignación de factores cuantitativos					
		Fuente	1	2	3	4	5
Disponibilidad de Materia Prima (Cáscaras cítricas)	Producción (miles de t)	6	< 60	61 - 120	121 - 180	181 - 240	> 240
	Valor Agregado del sector primario	12	< 0.6%	0.6 - 1.5%	1.6 - 3.5%	3.6 - 6%	> 6%
Oportunidades tecnológicas	Índice de innovación	15	< 18	18 - 27.99	28 - 36.99	37 - 59.99	> 60
	Valor Agregado de las Industrias Manufactureras	12	< 0.1%	0.2 - 0,5%	0.6 - 2.5%	2.6 - 6%	> 6%
	Valor Agregado de suministro de servicios públicos y gestión ambiental	12	< 0.1%	0.2 - 1%	1.1 - 2%	2.1 - 5%	> 5%
Oportunidades de mercado	Índice de competitividad	16	< 4.5	4.5 - 4.99	5 - 5.49	5.5 - 5.99	> 6
	Producto Interno Bruto (Participación porcentual a precios corrientes)	12	< 0.5%	0.6 - 2%	2,1 - 5%	5.1 - 20%	>20%
	Producto Interno Bruto (Tazas de crecimiento en volumen)	12	< 0.1%	0.1 - 5%	5.1 - 7.5%	> 7.5%	N.A.

Resultados y discusión

Disponibilidad de Materia Prima

La producción de cítricos en Colombia se encuentra distribuida en seis núcleos productivos: Costa Atlántica (Atlántico, Magdalena, Cesar, Bolívar), Nor-Oriente (Santander, Norte de Santander, Boyacá), Centro (Cundinamarca, Tolima, Huila), Llanos Orientales (Meta, Casanare), Occidente (Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío) y Sur (Cauca, Nariño); con un área promedio por agricultor a nivel nacional de 5.6 ha., aunque es común encontrar en el núcleo de occidente mayor nivel de empresarización (de 20 ha a 600 ha.) y en los núcleos Sur y Nor-Oriente menor nivel (de 1 ha. a 10 ha.). En 2021, el rendimiento promedio fue de 15 ton/ha, el área sembrada llegó a las 87,638 ha. y la producción alcanzó 1,450,071 ton (6).

En Colombia, los principales productos cítricos son naranjas (47%), mandarinas (27%) y limones (26%), siendo este último producto el de mayor crecimiento en área sembrada y mayor visión exportadora (6). En relación con el precio, los productores reciben aproximadamente el 40% de los costos reportados en la central mayorista de Abastos (6) y los supermercados ofrecen el producto entre 2.24 y 3.69 veces el precio establecido por centrales mayoristas. El proceso de industrialización de los cítricos alcanza aproximadamente las 400,000 toneladas de fruta (9); está regulado por las resoluciones 2674 de 2013 y 3929 de 2013 y se apoya en las Normas Técnicas Colombianas relacionadas en la tabla 2. (15) (16).

Químicamente, estas cáscaras contienen una amplia variedad de productos secundarios con actividad antioxidante (17): eriocitrina, narirutina, naringina, hesperidina, neohesperidina, poncirina y neoponcirina (18). En la corteza de naranja, los componentes más importantes son de naturaleza terpénica (19): limoneno (76 – 94.5%), linalol, mirceno, carvona y aldehídica: octanal, nonanal y decanal, cuyas concentraciones generalmente aumentan con el estado de madurez. En general, las cáscaras cítricas presentan variaciones en el contenido de polifenoles totales; en el coeficiente de inhibición IC_{50} frente a los radicales DPPH y ABTS⁺ (17); y en la cantidad de proteína con actividad antioxidante (20), siendo las cáscaras de mandarina común, toronja, mandarina río oro, mandarina cleopatra, tangelo, naranja Valencia y limón Tahití fuentes potenciales de antioxidantes naturales, con actividad anticancerígena, antiinflamatoria, antiviral, antialérgica y antibacteriana; capaces de proteger contra enfermedades del corazón y daños producidos por los rayos ultravioleta, la polución ambiental y algunas sustancias químicas presentes en alimentos (21).

Tabla 2. Normas Técnicas Colombianas que fortalecen el desarrollo de la cadena citrícola nacional

NTC	Objeto
4086:1997	Establece los requisitos que debe cumplir la naranja valencia destinada para el consumo en fresco o como materia prima para el procesamiento. Contiene definiciones, clasificación y calibre, empaque y rotulado.
1268-3:1995	Establece las condiciones necesarias para conservar la naranja durante su almacenamiento.
1268-4:1995	Establece condiciones para realizar el transporte de la naranja.
1330:1977	Establece la terminología y requisitos que debe cumplir la mandarina destinada al consumo en estado fresco.
1272:1994	Establece definiciones, requisitos mínimos, clasificación, calibre, tolerancias, presentación y rotulado de la toronja.
4087:2012	Establece los requisitos que debe cumplir la lima Tahití (<i>Citrus aurantifolia Swingle</i>), destinada para el consumo en fresco o como materia prima para procesamiento.
5468:2012	Establece los requisitos y métodos de ensayo que deben cumplir los jugos (zumos), pulpas, néctares de frutas y sus concentrados, para consumo directo o elaboración ulterior.

Oportunidades tecnológicas

La revisión de las bases de datos utilizando la herramienta *VOSviewer* permitió establecer seis grandes grupos temáticos (clústers): digestión anaerobia; extracción; polímeros y derivados; adsorción; aceites esenciales; producción de micro-organismos y enzimas (tabla 3); identificar

una mayor densidad de co-ocurrencia de los descriptores: *citrus sinensis*, residuos industriales, concentración de ión hidrógeno, extractos de plantas, fermentación y animales; reconocer los análisis de espectroscopía infrarroja, cromatografía HPLC, microscopia de escaneo electrónico y termogravimetría como las pruebas instrumentales de mayor aplicación en los estudios realizados y; visualizar tendencias de desarrollo de biorrefinerías, tecnologías de extracción verde y gestión de residuos.

Tabla 3. Identificación de clústers de investigación y desarrollo

Clúster	Ítems
Digestión anaerobia	Biogas, etanol, fermentación, biodiesel, bioetanol, biorrefinería, biocombustible, bioconversión, metano, anaerobiosis, biorreactor
Extracción	Compuestos bioactivos, actividad antioxidante, carotenoides, hesperidina, limoneno, flavonoides, fitoquímicos, polifenoles, compuestos fenólicos, naringina o aurantiina, monoterpenos, terpenos, síntesis verde, aceites esenciales, pigmentos
Polímeros y sus derivados	Polisacáridos, pectina, prebióticos, hidrólisis enzimática, celulosa, lignina, degradación, fibra dietaria, encapsulantes, azúcares, hemicelulosa
Adsorción	Adsorción, biosorción, carbón activado, tamaño de partícula, pirólisis, bioabsorbentes
Aceites esenciales	Aceites esenciales, actividad antifúngica, actividad antibacterial, antimicrobiano
Producción de microorganismos y enzimas	Hongos, microorganismos, pectinasa, poligalacturonasa, actividad enzimática, metabolismo, aspergillus, aspergillus niger

Fuente: mapa de coincidencias construido con *VOSviewer* utilizando *Scopus*, *Science direct* y *PubMed* como bases de datos

El análisis de patentes mostró que China produjo el 52,62% de las patentes, seguido de lejos por la República de Corea (9,57%) y que, en términos de investigación y desarrollo, en los últimos cinco años, los sectores de mayor impacto han sido: agricultura, gestión de desechos e industria manufacturera. Las patentes Chinas están orientadas hacia la propagación de plantas; el cultivo de frutas tropicales y subtropicales; la elaboración de alimentos preparados; la fabricación de jabones, detergentes, preparados para limpiar y pulir, perfumes y preparados de tocador; y la fabricación de maquinaria y equipo de uso especial (riego, fertilización, cosecha y postcosecha). Las coreanas tienen prevalencia en la fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales, productos botánicos de uso farmacéutico y elaboración de alimentos preparados para consumo humano. Mientras que las de Alemania y Japón han dirigido sus estudios hacia la recuperación del poliestireno. Países como Australia, Canadá, México, Estados Unidos, India, Israel y Checoslovaquia invierten sus esfuerzos en la elaboración de alimentos preparados para animales, confitería, bebidas, productos plásticos, envases, empaques, embalajes, cementos, textiles y productos químicos básicos. Con respecto a la gestión de desechos, las patentes están mostrando interés por la recolección, el tratamiento y la disposición de desechos, así como por la recuperación de materiales.

Con respecto a los procesos de producción existe abundante bibliografía orientada a la extracción de pectina y aceites esenciales (22, 23, 24, 25), producción de carbón activado (26, 27), recuperación de compuestos bioactivos (18, 28, 29) e hidrólisis enzimática de la celulosa para la

producción de biocombustibles (30, 31), información que permitió construir la tabla 4, agrupando las diferentes operaciones según las etapas de los procesos de producción.

Oportunidades de mercado

De acuerdo a las Estadísticas Comerciales para el Desarrollo de Negocios Internacionales (*Trade Statistics for International Business Development*), Colombia es importador neto de casi todos los productos derivados de las cáscaras cítricas, con excepción de etanol, el cual produce para consumo nacional y del ácido cítrico, sustancia que exporta. En el último lustro, el crecimiento anual de las importaciones es alto en materias pécticas, pectinatos y pectatos (7,37%); vinagre y sucedáneos del vinagre (9,35%) y aceite esencial de limón (12,62%). Con respecto a la oferta nacional y a la demanda de exportación se observa que son mercados en expansión, con crecimiento sostenido y posibilidades de diversificación, los mercados de alcohol etílico sin desnaturalizar con grado alcohólico volumétrico superior o igual al 80% vol; y de vinagre y sucedáneos del vinagre, por ser productos innovadores con alta demanda o tener ventaja competitiva en calidad o precio; son mercados establecidos con oportunidades de consolidación los destilados acuosos aromáticos y diluciones acuosas de aceites esenciales, así como las preparaciones a base de carotenoides sintéticos, gracias al mantenimiento de la cuota de mercado y a la adaptación eficaz a los cambios del mercado; son nichos de mercado emergentes, con posibilidad de captar parte del mercado en declive, los negocios de aceites esenciales de naranja y demás aceites esenciales que cuentan con innovación en productos o servicios y diferenciación efectiva frente a la competencia; son mercados con oportunidades de mejora en la gestión, espacios para la innovación y la diferenciación de mercados, los nichos de carbón activado, cortezas confitadas con azúcar y ácido cítrico, por lo que se requiere identificar y corregir sus deficiencias, así como adaptarse a las cambiantes demandas del mercado; finalmente, son mercados con posibilidad de reorientación estratégica y oportunidades de reducción de costos, los mercados de materias pécticas, pectinatos y pectatos, lo que significa que se requiere identificar nuevos nichos de mercado y buscar alianzas estratégicas.

Tabla 4. Etapas de los procesos de producción

Etapas	Operación	Alternativas de operación
Analítica o de acopio	Recepción	Por peso, por procedencia, por parámetros de calidad, por su naturaleza.
	Limpieza	Manual, por inmersión o remojo, con espuma, por aspersión, <i>in situ</i> .
	Separación	Manual.
	Almacenamiento	Refrigeración, congelación.
De síntesis o de producción	Secado	Al sol, por aire caliente, por contacto, por infrarrojos, por congelación, en lecho fluido y dieléctrico.
	Molienda / Triturado	Seca, húmeda, criogénica (Con nitrógeno líquido o con hielo seco).
	Extracción	Extracción con solventes, prensado en frío, hidrodestilación, destilación al vapor, explosión de vapor, extracción por micro-ondas, extracción sólido-líquido, extracción asistida por sonicación, extracción con fluidos supercríticos.
	Hidrólisis	Ácida, alcalina, enzimática.
	Pirólisis / carbonización	A temperatura y velocidad de calentamiento bajas, a temperatura y velocidad de calentamiento altas, a vacío, flash, fast.
	Activación	Ácida (ácido fosfórico, sulfúrico, nítrico), básica (hidróxido de potasio, hidróxido de sodio) u oxidativa (peróxido de hidrógeno).
De acondicionamiento o procesamiento	Fermentación	Aeróbica, anaeróbica.
	Embalaje	Primario, secundario y terciario.
	Almacenamiento	Convencional, compacto, dinámico, móvil, automático, portante.
	Distribución	Directa, indirecta.

Para obtener una visión integral del mercado y ayudar a la toma de decisiones informadas sobre inversiones, estrategias de marketing y desarrollo de productos, las tablas 5 y 6 relacionan para diferentes periodos de pronóstico, el valor del mercado esperado, la Tasa Compuesta de Crecimiento Anual (CAGR), los impulsores de la demanda, los mercados dominantes, los actores clave y la clasificación dominante del producto.

Tabla 5. Perspectivas de mercado de los productos derivados de las cáscaras cítricas

Producto	Período de pronóstico	Valor del mercado (millones de dólares)	CAGR (%)	Impulsores de la demanda
Etanol (32)	2021 - 2030	155.600 para el 2030	5,2	Aumento de uso como biocombustible y solvente. Consumo creciente de bebidas alcohólicas. Mayor uso de desinfectantes a base de alcohol. Control gubernamental de contaminación ambiental.
Vinagre y sucedáneos (33)	2018 - 2028	1.500 para el 2028	1,6	Creciente demanda de economías emergentes. Crecimiento del sector de alimentos y bebidas. Aumento de la población. Mayor inversión en actividades de investigación y desarrollo.
Aceites esenciales, destilados acuosos y disoluciones esenciales (34)	2022 - 2027	15.300 para el 2027	11,8	Crecimiento de las principales industrias de uso final (alimentos y bebidas, belleza, cuidado personal y aromaterapia). Creciente preferencia en América del Norte por un estilo de vida saludable y la transparencia de los ingredientes. Crecimiento de la población. Mayor demanda de productos naturales y orgánicos.
Ácido cítrico (35)	2023 - 2028	4.268 para el 2028	2,78	Amplio uso en diversas industrias (alimentos y bebidas, cuidado personal, limpiadores, detergentes, productos farmacéuticos). Propiedades ventajosas (conservantes, aromatizantes y colorantes). Cambio hacia productos orgánicos. Crecimiento económico y cambios en estilo de vida.
Carbón activado (36)	2022 - 2030	7.730 para el 2030	5,6	Creciente demanda de productos en la purificación de aire y gas. Creciente necesidad de agua potable limpia y segura. Aplicación de normativas estrictas y necesidad de cumplirlas.
Cáscaras de cítricos (37)	2019 - 2027	Nd	Nd	Creciente interés en el aceite y el polvo de cáscaras cítricas. Se prevé un crecimiento en el mercado de extractos de naranja.
Fibras dietéticas a base de cítricos (38)	2022 - 2032	550 para el 2032	5,6	Creciente necesidad de ingredientes naturales funcionales. Aditivo alimentario para mejorar la vida útil de muchos alimentos. Sustituto de aditivos alimentarios prohibidos. Perfil de nutrición saludable de la fibra.
Pectina (39)	2019 - 2025	1,500 para 2025	6,5	Consumo creciente de alimentos precocinados. Aumento de la conciencia sobre la salud y la multifuncionalidad de la pectina. Creciente aplicación de la pectina para tratar enfermedades diarreicas y gastrointestinales.
Hemicelulosa (40)	2022 - 2030	700 para 2030	6,6	Aumento de la industrialización en los países en desarrollo. Crecimiento de los usuarios finales como la industria de <u>papel</u> y pulpa y <u>la de</u> alimentos. Creciente demanda de productos de base biológica.
Fibra de celulosa (41)	2022 - 2030	55.020 para 2030	7,3	Iniciativas gubernamentales para un medio ambiente más seguro. Aumento de la demanda de uso de fuentes de origen vegetal. Fortalecimiento comercial en industrias de confección, construcción, farmacéutica y automotriz. Mayor conciencia ambiental. Uso de sustancias biodegradables para la producción de telas.

Producto	Período de pronóstico	Valor del mercado (millones de dólares)	CAGR (%)	Impulsores de la demanda
Extracto de cáscara de cítricos (42)	2022 - 2032	11840 para 2032	4,5	Aumento de la conciencia pública sobre las ventajas del extracto. Aumento de ingresos disponibles. Mayor gasto de los en spas y salones donde los productos a base de extracto de cítricos se utilizan en aceites de masaje para relajación y aroma.

Fuente: Informes de mercado

Tabla 6. Dominio geográfico y actores clave en el mercado de productos derivados de las cáscaras cítricas

Producto	Mercado dominante	Actores clave	Clasificación dominante
Etanol (32)	América del Norte. Segmento de transporte. Alcohol desnaturalizado proveniente de granos.	Anderson, Archer Daniels Midland, Green Plains, Tereos, Raizen, Pacific Ethano, Sekab Biofuels & Chemicals AB, Corporación Cargill.	Química
Vinagre y sucedáneos (33)	Europa representa casi el 50% de la cuota mundial. Vinagres provenientes del vino, en la región mediterránea.	Balneário Acetum; Compañía de vinagre de Fleischmann; Kraft Foods; Ponti SpA; Mizkan América, Inc.; Grupo Burg; Aspall.	Alimentaria
Aceites esenciales, destilados acuosos aromáticos y disoluciones esenciales (34)	Estados Unidos dominó el mercado de América del Norte. Los productos naturales y orgánicos. Desarrollo importante en el segmento de aceite de lavanda.	Cargill, Incorporated; DSM; Givaudan; International Flavors & Fragrances Inc.; Sensient Technologies Corporation; Symrise; Robertet SA; MANE; do TERRA; NOW Foods	Aromaterapia Cosmética y perfumería
Ácido cítrico (35)	Europa occidental representa el mayor consumidor mundial, cuyos principales mercados son Alemania, Francia y Reino Unido. La demanda de ácido cítrico es madura y está relativamente saturada en la región, particularmente en el sector de bebidas carbonatadas.	Compañía Archer Daniels Midland; Cargill, Incorporado; Tate & Lyle PLC; Jungbunzlauer Suiza AG; Cofco Bioquímica (Anhui) Co., Ltd.; Huangshi Xinghua Bioquímica Co. Ltd.; RZBC Group Co. Ltd.; Weifang Alférez Industry Co., Ltd..	Alimentaria Química Acidulante
Carbón activado (36)	Asia Pacífico debido al crecimiento industrial en China e India.	Kuraray Co., Ltd.; Cabot Corporation; Osaka Gas Chemicals Co., Ltd.; Donoy Carbon GmbH; Carbones activados Puragen; Carbotech AC GmbH; Ingevity.	Tratamiento de agua y gases Adsorbentes.
Cáscaras de cítricos (37)	Asia pacífico para el cuidado personal y del hogar. Especialmente en países como India, China y Japón.	Now Foods Inc.; Vincent Corporation; Active Concepts LLC.; Cifal Herbal Private Ltd.	Natural
Fibras dietéticas a base de cítricos (38)	El mercado europeo dominará con el aumento del consumo industrial de fibra de cítricos.	Lemont; Florida Food Products Inc.; Herbafoods Ingredients GmbH; CEAMSA; Fiberstar Inc.; CP Kelco	Alimentaria Fibras y texturizantes

Producto	Mercado dominante	Actores clave	Clasificación dominante
Pectina (39)	Segmento de alimentos y bebidas Producción de mermeladas, jaleas, productos para untar, aderezos y productos cárnicos. Alta demanda en el sector farmacéutico.	DowDupont; Cargill, Incorporated; Ingredion Incorporated; CP Kelco; Tate & Lyle PLC; Koninklijke DSM NV; Naturex; Lucid Colloids Ltd; Silvateam SpA; Compañía Española de Algas Marinas SA (CEAMSA).	Alimentario Fibras y texturizantes
Hemicelulosa (40)	América del Norte y Asia Pacífico El segmento de polixilosa	Novozymes; Dupont; Enzimas AB; DSM	Alimentaria Fibras y texturizantes
Fibra de celulosa (41)	Asia Pacífico	Daicel Corporation; Eastman Chemical Company; Fulida Group Holdings Co. Ltd.	Alimentaria Fibras y texturizantes.
Extracto de cáscara de naranja (42)	En 2022, Norte américa (33,1%) y Europa (27,4%)	Phyto Life Sciences P. Ltd; Cifal Herbal Private Ltd; Ultra Internacional BV; Argenti Lemon S.A.	Suplementos y nutracéuticos Cosmética y perfumería

Fuente: Informes de mercado

Estos datos permiten concluir que hay interés creciente en productos derivados de las cáscaras cítricas con énfasis en extractos y fibras dietéticas (pectina, hemicelulosa y fibra de celulosa) y que la necesidad de ingredientes naturales, el aumento de la conciencia sobre la salud, la sostenibilidad y la demanda de productos procesados en diversas industrias son impulsores de la demanda.

Lo anterior permite concluir que el mercado de los productos derivados de las cáscaras cítricas muestra un crecimiento prometedor impulsado por la demanda de ingredientes naturales y funcionales en diversas industrias.

Potencial de industrialización

La Política Nacional de Desarrollo Productivo en Colombia, según el Documento CONPES 3866 (43) busca promover estándares de calidad para productores nacionales y la integración de bienes y servicios en cadenas productivas nacionales e internacionales. Esto impulsa la modernización y diversificación de la producción citrícola, con acciones como monitoreo de plagas, certificación en Buenas Prácticas Agrícolas, innovación, desarrollo de mercados y fortalecimiento empresarial. Pese a estos avances, el desarrollo de esta agroindustria aún no ha alcanzado su verdadero potencial, ya que presenta oportunidades importantes en los mercados globales. La tabla 7 resume los resultados de la matriz definida en la tabla 1 y permite inferir que los núcleos de Occidente, Nor-Oriente y Centro son los que presentan mayor potencial para la industrialización por tener la suma, mayor valor. Finalmente, la tabla 8 relaciona las fortalezas económicas de los diferentes núcleos con sus alternativas de industrialización, dando origen a una propuesta de gestión orientada a aumentar la industrialización, mejorar el nivel de ingresos en las regiones y disminuir la contaminación ambiental.

Tabla 7. Resultados del potencial de industrialización de los residuos cítricos en Colombia

Aspecto evaluado	Occidente	Centro	Sur	Atlántico	Nor-Oriente	Llanos Orientales
Disponibilidad de materia prima	4.50	4.00	2.00	2.50	4.50	3.00
Oportunidades tecnológicas	3.80	3.78	2.50	3.33	4.00	2.33
Oportunidades de mercado	6.78	5.17	3.32	4.95	5.92	3.67
Oportunidades de Industrialización	15.08	12.95	7.82	10.78	14.42	9.00

Tabla 8. Relación entre fortalezas económicas con las alternativas de industrialización

Núcleo de desarrollo	Departamento	Fortalezas económicas	Productos con potencial
Occidente	Antioquia	Café y leche. Alimentos procesados, conservas, bebidas, textiles, papel, productos químicos y farmacéuticos. Servicios de medicina y salud. Turismo: ruta del sol y de la fruta.	Papel ecológico, hesperidina, harina de cáscaras cítricas, pectina, quercetina, limoneno, aceites esenciales de cítricos.
	Valle Cauca	Clúster industria farmacéutica. Alimentos y bebidas. Papel.	En la ruta turística del sol y de la fruta: uso como exfoliante de harina de cáscaras cítricas o de aceites de cítricos en SPAs.
	Caldas	Café y ganado. Industrias: textiles y de confitería. Turismo.	
	Risaralda	Café y ganado. Industrias: alimentos y bebidas; textiles.	
	Quindío	Café, plátano y banano. Turismo: alojamientos rurales y café.	
Centro	Cundinamarca	Carbón y sal. Flores. Industrias láctea, farmacéutica, textil, papel.	Papel ecológico. Carbón activado.
	Tolima	Café, tabaco, arroz y algodón. Industria de la acuicultura e industria textil. Turismo.	Harina de cáscaras cítricas: limoneno. Hesperidina. Quercetina. Cáscaras de cítricos confitadas o escarchadas. Pectina.
	Huila	Café y arroz. Industrias de hidrocarburos, arroz, café, almidón, de alimentos y bebidas. Fabricación de sustancias químicas.	Pectinas modificadas.
Sur	Cauca	Producción agrícola, piscicultura y ganadería. Papel.	Papel ecológico. Harina de cáscaras cítricas. Biopolímeros cítricos.
	Nariño	Producción agropecuaria y ganadera. Lácteos, harinas y aceite.	
Atlántico	Atlántico	Sectores químico, farmacéutico, de alimentos y de bebidas, papel.	Papel ecológico. Hesperidina. Quercetina. Limoneno. Compostaje. Alimento para animales. Harina de cáscaras cítricas. Encurtidos cítricos.
	Magdalena	Producción agrícola y ganadera. Turismo.	
	Cesar	Algodón, palma africana y arroz. Ganadería. Lácteos y grasas.	
	Bolívar	Arroz. Petroquímica. Productos químicos y plásticos. Turismo.	

Núcleo de desarrollo	Departamento	Fortalezas económicas	Productos con potencial
Nor-Oriente	Santander	Tabaco. Avicultura, piscicultura, apicultura, cunicultura y ganadería. Servicios médicos. Turismo: tierra de aventura.	Harina de cáscaras cítricas. Snacks cítricos (Barras saludables)
	Norte Sant.	Agricultura, calzado, textiles, alimentos y bebidas. Turismo	
	Boyacá	Producción agrícola y pecuaria. Metalmeccánica y materiales de construcción.	
Llanos Orientales	Meta	Agricultura, ganadería y piscicultura. Bebidas, extracción y refinación del aceite de palma, metalurgia, materiales para la construcción. Extracción de petróleo y gas.	Harina de cáscaras cítricas. Aceite esencial y sus derivados.
	Casanare	Arroz y palma de aceite.	

Igualmente, del estudio anterior, es posible inferir las siguientes estrategias para el fortalecimiento del sector de industrialización de los residuos cítricos: 1.- Desarrollar productos con propiedades funcionales como suplementos dietéticos, alimentos funcionales y cosméticos; 2.- Exportar productos derivados de los residuos, a mercados internacionales; 3.- Incorporar la economía circular en la cadena de valor de los cítricos; 4.- Fortalecer la investigación y el desarrollo en el campo de los cítricos.

Conclusiones

El estudio revela un potencial significativo para la modernización y diversificación de este sector. Se identifica un claro impulso hacia la mejora de estándares de calidad, la integración en cadenas productivas nacionales e internacionales, y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles. Sin embargo, se reconoce que aún no se ha alcanzado el máximo desarrollo posible, especialmente en términos de aprovechar las oportunidades globales de mercado.

La identificación de núcleos con mayor potencial para la industrialización y la relación entre fortalezas económicas y alternativas de industrialización proporcionan una base sólida para estrategias dirigidas a aumentar la industrialización, mejorar los ingresos regionales y mitigar la contaminación ambiental. Es necesario impulsar la innovación, el desarrollo tecnológico y la colaboración entre diferentes actores de la cadena de valor para desbloquear el verdadero potencial de la industria de los cítricos en Colombia.

Tres alternativas estratégicas para impulsar la industrialización de los cítricos en Colombia y generar un impacto positivo en la economía y el medio ambiente, con sus respectivas oportunidades de mercado y aplicaciones son: a) Desarrollo de productos funcionales y cosméticos, dirigidos tanto al mercado nacional como internacional, aprovechando la creciente demanda por productos naturales y sostenibles en sectores como suplementos dietéticos. B) Exportación de productos derivados de los cítricos, capitalizando los mercados internacionales que valoran los productos naturales, como aceites esenciales, harinas y extractos. C) Incorporación de la economía circular en la cadena de valor de los cítricos, ofreciendo productos ecológicos y sostenibles como papel ecológico, biopolímeros, compostaje y alimentos para animales, tanto para el mercado nacional como internacional.

Referencias

1. Legarda A, Hidalgo A, Blázquez J. La importancia de la industria manufacturera en el crecimiento y la competitividad de un país. *Dyna*. 2014; 89 (4): 377 – 381.
2. Mejía LF, Delgado ME. *Prospectiva Económica*. Fedesarrollo. Colombia. 2019.
3. Leal A. 2020. Andi reveló que la industria manufacturera aumentó su producción en 1,3% en 2019. *La República*. Martes 25 de febrero de 2020.
4. Colombia Productiva. Plan de negocios. Sector de Químicos. Visión a 2032. Mincomercio. Colombia. 2019.
5. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Comportamiento del Mercado Nacional e Internacional de Cítricos Frescos. Programa de Transformación Productiva. Gobierno de Colombia. Colombia. 2018.
6. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cadena de cítricos. Indicadores e Instrumentos. Primer trimestre 2021. Minagricultura. Colombia. 2021.
7. Mahato N, Sharma K, Sinha M, Raj E, Koteswararao R, Dhyani A, Hwan M, Cho S. Bio-sorbents, industrially important chemicals and novel materials from citrus processing waste as a sustainable and renewable bioresource: A review. *Journal of Advanced Research* 2020. 23: 61 - 82.
8. Guzmán J. Prevención, reducción y control de la contaminación generada por la industria cítrica al medio ambiente: depuración de efluentes mediante procesos de oxidación avanzada [Tesis Doctoral]. España: Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente. Universidad de Zaragoza. 2015.
9. Satari B, Karimi K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resources, Conservation & Recycling*. 2018. 129: 153 - 167.
10. Guzmán M, Trujillo J. Los mapas bibliométricos o mapas de la ciencia: una herramienta útil para desarrollar estudios métricos de información. *Biblioteca Universitaria*. Universidad Nacional Autónoma de México. 2013; 16 (2): 95-108 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México
11. Meléndez R. Identificación de oportunidades de mercado en el segmento de consumidoras de bajos ingresos (COBIS). Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Administración de Negocios. Escuela Superior de Comercio y Administración. Unidad Tepepan. Instituto Politécnico Nacional. México. 2008.
12. DANE. Cuentas departamentales. 2022 preliminar. *Boletín Técnico*. 2023.
13. Posada G. Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos. Editorial Luis Amigó. Medellín, Colombia. 2016.
14. Sapag, N, Sapag, R. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw Hill Quinta edición. Bogotá, Colombia. 2008.
15. Jiménez CC, Castellanos JC, García JM, Cifuentes M, Ramírez L. Índice Departamental de Innovación para Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Colombia. 2019.
16. Bernal F, Lizarazo L, Martínez JS, Porto I, Ramos J. Índice Departamental de Competitividad. Consejo Privado de Competitividad. Universidad del Rosario. Colombia. 2019.

17. Ordoñez ES, Reátegui D, Villanueva J.E. Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*. 2018. 9(1): 113 – 121.
18. González A, Cabañas Á, Arana V, Hernández E, Ortiz R. Citroflavonoides como posible alternativa en el tratamiento de la diabetes y sus complicaciones. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 2011. 42(3): 17 – 26.
19. Durán R, Villa A, Montes C, Peláez CM. Aceite esencial obtenido de cáscaras de naranja en diferentes estados de madurez de dos cultivos en el municipio de Chimichagua, Colombia. *Alimentos Hoy*. 2012. 21(26): 60 – 70.
20. Moreno M, González G. Evaluación en crema de leche y galletas de la actividad antioxidante del extracto de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) *Vitae* 2012. 19 (Supl. 1): S363 - S365.
21. Aguilar J, González G, Fuentes G. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos obtenidos a partir de la cáscara de naranja valencia (*Citrus sinensis* L.) En: *Memorias XXVIII Congreso Colombiano de Ingeniería Química*. Bogotá; Consejo Profesional de Ingeniería Química; 2015. Radicado 109: 1 – 4.
22. Cerón I, Cardona C. Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de cáscara de naranja. *Ingeniería y Ciencia*. 2011 ene; 7 (13): 65 – 86.
23. Ferreira S. *Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial*. Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Colombia. 2007. 186 p.
24. Rojas J, Perea A, Stashenko E. Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos y jugos cítricos. *Vitae* 2009. 16 (1): 110 - 115.
25. Markets and Markets. *Essential Oils Market by Product Type, Application (Food & Beverage, Cosmetics & Toiletries, Aromatherapy, Home Care, and Health Care), Source (Fruits & Vegetables, Herbs & Spices, Flowers), Method of Extraction and Region – Global Forecast to 2027*. 2022. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/essential-oil-market-119674487.html>
26. Pandiarajan A, Kamaraj R, Vasudevan S, Vasudevan S. OPAC (orange peel activated carbon) derived from waste orange peel for the adsorption of chlorophenoxyacetic acid herbicides from water: Adsorption isotherm, kinetic modelling and thermodynamics studies. *Bioresource Technology*. 2018. 261: 329 – 341.
27. Bonifacio C, Zegarra MM. Evaluación del tiempo de carbonización y concentración del ácido fosfórico en la preparación de carbón activado a partir de la cáscara de naranja valencia a nivel laboratorio [Trabajo de grado]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2019.
28. Barrales FM, Silveira P, Menezes P, Roggia A, Nicolau B, Pastore G, Alves G, Martínez J. Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids - An application to orange peel. *Food and Bioproducts Processing*. 2018. 112: 9 – 21.
29. Lachos D, Baseggio A, Mayanga PC, Maróstica M, Rostagno MA, Martínez J, Forster T. Subcritical water extraction of flavonones from defatted orange peel. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2018. 138: 7 – 16.
30. Sierra M, Mejía A, Suárez D. *Productos naturales: metabolitos secundarios y aceites esenciales*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Bogotá. 2018.

31. Martínez J, Tocora, G. 2017. Evaluación del efecto de aceite esencial de cáscara de naranja tangelo sobre el crecimiento de *Alternaria* sp. del tomate chonto (*Lycopersicon esculentum*). [Trabajo de grado]. Bogotá: Fundación Universitaria Agraria de Colombia. 2017.
32. Precedence Research. Ethanol market (By source: second generation, grain-based, and sugar & molasses based; by purity: denatured and undenatured; by application: industrial solvents, fuel & fuel additives, beverages, disinfectant, personal care, and others) – Global market size, share, trend analysis, segment forecasts, regional outlook 2021 – 2030. Disponible en: <https://www.precedenceresearch.com/ethanol-market>
33. EMR. Global vinegar market: by type: balsamic vinegar, red wine vinegar, cider vinegar, rice vinegar, white vinegar; by source: natural, synthetic; by distribution channel: by end use; regional analysis: historical market and forecast (2018 – 2028); market dynamics; trade data analysis; competitive landscape; industry events and developments. Disponible en: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/vinegar-market>
34. Markets and Markets. Essential oils market by product type, application (food & beverages, cosmetics & toiletries, aromatherapy, home care, and health care), source (fruits & vegetables, herbs & spices, flowers), method of extraction and region – Global Forecast to 2027. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/essential-oil-market-119674487.html>
35. Research and Markets. Citric Acid Market: Global industry trends, share, size, growth, opportunity and forecast 2023 – 2028. Disponible en: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5732513/citric-acid-market-global-industry-trends#tag-pos-3>
36. Fortune Business Insights. Activated Carbon Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, By Type (Powdered, Granular, and Others), By Application (Water Treatment, Air & Gas Purification, Food & Beverage, Pharmaceutical & Healthcare Treatment, and Others), and Regional Forecast, 2022 – 2030. Disponible en: <https://www.fortunebusinessinsights.com/activated-carbon-market-102175>
37. Transparency Market Research. Citrus Peels Market. Citrus Peel Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2019 – 2027. Disponible en: <https://www.transparencymarketresearch.com/citrus-peels-market.html>
38. Fact.MR. Citrus Fiber Market. Citrus Fiber Market Analysis By Nature (Organic, Conventional), By Grade (Food-grade, Pharma-grade, Others), By Source (Oranges, Grapefruit), By Function, By Application, By Distribution Channel & By Region – Global Market Insights 2022 – 2032. Disponible en: <https://www.factmr.com/report/2305/citrus-fiber-market>
39. Markets and Markets. Pectin Market by Type (HM Pectin, LM Pectin), Raw Material (Citrus fruits, Apples, Sugar beet), Function, application (Food & beverages, Pharmaceutical & Personal Care Products, Industrial Applications), and Region – Global Forecast to 2025. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/pectin-market-139129149.html>
40. DataIntel. Global Hemicellulose Market by Type (Polyxylose, Polyglucose Mannose, Polugalactose Grape Mannose), by application (Alcohol, Food, Paper, Paint, Other) and by Region (North America, Europe, Asia Pacific and Middle East & Africa) Forecast from 2022 to 2030. 2021. Disponible en: <https://dataintel.com/report/global-hemicellulose-market/>

41. Nextmsc. Com. Cellulose Fiber Market by Product (Natural and Man-Made) and by Application (Textile, Apparel, Hygiene, Filtration, Construction, Industrial, and Others) – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2022 – 2030. 2023. Disponible en: <https://www.nextmsc.com/report/cellulose-fibers-market>
42. Fact.MR. Citrus Peel Extract Market. Citrus Peel Extract Market Analysis By From (Oil & Powdered Citrus Peel Extract) By Fruit (Orange, Lime, Lemons & Grapefruit Citrus Peel Extract) By End-Use and By Region – Global Market Insights 2022 to 2032. Disponible en: <https://www.factmr.com/report/660/citrus-peel-extract-market>
43. Departamento Nacional de Planeación. 2016. Política Nacional de Desarrollo Productivo. Documento CONPES 3866. Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia.